

DE LA MÚSICA ANALÓGICA A LA DIGITAL

Introducción

Parece incontestable que el ser humano desde los albores de su existencia ha sentido gusto por el ritmo y la expresión musical. El hombre primitivo encontraba música en la naturaleza y en su propia voz y aprendió a valerse de rudimentarios objetos (huesos, cañas, troncos, conchas...) para producir sonidos. Hay constancia de que hacia el 3 000 a. C. en Sumeria ya contaban con instrumentos de percusión y cuerda.

Conforme la humanidad se iba organizando socialmente, la música formaba parte sustancial de todas sus manifestaciones colectivas: religiosas, festivas y también como expresión individual. La transmisión musical fue en un principio exclusivamente oral, para después convertirse en transmisión escrita mediante partituras y textos y de esa manera llegó hasta nosotros la práctica totalidad de las mejores obras musicales creadas por el ser humano. Solamente faltaba la parte final: el almacenamiento real de la música con documentos sonoros. Fue el 30 de abril de 1877, cuando el francés Charles Cros patentó un aparato de grabación sonora el **paleófono** con el que desarrollaba un «Procedimiento de registro y reproducción de los fenómenos percibidos por el oído». Casi simultáneamente, el 19 de diciembre de aquel mismo año, a 7 000 kilómetros de distancia de París, el estadounidense Thomas Alva Edison, con problemas auditivos desde su juventud, construyó y patentó un medio para poder grabar el sonido y reproducirlo posteriormente a voluntad: el **fonógrafo perfecto** consistente en un cilindro impregnado con una capa de cera parafinada sobre la que se apoyaba un estilete que avanzaba trazando una espiral conforme giraba el cilindro. Poco después, en 1888 apareció el **gramófono**, que utilizaba una idea similar a la del fonógrafo pero sustituyendo el cilindro por un disco de ebonita, pizarra o baquelita con un surco en espiral sobre el que se apoya una aguja que lee la información sonora avanzando lentamente de fuera a dentro conforme gira el disco.



fonógrafo



gramófono



tocadiscos

Poco a poco, el gramófono se impuso al fonógrafo, hasta que la aparición en 1948 de los discos de vinilo con un surco en cada cara eliminó comercialmente el fonógrafo y supuso un éxito mundial. Los aparatos reproductores pasaron a llamarse **platos** o **tocadiscos**. Paralelamente se desarrollaron también desde los primeros años del siglo XX los **magnetófonos**, que grababan sobre una larga cinta impregnada con una sustancia ferromagnética. En un principio la cinta se enrollaba abiertamente sobre una bobina pero posteriormente se comercializaron con inmenso éxito cintas encerradas en una caja con el nombre de **casete**. Todo ello facilitó el acceso masivo de toda la población a la música y la creación de una nueva industria, la musical.



Detalle de una aguja sobre un vinilo



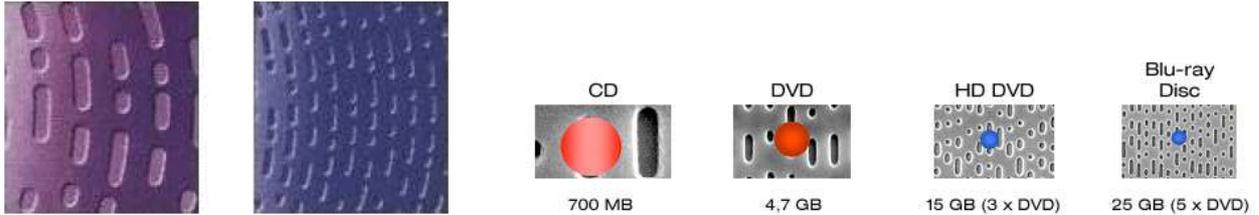
magnetófono



casete

En todos estos antiguos soportes, la grabación era de tipo analógico, el paso a la grabación digital empezó aproximadamente hacia 1985 cuando el disco de vinilo fue progresivamente desplazado por el CD, de menor tamaño y mayor durabilidad. La tecnología óptica de almacenamiento que se aplica en el CD consiste en un haz láser que va leyendo o escribiendo microscópicos agujeros en espiral (de dentro a fuera) sobre la superficie de un disco de material plástico recubierto por una capa transparente para su protección del polvo. Este método es muy similar al usado en los antiguos discos de vinilo, excepto en que la información que guarda no es auténtico sonido sino que consiste en una secuela de **ceros** y **unos** que necesita ser transformada en sonidos. Más tarde aparecieron otros muchos soportes digitales para audio y vídeo con mayor capacidad de almacenamiento: DVD, HD DVD, BluRay, SACD etc, Pero sin variaciones importantes en su funcionamiento, únicamente usan un rayo láser más fino, que

permite reducir el tamaño de los agujeros y apretar los surcos para que entre más información en el mismo espacio y crear varias capas unas encima de otras.



Comparación de agujeros de los CDs y DVDs

Comparación del tamaño del rayo láser rojo y azul

Es curioso saber que, a pesar de que los soportes digitales se han impuesto sobre el disco de vinilo, a día de hoy se puede decir que el vinilo está volviendo, la gente esta volviendo a sacar de sus trasteros los tocadiscos y saborear el placer de las grandes carátulas. También han aparecido innovaciones técnicas, como el lector láser de vinilos que ofrece prestaciones semejantes a los de los reproductores de soportes digitales con la garantía de no estropear el disco por una aguja en mal estado.

El último paso en esta historia ha sido la aparición en 1995 del formato comprimido MP3, que ha supuesto el abandono progresivo de la tecnología óptica de almacenamiento: CD, DVD etc, sustituyendo estos discos por archivos sonoros digitales almacenados en discos duros, USB's o simplemente escuchados por Internet (streaming).

1 Aspectos básicos del sonido

1.1 La naturaleza del sonido

El sonido es una vibración que se propaga a través del aire. El objeto que produce el sonido desplaza el aire que le rodea comprimiendo y descomprimiendo las moléculas que lo integran modificando así la presión del aire de una forma periódica consiguiendo que las moléculas del aire transmitan la vibración hasta que llega a nuestros oídos. Se aplican los mismos principios que cuando se lanza una piedra a un estanque: la perturbación de la piedra provoca que el agua se agite en todas las direcciones hasta que la amplitud de las ondas es tan pequeña, que dejan de percibirse. Una perturbación que viaja a través del aire se denomina *onda sonora* y la forma que adopta ésta se conoce como *forma de onda*. Los dispositivos de grabación habituales, los micrófonos, lo que hacen es transformar las variaciones de presión del aire en una señal eléctrica.

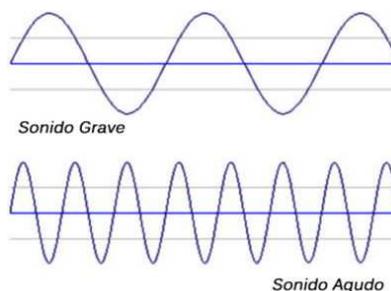
1.2 Características del sonido

Señalaremos únicamente las más importantes:

- **Tono:** Es el número de vibraciones por segundo, es decir, la frecuencia de sonido. Se mide en Hercios (Hz) pero como es una unidad muy pequeña utilizaremos normalmente el kilohercio (kHz), unidad que representa mil Hercios. Una persona normal puede oír sonidos que estén entre los 20 Hz y 20 kHz, aunque la mayoría de nosotros raramente sobrepasamos los 16 kHz. Esta cualidad de los sonidos permite su distinción entre agudos y graves. En la siguiente tabla se indican las frecuencias correspondientes a los distintos tonos graves, medios y agudos:

Frecuencia	Tipo
De 0 a 20 Hz.	Infrasonido (inaudible para el ser humano)
De 20 a 300 Hz.	grave
De 300 a 5 kHz.	medio
De 5 kHz. a 20 kHz.	agudo
Más de 20 kHz.	Ultrasonido (inaudible para el ser humano)

La representación gráfica de un sonido muestra la repetición periódica del mismo como se observa en el siguiente gráfico. Si esta repetición es más frecuente tendrá una frecuencia más alta y por lo tanto tendrá un tono más agudo.



- **Amplitud:** Es la cantidad de fuerza o energía de un sonido. Se mide en decibelios (dB). Por cada 3 dB que aumentemos la amplitud de un sonido duplicaremos su intensidad. Así, por ejemplo, si un sonido está sonando a 70 dB y nosotros lo aumentamos a 73 dB habremos duplicado su intensidad. La amplitud es lo que podemos regular con los mandos de volumen de los aparatos que utilicemos en la reproducción o en la grabación.
- **Dinámica:** Es la diferencia entre la amplitud mínima y máxima que puede tener un sonido. Por ejemplo, cuando gritas, tu voz puede alcanzar los 40 dB, mientras que cuando susurras algo al oído bajas a uno de 10 dB. Podemos decir pues que la dinámica de tu voz es de 30 dB. Aunque todo tiene un límite, es muy importante que los dispositivos de grabación y reproducción sean capaces de captar y reproducir sin distorsiones toda la dinámica de un sonido. En otro caso, si para grabar los momentos de menor amplitud tuviésemos que subir mucho el volumen, distorsionaría aquellos de mayor amplitud, mientras que si bajásemos el volumen para evitar esa distorsión podríamos perder los primeros.
- **Timbre:** Está determinado por el número e intensidad de los armónicos que acompañan a un sonido y es específico para cada fuente sonora. El timbre hace que los instrumentos musicales que interpretan la misma nota, con la misma frecuencia, produzcan diferente impresión en el oído.
- **Grabación estereofónica:** Generalmente, se llama sonido *estereofónico* o estéreo al grabado y reproducido en dos canales. De tener un único canal se llamaría *monofónico* o mono. El propósito de grabar un sonido en estéreo es el de recrear una forma más natural al escucharlo, reproduciendo las direcciones izquierda y derecha de las que proviene la fuente de sonido grabada. La idea está asociada a la experiencia sonora de que solemos oír los sonidos con ligeras diferencias en el oído izquierdo que en el derecho. Las salas comerciales de cine y algunos dispositivos de uso en el hogar disponen de más canales y necesitan de varios altavoces distribuidos en torno al oyente.

2 Diferencias entre las grabaciones analógicas y las digitales

2.1 Grabaciones y soportes analógicos

El término *analógico* se refiere, en general, a una serie de valores que varían a lo largo del tiempo en forma continua y se pueden representar en forma de ondas. El sonido analógico es, por tanto, una función continua. Se le llama analógico porque es análogo a la señal original. Este término se usa como antónimo de digital. Este tipo de sonido se reproduce y guarda a través de procesos electrónicos. En estos casos, las vibraciones de las ondas sonoras captadas por un micrófono se transforman en señales eléctricas y llegan al dispositivo analógico de grabación a través de un cable. Los soportes analógicos más frecuentes eran las cintas de casete y los discos de vinilo. En las cintas de casete la información de las señales eléctricas captadas por el micrófono eran grabadas magnéticamente, pero sobre los cabezales de lectura y grabación se depositaban restos del material ferromagnético de las cintas necesitando por ello una limpieza frecuente. Por su lado los discos de vinilo reproducían en sus surcos las ondas sonoras originales. Gráficamente, cada lado del surco de un disco de vinilo corresponde a uno de los dos canales estéreo, y su perfil sigue la modulación de la onda sonora registrada. Este sistema analógico tiene como principal ventaja la alta calidad de sonido cuando el disco está correctamente fabricado. Por contra, sus principales fallos son el desgaste debido al rozamiento de la aguja y la acumulación de suciedad y electricidad estática en los surcos, lo que nos obligaba a limpiar el disco antes de su reproducción. La evolución del disco de vinilo fue espectacular. Se fabricaron de diversos tamaños pero los más usados fueron de 7 y de 12 pulgadas de diámetro, para reproducirlos la velocidad del giradiscos era de 45 rpm y 33 1/3 rpm (revoluciones por minuto). En cada una de sus caras se podía grabar aproximadamente hasta un máximo de 22 minutos y, como curiosidad, la espiral de cada uno de los surcos de los vinilos de 12 pulgadas podía medir hasta 400 metros. La mayoría de los equipos de reproducción y grabación de audio analógico han caído en desuso sobre todo porque el sonido va perdiendo calidad a medida que va siendo usado o copiado.

2.2 Grabaciones y soportes digitales

El sonido *digital* es toda aquella señal sonora que se reproduce, guarda y edita en términos numéricos discretos, es decir que no es una señal continua sino únicamente una enorme secuencia de puntos elegidos de la misma que serán codificados en binario. En este sistema cualquier valor puede ser representado mediante unos y ceros. En resumen, todas las vibraciones producidas por el aire son transformadas en señales eléctricas analógicas y éstas en combinaciones de unos y ceros.

Los primeros soportes de grabación de audio digital se crearon a principios de los años 80. Los sintetizadores digitales aparecieron también en estas fechas. El soporte digital más importante ha sido el Compact Disc.

2.3 Ventajas del sonido digital frente al analógico

Las ventajas del audio digital frente al analógico son numerosas aunque hay quien dice que el sonido del CD es más frío, mientras que el del vinilo aporta un sonido más lleno y cálido.

- Los sonidos grabados en un soporte digital no pierden calidad con el paso del tiempo ni por el uso (los soportes ópticos como los CD's o los DVD's, en cambio, sí son delicados y se deterioran con facilidad).
- La calidad de este tipo de sonido es mayor que la calidad del audio analógico aunque hay quien opina lo contrario.
- La manipulación y edición del sonido digitalizado es más sencilla y ofrece muchas más posibilidades.
- Por último, las copias del mismo archivo pueden hacerse tantas veces como se quiera sin perjudicar al original.

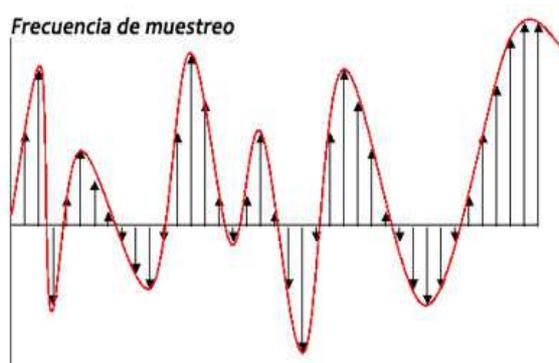
3 Proceso de Digitalización

Un CD de música no contiene el dibujo de las ondas sonoras, como sí tiene un vinilo, sino solamente números que pueden considerarse instrucciones para que el reproductor genere el sonido correspondiente. Convertir la señal analógica continua en una información discontinua se denomina **digitalización**. Los pasos de este proceso son los siguientes:

3.1 Muestreo (*sampling*)

El muestreo es el proceso mediante el cual se mide el sonido analógico tomando muestras en intervalos de tiempos regulares. La cantidad de muestras tomadas de una onda se llama **frecuencia de muestreo** (no confundir con la frecuencia del sonido) y se mide en Hercios, entendidos como número de muestras por segundo.

A mayor frecuencia de muestreo más cercanos estarán los puntos de la muestra entre sí y el sonido digitalizado será más parecido al original. El Teorema del Muestreo de Nyquist-Shannon dice que se podrá reproducir de manera casi exacta una onda si la frecuencia de muestreo es como mínimo el doble de la frecuencia más alta que se pueda escuchar. En el caso del oído humano esta frecuencia corresponde a 20 KHz por lo que una frecuencia de muestreo adecuada será como mínimo de 40 KHz. La que se suele usar es de 44.1 Kz. El gráfico adjunto visualiza sobre una señal analógica los puntos de información que se van tomando.



En resumen, para grabar un CD se registra la presión del aire 44 100 veces por segundo para cada canal (88 200 si es estéreo) con una precisión de unas cinco cifras. Es decir, un CD contendrá, convertidos en binario, una secuencia enorme de números decimales de cinco cifras, 88 200 números para cada segundo. En los estudios de grabación actuales, mejoran estas cifras realizando grabaciones a 96 000 muestras por segundo con una precisión de más de cinco cifras. A más frecuencia, mayor será la calidad del sonido.

3.2 Conversión en Binario

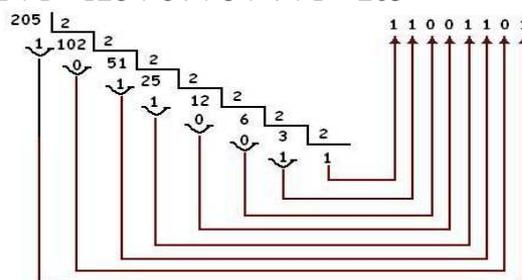
A continuación, debemos convertir la larga secuencia de números decimales de cinco cifras a unos y ceros. En el fondo se trata de una sencilla labor de codificación traduciendo del sistema decimal al digital. Obviamente hay dispositivos electrónicos que lo harán por nosotros, pero explicaremos ahora cómo se haría manualmente:

En el sistema decimal disponemos de diez dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) por lo que después del 9, que tiene una única cifra, vendría el 10 (léase diez) que ya tiene dos cifras. Necesitaríamos más cifras cuando el número llegue a cien, mil etc., es decir a potencias de 10. Por ejemplo el número 205 significa dos centenas y cinco unidades y su descomposición en potencias de diez sería: $205 = 2 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10 + 5$.

En el sistema binario sólo disponemos de dos dígitos (0 y 1) por lo que después del 1, que tiene una única cifra, vendría el 10 (que **no** se lee diez, sino uno-cero) que ya tiene dos cifras y equivaldría al dos. Necesitaríamos de más cifras cuando el número llegue a cuatro, ocho etc., es decir a potencias de 2. Por ejemplo el número 101 (que **no** se lee ciento uno, sino uno-cero-uno) significa un cuarteto y una unidad y su descomposición en potencias de dos sería: $101 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 1$. Dicho de otra manera, 101 en binario es el 5 en decimal.

Conversión de binario a decimal: Se usan las potencias de dos y se calcula la suma. Como ejemplo: $11001101 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 1 = 128 + 64 + 8 + 4 + 1 = 205$

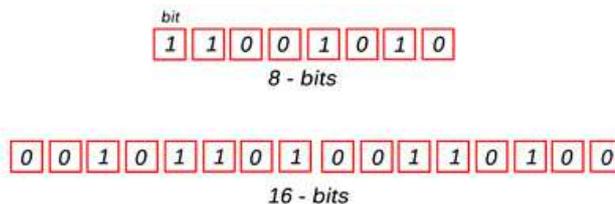
Conversión de decimal a binario: Se dividen entre dos el número y los cocientes que se van obteniendo, apuntando de izquierda a derecha los restos obtenidos. Como ejemplo pasaremos el 205 a binario (aunque ya sabemos que resultará 11001101) viéndose el proceso en el gráfico adjunto.



3.3 Resolución del sonido

La resolución del sonido está directamente relacionada con el muestreo. Se refiere al número de *bits*. Es decir, al número de unos o ceros que componen cada una de las muestras. A más resolución, mayor será la calidad del sonido. Lo habitual es trabajar con 16 bits aunque también se puede hacer con 8, 32, 64 etc. Por ejemplo un sonido digitalizado en 16 bits tendrá una inmensa secuencia de dieciséis unos o ceros.

Si la resolución de un sonido digital es de 8 bits, significa que en cada muestra podremos diferenciar entre 256 valores ($256 = 2^8$) mientras que si fuese de 16 bits podríamos diferenciar entre 65 536 valores ($65\,536 = 2^{16}$) lo que permite más matices y el sonido tendrá más calidad. La imagen adjunta muestra dos ejemplos de ello:



Se llama **Byte** a un conjunto de ocho bits (un octeto de 1 y 0). Se pone en mayúsculas la letra B en los Bytes para diferenciarla de la b minúscula de los bits. Un KiloByte (KB) son 1 024 Bytes y un MegaByte (MB) son 1 024 KB.

3.4 Soportes ópticos del sonido digital

El único que tuvo un inmenso éxito comercial fue el CD, las alternativas que aparecieron posteriormente al mercado no llegaron realmente a cuajar. A día de hoy, todos ellos están en franco retroceso. Los más conocidos tienen las siguientes características:

- **CD-A** (Compact Disc Digital Audio): Comenzó a ser comercializado en 1982 por las empresas Philips y Sony. Utiliza una frecuencia de muestreo de 44 100 muestras por segundo y una resolución de 16 bits. Su contenido suele estar grabado en dos canales, por lo que devuelve un sonido estéreo. Contienen un máximo de 80 minutos de música. Se dice que optaron por dicha duración para que cupiera la novena sinfonía de Beethoven tocada en el festival de Bayreuth de 1951 que tiene una duración de 74 minutos.
- **DVD-A** (Digital Versatile Disc Audio): Fue desarrollado por Pioneer y Matsushita, en colaboración con otras empresas. Los primeros discos con este formato salieron al mercado en el 2000. La diferencia con el CD de audio se encuentra en que el DVD-A permite la grabación de sonido con una resolución de 24 bits y una frecuencia de muestreo de 192 KHz. Disponen de hasta 6 canales de audio que permiten un sonido envolvente real y con un máximo de 622 minutos de música.
- **SACD** (Super Audio Compact Disc): Es un tipo de disco óptico desarrollado conjuntamente por Philips y Sony, dado a conocer en 1999 y diseñado para suministrar audio de alta definición. Al igual que los discos tradicionales, los SACD permiten almacenar 74 minutos de audio, aunque los contenidos estarán codificados con una frecuencia de muestreo de 2,8 MHz. Como los DVD-A, permiten hasta 6 canales de audio.

4 Reproducción analógica de un sonido digital

Una vez digitalizado el sonido es indispensable poder realizar el proceso contrario, esto es, la conversión del sonido digital en analógico. Los programas informáticos o los dispositivos reproductores de sonido convierten la información digital en señales eléctricas analógicas que producen vibraciones sonoras en altavoces o auriculares, el sonido que el oído humano percibe.

5 Formatos digitales de los archivos de sonido

El sonido digital puede ser guardado en forma de archivo informático. Este archivo puede tener multitud de formatos, dependiendo de sus características. Existen dos tipos de formato: los que comprimen la información y los que no lo hacen.

Los formatos comprimidos de sonido digital son aquellos que consiguen una reducción del tamaño de los archivos de audio y se clasifican en dos tipos: los que han sufrido una compresión con pérdida y los que no han tenido pérdida. Para reducir el tamaño de estos archivos se utilizan unos algoritmos de compresión llamados **codecs** de audio.

5.1 Formatos de Audio sin comprimir

Los formatos de sonido digital sin comprimir generan archivos de gran tamaño. Este tipo de formatos tienen una resolución muy alta, ya que no se han eliminado, potenciado ni agrupado rangos de frecuencias. Los formatos de audio sin comprimir más comunes son WAV y CD-A.

- **WAV** (Wave Audio Format): Este formato fue creado por Microsoft en 1995 y fue el estándar de grabación para la música de los CDs comerciales. Es un formato muy extendido entre los usuarios de PC, ya que funciona en cualquier aplicación de Windows. Se desaconseja su uso para internet por el gran tamaño de los archivos. El formato WAV admite tanto archivos estéreo como mono y diversas velocidades de muestreo y resolución. Su extensión es **.wav**.

- **CD-A** (Compact Disc Audio): Es el tipo de archivo de sonido digital que utilizan los CDs de audio comerciales. Es una derivación del formato WAV. El formato CD-A utiliza una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz y una resolución de 16 bits. Este tipo de archivo requiere la conversión a otro formato para poder ser almacenado en un ordenador. Su extensión es **.cda**.

5.2 Formatos comprimidos de Audio sin pérdida (lossless)

Los archivos de sonido digital comprimidos sin pérdida de información son aquellos que utilizan un algoritmo de compresión en el que el audio final es igual al original. Con este tipo de formatos se puede reproducir exactamente el archivo original pero con un tamaño algo menor. El más usado es el Flac, aunque ha habido otros, como el AIFF o el MP3HD.

FLAC (Free Lossless Audio Codec) es la alternativa al formato mp3 sin pérdida de calidad. Este tipo de archivo de sonido forma parte del proyecto **OGG** y es de libre distribución. Como todos los formatos sin pérdida, el archivo ocupa bastante espacio pero la reducción es de un tercio del tamaño original. Su extensión es **.flac**

5.3 Formatos comprimidos de Audio con pérdida (lossy)

La compresión con pérdida significa que no ha sido utilizada toda la información del archivo original. Hay ciertas frecuencias que el ser humano no puede oír. A través de la compresión se eliminan estas frecuencias, se potencian otras que escuchamos mejor y se agrupan en frecuencias similares. El archivo resultante difiere del original, pero se pretende que pase (casi) desapercibido para el oído humano. Los programas que comprimen audio permiten ajustar ciertos parámetros para equilibrar la calidad del archivo resultante con su tamaño. Los formatos más comunes de audio comprimido con pérdida son MP3, WMA y OGG.

- **MP3** (ó MPEG1 Audio Layer 3): Fue desarrollado por el Moving Picture Experts Group. Desde 1995, es el formato de compresión más extendido. Un archivo mp3 puede llegar a ocupar hasta 15 veces menos que su original conservando bastante calidad. Este es el motivo de que se le considere muy adecuado para el streaming y sea el tipo de archivo más usado en internet y para los soportes portátiles. Su extensión es **.mp3**
- **WMA** (Windows Media Audio): Es el formato de compresión de audio de Microsoft. Fue ideado para su reproducción con el programa Windows Media Player. WMA es el competidor directo del mp3 en calidad y en compresión con la diferencia de que añade información del autor. Su extensión es **.wma**.
- **OGG Vorbis**: Es un formato contenedor desarrollado en código abierto, de libre distribución y sin patente. Esta es la mayor diferencia con el resto de archivos de audio comprimidos. Los archivos en este formato tienen una gran calidad y se pueden reproducir en casi cualquier dispositivo. Su uso está mucho menos extendido que los anteriores aunque, en algunos casos, da mejores resultados. Su extensión es **.ogg**

5.4 Tasa de bits

La calidad del sonido comprimido está en relación directa con la denominada **tasa de bits**, que es el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales. Así pues, es la velocidad de transferencia de datos. Se mide en kbps (kilobits por segundo, ojo, **no** kiloBytes). Las tasas de bits que se pueden utilizar para convertir un archivo de sonido a formato MP3 son: 320 kbps (Máxima calidad de sonido en el formato MP3), 256 kbps (Buena calidad), 192 kbps y 160 kbps (Aceptables), 128 kbps (baja calidad), 96 kbps y 32 kbps (mala calidad tipo radio), 8 kbps (muy mala calidad tipo teléfono) y 4 kbps (Sonido apenas reconocible). La tasa de bits debe entenderse como un valor que le corresponde al propio archivo, por lo que, si fuese un sonido estéreo, le correspondería la mitad de dicha velocidad para cada canal. Explicado con números, la tasa de 320 kbps para un archivo estéreo equivale a una tasa de 160 kbps para un archivo mono.

Así mismo se puede elegir entre una **tasa de bits constante** (CBR), que cuantifica toda la señal por igual sin tener en cuenta si en la señal hay zonas con mayor o menor densidad de información, o una **tasa de bits variable** (VBR) que hace diferenciación entre las zonas con mayor o menor densidad de información, por lo que la cuantificación resulta más eficaz consiguiéndose archivos de menor tamaño con VBR que con CBR.

6 Bibliografía

- <http://www.fotonostora.com/digital/sonido.htm>
- www.educa.aragob.es/cursoryc/comunes/modulo3/modulo3.htm
- http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_m%C3%BAsica
- <http://es.wikipedia.org/wiki/CD-Audio>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/DVD-Audio>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Super_Audio_CD
- http://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_bits

7 Actividades

Contesta las siguientes preguntas respecto de la siguiente frase: *"Un sonido tiene una frecuencia de 100Hz y su intensidad oscila entre 70 y 110 db"*

a) ¿Podríamos oírlo? De ser audible, ¿cómo calificarías su tono?	
b) ¿Cuánto valdría la dinámica de este sonido?	
b) ¿Cómo calificarías globalmente su volumen: alto, medio o bajo?	
c) ¿Se diferencian claramente los momentos de mayor y los de menor volumen?	
d) ¿Sería molesto al oído?	
e) ¿Qué podría estar grabado en dicho archivo? Elige una de estas posibilidades: "una conversación entre dos personas", "el sonido del tráfico en una calle", "el despegue de un avión", "una banda de rock"	

Contesta las siguientes preguntas respecto de la siguiente frase: *"Este archivo de audio es estéreo y está digitalizado a 16 bits con una frecuencia de muestreo de 44 100 Hz."*

a) ¿Cómo calificarías la calidad del sonido: muy alta, alta, media, baja o muy baja?	
b) Utiliza todos los datos para saber cuántos Bytes ocuparía una canción de 1 minuto que utilice esta digitalización. $\underline{\hspace{1cm}} \text{ minutos} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ muestras}}{\text{segundo}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ bits}}{\text{muestra}} \cdot \frac{1 \text{ Byte}}{\underline{\hspace{1cm}} \text{ bits}} \cdot \underline{\hspace{1cm}} \text{ canales} =$	

Contesta las siguientes preguntas respecto de la siguiente frase: *"Hemos convertido el anterior archivo de audio a formato mp3 con una tasa de bits constante de 320 kbps"*

a) Con la tasa de bits utilizada, ¿Se notaría mucha diferencia entre el sonido del archivo comprimido respecto del original?	
b) Utiliza todos los datos para saber cuántos Bytes ocuparía una canción de 1 minuto que utilice esta compresión. $\underline{\hspace{1cm}} \text{ minutos} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ kilobits}}{\text{segundo}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ bits}}{1 \text{ kilobits}} \cdot \frac{1 \text{ Byte}}{\underline{\hspace{1cm}} \text{ bits}} =$	

Utilizando los dos resultados anteriores, ¿cuál ha resultado el porcentaje de compresión?

Utilizando el penúltimo resultado, ¿cuántos minutos de música estéreo con formato mp3 a 320 kbps podríamos almacenar en un CD grabable de 700MB?

$\frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ 1 minuto}}{\underline{\hspace{1cm}} \text{ Bytes}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ Bytes}}{1 \text{ KB}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ KB}}{1 \text{ MB}} \cdot \frac{\underline{\hspace{1cm}} \text{ MB}}{1 \text{ CD}} =$
--