



Evolución tecnológica del sonido en el cine y análisis de nuevos avances y aplicaciones

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Realizado por: Jorge Sánchez Ruiz

Tutorizado por: Miguel A. Pérez Gómez

Comunicación Audiovisual 2019/2020

Fecha de presentación: diciembre 2020

Índice

Introducción.....	2
Evolución del sonido en el cine.....	3
El sonido antes del sonoro.....	3
El nacimiento del cine sonoro.....	5
Nacimiento frustrado del sonido magnético.....	8
Una nueva era del sonido cinematográfico.....	15
Sonido espacial en el cine.....	21
Introducción al término “sonido espacial”	21
Funcionamiento físico.....	22
Dolby Atmos.....	28
DTS:X.....	30
Auro-3D y AuroMax.....	31
Nuevas tecnologías en nuestro día a día.....	35
Conclusiones	43
Bibliografía	45

Introducción

Durante miles de años el ser humano se ha encontrado silenciado a sí mismo, obligado a callar por la falta de un medio. Puede que a las generaciones actuales esto les resulte extraño o propio de una época muy pasada, pero la realidad es que el primer aparato grabador y reproductor de sonido no tiene ni 150 años. De menos tiempo estamos hablando (algo menos de 100 años) si escogemos la creación de la primera tecnología capaz de amplificar el sonido y sincronizarlo con la imagen mostrada en la pantalla de cine. Esto es una mota de polvo en la existencia de nuestra especie. En cambio, desde aquellos momentos en los que nuestros antepasados comenzaban a alzar la voz, la evolución de los sistemas de sonido no ha parado.

En este trabajo vamos a abordar esa evolución que han sufrido todos los sistemas sonoros cuyo uso ha sido para la explotación comercial en salas de exhibición. Se va a estudiar esta evolución ya que parece que es la más prolífica en cuanto a la velocidad de renovación de sistemas y de revolución tanto en técnicas como en materiales. Este camino nos llevará hasta la actualidad, donde observaremos los últimos avances en el campo cinematográfico.

Pero no solo el cine es el único medio por el que la tecnología sonora avanza. Como veremos más tarde, algunos de los sistemas que revolucionaron la industria fílmica no fueron diseñados en su origen para ella. Existen diversas industrias como la telefónica o la industria de los videojuegos entre otras que necesitan de los avances tecnológicos en el campo del sonido para mejorar sus productos y servicios. Esto permite una adaptación de una misma tecnología para múltiples plataformas y aplicaciones, enriqueciendo el propio avance.

El ser humano está capacitado para hacerse oír, pero también tiene la capacidad de escuchar. Este fenómeno, que ocurre sin que siquiera podamos preguntarnos si queremos que suceda, es uno de los sentidos más fascinantes. La cantidad de procesos que se llevan a cabo desde que el sonido sale hasta que es comprendido y asimilado es simplemente sobrecogedora. Debido a esto, se explicarán los fenómenos que llevan al ser humano a determinar la localización de la que proviene el sonido. Además, esto nos permitirá entender mejor el funcionamiento de alguna de las nuevas tecnologías de las que se hablará.

Para finalizar, durante este trabajo me gustaría responder a algunas preguntas como cuál es la importancia real del sonido en la industria cinematográfica. Además de esta pregunta también querría averiguar cómo es de preciso el sistema auditivo del ser humano del que se va a hablar. Por último, quiero observar cómo están afectando los nuevos avances tecnológicos en el campo del sonido a la vida cotidiana de las personas.

Evolución del sonido en el cine

Desde antes de que naciera la primera película con sonido hasta el presente ha pasado mucho tiempo, y la tecnología ha avanzado hasta unos niveles ni siquiera soñados en la época de *El Cantor de Jazz*. En cambio, gracias a la evolución sufrida durante tantos años, en la actualidad podemos disfrutar de una tecnología muy superior en comparación con su origen.

Para empezar esta revolución se comenzará a estudiar los avances en el campo antes de que este fuera introducido en los largometrajes.

El sonido antes del sonoro

Antes de todos los hechos de los que se va a hablar a continuación, el cine era mudo. Todas las películas se veían, pero no se escuchaban. El único componente sonoro era la música tocada en directo para amenizar el espectáculo visual. Hasta que en 1902 León Gaumont presenta a la Sociedad fotográfica su Cronófono. Este aparato mejoraba la técnica de su antecesor, el Fonógrafo, que consistía en la grabación mediante una aguja que recreaba las vibraciones sonoras en un disco, realizando la grabación de la fuente sonora lo más cercana al aparato que fuera posible, por lo que no permitía mucho movimiento al intérprete. Tras la grabación del disco, se colocaba en un aparato reproductor. Mientras se reproducía el disco el intérprete realizaba la actuación delante de la cámara asemejándose lo máximo posible a la grabación sonora.

El 27 de diciembre de 1910 Gaumont presenta en sociedad el Cronófono. Tras unos meses, en marzo de 1911 comienza la explotación comercial del fonógrafo en el teatro homónimo a su creador, el Gaumont-Palace. Durante los tres años siguientes, cada programa del Gaumont-Palace incluía una película hablada o cantada. Con la llegada de la Primera Guerra Mundial, Gaumont deja la producción que no retomaría hasta el final de la guerra.

A la vez, en 1905, tenemos la investigación más cercana a lo que acabará siendo la solución de la grabación del sonido en la película. En este año, el inventor francés Henri Joly, junto al fotógrafo Georges Mendel, pidió la patente del “registro eléctrico del sonido sobre la misma película del filme”. Debido a la falta de tecnología para el desarrollo de la maquinaria abandonó la investigación. Años más tarde, la General Electric le daría la razón.

Más tarde, ya desde 1921, el cine norteamericano sufre una crisis debido a que las grandes producciones no llaman la atención del público. Esto lleva a que a mediados de 1926 sean varias las empresas que están con problemas de solvencia. A su vez, la Western Electric desarrolla un sistema sonoro basado en disco llamado Vitaphone. Este sistema, unido a la precaria situación de la industria debería haber producido una guerra para obtener la tecnología. Por el contrario, lo que realmente ocurrió es que las grandes compañías decidieron dejar de lado esa oportunidad por el riesgo que conllevaba. La única que apostó por esta nueva tecnología fue la compañía Warner Brothers. Esta compañía, que se encontraba al borde de la quiebra, decidió introducirla en el último filme que estaban terminando de producir, *Don Juan* (1926, Alan Crosland). En esta película se introduce música orquestal, realmente la palabra no toma protagonismo. Con esta película los hermanos Warner consiguieron salvar la bancarrota y obtuvieron suficientes beneficios para producir el que es considerado el primer largometraje sonoro de la historia, *El Cantor de Jazz*.

Esta nueva tecnología con la que empieza la era del sonido consistía en la grabación sobre un disco de cera. Para el correcto funcionamiento de la tecnología, este disco de cera sobre el que se graba el sonido debía estar en lugares controlados donde no pudiera caerle el polvo, además de tener que estar a una temperatura constante. Estas características hacían que las grabaciones fueran imposibles en exteriores.

El nacimiento del cine sonoro

Tras la exhibición de *Don Juan*, los hermanos Warner distribuyeron diversos lotes con un largometraje con música orquestal y varios cortos sonoros de variedades. Lanzaron estos lotes por dos razones. La primera era para acostumbrarse a la nueva técnica. La segunda era para conocer los gustos del público.

Gracias a los lotes distribuidos se dieron cuenta de que lo que los espectadores querían era actuaciones musicales. Debido a esto, podemos decir que de estos lotes nació *El Cantor de Jazz*. Pese a que este largometraje está considerado la primera película sonora, no podemos decir que sea completamente cierto, ya que es un largo híbrido. Esto significa que alternaba escenas sonoras al estilo de los cortos de variedades con escenas mudas. Pese a esto, fue un gran éxito en la exhibición dando grandes beneficios a Warner Bros. Cabe destacar que este éxito no fue inmediato pese a la leyenda que lleva a sus espaldas esta película.

Por otro lado, la experiencia sonora no era especialmente fiel a la realidad. Reproducía un sonido con bastante ruido y de una calidad dudosa. Además, la grabación hacía difícil el movimiento de los actores durante las escenas, por lo que la mayoría de ellas eran muy fijas en cuanto al desplazamiento delante de cámaras. No es para nada comparable al sonido que podemos escuchar en la actualidad, pero en la época no se había escuchado nada igual, por lo que es comprensible su éxito.

Como confirmará la evolución de los sistemas sonoros, en la industria cinematográfica se buscaban dos cosas del sonido. La primera es común en todos los casos que se verán a continuación. En algunas ocasiones, estos sistemas sonoros no solo están diseñados para ser más fiel a la realidad que el anterior, también buscaban espectacularidad. Querían que ir al cine se convirtiera en algo más que una actividad recreativa, querían que fuera una experiencia.

Llegados a 1928, podemos decir que Warner Bros sólo tenía un competidor, este era Fox, que había firmado un acuerdo por la nueva tecnología de la General Electric desarrollando así el sistema Fox Movietone, el primer sistema de registro del sonido en la película.

William Fox no firmó el acuerdo en un primer momento pensando en el cine, lo hizo pensando en los noticiarios de su cadena. Por otro lado, vio la posibilidad de obtener un gran mercado en la industria cinematográfica. De este modo, en 1925 aumentó los presupuestos para sus largometrajes y comenzó la construcción de su propia cadena de cines que acabaría dominando la costa oeste de Estados Unidos.

La primera exhibición sonora de Fox no sería en un largometraje, ocurriría en un noticiario de tan solo cuatro minutos de duración. Esto sucedía el mismo año del estreno de *El Cantor de Jazz*.

Podemos hablar de que ambas compañías tomaron la ventaja frente a las demás, ya que estas pasaron al sonoro en 1928, aunque realmente, la que tomó más ventaja fue la Fox. Esto se debe a que se llega a un acuerdo para la unificación de la lectura de ambos sistemas en cualquier sala. Este acuerdo deja obsoleto al Vitaphone de la Warner Bros.

Esta tecnología, a diferencia del Vitaphone, deja de lado el sistema de sincronía, ya que el sonido queda grabado directamente en la película. La grabación del sonido en la película se producía mediante un proceso óptico mediante el cual el sonido era convertido en energía eléctrica y esta a su vez era reconvertida en señal luminosa. Finalmente, la señal luminosa era la que quedaba grabada en el lateral de la película.

En ese mismo año, 1928, se produjo la compra de la cadena de cines y salas de teatro Keith-Albee-Orpheum por parte de la RCA (Radio Corporation of America), convirtiéndose así en la conocida RKO (Radio-Keith-Orpheum). Esta compra se llevó a cabo debido a que la RCA quería dar salida a su sistema sonoro en el cine, el RCA Photophone. Este sistema, al igual que el Movietone, era un sistema de registro óptico del sonido en la película. Syncopation fue el nombre de la primera película realizada con el sistema RCA Photophone.

Más tarde el sistema Vitaphone abandonaría el sistema de disco y se pasaría al registro fotoeléctrico al igual que su competencia. Para 1930, el cine americano había abandonado los sistemas de sincronía.

Parece también reseñable la forma en la que se anunciaba la película en su cartelera. En ella se puede ver claramente que el reclamo de la película se centra en el nuevo sistema sonoro, ya que se plasma no una, sino dos veces en el cartel que toda la película es sonora.



Cartel de *Syncopation*. Fuente: [https://alchetron.com/Syncopation-\(1929-film\)](https://alchetron.com/Syncopation-(1929-film)).

Nacimiento frustrado del sonido magnético

Durante todo este tiempo se estuvo trabajando con sonido monofónico. Todo se grababa en una única pista y se reproducía exactamente igual sin variación alguna.

Con la televisión, el cine empezó a perder público, ya que la gente prefería permanecer en sus hogares antes que salir. La industria cinematográfica tuvo que diferenciarse de la televisión, por lo que buscaba ser una experiencia que esta no podía proporcionar. El cine comenzó a ser un espectáculo con grandes pantallas. El campo del sonido no se quedó atrás. En 1939 nació el sonido multicanal.

Inicialmente el sonido registrado era monoaural y se almacenaba de forma analógica en una única pista óptica en la propia película de proyección. En las décadas sucesivas a la aparición del cine sonoro, se introdujo una segunda pista que permitía mover la posición de origen del sonido fuera de la localización de los altavoces, con ello se conseguía mejorar notablemente la sensación espacial del espectador. El problema de aquella época era que no estaba tan claro como mezclar los sonidos captados por cada micrófono para recrear la sensación sonora adecuada, ni cuantos canales era necesario o suficiente emplear en la reproducción. Esto dio lugar a múltiples variantes cada una de las cuales tuvo un mayor o menor éxito (Bleda, 2013: 243)

El sonido multicanal consiste en la grabación de diferentes pistas diferenciadas unas de otras que serán leídas y reproducidas por monitores independientes. Esto proporcionaba al cine una característica diferenciadora de la televisión, que no diferenciaba canales. Esto permitía una mejora en cuanto a la espacialidad del sonido, ya que se podía permitir liberar espacio colocando sonidos en otras pistas. Esto también repercutía en un sonido más limpio y ordenado.

En 1939, de la mano de Disney, nacía Fantasound, una tecnología revolucionaria para la época que consistía en ocho pistas de audio diferentes. En 1940 se estrenó la primera película con este sistema, *Fantasia* (James Algar, Samuel Armstrong, Ford Beebe Jr, Norman Ferguson, David Hand, Jim Handley, Thornton Hee, Wilfred Jackson, Hamilton Luske, Bill Roberts, Paul Satterfield, Ben Sharpsteen). El problema de este sistema es que era muy caro para los teatros remodelar las salas (85.000\$ por teatro).

Finalmente, tan solo catorce teatros llegaron a remodelarse. Cuando finalizó la primera vuelta de exhibición de *Fantasia*, Fantasound dejó de existir.

Pese a estos precarios números, Fantasound inicia lo que en las décadas de los 60 y los 70 será una revolución sonora.

En este caso, el reclamo del largometraje también se centra en el sistema sonoro, en esta ocasión, destacando la mejora de calidad del nuevo sistema frente a todos sus antecesores.



Cartel de *Fantasia*. Fuente: <http://cartelesmix.es/cartelesdecine/?p=8569>.

En 1952 se presentó al público el sistema Cinerama, que visualmente consistía en la filmación de tres cámaras y la exhibición de tres proyectores simultáneamente, dando así una sensación de imagen panorámica. Se presentó con el documental *This Is Cinerama* (Merian C. Cooper). En cuanto a lo que nos ocupa, el campo del sonido, ya podemos hablar de sonido grabado en cinta magnética.

Este sistema reduce los canales respecto al Fantasound en dos, quedando así con seis canales. En la sala, el número de monitores era mayor (ocho) y se distribuían de la siguiente manera:

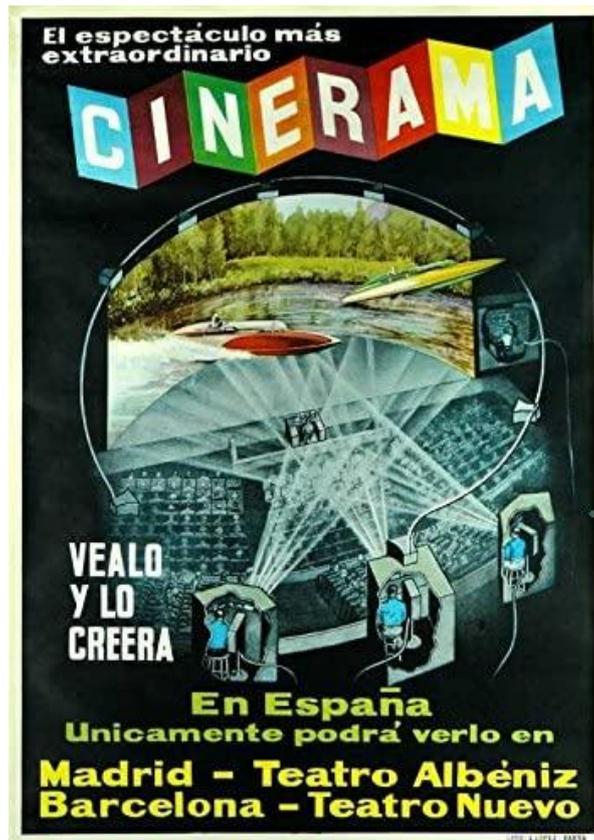
- Cinco monitores colocados detrás de la pantalla, uno central, dos en los extremos y otros dos entre estos tres primeros, quedando así dos en la derecha, dos en la izquierda y uno central. Estos monitores reproducían con bastante fidelidad lo que ocurría en la pantalla.
- Tres monitores traseros. Se colocaban detrás del público, uno a la derecha, otro a la izquierda y otro en el centro. Estos monitores reproducían sonidos en fuera de campo, completando así la experiencia.

Los primeros cinco canales se dirigían a los cinco monitores de la pantalla, mientras que el canal restante se iba conmutando en cualquiera de los tres monitores traseros.

Pese a las diferencias con su antecesor, este sistema seguía teniendo el mismo problema, era excesivamente caro para los teatros su instalación, por lo que la vida de este sistema fue más bien corta.

Aun así, se puede sacar algo positivo. Como he mencionado antes, se había dado un paso importantísimo en la revolución del sonido en el cine, ha nacido el sonido magnético. Este paso será vital en los años venideros del cine.

Se lanzó cartelería para anunciar el nuevo sistema, y aunque parece destacar más la parte visual de Cinerama, se puede observar la disposición de los monitores en la sala, dejando ver las novedades de este sistema frente a la competencia.



Cartel promocional del sistema Cinerama. Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/cinerama-Cartel-Pel%C3%ADcula-Espa%C3%B1ol-40-inches/dp/B0050LM4VW>.

Tanto el sistema Cinerama como el Fantasound estaban diseñados para ir más allá que escuchar la película. Con estos sistemas buscaban dar una experiencia única a los espectadores tal como se ha mencionado anteriormente. Pero precisamente por esto eran sistemas avocados al fracaso. Esto es debido a que estaban pensados para un solo proyecto y no tenían una continuidad real en el tiempo.

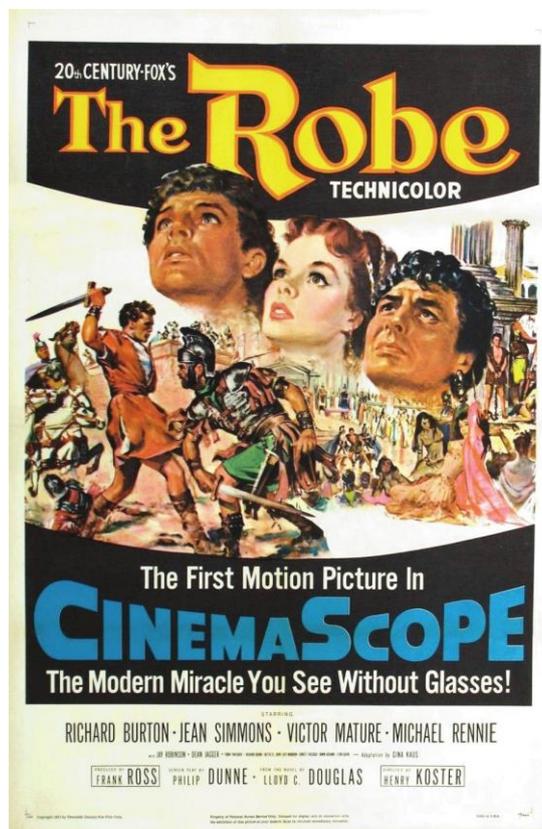
Tan solo un año más tarde, en 1953, de la mano de 20th Century Fox, aparece en las pantallas la primera película con el nuevo Cinemascope, *The Robe* (Henry Koster).

Este nuevo sistema es el primero en ser considerado un sistema estéreo surround. El Cinemascope funcionaba con cuatro pistas magnéticas cuyos monitores se dispondrían en las salas de la siguiente forma:

- Dos laterales, uno a la derecha y otro a la izquierda.
- Uno central, detrás de la pantalla.
- Uno trasero.

La Fox presionó en todo momento a las salas para que convirtieran sus equipos ópticos a equipos magnéticos, llegando a prescindir en todas sus copias del sonido óptico. Finalmente fue la Fox la que cedió realizando copias de las películas con sonido magnético monofónico, para que el desembolso de las salas no fuera tan grande.

En este momento cambia un poco la visión publicitaria de las cartelerías. La televisión vive su primera época dorada y parece que la industria fílmica pretende desligarse de este fenómeno o por lo menos distinguirse. Debido a esto parece que los anuncios en cartelera de las películas ponen más énfasis en los nuevos formatos de la pantalla y en los avances tecnológicos visuales, dando un poco de lado a las tecnologías sonoras. Casi parece como si el mundo se olvidara de la tecnología que salvó al cine no hacía mucho. Este esquema va a repetirse hasta nuestros días donde parece que las tecnologías dedicadas al sonido vuelven a recuperar algo del protagonismo perdido antaño.



Cartel de *The Robe*. Fuente: <https://www.filmaffinity.com/es/film820751.html>.

Esta disputa finalmente la resolvió el Motion Picture Research Council creando copias que mantenían ambas tecnologías, sonido óptico y magnético (cuatro pistas). Este nuevo formato, llamado Magoptical, fue el que pusieron en circulación el resto de las productoras. Pese a que la Fox, en cuanto a imagen seguía usando el sistema Cinemascope, el sistema sonoro que usaba ya a partir de 1957 también fue el Magoptical.

Hay que tener en cuenta que, para el espectador, la experiencia sonora que proporcionaban estos sistemas era bastante superior a las desarrolladas anteriormente con sonido óptico monofónico. No solo la mejora se producía en la limpieza del sonido, el sonido magnético también mejoraba a sus antecesores respecto al número de canales, ya que, al liberarse de la película, podía desplegar un mayor potencial en forma de un mayor número de canales. Esta experiencia incluso ha perdurado hasta nuestros días en los que algunas personas que han tenido la oportunidad de ver una película en el sistema Cinerama todavía recuerdan con emoción ese momento.

Finalmente, la guerra entre el sonido óptico y el magnético la ganaría el óptico. Para entender esto debemos comprender que el cine era una industria, por lo que ante todo buscaba el beneficio económico. Debido a esto, pese a que el sonido magnético poseía una calidad muy superior al sonido óptico, este último era mucho más barato. Para empezar, no necesitaba de una nueva y costosa adaptación en cuanto a equipos se refiere, ya que el óptico era el estándar antes de la llegada del magnético. Además, el magnético conllevaba unos grandes costes de mantenimiento que el óptico no necesitaba. Finalmente, la mayoría de las salas mantuvieron el óptico y este volvió a ser el estándar. Sólo las grandes salas convirtieron sus equipos al sonido magnético. Esta decisión de desechar una mejor tecnología fue puramente económica.

Hay que tener en cuenta que, aparte de los costes de los equipos de reproducción, otro de los aspectos que influyo notablemente en la corta vida de los diferentes sistemas fue la producción de sonido, es decir, la facilidad y los costes asociados a la creación de material sonoro para el sistema. El uso de múltiples canales de sonido suponía un reto importante para la tecnología de producción de la época. (Bleda, 2013: 243-244)

Retrocediendo unos años antes del Magoptical, en 1954 nos encontramos con el Perspecta. Este sistema volvía al sonido óptico para hacer frente a los grandes desembolsos que suponía el sonido magnético. En estos momentos, el sonido óptico era sinónimo de sonido monofónico, o lo que es lo mismo, si no tenías equipo magnético, no podías reproducir sonido estereofónico. El Perspecta da solución a esto, ya que introduce en la mezcla del sonido óptico tres bandas de baja frecuencia que los altavoces no podían leer. La razón de estas frecuencias era que, toda aquella sala que dispusiera de un artefacto llamado integrador podía decodificar automáticamente estas frecuencias como órdenes para cambiar el nivel de cada uno de los tres sistemas de altavoces que se tenían tras la pantalla. En resumidas cuentas, el Perspecta proporcionaba un falso estéreo con una pista óptica monofónica. Además, las salas que no dispusieran de ningún integrador no debían temer, ya que los altavoces no leían estas frecuencias, simplemente enviaban la misma señal monofónica a los tres sistemas sin variación alguna.

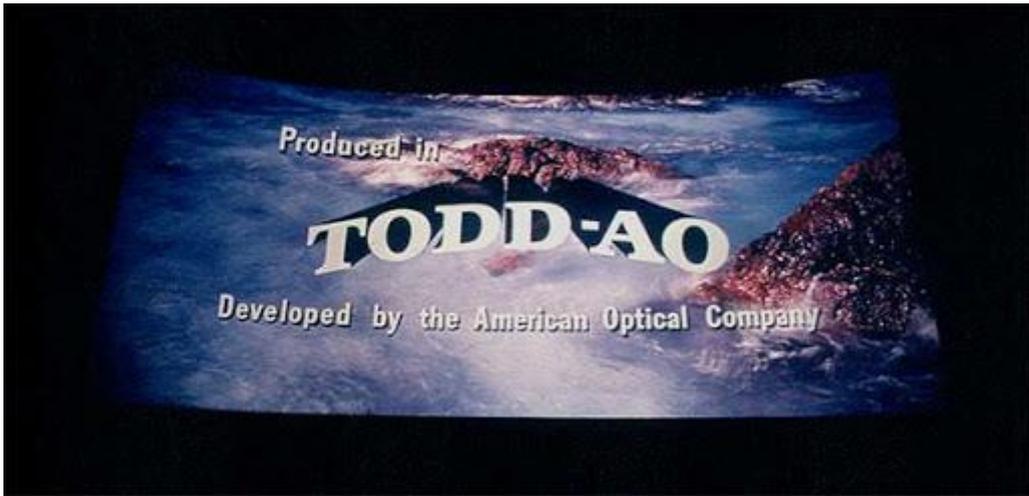
En 1955, en la película *Oklahoma!* (Fred Zinnemann) se ve por primera vez el sistema Todd-AO. Este sistema era grabado en una película de 70 mm. Este punto tendrá gran relevancia en el sonido.

Este sistema se caracteriza por llevar seis pistas de sonido que en cuanto a los monitores en sala se traducirían en las siguientes posiciones:

- En pantalla, uno a la izquierda, uno en el centro izquierda, uno en el centro, uno en el centro derecha y otro en la derecha, quedando así cinco monitores tras la pantalla.
- Uno trasero de surround.

La importancia antes mencionada de los 70 mm viene por el canal surround. En los formatos de 35 mm la pista del canal surround era muy estrecha y provocaba ruido cuando sonaba en la sala, por eso no se podía poner continuamente, se usaba solo en contadas ocasiones durante cada película. Con el 70 mm ese problema desaparece, ya que la pista tiene espacio de sobra y no provoca ningún ruido, por lo que se podía mantener activa durante toda la exhibición.

Los siguientes sistemas que usarían el 70 mm optarían por el sistema de sonido del Todd-AO al ser este el primero.



Créditos a Todd-AO en una película. Fuente: <http://www.harmonicacinema.com/formatos-cinematograficos-iii/>.

En los años 60 entramos en una crisis de la que ya hemos hablado. Las salas más pequeñas no se pueden permitir el cambio del óptico al magnético, sólo las grandes salas pueden. Ante esto, las grabaciones vuelven a realizarse con sonido óptico monofónico. Sólo las películas que se realizan en 70 mm mantienen el sonido magnético. El campo del sonido en el cine da un paso atrás cuando parecía que todo el camino era hacia delante. No sería ya hasta la década de los 70 cuando veríamos un nuevo avance en la calidad del sonido.

Una nueva era del sonido cinematográfico

Dolby, que actualmente podemos decir que es la empresa más grande en cuanto a sonido cinematográfico, no nació hasta 1965 de la mano de Ray M. Dolby. Podríamos decir que nació tarde en el cine, por lo menos esa es la impresión hasta que conocemos que la empresa no nació para el sonido cinematográfico. Dolby nació como una empresa enfocada a la industria musical. De hecho, los primeros sistemas de Dolby fueron enfocados a la reducción de ruido en los cassettes.

El mismo año del nacimiento de la empresa, esta misma presenta el Dolby A. Esto era una tecnología de reducción de ruido que conseguía mejorar 10 db la relación señal-ruido¹ de las grabaciones realizadas sobre sistemas magnéticos. Más tarde le sucederían los sistemas Dolby B, Dolby C, Dolby SR y Dolby S.

Dentro del cine, la aplicación de los sistemas Dolby se realizó con el tiempo. La primera vez que el sistema Dolby se usa en una película es en *Oliver* (Carol Reed) en 1968. En esta ocasión el Dolby A se añade en la postproducción de este filme. Las pruebas del Dolby A en el cine continúan con la película *Jane Eyre* (Delbert Mann), donde se introduce esta tecnología en diversos fragmentos del filme que se estrenó en 1970. La primera película que tiene el Dolby A al completo es la famosa película *La Naranja Mecánica* (Stanley Kubrick), estrenada en 1971, pero con una excepción. Esta excepción es que esta tecnología sólo se aplicó en las copias con sonido magnético, ya que este sistema se había diseñado en origen para cinta magnética. La primera vez que se aplica el Dolby A en una copia con sonido óptico monofónico es en 1974 con la película *Callan* (Don Sharp).

Esta tecnología “aplicada sobre la banda sonora óptica, permitía aumentar el rango de frecuencias sin afectar al ruido de fondo ni producir distorsión.” (Ruiz, 2011: 2)



Procesador Dolby 361 con tarjeta de reducción de ruido Dolby A. Fuente:

https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_noise-reduction_system.

¹ Es la diferencia que hay en decibelios entre la fuente sonora que se desea escuchar y el ruido, que es el sonido que no se desea.

El sistema fue una revolución en la reproducción del sonido en todas las salas, ya que permitía aumentar el sonido en cualquier sala sin que le afectara el ruido. Esto tiene dos grandes implicaciones en el mundo del cine en dos aspectos diferentes.

- En cuanto a las instalaciones, se realiza por fin la primera gran renovación técnica tanto en las salas como en la grabación y postproducción de forma generalizada desde la década de los 40.
- Por otro lado, la pérdida del ruido hace que los ingenieros tengan que prestar más atención a los aspectos técnicos del sonido a los que antes no se prestaban atención por el enmascaramiento del ruido.

Durante 1973, Dolby junto a Kodak y RCA intentan desarrollar una mejora para el sonido óptico. Intentan crear un sonido óptico estereofónico. Para empezar, plantean la posibilidad de dos canales, pero desecharon la idea ya que eso creaba un vacío sonoro en el centro de la pantalla que desconcertaba a los espectadores. Una vez se acordó que lo principal eran los tres canales en pantalla, quedaron en introducir un cuarto canal al igual que en el pasado ya habían hecho otras tecnologías con el sonido magnético.

El problema de intentar introducir cuatro pistas ópticas no era otro que el espacio, ya que se tenía que introducir cuatro pistas en donde antes había sólo una. Esto hacía que las cuatro pistas fueran muy estrechas, lo que creaba mucho ruido incluso introduciendo el Dolby A. La solución a este problema la encontraron en un sistema desarrollado 40 años antes por Alan Blumlein, llamado matriz de audio. Consistía en la codificación de los cuatro canales en dos señales discretas². Finalmente, el sistema desarrollado nacería con el nombre de Dolby Stereo.

El primer contacto que hace el cine con Dolby Stereo es en la película *Lisztomania* (1975, Ken Russell), pero a esta le faltaba el canal surround. Dolby Stereo, en su versión completa aparece por primera vez en 1976 en *Nace una Estrella* (Frank Pierson). Pese a esto, Dolby Stereo no despegaba hasta el éxito de 1977 *Star Wars* (George Lucas).

² Las señales discretas son señales que han pasado por una codificación y/o muestreo y que son representadas mediante una secuencia de valores a los que llamamos muestras.

Debido a lo barato de la aplicación de este sistema (costaba lo mismo que el sonido óptico monofónico), se empezó a usar en cada vez más producciones. En los cines que se aplicaba esta tecnología la afluencia de público era mayor, por lo que las salas comenzaron a aplicarlo, convirtiéndose así en un estándar en la industria cinematográfica.

Por otro lado, la aplicación en el formato de 70 mm fue bastante sencilla, ya que Dolby había desarrollado sus sistemas en un principio para cinta magnética. A finales de los 70, coincidiendo con *Star Wars*, se popularizó realizar copias de los grandes éxitos de 35 mm en 70 mm para poder aprovechar la versatilidad sonora que proporcionan los seis canales de la cinta magnética. Viendo grandes posibilidades en esto, Dolby empieza a realizar pruebas con las seis pistas, llegando finalmente a desarrollar el Dolby Stereo Surround, el primer sistema de lo que conocemos hoy por 5.1, tan estandarizado que se encuentra en los hogares de muchas familias actuales. En 1978 se realizaron pruebas en la película *Superman* (Richard Donner), pero la primera película que salió completamente con este sistema fue *Apocalypse Now* (Francis Ford Coppola), en 1979.



Cartel de *Star Wars*. Fuente: <https://magnet.xataka.com/cine/asi-han-cambiado-los-posters-de-star-wars-desde-la-primera-trilogia>.

En 1987 salen las dos primeras películas (*El Chip Prodigioso* (Joe Dante) y *Robocop* (Paul Verhoeven)) con el sistema Dolby SR, el último sistema de reducción de ruido de Dolby. Este sistema fue creado para competir con el sonido digital que estaba naciendo. De este modo se podía continuar trabajando en analógico, no se tenía que dar el cambio al digital tan rápido. Pese a esto, ésta sería la última innovación en el sonido analógico.

Tras la derrota del analógico, Dolby creó el Dolby Digital SR, que más tarde se llamaría simplemente Dolby Digital. Este sistema usaría la configuración 5.1 que ya usó su antecesor el Dolby Stereo Surround. Este sistema nace en 1991, pero no es hasta 1992, con *Batman Returns* (Tim Burton) cuando aparece en una película. Algo característico de este sistema es que posee un sistema de seguridad. En el caso de que no se leyera correctamente el cuadrado donde está codificado el sonido, automáticamente se leería una pista analógica que tiene al lado, por lo que era imposible que la película se quedara en silencio.

En 1998, con la postproducción de *Star Wars: La Amenaza Fantasma* (1999, George Lucas) como escenario, THX se unió a Dolby para trabajar conjuntamente. Como resultado de esta unión, nació el Dolby Digital Surround EX, un sistema que aumentaba en uno el número de canales que soportaba, quedando así la distribución en un 6.1 con tres canales de surround. Años más tarde diseñaría el Dolby TrueHD (7.1).

Pocos sistemas analógicos quedan ya hoy en día. Las salas de cine se modernizaron y disponen en su gran mayoría de equipos completamente digitales. Lo mismo ocurre en los hogares de los consumidores. No hay muchos hogares que dispongan de un sistema de visionado y de escucha para cine que sea analógico. Gracias a los sistemas digitales, el cine se ha democratizado pudiendo llegar a muchas casas por un precio relativamente barato. Además, estos sistemas de cine en casa poseen en la actualidad una calidad similar a la de la propia sala de cine, trayendo la vanguardia de la industria cinematográfica al salón de nuestra propia casa.

Por otro lado, DTS es una compañía que nace en 1993, tras el nacimiento de la película del mismo año *Jurassic Park* (Steven Spielberg). Esta compañía nace de la mano de Terry Beard que, en 1992, desarrolla un sistema digital 5.1. Pero en este caso podemos hablar de algo que cambia el camino que el sonido había tomado en el cine. Esto es debido a que “retoma” una tecnología que llevaba más de 60 años muerta. DTS retoma el sonido sincrónico de disco, que ya se usaba en los años 30 con el Vitaphone. Esta vez el sonido se graba en CD, y al ser un sistema digital, la sincronía es perfecta.

La sincronización consistía en un código de tiempo que se encontraba en la película con el que se sincronizaba el CD.



Créditos a DTS en una película. Fuente: <https://logodix.com/dts-stereo>.

DTS sale con dos configuraciones diferentes para competir con la compañía estándar, Dolby. El primer sistema, el DTS-S era un sistema estéreo con la misma configuración de canales que el Dolby Stereo. La mejora que suponía el DTS-S frente al Dolby Stereo es que el de la compañía que ahora nos ocupa era un sistema totalmente digital. Por otro lado, también sale el DTS-6, un sistema con una configuración 5.1 con la que hacer competencia al Dolby Digital.

Las salas que obtuvieron el sistema DTS-S acabaron cambiándose al DTS-6, por lo que la primera configuración acabó desapareciendo. En la actualidad, el sistema que DTS implementa es el DTS-X, un sistema similar al Dolby Atmos, que también trabaja con objetos sonoros, con el que hacerle la competencia.

En 1993 SONY desarrolla el último sistema de sonorización para cine, el SDDS. Este sistema está basado en 8 canales (7.1). En principio SONY no lo desarrolla para hacer la competencia, ya que no posee ninguna característica que Dolby o DTS no tuvieran ya, pero le permitió a SONY, que había comprado Columbia Pictures, poseer un sistema de sonido propio sin tener que pagar a terceros.

Sonido espacial en el cine

Tras estudiar los sistemas de reproducción sonora con más relevancia en el pasado, ahora se empezará a ver la revolución a la que han sometido los nuevos sistemas a la industria sonora.

A lo largo de la historia que ya se ha contado, los sistemas se iban sustituyendo o no dependiendo de la fidelidad del sonido, los materiales usados, el número de canales o su viabilidad económica entre otras cosas. En la actualidad los nuevos sistemas se desligan de los procesos tomados con anterioridad e intentan crear un nuevo tipo de escucha más espectacular y realista.

Introducción al término “sonido espacial”

Como ya se ha visto con anterioridad en este trabajo, la reproducción de sonido ha tenido diversas configuraciones a lo largo de la historia. Primero fue el sonido monofónico que nos permitía escuchar una única pista a la vez. Más tarde llegó el sonido estereofónico, que trabajaba con dos pistas que se reproducían a la vez. El estéreo es lo que más solemos escuchar cuando nos ponemos una canción con los cascos. Más tarde nacieron configuraciones más complejas dando lugar al sonido envolvente. En este punto hay diversas configuraciones, pero el estándar es el 5.1, que son seis canales distribuidos de la siguiente forma:

- Un monitor central situado enfrente del espectador.
- Dos monitores laterales. Uno a la derecha y otro a la izquierda del monitor central.
- Dos monitores traseros. Uno a la derecha y otro a la izquierda, quedando ambos detrás del espectador.
- Un subwoofer. No tiene un lugar concreto, pero suele ir delante del espectador.

Con esta configuración el sonido rodea al espectador creando una inmersión nunca vista hasta ese momento.

Hoy en día sí sabemos que hay algo más allá del sonido envolvente, el sonido espacial o sonido 3D. Pero ¿qué es el sonido espacial?

Desde el sonido monofónico hasta el sonido envolvente, el mundo de la reproducción sonora ha estado fijado al eje horizontal. Podían añadirse o quitarse pistas de reproducción y equipos, pero siempre fijados al mismo eje. Para entenderlo mejor, el sonido solo podía moverse lo mismo que se puede mover el trazo de un lápiz en un folio. El sonido estaba en 2 dimensiones.

En la actualidad se ha añadido una dimensión más a la reproducción sonora, permitiendo que la escucha se realice también en el eje vertical. En sus diversas configuraciones esta dimensión extra se consigue colocando dos filas de monitores sobre la cabeza del espectador.

Funcionamiento físico

Antes de entrar en materia, me gustaría aclarar los aspectos físicos que rodean a las tecnologías de las que hemos hablado y de las que vamos a hablar. Para ello, vamos a estudiar cómo es la escucha del ser humano en términos físicos mediante la observación del órgano de escucha del ser humano, el oído.

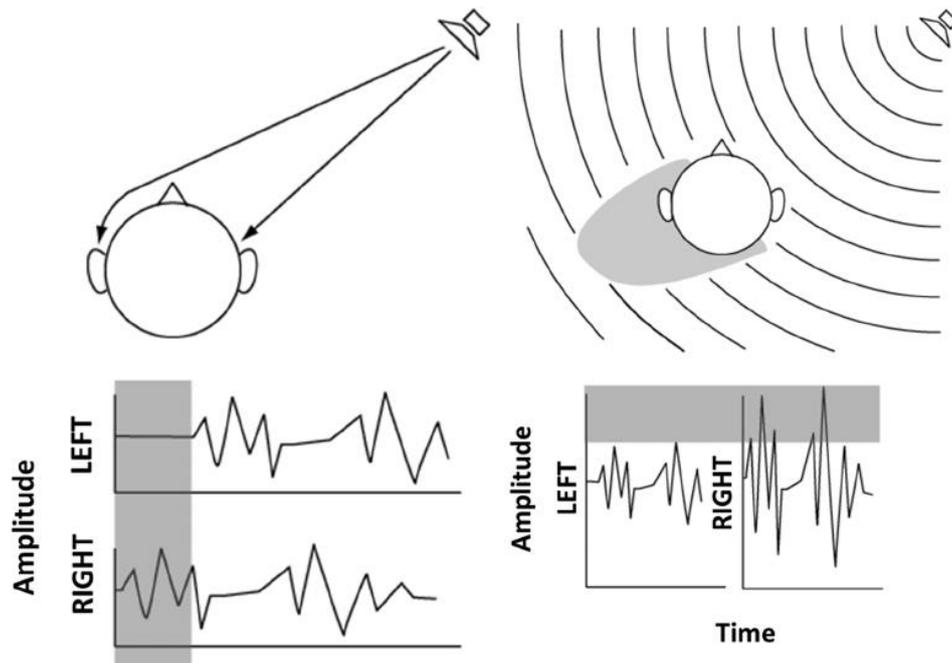
Lo normal para un ser humano promedio es tener dos oídos, situados en los laterales de la cabeza. Estos son los órganos sensoriales encargados de la función auditiva. Este órgano está protegido por una capa externa de forma irregular llamada oído externo, pabellón auricular u oreja. Cada par de orejas poseen una forma única que perfecciona la captación de sonido dependiendo de la morfología de cada ser humano. Por ello podríamos decir que cada persona tiene un par de orejas perfectas para ellas mismas. Cada pliegue en la oreja está diseñado para que las ondas sonoras roten y se redirijan hacia el conducto auditivo externo.

Cada oído tiene la capacidad para captar una gran cantidad de fuentes sonoras, en conjunto o por separado, en cambio, el ser humano solo tiene la capacidad de captar sonido por un oído (audición monoaural) o por ambos (audición binaural).

El oído, aparte de captar el sonido, también tiene otra función, que es la de localizar la ubicación de la fuente sonora en un espacio tridimensional. A esta función se le llama audición espacial u holofónica y se consigue debido a varias características de los órganos auditivos. Los primeros casos que vamos a tratar son los de las diferencias interaurales tanto de tiempo como de nivel.

Las diferencias interaurales se benefician de la posición de los oídos en la cabeza, ya que no comparten un mismo espacio. Ambas diferencias interaurales anteriormente mencionadas se valen de la diferencia de la captación en ambos oídos de una misma onda sonora. Debido a esto, la posición de los oídos se vuelve imprescindible. Al estar colocados a cada lado de la cabeza, en la mayoría de las ondas sonoras que escuchemos por ambos oídos observaremos un cambio en sus características de un oído a otro. Además, al estar a la misma altura en el plano horizontal, las diferencias en las características de las ondas sonoras que nos rodean se verán maximizadas, pudiendo determinar la ubicación de una forma más precisa. Por el contrario, estos fenómenos no funcionan especialmente bien cuando la fuente sonora proviene de encima o de debajo del oyente.

Ya en 1907 se habló por primera vez de este fenómeno en la *teoría dúplex* de Lord Rayleigh, diferenciando ya entonces entre las diferencias interaurales de tiempo y las diferencias interaurales de intensidad. En primer lugar, hablaremos de las diferencias interaurales de tiempo (ITD) y más tarde explicaremos las diferencias interaurales de intensidad (ILD).



Explicación gráfica de las ITD e ILD respectivamente. Fuente:

https://www.researchgate.net/figure/Interaural-Time-Difference-ITD-and-Interaural-Level-Difference-ILD_fig1_276473132.

Las ITD (Interaural Time Difference) se caracterizan por sacar provecho de la diferencia de tiempo en la que un mismo sonido llega a uno y otro oído. Esta diferencia de tiempo imperceptible es la que hace que podamos averiguar de dónde ha salido el sonido.

Por otro lado, las ITD no son infalibles, ya que este método solo funciona con frecuencias comprendidas entre 200 Hz y 800 Hz. Esto es debido a que las frecuencias más bajas poseen una longitud de onda mayor, por lo que la diferencia de llegada de la longitud de la onda a cada oído sería indistinguible.

Las ILD (Interaural Level Difference) se caracterizan por sacar provecho de la diferencia de nivel en la que un mismo sonido llega a uno y otro oído. Esta diferencia de nivel es la que hace que podamos averiguar de dónde ha salido el sonido.

Al igual que las ITD, la ILD tampoco son infalibles, ya que este método solo funciona con frecuencias superiores a 1000 Hz. Por debajo de estas frecuencias, la cabeza no actúa como un filtro natural, dejando pasar cualquier baja frecuencia y haciendo inservibles las ILD. Esto ocurre debido a que las frecuencias superiores a 1000 Hz poseen longitudes de onda menores a la mitad del radio de la cabeza de un ser humano medio, por lo que la cabeza actúa como un filtro natural que atenúa el nivel que llega al oído más alejado.

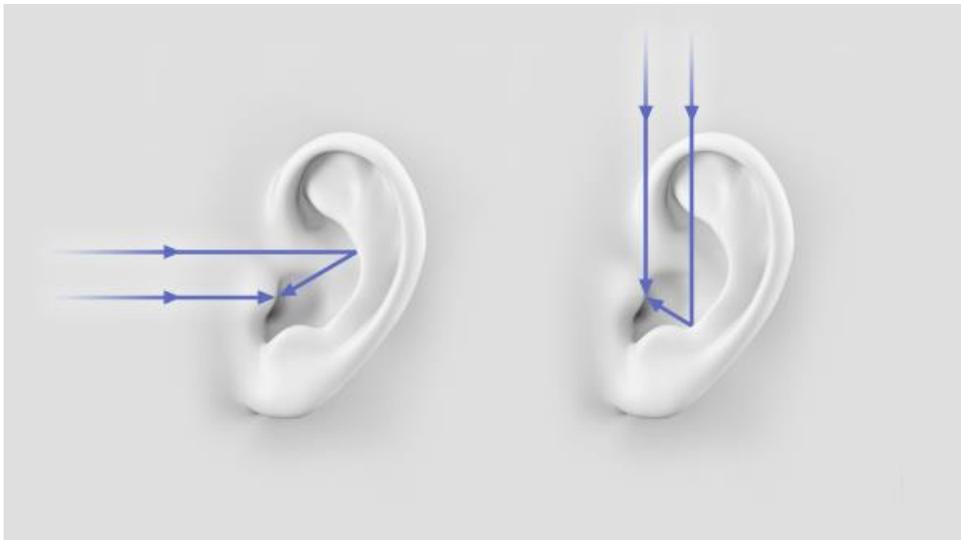
Como podemos observar, hay algunos rangos de frecuencias que no son detectados ni por las ITD ni por las ILD (teniendo en cuenta que el espectro audible de un ser humano medio se comprende entre los 20 Hz y los 20.000 Hz), dando a entender que el oído humano no capta la procedencia de un sonido con estas frecuencias, pero nada más lejos de la realidad. Para localizar el origen de estas frecuencias se utilizan ambas diferencias interaurales de forma simultánea.

También cabe destacar que la teoría dúplex funciona tal y como se ha explicado aquí siempre y cuando los sonidos captados por los oídos sean tonos puros. El problema reside en que en la naturaleza no existen los tonos puros, por lo que en realidad no se puede calcular de una forma tan perfecta la localización del sonido como en el experimento realizado con tonos puros.

He mencionado con anterioridad que las ITD y las ILD no funcionan especialmente bien cuando la fuente sonora se encuentra encima o debajo del oyente. Esto es debido a que en la línea vertical que cruza al ser humano por el centro “los valores de ILD e ITD son cero haciendo que la comparación interaural sea ineficiente” (Usategui, 2010: 5).

Pese a que la teoría de Rayleigh no contemplaba la escucha en el plano medio, se demostró que los sujetos de pruebas sí identificaban la localización de los sonidos en el plano vertical, por lo que se llegó a la conclusión de que la localización vertical del sonido no se determinaba por un proceso binaural, si no por uno monoaural. Este proceso tiene como protagonista al pabellón auditivo.

Batteau (1967) propuso que las reflexiones producidas en las convoluciones del oído externo eran capaces de brindar indicios adicionales para la localización. Sugirió que los retardos temporales entre el sonido directo y esas reflexiones variaban en función del ángulo de incidencia, transformando así a las señales que tomaban contacto con el tímpano” (Cetta, 2003: 6).



Ejemplo de ángulos de incidencia de la onda en las convoluciones del oído. Fuente:

<https://frl.nyu.edu/mysterious-hrtf/>.

Investigaciones posteriores negaron la importancia de estos retrasos temporales, ya que eran indetectables. Por otro lado, se desarrolló la teoría de que las convoluciones del pabellón auditivo funcionaban como resonadores que transforman el espectro sonoro dependiendo del ángulo de incidencia de la fuente original. A la vez, estas mismas investigaciones determinaron que estos indicios espectrales no eran muy fiables ya que en las pruebas realizadas, los sujetos necesitaban de un conocimiento previo de la fuente sonora y de sus características para poder realizar la localización con éxito. “Cuando el sistema perceptual reconoce diferencias interaurales, determina la ubicación de la emisión del estímulo dando un valor más importante a estas diferencias que a los indicios espectrales” (Cetta, 2003: 7).

Tras este pequeño repaso, podemos observar que en condiciones óptimas el sistema de localización sonora del cuerpo humano es imperfecto. “El concepto de localización indefinida surge de considerar que el espacio auditivo es menos diferenciado que el espacio en el cual los eventos sonoros se manifiestan. El sistema auditivo posee menos resolución espacial que cualquier medición física” (Cetta, 2003: 8).

Además, en la naturaleza no existen los tonos puros tal y como mencioné con anterioridad, por lo que este sistema aun sufre más, dándose así múltiples situaciones de ambigüedad en la localización o localización indefinida. Esto significa que un sonido no va en una dirección única, si no que la onda sonora rebota en cualquier objeto o pared que haya a tu alrededor, posibilitando así que rebotes del sonido original lleguen al oído del receptor desde otro lugar.

Debido a esto muchas veces somos incapaces de determinar de qué lugar precede un sonido concreto o incluso podemos creer que procede de otro lugar completamente diferente. Ante estos tipos de confusiones en la localización, el sistema de localización se sirve de la posibilidad de rotación de la cabeza. “La zona de mayor precisión en la ubicación de la fuente sonora ocurre en la región cercana al punto ubicado justo enfrente del oyente. Es la zona donde un mínimo desplazamiento de la fuente produce una modificación en el evento auditivo” (Cetta, 2003: 8). De esta forma el ser humano puede localizar la procedencia de los sonidos.

Cuando un oyente mueve su cabeza en la dirección del evento auditivo, buscando la posición probable del evento sonoro, decrece el nivel de indeterminación dado que el mayor grado de precisión se encuentra en la zona frontal. Van Soest (1929) fue el primero en señalar que la resolución de las imprecisiones por falta de indicios concretos, o conflicto entre ellos, se realiza a través de los movimientos de la cabeza (Cetta, 2003: 7).

Resumiendo, el ser humano percibe la localización del sonido mediante la utilización simultánea de las ITD, las ILD y los indicios espectrales además del uso de la rotación de la cabeza para evitar confusiones.

Dolby Atmos

El Dolby Atmos olvida el concepto de canales. Es un sistema con dos grandes diferencias respecto al resto. La primera es que incluye dos líneas de altavoces overheads (sobre la cabeza), pudiendo así recrear sonidos que vengan desde arriba. La segunda diferencia es el nacimiento del concepto de objetos sonoros. El Dolby Atmos deja los canales de lado y hace que cada altavoz actúe por su cuenta. Esto hace que nos veamos inmersos en una atmósfera sonora que nos rodea y que está viva. Nos coloca en el centro de la acción. Los objetos sonoros se mueven al igual que en la realidad. Es un verdadero sonido 3D. El Dolby Atmos tiene la capacidad de crear hasta 128 objetos sonoros y emplazarlos en cualquier lugar de la sala.

El sistema DOLBY ATMOS tiene una colocación de los altavoces que no es única, sino que depende de las condiciones de cada sala en cuestión, tamaño, elevación y arquitectura. El número de altavoces utilizados no se puede concretar ya que eso reduciría la calidad del sonido y el rendimiento del sistema, por lo que dependerá de las características de la sala. El sistema DOLBY ATMOS permite hasta 128 señales entre canales y objetos, obteniendo 64 salidas diferentes. (Gómez, et al, 2015: 2-3)

Detrás de la pantalla tendremos tres o cinco altavoces dependiendo de la amplitud de la pantalla. La configuración de los altavoces en pantalla será la de un altavoz central y uno a cada lateral de la pantalla. En el caso de que la pantalla sea mayor de doce metros se añadirán un altavoz en cada lateral de la pantalla. Además, estos altavoces estarán apuntando al centro de la sala a una distancia de $2/3$ de la longitud de esta.

En los laterales y en la parte trasera de la sala encontramos una fila de altavoces totalmente independientes entre sí. En sistemas anteriores, esta fila que recorre la sala sería equivalente a los canales surround, pero en este nuevo sistema la tanto el número como el posicionamiento y la configuración de los altavoces es significativamente diferente. En esta configuración, los altavoces suelen estar a unos dos o tres metros de distancia entre sí, pero como no todas las salas son del mismo tamaño ni la disposición de los oyentes es la misma, se recomienda que se estudie su colocación dependiendo del

ángulo con los espectadores para cada sala. De esta forma se mejora considerablemente la escucha en todas las zonas de la sala cinematográfica.

La mayor diferencia con otros sistemas anteriores y la gran novedad del sistema Dolby Atmos son las dos líneas de altavoces colocadas en el techo de la sala. Estos altavoces se encuentran en el centro del techo separados por la misma distancia entre ellos que entre ellos y los laterales, formando cuatro líneas paralelas que cortan la sala en tres partes.

Finalmente, los altavoces LFE (Low Frequency Effects) también llamados subgraves se colocan tras la pantalla en el centro, pero de forma asimétrica, quedando siempre más hacia un lateral. Como refuerzo, a los altavoces subgraves se le puede añadir dos altavoces LFE colocados a cada extremo de la pared trasera siempre que se respete una distancia mínima de un metro con respecto a la correspondiente pared lateral.

“Actualmente lo que se hace es la utilización de la técnica “bass management”, que consiste en enviar la señal de baja frecuencia de los altavoces laterales y de techo a estos altavoces para poder utilizar mayor potencia en el resto de bandas.” (Gómez, et al, 2015: 4)



Ejemplo de monitores traseros, laterales y de techo del Dolby Atmos. Fuente:

<https://www.moviestarkino.de/guestrow/atmos.php>.

Pero no solo en los altavoces se encuentra la diferenciación de esta tecnología en comparación con las anteriores. Dolby Atmos se apoya en tres pilares que desglosaré a continuación:

- **Bed audio:** Es una base sonora basada en canales. Esta base está premezclada o se realiza mezclando los sonidos en stems (mezcla de sonidos generalmente de un mismo grupo. Un ejemplo muy claro puede ser mezclar todos los sonidos grabados de una misma batería. La mezcla resultante sería el stem de la batería). En este grupo se incluyen los paneos multicanal.
- **Objetos sonoros:** Un audio mono o estéreo que ha sido paneado por el Dolby Atmos Metadata.
- **Dolby Atmos Metadata:** Es una automatización del paneo de los objetos sonoros además de más metadata adicional.

Al unirse estos tres pilares obtenemos ese sonido tan único de Dolby Atmos.

Lo que diferencia a esta nueva tecnología de todas las anteriores se concentra en los procesos de postproducción y reproducción. El proceso de grabación no tiene por qué cambiar en absoluto respecto a tecnologías inmediatamente anteriores.

DTS:X

Al igual que su competidor, el Dolby Atmos, el DTS:X deja atrás los canales de audio y entra de lleno en esta nueva era de sonorización con los objetos sonoros. Realmente la tecnología de DTS no parece variar mucho de la tecnología de Dolby, pero sí se puede decir que el DTS:X tiene una mayor capacidad para crear objetos sonoros, ya que mientras que el Dolby Atmos puede llegar a crear hasta 128 objetos sonoros en escena, el DTS:X puede crear un número ilimitado de objetos sonoros. Este hecho tampoco parece que afecte mucho en la comparativa, ya que no parece ser necesaria tal carga de información, por lo que nuevamente estas dos tecnologías se equiparan.

Como decía anteriormente, cada sala cinematográfica es diferente a las demás. Debido a esto, DTS:X realiza la configuración y la localización de los altavoces dependiendo de la sala. De esta forma cada configuración de cada sala es única.

Auro-3D y AuroMax

A diferencia de las dos tecnologías anteriores, el Auro-3D sigue acogiendo a los canales de audio, desechando los objetos sonoros. Auro consigue esa inmersión sonora mediante la colocación de los monitores por pisos. De esta forma en el primer piso se colocarán los sonidos que provengan del suelo o a una altura similar a la nuestra. El segundo piso corresponde a los sonidos provenientes de pájaros o de árboles altos. Por último, en el piso más alto, los monitores se colocarán en el techo y los sonidos correspondientes podrían ser el ruido de los aviones. Esta tecnología crea una burbuja alrededor de nosotros recreando así un sonido similar a lo que podemos escuchar en nuestro día a día.

Tras el gran éxito cosechado por las empresas anteriormente mencionadas gracias a la tecnología basada en objetos sonoros, la empresa Auro, junto a Barco Audio Technologies comenzaron la creación de lo que hoy es conocido como AuroMax. Esta nueva tecnología se caracteriza por unificar el sonido inmersivo por canales de Auro-3D y la tecnología basada en objetos sonoros. De esta forma, la parte correspondiente al Auro-3D se encargaría de crear un ambiente inmersivo a base de camas creando esa burbuja anteriormente mencionada en cualquiera de sus diseños (11.1 o 13.1), mientras que la tecnología basada en objetos sonoros se encargaría de colocar y mover estos objetos sonoros por encima de las camas.

En cuanto a la configuración de estos dos sistemas, el primero que nos ocupa es el Auro-3D. Este sistema, como anteriormente ya he mencionado, tiene dos configuraciones diferentes.

La primera y más conocida es el 11.1. En este sistema encontramos tres capas diferenciadas tal y como se dijo al principio:

- En la primera capa tenemos un canal central, dos canales laterales (izquierda y derecha), y dos canales surround (izquierda y derecha).
- En la segunda capa tendremos la misma disposición que la primera solo que a mayor altitud.
- En la tercera y última capa se encuentra el canal del techo.
- Además, hay un canal de subgraves que se colocará a preferencia, pero teniendo en cuenta que el lugar más usado es cerca de la pantalla.

La segunda configuración consiste en añadir dos canales traseros (izquierda y derecha) en la primera capa del sistema 11.1. De esta manera se obtiene el 13.1.

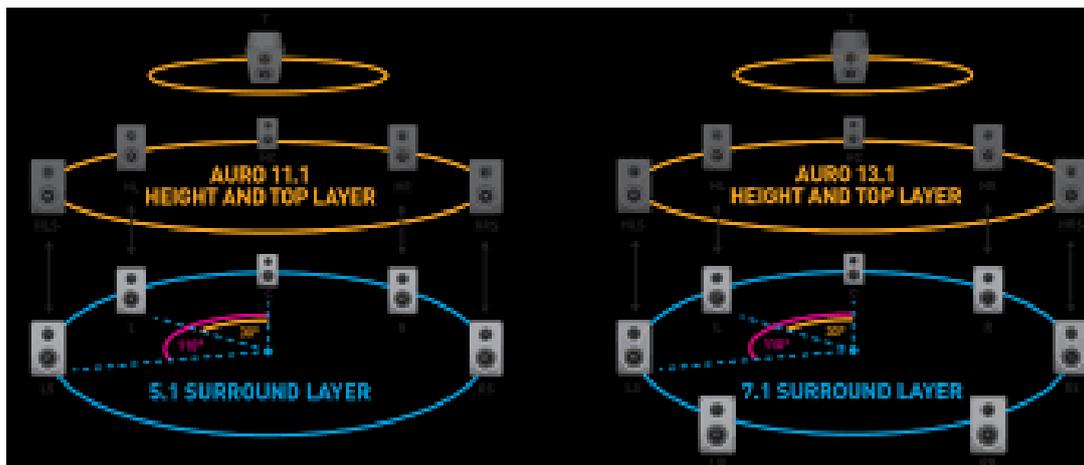
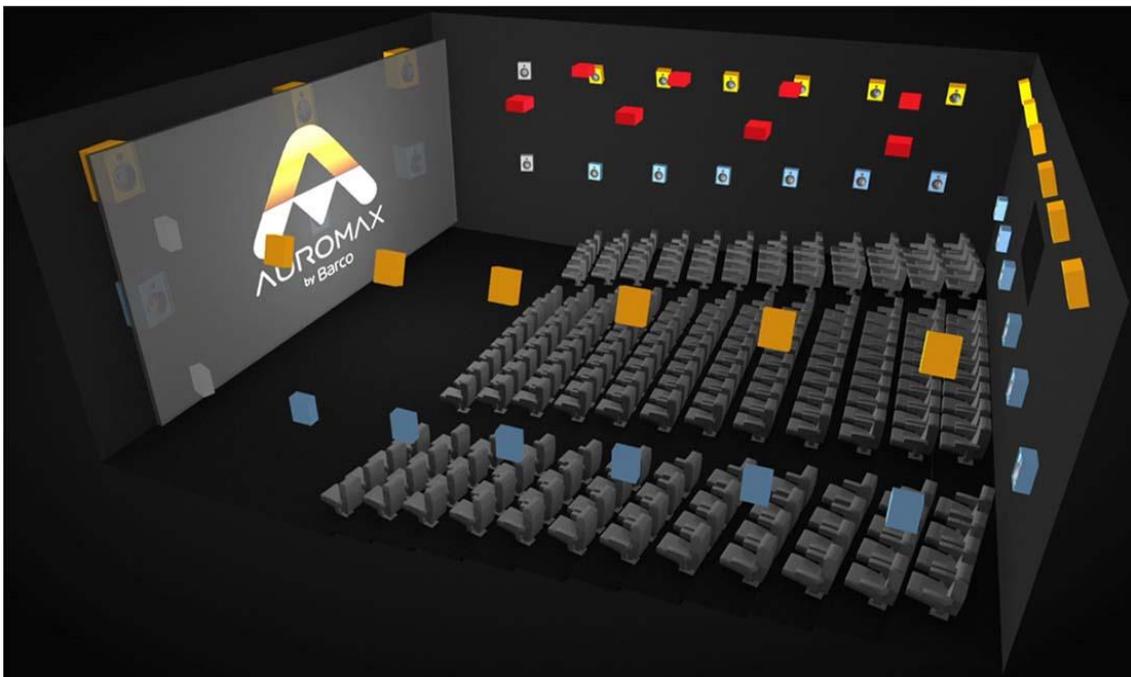


Gráfico de disposición de Auro-3D 11.1 y 13.1. Fuente: https://www.auro-3d.com/wp-content/uploads/documents/AuroMax_White_Paper_24112015.pdf.

En cuanto al segundo sistema, el AuroMax se vale de su predecesor y crece a través de él, por lo que podemos decir que el AuroMax se asemeja un poco en la disposición con el Auro-3D. Tras ver esto, la empresa Auro nos muestra que hay tres diferentes configuraciones para AuroMax.

La primera configuración es un 26.1. De esta configuración se muestra que es la mejor versión de AuroMax y la que mejor sonido inmersivo produce. Estos 27 canales se distribuyen en tres capas o niveles al igual que el Auro-3D:

- En la primera capa encontramos tres canales en pantalla, uno en el centro y uno a cada lateral. En cada lateral de la sala hay tres canales de los cuales los dos más alejados de la pantalla son surround. En la pared trasera se encuentran los canales surround izquierdo y derecho.
- En la segunda capa encontraremos una disposición similar. El único cambio es la altura superior a la que se coloca esta segunda capa.
- En la tercera y última capa encontraremos cuatro canales, frontal izquierdo, frontal derecho, trasero izquierdo y trasero derecho.
- Para finalizar se añade un canal de subgraves cuyo altavoz quedará colocado a conveniencia, recordando siempre que suele estar colocado en el centro de la pantalla sin ser este un centro exacto y en el suelo.



Ejemplo de disposición del AuroMax 26.1. Fuente: <https://www.strata-gee.com/what-you-dont-y-surprise-you/>.

La segunda configuración que propone Auro es un 20.1. Esta es la configuración más pequeña en cuanto al número de altavoces y canales, estando basada en la instalación de la versión 11.1 de Auro-3D. Al igual que la anterior configuración, el 20.1 también se distribuye en tres capas:

- La primera capa de esta configuración es bastante similar a la del 26.1. La única diferencia es que prescinde de los canales no surround en ambas paredes laterales, quedando así tres canales en pantalla, dos canales surround en cada pared y dos canales surround traseros.
- La segunda capa de esta configuración se mantiene igual que la primera capa a excepción de la superior altitud con respecto a esta.
- En la tercera capa también vemos diferencias con respecto al 26.1. Los cuatro canales diferenciados del 26.1 se han dividido en dos canales en este 20.1, uno para la derecha y otro para la izquierda.
- Para finalizar se añade un canal de subgraves cuyo altavoz quedará colocado a conveniencia, recordando siempre que suele estar colocado en el centro de la pantalla sin ser este un centro exacto y en el suelo.

La tercera y última configuración del AuroMax es un 22.1. Esta configuración es la más recomendada por la empresa si tu sala dispone de un sistema Auro-3D en su versión 11.1 y no se desea cambiar la instalación de los altavoces. Al igual que las dos versiones anteriores, esta también se distribuye en tres niveles:

- En el primer nivel encontramos una disposición bastante similar si no idéntica a la disposición de la versión 20.1.
- El segundo nivel de esta configuración se mantiene igual que el primer nivel a excepción de la superior altitud con respecto a esta.
- Al igual que en la primera versión y a diferencia de la segunda, el tercer nivel de la versión 22.1 mantiene cuatro canales de techo diferenciados, quedando también colocados en la disposición mencionada anteriormente.
- Para finalizar se añade un canal de subgraves cuyo altavoz quedará colocado a conveniencia, recordando siempre que suele estar colocado en el centro de la pantalla sin ser este un centro exacto y en el suelo.

Al igual que anteriormente decía que el Dolby Atmos se asentaba en tres pilares, ahora podemos decir los mismo del AuroMax. Estos tres pilares, por otro lado, son diferentes a los de Dolby. El primero es la mezcla surround en 5.1 o 7.1 que se tratará a

parte del resto de la mezcla para unirse al final del proceso. Otro pilar son los canales cama, que al igual que en Dolby, la función que realizan es la de base sonora. El tercer y último pilar es el metadata y los objetos sonoros. Estos dos últimos pilares se tratarán juntos para unirse a la mezcla surround al final del proceso.

Nuevas tecnologías en nuestro día a día

El cine, como hemos visto, normalmente ha dado bastante visibilidad a los avances tecnológicos en el campo del sonido, pero no solo del cine vive la industria. A continuación, vamos a centrarnos en el avance realizado con el sonido espacial alejándonos de la industria cinematográfica para ver cómo ha afectado a otras industrias de las que disfrutamos en nuestro día a día.

Como se ha explicado, el punto fuerte de estas tecnologías gira en torno a la inmersión total del receptor. Esto es especialmente interesante para proyectos interactivos. Debido a ello, la industria del videojuego no ha tardado mucho en aceptar y abrazar al sonido 3D, mejorando así la experiencia de juego.

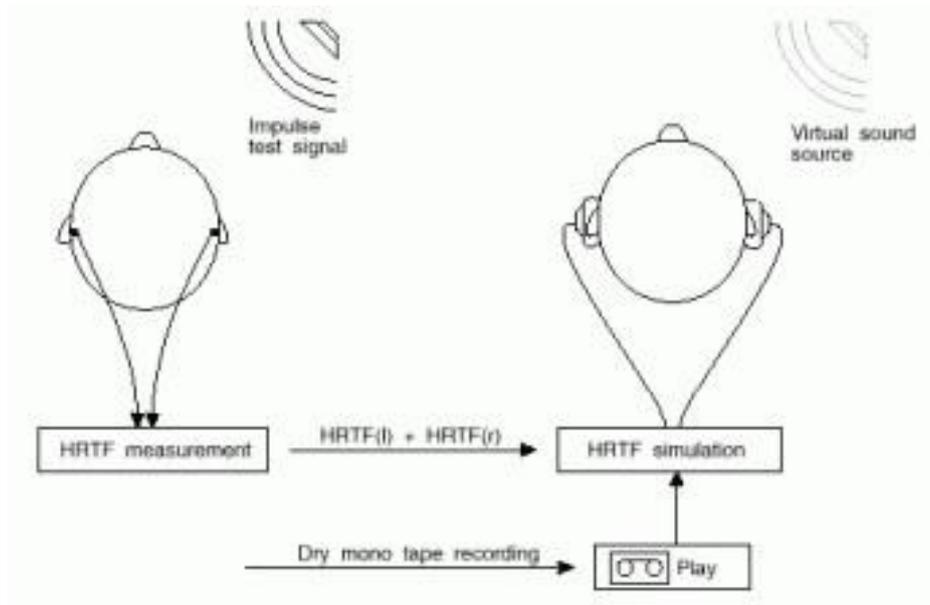
El crecimiento de la industria del videojuego ha sido abrumador durante los últimos años. Desde que se creara el primer videojuego (Tennis for Two, 1958) hasta el presente, la tecnología detrás de los videojuegos ha evolucionado de una forma espectacular hasta permitirnos vivir experiencias que de otra forma serían imposibles. La realidad de estas experiencias es lo que ha motivado en muchas ocasiones dicha evolución, permitiendo que hoy en día podamos disfrutar de entornos interactivos completamente inmersivos. Este es el caso de tecnologías como PlayStation VR (2016), Oculus Rift (2016) o HTC Vive (2016). La estructura de estos aparatos se basa en unas gafas o un casco que tapa tu visión con una pantalla, dos mandos para interactuar y unos auriculares.

Al igual que en dispositivos móviles o en otras consolas más convencionales, el protagonismo de la inmersión sonora recae en los auriculares. Los auriculares, pese a ser en inicio un aparato de escucha en estéreo, nos permite escuchar sonidos en diversas posiciones alrededor nuestra. Esto es posible gracias a la head-related transfer function (función de transferencia relacionada con la cabeza).

Hablaba antes de los indicios espectrales como el conjunto de convoluciones del pabellón auditivo que funcionaban como resonadores que transforman el espectro sonoro dependiendo del ángulo de incidencia de la fuente original. A esta definición también habría que añadir que no solo las convoluciones del pabellón auditivo, si no que la propia cabeza, el torso y los hombros toman parte de los indicios espectrales haciendo de filtro o aumentando el nivel del sonido. Por lo que la HRTF (Head-Related Transfer Function) es el conjunto de filtros y resonadores que posee cada ser humano. A esto hay que añadir que cada individuo posee una HTRF diferente a la de los demás debido a que no hay dos personas con las mismas convoluciones del oído interno, ni la misma forma de la cabeza, etc.

Debido a que cada persona tiene un HRTF diferente, la industria ha tenido bastantes problemas a la hora de comercializar productos basados en HRTF. La solución a esto fue realizar pruebas en varios sujetos, captar los datos y hacer un promedio de todas las HTRF, creando así una HRTF nueva llamada HTRF no individualizada.

Lo que nos quiere decir Rodríguez es que se calcula el ángulo de incidencia teórico del objeto sonoro (en su caso altavoz, ya que trabaja con 5.1) con respecto al oyente para aplicar el filtro correspondiente al sonido original teniendo en cuenta la HRTF no individualizada. Se realiza una mezcla estéreo con todos los sonidos resultantes de estos filtrados. El sonido resultante de los filtrados se encarga de engañar al cerebro para que localice el sonido donde queremos.



Explicación visual de la medición y reproducción de una HRTF. Fuente:

<https://headwizememorial.wordpress.com/tag/hrtf/>.

Esta solución no es perfecta, ya que son algunas las personas que afirman que no captan el efecto que debería hacer. Esto se explica fácilmente al percatarnos de que, pese a que han promediado cierta cantidad de HRTF, han creado una nueva. Debido a esto puede haber personas cuya HRTF no coincida con la promediada, por lo que no captarán el efecto producido.

Una solución que han proporcionado varias aplicaciones es la de crear varias HRTF no individualizadas por el método anterior y ofrecer al consumidor la HRTF que más se acerque a la suya propia. De esta forma la industria sonora ha expandido sus horizontes a múltiples plataformas.

Ossicles es una empresa especializada en soluciones de sonorización no convencionales tales como sistemas de notificación masiva, sonoridad por vibración, psicoacústica, reducción de contaminación acústica o sonido localizado. Más tarde estudiaremos cada una de las soluciones.

Esta empresa española está a la vanguardia de los avances tecnológicos en cuanto a sonorización y ya cuenta con varios proyectos para mejorar la calidad sonora y

disminuir la contaminación acústica, y con ello, los problemas que conlleva para nuestro sistema auditivo. Estos proyectos anteriormente mencionados van desde la museografía hasta espacios naturales y abiertos pasando por emergencias y transportes.

En cuanto a los sistemas de notificación masiva anteriormente mencionados, estos sistemas están diseñados para dejar obsoleta la megafonía, ya que pueden cubrir un área de aproximadamente 3.570 kilómetros cuadrados por cada equipo emisor. Además, casi duplica el nivel de inteligibilidad que se le exige a la megafonía convencional.

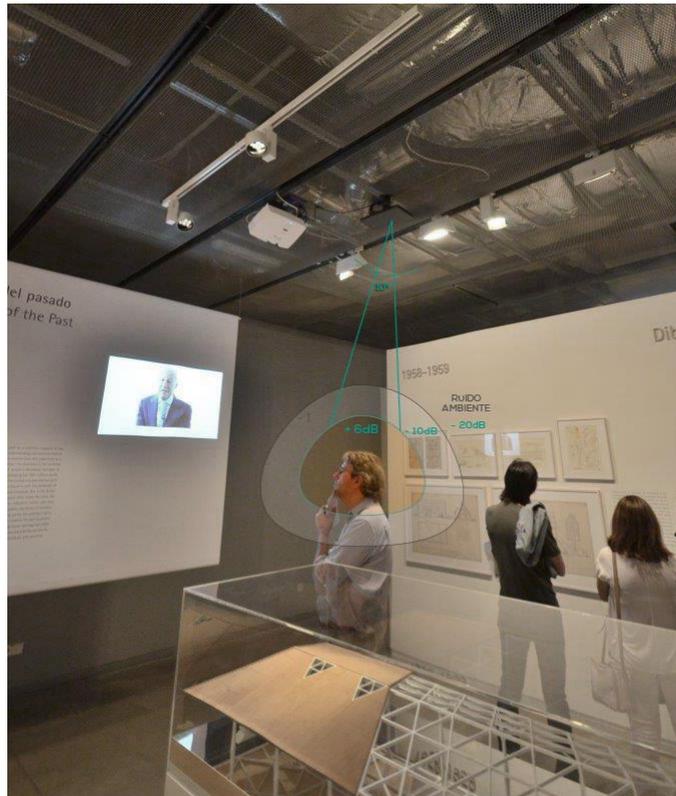
“Actualmente están en proceso de implantación proyectos piloto en los *Parques y Jardines Emblemáticos del Ayuntamiento de Madrid*, proporcionando avisos para la **localización de niños perdidos**, avisos de apertura y cierre de puertas, etc. necesitando una infraestructura mínima.” (Ossicles, 2020)

Como solución al creciente problema de sordera en la población con un alarmante dato en la población juvenil, Ossicles propone sistemas de sonoridad por vibración. El cuerpo humano está diseñado para transmitir y detectar las vibraciones provocadas por las bajas frecuencias. El uso de estas vibraciones supondría un descanso para el tímpano pudiendo evitar la sordera en algunos casos.

Además, Ossicles se encuentra trabajando en el desarrollo de sistemas de realce psicoacústico para evitar la deformación de los sonidos debido a los sistemas electrónicos y está “desarrollando sistemas autorregulados de sonido con sistemas de monitorización de contaminación acústica” (Ossicles, 2020) para disminuir la contaminación acústica al mínimo.

La última solución que propone esta empresa es la de emisores de sonido localizado, cuya función es la de propagar el sonido en una pequeña zona, manteniendo el sonido en lo que llaman “burbujas de sonido” (Ossicles, 2020). El sonido no escapa de esa burbuja, reduciendo también considerablemente la contaminación acústica. A diferencia de los sistemas de notificación masiva, los emisores de sonido localizado van dirigidos a la focalización de una persona o un grupo de ellas. Pese a esto, también busca ser una solución para la megafonía tradicional teniendo especial utilización en museos. Además, también se prevé su utilización en publicidad dirigida.

De esta forma Ossicles ofrece soluciones sonoras que recuerdan más a un futuro tecnológico que a nuestra realidad.



Burbuja de sonido realizada mediante un emisor de sonido localizado. Fuente:

<https://ossicles.audio/sonido-localizado/>.

Como se ha visto, algunas de las soluciones que plantea la empresa Ossicles pretenden realizar cambios y mejoras en diferentes lugares cotidianos de nuestro día a día, y entre ellos podemos encontrar a los museos. Estos lugares se caracterizan por ser el lugar de reunión idóneo para observar y escuchar el arte y lo que tiene que contarnos.

No son pocos los museos que para fomentar y enriquecer las visitas a estos espacios abrazan las nuevas tecnologías. Este es el caso de museos como El Prado, que todos los días realiza desde su cuenta de Instagram una explicación profunda sobre alguna de las obras que se encuentre en el museo; o el Museo del Louvre, que en cada publicación explica curiosidades de las obras que se encuentran en el museo; entre otros. No es el mismo caso para los sistemas de escucha, que en gran parte de los casos se han quedado obsoletos.

Estos sistemas de escucha, también conocidos como audioguías, no van más allá que un aparato reproductor y unos auriculares. Como se decía anteriormente, Ossicles propone unos nuevos sistemas de escucha puntual y localizada. Este nuevo sistema supondría la eliminación de un sistema en franco declive.

Pero no es esto lo único que pueden ofrecer las nuevas tecnologías sonoras a los museos. Estos novedosos sistemas pueden ser formas diferentes de expresión del arte. De hecho, ya hay algunos artistas como Björk que han probado esta nueva forma de expresión.

Antes de explicar lo que realmente nos interesa de la exposición quería hablar sobre la artista.

Nació el 21 de noviembre de 1965 en Reykjavík, Islandia. Su madre -que se movía por un ambiente hippie y que educó a su hija desde una postura feminista- dejó a su padre cuando Björk tan sólo contaba con uno o dos años de edad. Desde pequeña se rodeó de estilos musicales muy variados donde destaca la influencia clásica que recibía en el colegio de música, la tendencia más hippie de su madre y los gustos de sus abuelos y su padre a los que consideraba algo más conservadores (Pérez, 2013: 43)

Es bastante posible que por esta escucha de una gran variedad de géneros musicales la propia artista niegue su pertenencia a uno u otro género. No es fácil para el público tampoco encasillar sus obras.

La varias veces nominada a los Grammy estuvo en diferentes grupos entre 1977 y 1992, siendo The Sugarcubes la última a la que pertenecería y la banda más conocida. Tras sus experiencias en bandas, lanzó su primer disco en solitario, *Debut*, en 1993.

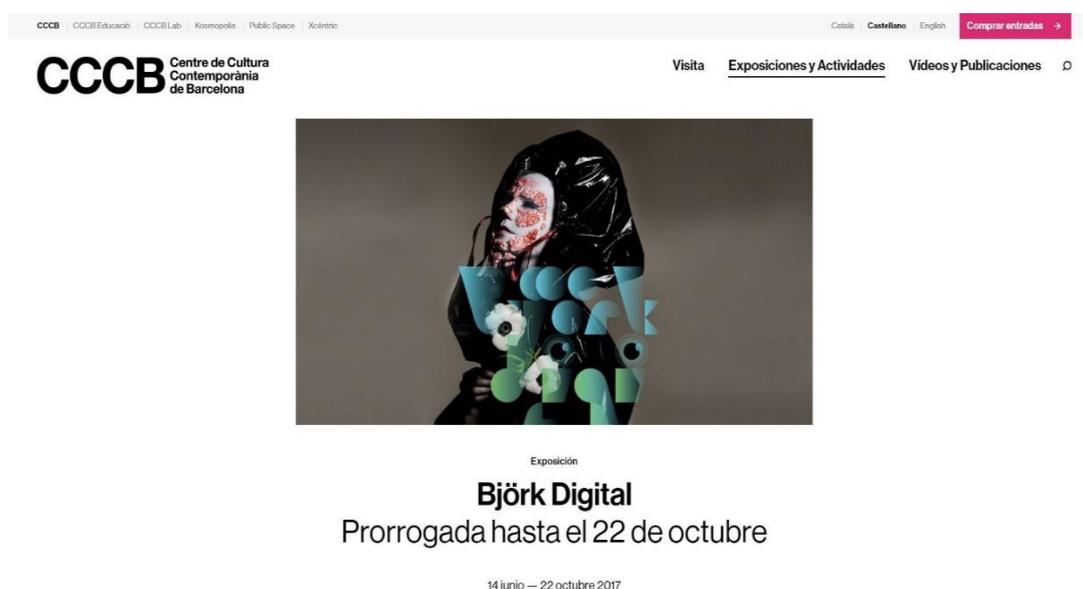
La artista ha sido premiada por varios de sus discos, pero también los videoclips han llamado mucho la atención, acaparando también varios premios como el UK Music Award.

Björk es una artista que no sólo destaca por su música, sino por los videoclips que presenta, el arte visual de sus álbumes y sus escasas pero remarcadas actuaciones en la gran pantalla. Se respalda de un buen número de profesionales, expertos y artistas en cuanto a imagen y sonido se refiere mostrando como resultado final una combinación única y personal entre arte sonoro y visual. (Pérez, 2013: 46)

No es una cantante que se centre en su música, es una artista multidisciplinar que busca y trabaja en nuevas formas de expresarse. Esto se puede ver reflejado en su trabajo

Vulnicura, el disco que salió en 2015. En este disco sorprende no solo con las canciones, si no con unos videoclips que juegan con nuevas formas de grabación de video. Precisamente estos videoclips son los protagonistas del penúltimo proyecto de Björk.

Tras su paso por otras ciudades como Tokio, Sidney, Londres o Los Ángeles, Björk Digital llegó al Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona en junio de 2017. Esta exposición llegó a España unos meses antes de la salida de su último disco *Utopia* (2017) y se nos muestra como un camino de crecimiento y evolución a través de algunos de los videoclips creados para *Vulnicura*.



Captura de pantalla sacada en: <https://www.cccb.org/es/exposiciones/ficha/bjork-digital/226705>

En la primera sala del recorrido se encuentra la primera experiencia envolvente, en esta ocasión mediante imágenes panorámicas y un sistema de sonido creado exclusivamente para este espacio. Se trata del videoclip *Black Lake*, correspondiente al disco anteriormente mencionado. Este videoclip fue encargado para su creación por el MOMA en 2015 y dirigido por Andrew Thomas Huang.

Ese es tiempo de duelo. La invitación aquí es sentir el dolor y la angustia vivida en toda su intensidad a partir de una experiencia catártica. El simbolismo de la cueva es fuerte y a partir de ese buceo en el "lago oscuro" sumergiéndonos y emergiendo de los sentimientos de la cantante seguimos su paso de la desesperanza hasta el inicio de su recuperación. (Filgueiras, 2019: 270)

A continuación, en la segunda sala, comienza la experiencia de realidad virtual mediante el uso de unas gafas de realidad virtual y unos auriculares al igual que como lo que se ha visto respecto a dispositivos móviles y videojuegos. En esta ocasión se podrá ver y escuchar a la cantante en 360° durante el videoclip *Stonemilker*.

“Presenta a una Bjork más solar. El paisaje de la playa Grotta en Islandia, donde la canción también fue escrita, nos despierta a experimentar la multiplicidad del cuerpo de tu cuerpo en una circularidad que pide lo nuevo. Las “coordenadas mutuas y múltiples” son un renacimiento.” (Filgueiras, 2019: 270)

En la tercera sala continuaremos con la experiencia de realidad virtual, pero esta vez con el videoclip de *Mouth Mantra*, en el que nos introduciremos directamente dentro de la boca de la cantante. En este videoclip podremos observar la boca deformada de la cantante mientras escuchamos la canción del mismo álbum que las dos anteriores.

En la cuarta sala continuamos con la experiencia virtual. A continuación, se visualiza y escucha *Not Get*, del mismo disco. En este videoclip vemos a Björk transformada en polilla y luego en otra criatura. En las posteriores salas también se podrán ver otros videoclips del mismo disco en realidad virtual, como *Quicksand* o *Family*.

Tras la experiencia en realidad virtual, hay una sala interactiva basada en el álbum *Biophilia* (2012) en la que se permite interactuar con los instrumentos y melodías diseñadas para el disco. “Además del álbum, *Biophilia* también es un proyecto desarrollado para estimular el contacto inicial de los niños con la música, la tecnología y ciencia en escuelas de todo el mundo.” (Filgueiras, 2019: 267)

También está la Sala de Cine [...] en donde podemos encontrar los clips de *Human Behaviour*, *Venus as a boy*, *Big time sensuality*, *Army of me*, *Isobel*, *It's oh so quiet*, *Hiperballad*, *PossiblyMaybe*, *I miss you*, *Jóga*, *Bacherolette*, *Hunter*, *Alarm call*, *All is full of love*, *Hidden Place*, *Pagan Poetry*, *Cocoon*, *It's in our hands*, *Nature is Ancient*, *Oceania*, *Who is it?*, *Triumph of a Heart*, *Where is the line*, *Earth Intruders*, *Declare Independence*, *Wanderlust*, *Crystaline*, *Moon*, *Hollow*, *Mutual Core* y comprender mejor la narrativa que la cantante ha construido con directores como Spike Jonze y Michel Gondry. (Filgueiras, 2019: 271)

De esta forma es como expresa el arte la artista Björk, mediante el estudio de nuevas tecnologías que le ayuden a expresar lo que ella necesita contar. Las nuevas tecnologías sonoras no son solo un conjunto de sistemas que dan solución a diversas situaciones, también es arte como se ha podido comprobar.

Conclusiones

Tras ver todo lo investigado en este escrito, se pueden sacar una serie de conclusiones referente a los temas aquí tratados. La primera es referente a la importancia que ha tenido y que tiene el sonido en el cine. Como se ha visto en el trabajo, la apuesta por un cine con sonido fue lo que salvó a la industria fílmica de una crisis que arrastraba desde 1921. Pese a esto, el peso del sonido en estas producciones empezó a decaer dejando en la primera plana a todo nuevo sistema de imagen, quedando siempre relegado a un mero acompañante o complemento.

Por el contrario, en mi opinión los avances que se están produciendo en este campo deberían ser motivo de festejo y debería dársele una mayor importancia en las producciones, ya que enriquecería enormemente la experiencia inmersiva.

En otro orden de cosas, también se ha observado el funcionamiento del sistema de captación sonora del ser humano y cómo consigue localizar el lugar de proveniencia de un sonido. De esta forma ha quedado patente que, pese a la precisión en diversas situaciones y su complejidad, es un sistema imperfecto y que produce múltiples confusiones en su función. También hay que remarcar la importancia del sistema auditivo humano, ya que ha permitido de una forma u otra poder reconstruir espacios sonoros tridimensionales desde cualquier aparato reproductor. Esto es gracias a las ya mencionadas HRTF no individualizadas.

Para finalizar, se han observado una serie de casos en los que los nuevos sistemas se acercan a la vida cotidiana de las personas. Este acercamiento me parece necesario, ya que como hemos visto, estos nuevos sistemas y tecnologías pueden ofrecer mucho a la mejora de la calidad de vida. Ya no es solo una mejora de calidad para el mundo del entretenimiento, estos avances tienen diversos usos que pueden facilitar la vida de muchas personas. De este modo, puede suponer un gran apoyo no solo de forma artística o como complemento, si no como protagonista de algunos momentos, como situaciones de emergencia, reducción de la contaminación sonora o la pérdida de capacidad auditiva. Por todo esto me parece muy importante que estas tecnologías cojan un mayor protagonismo en el mundo actual.

Bibliografía

Arias, C; Ramos, O. A., (2003). Audición espacial en ambientes reverberantes: aspectos teóricos relevantes. *Interamerican Journal of Psychology*, vol. 37, (2), pp. 373-382. <https://www.redalyc.org/pdf/284/28437214.pdf>

Auro Technologies NV. *AURO-3D FOR CINEMA. Fully immersive 3D audio is revolutionizing the cinema experience.* Recuperado el 13/09/2020. <https://www.auro-3d.com/professional/industries/cinema>

Auro Technologies NV, Barco NV. (2015). *AUROMAX. Next generation Immersive Sound system.* Recuperado el 15/09/2020. https://www.auro-3d.com/wp-content/uploads/documents/AuroMax_White_Paper_24112015.pdf

Blauert, J. (1997). *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization.* MIT press.

Bleda Pérez, S. (2013) Del estéreo a Wave-Field Synthesis: Evolución de los sistemas de sonido para salas cinematográficas. En, Vera Guarinos, J., Bornay Llinares, J. A., Ruiz Antón, V. J., Romero Naranjo, F. J. *Una Perspectiva Caleidoscópica.* (pp 241 - 256) Letradepalo.

Cetta, D.P. (2003). Localización espacial del sonido. FACM - UCA. http://federicojosetorres.com.ar/phone/assets/cetta_espacializacion_psicoacustica.pdf

Dolby Laboratories Inc. *Dolby Atmos for cinema playback.* Dolby. Recuperado el 13/09/2020. <https://professional.dolby.com/cinema/dolby-atmos>

Dolby Laboratories Inc. *Dolby Atmos Next-Generation Audio for Cinema. White Paper.* Dolby. Recuperado el 15/09/2020. <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos/dolby-atmos-next-generation-audio-for-cinema-white-paper.pdf>

Dolby Laboratories Inc. *Surround Sound Past, Present and Future. A history of multichannel audio from mag stripe to Dolby Digital.* Voeds. <http://www.voeds.at/files/DolbyHistory.pdf>

Domínguez, J.J. (2011) *Tecnología del Sonido Cinematográfico* [en línea]. Madrid: DYKINSON. Recuperado de <https://ebookcentral--proquest--com.us.debiblio.com/lib/uses/reader.action?docID=3198595&query=>

DTS, Inc. *A Brief History of DTS.* DTS. Recuperado el 13/09/2020. <https://dts.com/history>

DTS, Inc. (2019). *DTS:X CINEMA GUIDELINES.* Recuperado el 13/09/2020. <https://dtslisten.app.box.com/s/m3yswe8h8hpodzwoqy3sjw1u0cc6bji0/file/708976598014>

Filgueiras Mathias, R. (2019). Bjork Digital: uma experiência sensorial/artística a partir da imersão em realidade virtual. *Trama: Indústria Criativa em Revista*, 9(1), 265-273. <http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/trama/article/view/8943/47967254>

Gómez Alfageme, J.J.; García González, S, Blanco Martín, E.; Sánchez Bote, J.L. (2015). Diseño y simulación de una sala de cine con formato de sonido DOLBY ATMOS. En *46º Congreso Español de Acústica Encuentro Ibérico de Acústica European Symposium on Virtual Acoustics and Ambisonics.* <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Valencia15/ASL-0%20022.pdf>

Jeanne, R., Ford, C. (1995). *Historia Ilustrada del Cine (2) El Cine Sonoro.* Madrid: Alianza Editorial.

Marín Reyes, M.V. (2010). *Análisis de la evolución y fortalecimiento del audio en el cine mudo y en el cine actual como elemento creativo y narrativo del género del terror del mundo occidental* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4040/8/UDLA-EC-TISA-2010-05.pdf>

Ossicles. *Ossicles*. Ossicles. Recuperado el 20/09/2020. <https://ossicles.audio/>

Palacio, M., Santos, P. (1995). *Historia General del Cine Volumen VI La Transición del Mudo al Sonoro*. Madrid: Cátedra.

Pérez Asperilla, E. (2013). *Björk: La revolución de la diosa*. [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/23959/1/T35025.pdf>

Rodríguez Mariño, R. (2011). *Técnicas de sonido binaural en la postproducción audiovisual* [Trabajo de Fin de Master, Universidad Politécnica de Valencia y Escuela Politécnica Superior de Gandía]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/14732>

Ruiz Cantero, J. (2011) Dolby y el diseño sonoro en el cine contemporáneo. *EU-topias*, 1-2, 39-48. <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/34652/39-48.pdf?sequence=1>

Usategui de la Peña, K. (2010). *Procesador de sonido y estudio de métodos de interpolación de la localización de fuentes basados en HRTFs para la generación de audio 3D* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Valencia y Escuela Politécnica Superior de Gandía]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9527/MEMORIA%20ENTREGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>