

# Introducción

---

# INTRODUCCIÓN

## 1. Introducción

Este trabajo intenta reflejar los nuevos soportes digitales que existen para la música y el nuevo formato que introducen, así como los aparatos que se emplean y las posibilidades de mercado que existen.

Nuestra generación ha visto los gramófonos en películas o en museos pero nos resultan más familiares los tocadiscos con el plato giratorio en los cuales hasta hace pocos años podíamos escuchar los discos de vinilo, hoy en día socialmente hemos evolucionado hacia el compact-disc y es raro encontrar los anteriores aunque en muchos hogares sigan estando como una reliquia de tiempos pasados. Las tiendas nos han vendido un nuevo formato que introduce ventajas y en la tecnología no existen las nostalgias, salvo igual para las cintas de cassette que han perdurado y siguen teniendo mucho mercado por delante.

## 2. Antecedentes. Los sistemas analógicos

Las primeras técnicas usadas para grabar sonido fueron indudablemente analógicas. A algún parámetro mecánico, eléctrico o magnético era modificado a la vez que el sonido a ser grabado cambiaba la presión del aire. A través del micrófono que es un transductor que varía la tensión en la misma escala de tiempo que la presión del aire.

Al final de la segunda guerra mundial los fundamentos que actualmente existen del audio digital fueron sentados, y aunque los equipos actuales poco hagan recordar a sus antecesores se basan en los mismos principios básicos. No obstante a lo largo de este último siglo se ha producido un refinamiento en los medios que ha hecho que el audio analógico haya alcanzado su madurez.

En un sistema analógico la información es transportada por infinitas variaciones de un parámetro continuo como la tensión en un hilo o la fuerza

en una cinta. El valor en sí tiene infinitas posibilidades de variación dentro de los límites físicos de ese sistema.

Uno de los problemas más significativos es que no podemos distinguir la señal del ruido, es decir cuánto es el ruido que está degradando nuestra señal siempre que esta esté dentro de los niveles admitidos por nuestro oído.

Un ejemplo de un sistema analógico actualmente empleado como soporte de audio es una cinta de cassette. Las más empleadas de las que podemos encontrar actualmente en el mercado son de metal, cromo y las normales. Son un soporte muy implantado a nivel de uso doméstico ya que son económicas para grabar y reproducir audio con calidad, es decir, tanto una grabadora, habitualmente incluida en una cadena de música, como un walk-man para su reproducción son elementos asequibles al bolsillo del ciudadano medio así como al acceso desde muy jóvenes, lo cual no ocurre con los CD's actuales en los cuales tanto el soporte de audio como los reproductores están integrados en nuestra vida, pero no así las grabadoras lo cual impide el pirateo a un soporte idéntico volviendo habitualmente a la grabación en cinta tradicional.

El formato de una cinta es el siguiente:

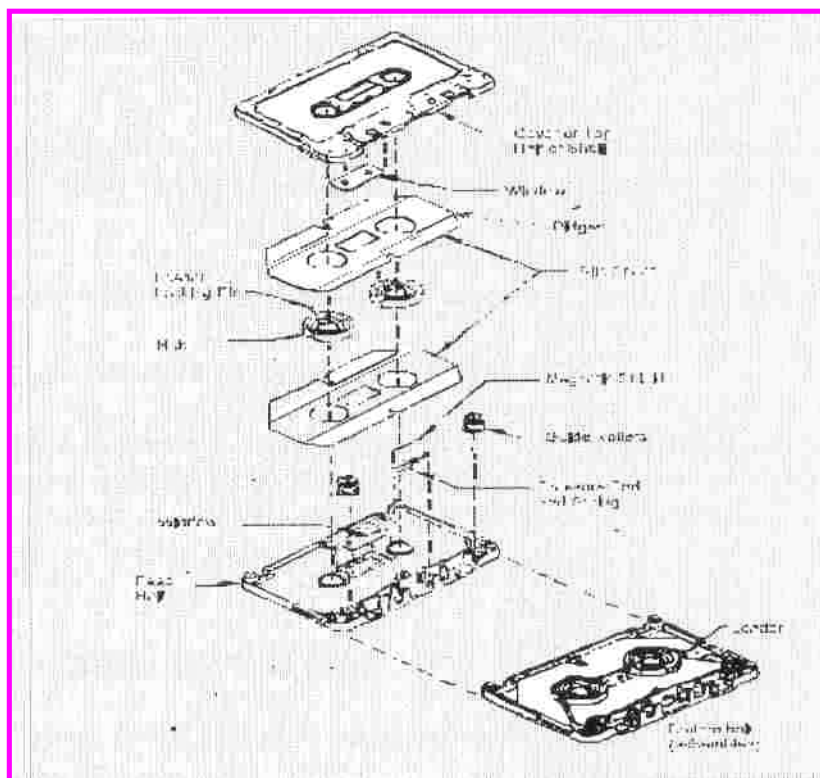


Figura 1.1 Una cinta de cassette tradicional [Obtenida del trabajo de Arantza PascualLuca deTena]

Para más información referirse al trabajo realizado por Arantza PascualLuca deTena para la asignatura de Electroacústica el curso 99-00.

Nos vamos a centrar un poco más en los orígenes, Thomas Edison está acreditado como el creador del primer dispositivo para grabar y reproducir sonido en el año 1877. Su invento usaba un mecanismo muy simple para almacenar una onda analógica mecánicamente. En el fonógrafo de Edison, un diafragma controlaba directamente una aguja, y la aguja escribía una señal analógica en un cilindro de lámina de Estaño:

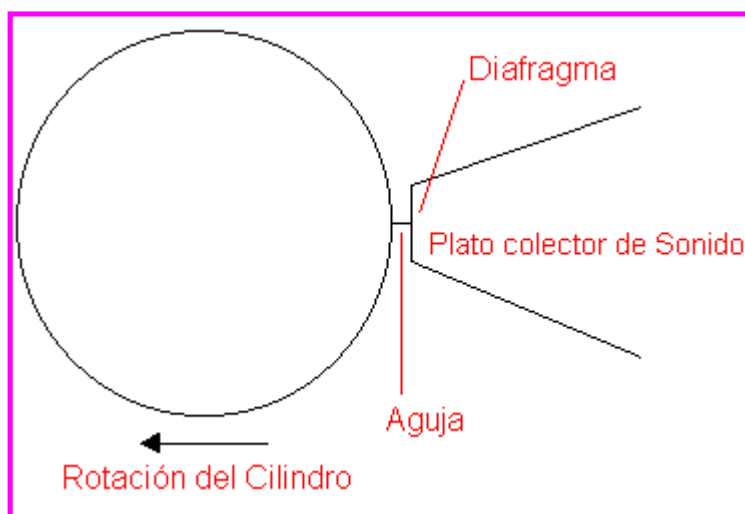


Figura 1.2 Esquema del fonógrafo de Edison.

Se hablaba en el dispositivo de Edison, mientras el cilindro rotaba, y la aguja "grababa" lo que decía en el estaño. Esto significaba, que mientras el diafragma vibraba, la aguja también, y esas vibraciones eran plasmadas en el estaño. Para reproducir el sonido otra vez, la aguja se movía sobre la ranura hecha durante la grabación. Durante la reproducción, las vibraciones plasmadas en el estaño hacían que la aguja vibrara, haciendo que el diafragma vibrara y reprodujera sonido. Este sistema fue mejorado por Emil Berliner en 1887 para producir el gramofono, que fue también un dispositivo puramente mecánico que usaba una aguja y un diafragma. La mayor mejora del gramofono fue el uso de discos con una ranura en espiral, haciendo que la producción en masa de los mismos fuera fácil. El fonógrafo moderno trabaja de la misma forma, pero las señales leídas por la aguja son amplificadas más bien electrónicamente que directamente con un diafragma mecánico.

Pero, ¿qué es, exactamente lo que la aguja "rascaba" en el cilindro de Estañó del fonógrafo? .

Es una onda análoga que representa las vibraciones que la voz crea.

Por ejemplo, he aquí una gráfica que muestra la onda análoga como resultado de decir "hello":

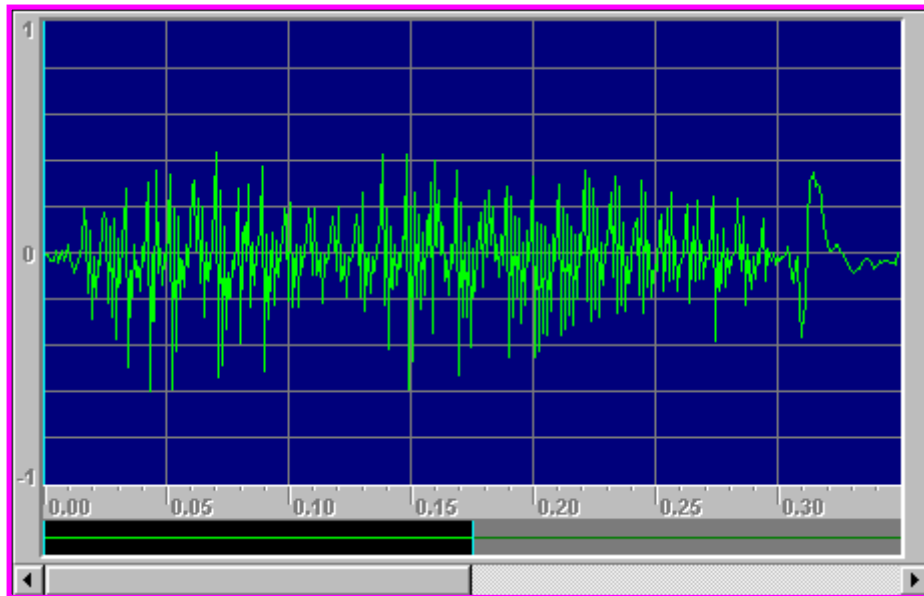


Figura 13 Representación temporal de la palabra "Hello"

Esta forma de onda fue grabada electrónicamente, pero el principio es el mismo. Lo que esta gráfica muestra es, esencialmente, la posición del micrófono del diafragma (eje X) en función del tiempo (eje Y). Las vibraciones son muy rápidas -el diafragma está vibrando con una velocidad de alrededor a las 1000 oscilaciones por segundo de un lado a otro-. Esta es la clase de onda plasmada en el cilindro de Estañó de Edison. Hay que darse cuenta que la forma de onda de la palabra "hello" es muy compleja. Un simple tono es una simple onda senoidal vibrando a cierta frecuencia, con esta onda de 500 Hertz (500 Hertz= 500 oscilaciones por segundo):

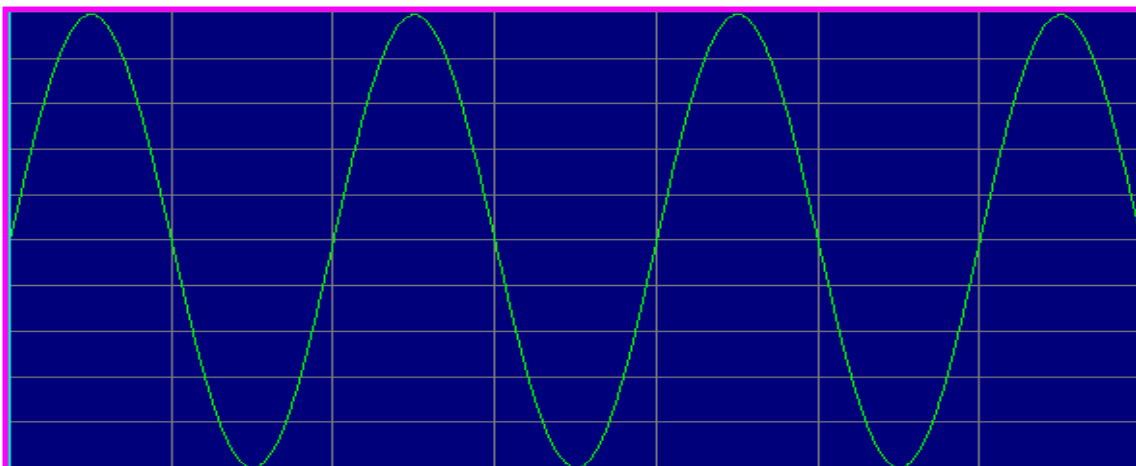


Figura 1.4 Representación de un tono de frecuencia 500 Hz

Se puede observar que el almacenamiento y la reproducción de una onda analógica puede ser muy simple. El problema que surge es que la fidelidad no es muy buena. Por ejemplo, cuando se usaba el fonógrafo de Edison había una gran cantidad de ruido almacenado en la grabación original, y la misma es distorsionada en muy diferentes maneras. También se puede notar que si se toca el fonógrafo repetidamente, se alterará lo escrito. Cuando la aguja pasa por la ranura hecha, cambia ligeramente la grabación (y eventualmente la borrará).

### 3. Por qué el audio digital?

Idealmente tiene los mismos principios que un reproductor analógico, tiene total transparencia y reproduce fielmente la forma de onda originalmente aplicada sin error. En la realidad ambos difieren del ideal, pero el digital intenta fallar menos con condiciones de precio bajas.

El audio puede ser representado de manera digital de muchas maneras pero la que está más expandida en el mundo es un sistema de codificación por pulsos PCM.

Para reproducir la música, el conjunto de números es convertido a una onda analógica por un convertidor digital-analógico (DAC). La onda analógica producida por el DAC es amplificada y llevada a los altavoces para producir el sonido.

La onda analógica producida por el DAC será la misma todo el tiempo, mientras los números no sean alterados. La onda analógica creada por el DAC será también muy similar a la onda analógica original si el convertidor analógico-digital "muestrea" a una velocidad alta y produce números exactos.

Se puede entender por ejemplo porqué los CD 's tienen dicha alta fidelidad si se entiende mejor la conversión analógica-digital. Digamos que tiene una onda de sonido, y desea muestrearla con un convertidor A-D. He aquí una onda típica (asumiendo que las marcas en el eje horizontal representan 1/1000 oscilaciones por segundo):

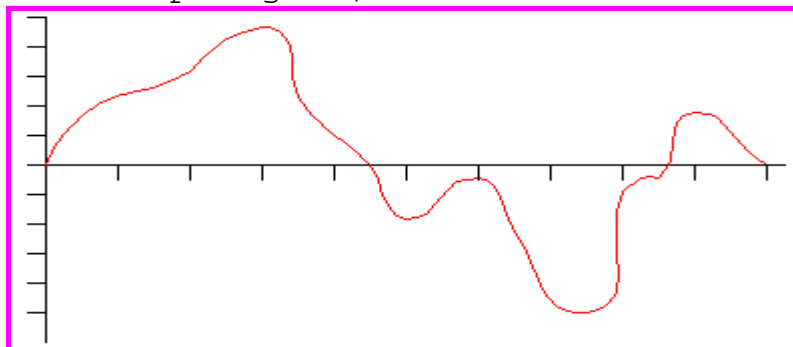


Figura 1.5 Onda típica

Cuando se muestrea la onda con un convertidor A-D se tiene control sobre 2 variables:

- La primera es la velocidad de la muestra. La velocidad controla cuántas muestras son hechas por segundo.
- La segunda es el muestreo de precisión. La precisión controla cuántas diferentes niveles de cuantización son posibles mientras se ejecuta la muestra.

En la siguiente figura, asumamos que la velocidad de la muestra es 1000 por segundo y la precisión es 10:

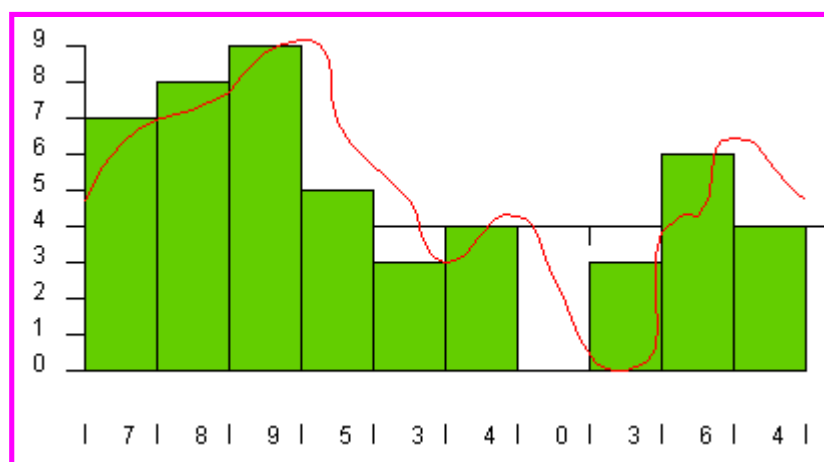


Figura 1.6 Muestreo de la onda

Los rectángulos verdes representan muestras. Cada 1/1000 oscilaciones por segundo el convertidor A-D examina la onda y selecciona el número más cercano entre 0 y 9. El número seleccionado es mostrado a lo largo de la figura. Esos números son una representación digital de la onda original.

Cuando el DAC reconstruye la onda en base a estos números, se obtiene la línea azul que se muestra en la siguiente figura:

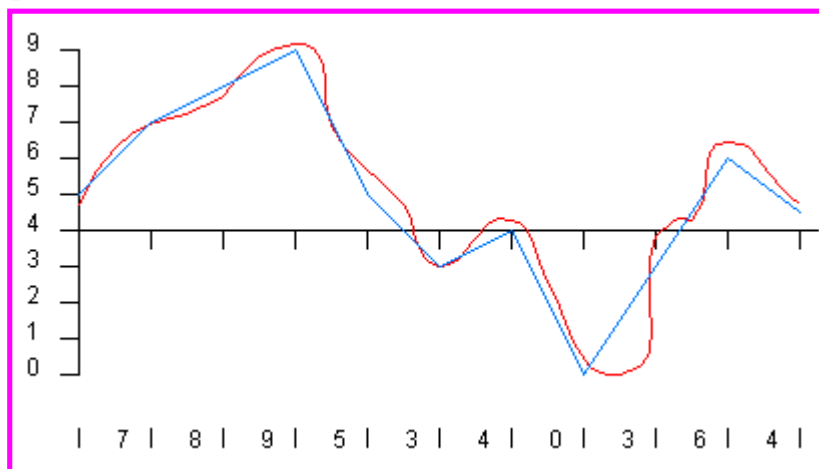


Figura 1.7 Onda base y onda muestreada

Se puede notar que la línea azul realmente perdió originalmente un pedazo del detalle en comparación a la línea roja, y esto significa que la fidelidad de la onda reproducida no es muy buena. Esto es error de muestreo.

Se reduce el error de muestreo incrementando la velocidad de la muestra y la precisión. En la siguiente figura, ambas han sido aumentadas a un factor de 2 (20 gradaciones a una velocidad de 2000 muestras por segundo):

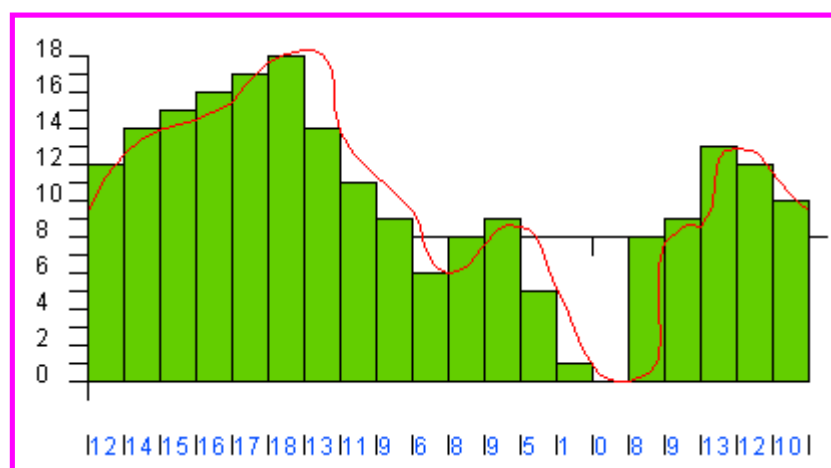


Figura 1.8 Mejora del muestreo al doble

En la siguiente figura la velocidad y la precisión se han doblado otra vez, (40 gradaciones a 4000 muestras por segundo)



por segundo):



Figura 1.9 Mejora del muestreo 4 veces

También se puede notar que a medida que la velocidad y la precisión aumentan, la fidelidad (la similitud entre la onda original y la salida del DAC) mejora. En el caso del sonido del CD, la fidelidad es una meta muy importante así que la velocidad de muestreo es de 44100 muestras por segundo y el número de gradaciones es 65536. Bajo estas condiciones la salida del DAC se acerca mucho a la onda original de la cual el sonido es esencialmente "perfecto" para el oído humano.

Una observación acerca de la velocidad de muestreo y la precisión es que producen una gran cantidad de datos. En un CD los números digitales producidos por el convertidor A-D son almacenados como Bytes, y toma 2 Bytes representar 65535 gradaciones. Hay 2 fuentes de sonido siendo grabadas (una para cada altavoz en un sistema Estéreo). Un CD puede almacenar 74 minutos de música, así que el total de datos digitales que debe ser almacenado en un CD es:

$$44,100 \text{ muestras/canal/segundos} * 2 \text{ bytes/muestras} * 2 \text{ canales} * 74 \text{ minutos} * 60 \text{ segundos/minutos} = 783,216,000 \text{ bytes}$$

Esto es una gran cantidad de Bytes. Para almacenar tantos Bytes en una barata pieza plástica lo suficientemente resistente para soportar el uso del CD no era tarea fácil, especialmente cuando se considera que el primer CD salió al mercado en 1980.

#### 4. Conclusiones

En este capítulo de introducción se han intentado mostrar los pasos que ha seguido el audio, desde los comienzos y las ventajas de la evolución hacia el sistema digital, con las mejoras que ello supone respecto al audio analógico.

---