

# AUDIO DIGITAL

Ver. 20231127 - jEsuSdA

El audio digital se refiere a la representación del **sonido grabado o transmitido en formato digital**. A diferencia del audio analógico, que representa las ondas sonoras como variaciones continuas en la presión, el audio digital lo hace mediante **datos numéricos** que representan esas ondas sonoras. Esta transformación permite una manipulación, almacenamiento y transmisión más eficientes y versátiles del sonido.

La digitalización del audio implica varios pasos. Primero, el proceso de **muestreo** convierte las ondas sonoras continuas en una serie de muestras discretas. Esto se hace **midiendo la amplitud de la onda en intervalos regulares**, conocidos como la **tasa de muestreo** (expresada en Hertz o ciclos por segundo). Luego, **cada muestra se cuantifica**, asignándole un valor numérico de acuerdo a su amplitud. Este proceso determina la resolución del audio, comúnmente expresada en bits (por ejemplo, 16-bit, 24-bit). Finalmente, se aplica la **codificación**, que puede incluir compresión para reducir el tamaño del archivo de audio sin perder calidad significativa. Estos pasos transforman el sonido analógico en un formato digital que se puede editar, almacenar y reproducir con dispositivos electrónicos.

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL AUDIO DIGITAL

El audio digital tiene varias propiedades clave que determinan su calidad y características. Aquí están las más esenciales:

**Frecuencia (Tono):** Se refiere a cuán agudo o grave es un sonido. En el audio digital, diferentes frecuencias representan diferentes tonos o notas musicales. Un bombo, un trueno y la voz profunda de un hombre son sonidos de baja frecuencia. Un silbido agudo, un chillido y la voz de un niño son sonidos de alta frecuencia.

**Volumen (Amplitud):** Es la medida de la intensidad o nivel de sonido. En el audio digital, una mayor amplitud se traduce en un volumen más alto.

**Tasa de Muestreo:** Indica cuántas veces por segundo se toma una muestra de la señal de audio analógico durante el proceso de digitalización. Se mide en Hertz (Hz). Una tasa de muestreo más alta (como 44.1 kHz o 48 kHz) puede capturar más detalles de la señal de audio original, lo que propicia una mayor fidelidad respecto a la onda analógica original.

**Resolución (Profundidad de Bit):** Determina cuántos bits se utilizan para representar cada muestra de audio. Una mayor profundidad de bit (como 16-bit, 24-bit) ofrece una mayor precisión en la representación de la señal de audio, lo que resulta en una mejor calidad de sonido y un rango dinámico más amplio.

**Canales:** Se refiere a las vías independientes en una grabación de audio. Por ejemplo, el audio estéreo tiene dos canales (izquierdo y derecho), mientras que el audio 5.1 puede tener múltiples canales para crear una experiencia de sonido envolvente.

**Bitrate:** Es la cantidad de datos procesados por unidad de tiempo en un archivo de audio, medida en kilobits por segundo (kbps). Un bitrate más alto generalmente indica una mejor calidad de sonido, pero también un tamaño de archivo más grande. En la compresión con pérdida, un bitrate más bajo puede resultar en una pérdida notable de calidad.

El bitrate, o tasa de bits, es una medida clave en la codificación de audio y vídeo digital, y se puede configurar de dos maneras principales: como bitrate constante (CBR) o variable (VBR).

El **Bitrate Constante (CBR)** significa que la tasa de bits se mantiene igual durante todo el proceso de codificación. Esto resulta en una calidad uniforme y un tamaño de archivo predecible, lo cual es útil cuando se necesita un tamaño de archivo específico o un ancho de banda constante, como en la transmisión en vivo. Sin embargo, el uso de CBR puede llevar a una eficiencia reducida, ya que se usa la misma cantidad de datos para codificar todas las partes del archivo, incluso aquellas que podrían requerir menos detalle, como las secciones silenciosas en un archivo de audio.

Por otro lado, el **Bitrate Variable (VBR)** ajusta la tasa de bits según la complejidad de la señal que se está codificando. En partes del audio con más detalle, utiliza una tasa de bits más alta, mientras que en partes más simples, utiliza una tasa de bits más baja. Esto generalmente produce una mejor calidad en el tamaño del archivo final comparado con el CBR, ya que asigna los recursos de manera más eficiente. Sin embargo y en algunos casos, la reproducción puede ser menos uniforme, especialmente en sistemas que esperan un flujo de datos constante, asimismo, la codificación en VBR suele requerir, según el códec, de varias pasadas: una para analizar los datos a codificar y otra para codificarlos propiamente.

**Formato de Archivo:** Determina cómo se almacena y codifica el audio digital. Pej. WAV (sin compresión), MP3 (compresión con pérdida), FLAC (compresión sin pérdida).

**Ecualización:** Se refiere al ajuste del balance de frecuencias en una señal de audio. La ecualización puede usarse para mejorar la calidad del sonido o para adaptar el sonido a ciertas preferencias o condiciones de escucha.

**Latencia:** Es el retardo entre la entrada y la salida del audio en un sistema digital. Es especialmente importante en situaciones de grabación y actuación en vivo.

**Joint Estéreo** es una técnica utilizada en la codificación de audio digital, especialmente en formatos de compresión con pérdida como MP3, para aumentar la eficiencia en el uso del ancho de banda y reducir el tamaño del archivo sin una pérdida significativa de calidad. La idea detrás del Joint Estéreo es aprovechar las similitudes entre los canales estéreo izquierdo y derecho en una grabación de audio.

En lugar de codificar los dos canales de manera completamente independiente, el Joint Estéreo identifica y almacena solo las diferencias entre ambos canales. Esto se basa en el principio de que, en muchas grabaciones estéreo, hay una gran cantidad de contenido sonoro que es similar o idéntico en ambos canales. Al almacenar solo la información diferencial y los elementos comunes, el Joint Estéreo puede reducir la cantidad total de datos necesarios para representar la pista estéreo, logrando una mayor eficiencia. También se aprovecha la percepción de sonido humana para almacenar algunas frecuencias sólo en un canal, pues el cerebro interpreta los sonidos de esas frecuencias como provenientes de ambos oídos aunque sólo se captan por uno solo de ellos.

El Joint Estéreo es particularmente útil para tasas de bits bajas, donde la eficiencia en el uso de los datos es crítica, pero debe usarse con cuidado ya que en algunos casos puede comprometer la calidad del sonido si se aplica de manera inapropiada.

## ALMACENAMIENTO DE AUDIO (CODECS)

Un códec (CODificador-DECodificador) es un algoritmo usado para **comprimir y descomprimir archivos de audio**. El propósito principal de un códec de audio es reducir el tamaño del archivo de audio original (codificación) para facilitar su almacenamiento o transmisión, y luego reconstruirlo (decodificación) para la reproducción.

El proceso de codificación implica tomar la señal de audio digital original y transformarla en un formato más compacto. Esto se puede hacer de manera que no se pierda información (compresión sin pérdida) o eliminando partes de la señal que se consideran menos importantes para

la percepción humana (compresión con pérdida). Durante la reproducción, el proceso se invierte: el códec decodifica el archivo comprimido, reconstruyendo la señal de audio para que pueda ser escuchada. Los códecs son fundamentales en la era digital, ya que permiten equilibrar la calidad del audio con limitaciones de espacio de almacenamiento y ancho de banda, siendo utilizados en una amplia gama de aplicaciones, desde la música en streaming hasta las comunicaciones digitales.

El almacenamiento de audio digital puede clasificarse en varias categorías según cómo se maneja la información:

1. **Sin Compresión:** En este formato, el audio digital se almacena sin ninguna reducción de datos. Esto significa que todas las muestras de audio se conservan en su forma original, como se capturaron durante el proceso de digitalización. Los formatos sin compresión, como WAV o AIFF, ofrecen la **más alta calidad de sonido**, pero resultan en **archivos de gran tamaño**. Son ideales para aplicaciones profesionales de edición de audio donde la calidad del sonido es primordial.
2. **Con Compresión Sin Pérdida:** La compresión sin pérdida **reduce el tamaño del archivo de audio digital**, pero lo hace de manera que permite restaurar completamente el archivo a su estado original. Esto significa que **no hay pérdida de calidad en el audio**, a pesar de la reducción en el tamaño del archivo. Formatos como FLAC o APE son ejemplos de compresión sin pérdida. Son útiles para equilibrar la calidad del sonido con un uso eficiente del almacenamiento.
3. **Con Compresión Con Pérdida:** En la compresión con pérdida, el tamaño del archivo de audio se reduce **eliminando ciertas partes del sonido que se consideran menos importantes para la percepción humana**. Esto resulta en una pérdida irreversible de cierta calidad de sonido, pero el tamaño del archivo es significativamente menor comparado con los formatos sin compresión o con compresión sin pérdida. Formatos populares como MP3, OGG VORBIS y AAC usan compresión con pérdida. Son ampliamente utilizados para la distribución de música y otros contenidos de audio debido a su eficiencia en el uso del espacio de almacenamiento.

Cada tipo de almacenamiento tiene sus propios usos y ventajas, dependiendo de los requisitos de calidad y espacio. Mientras que los formatos sin compresión y con compresión sin pérdida son preferidos para aplicaciones de alta fidelidad y edición profesional, los formatos con compresión con pérdida son más adecuados para el uso cotidiano y la distribución digital debido a su menor tamaño de archivo.

## CODECS PRINCIPALES DE AUDIO

Aquí tienes una tabla que resume las propiedades de varios codecs de audio populares:

Codec	Año de Creación	Tipo de Compresión	Número Máximo de Canales	Licencia	Peso por Minuto Aprox.	Uso Habitual
AIFF	1988	Sin compresión	Estéreo	Privativa	10 Mb.	Edición profesional
WAV	1991	Sin compresión	Estéreo	Privativa	10 Mb.	Edición profesional
AC3	1991	Compresión con pérdida	5.1	Privativa	1 Mb.	Cine, DVD
MP3	1993	Compresión con pérdida	Estéreo	Privativa	1 Mb.	Distribución de música
AAC	1997	Compresión con pérdida	48	Privativa	1 Mb.	Streaming, distribución

Codec	Año de Creación	Tipo de Compresión	Número Máximo de Canales	Licencia	Peso por Minuto Aprox.	Uso Habitual
WMA	1999	Compresión con pérdida	8	Privativa	1 Mb.	Streaming, almacenamiento
APE	2000	Compresión sin pérdida	2	Privativa	5 Mb.	Almacenamiento de música
FLAC	2001	Compresión sin pérdida	8	Libre	5 Mb.	Almacenamiento de música
OGG Vorbis	2002	Compresión con pérdida	255	Libre	0.7 Mb.	Streaming, videojuegos
Opus	2012	Compresión con pérdida	255	Libre	0.5 Mb.	Streaming, llamadas
Lyra	2020	Compresión con pérdida	Estéreo	Libre	0.5 Mb.	Comunicación en línea

Esta tabla proporciona un resumen rápido de las características y usos comunes de cada códec, aunque es importante tener en cuenta que el peso por minuto de audio puede variar según la tasa de bits y otros factores específicos del códec.