

*Colección Manuales Docentes*

# Fundamentos Básicos de las Tecnologías en la Comunicación Audiovisual

**Arturo Martínez Rodrigo**



Ediciones de la Universidad  
de Castilla-La Mancha



**FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LAS TECNOLOGÍAS EN LA  
COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL**



# FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LAS TECNOLOGÍAS EN LA COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL

**Arturo Martínez Rodrigo**



Ediciones de la Universidad  
de Castilla-La Mancha

Cuenca, 2025

## Fundamentos Básicos de las Tecnologías en la Comunicación Audiovisual

Thema: YPJK

- © del texto: Arturo Martínez Rodrigo, 2025.
- © de las imágenes: sus autores, 2025.
- © de la edición: Universidad de Castilla-La Mancha, 2025.

Edita: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2025.

Colección MANUALES DOCENTES n.º 30.



UNIÓN DE  
EDITORIALES  
UNIVERSITARIAS  
ESPAÑOLAS

Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.

DOI: [https://doi.org/10.18239/manuales\\_2025.30.00](https://doi.org/10.18239/manuales_2025.30.00)

ISBN: 978-84-9044-708-6

ISNI: 0000000506819532 (Ediciones UCLM)

Este original fue sometido al proceso de selección del Comité Editorial del sello Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha que valoró positivamente su publicación. La evaluación por pares ciegos ha sido competencia del comité científico del I Encuentro UCLM de Jóvenes Investigadores en Historia del Arte. Este libro está publicado en Acceso Abierto (ruta diamante) en el Repositorio Institucional RUIdeRA, handle: <https://hdl.handle.net/10578/42250>



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons CC BY 4.0.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons CC BY 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley. Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Composición: Compobell, S.L.

Hecho en España (U.E.) – *Made in Spain (E.U.)*

Al límite del código, donde nacen nuevas realidades,  
Irrompible, como un pulso de luz en la penumbra digital,  
Siempre serás el eco humano que resiste en el sistema,  
Algoritmo único, conexión infinita en un mar de ruido.



## RESUMEN

Este manual docente comienza explorando los fundamentos técnicos de la comunicación audiovisual. Detrás de cada sonido o imagen transmitidos se encuentra una ciencia compleja que permite que la información llegue de forma clara y precisa, cumpliendo propósitos como educar, entretener o inspirar. En el primer capítulo, se abordan conceptos clave del audio, incluyendo la naturaleza de la señal y sus características principales: amplitud, periodo y frecuencia, que definen la intensidad, el tono y el volumen percibidos. También se profundiza en el ancho de banda, y en la representación de las señales en los dominios del tiempo y de la frecuencia. Dentro de este marco, se presentan los diferentes tipos de filtros para modificar la estructura frecuencial de las señales según las necesidades específicas de cada proyecto. Además, se exploran los diferentes tipos de micrófonos, su directividad y patrones de captación, que son aspectos cruciales para seleccionar el equipo adecuado dependiendo del entorno y del tipo de sonido a grabar. El capítulo también incluye un análisis de los conectores de audio y su función en la transmisión de señales, destacando el concepto de señal balanceada como técnica clave para minimizar ruidos e interferencias y garantizar una calidad sonora óptima.

En el segundo capítulo, se aborda el proceso de digitalización de señales, comenzando con una revisión histórica de los avances tecnológicos desde los tubos de vacío hasta los transistores y microprocesadores actuales, fundamentales en los sistemas audiovisuales modernos. Se explican las tres etapas principales de la digitalización: muestreo, cuantificación y codificación, destacando cómo estas convierten las señales analógicas en datos digitales procesables. Además, se introducen conceptos esenciales como bits, sistemas binarios y hexadecimales, y la importancia de las tarjetas de sonido como interfaces clave entre los mundos analógico y digital.

En el tercer capítulo, se exploran los fundamentos de la imagen digital, centrándose en cómo las características analógicas del mundo real se traducen en formatos digitales. Se analizan elementos esenciales como el píxel, la resolución y la profundidad de color, que definen la calidad visual y permiten procesar y reproducir imágenes con precisión. También se explica la digitalización de imágenes analógicas mediante muestreo y cuantificación, convirtiendo la información visual continua en datos discretos. Además, se presentan los modelos de color más utilizados, como RGB y CMYK, junto con alternativas como la escala de grises y el bitmap, relevantes para aplicaciones específicas. Finalmente, se examinan los formatos de archivo de imagen, desde los comunes como JPEG y PNG hasta opciones especializadas como TIFF, detallando sus ventajas y limitaciones según el propósito del proyecto.

Finalmente, en el cuarto capítulo, se examinan los fundamentos de las redes informáticas, esenciales para la sociedad digital moderna. Así, se describen los tipos de redes, y su papel en facilitar el acceso compartido a recursos y la comunicación. También se destacan los protocolos clave como TCP/IP y HTTP, y los dispositivos como *routers* y *switches*, que permiten la conectividad entre redes. Además, se introducen las direcciones IP, los nombres de dominio y el Sistema de Nombres de Dominio, explicando su importancia para la navegación en internet. Se abordan conceptos como la arquitectura cliente-servidor y protocolos especializados como FTP para la transferencia de archivos. Finalmente, el capítulo reflexiona sobre la importancia de la seguridad en redes para proteger datos y garantizar la confiabilidad de las comunicaciones en un mundo cada vez más interconectado.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROCESADO DE SEÑALES ANALÓGICAS.....	13
1.1. Concepto de Información, Señal y Ruido .....	14
1.2. El Sistema de Fonación Humana: Emisor, Medio y Receptor en la Comunicación Sonora. ....	15
1.3. Conceptualización de Señal Analógica .....	16
1.4. Caracterización de las Señales Analógicas: Periodicidad.....	17
1.5. Periodo y Frecuencia de Señales Periódicas.....	19
1.6. Representación de Señales en Tiempo y Frecuencia .....	20
1.7. La importancia del Espectrograma y la Percepción Auditiva .	21
1.8. El Rango Audible y las Señales Compuestas. ....	23
1.9. Filtrado del Espectro. ....	27
1.10. La Amplitud de las Señales y la Naturaleza del Decibelio ...	29
1.11. Mono vs. Estéreo: Una Cuestión de Espacialidad en el Sonido	32
1.12. Entendiendo la Sensibilidad de un Micrófono .....	34
1.13. Tipos de Micrófonos. ....	35
1.14. Directividad de los Micrófonos. ....	38
1.15. Diversidad de Conectores de Audio: Qué los diferencia y cuándo usarlos. ....	40
1.16. La Señal Balanceada como Herramienta para evitar Ruido en las Transmisiones. ....	44
CAPÍTULO 2. DE LO ANALÓGICO A LO DIGITAL: EL AUDIO.....	49
2.1. Evolución Histórica de los Dispositivos Digitales. ....	50
2.2. Señales Analógicas vs. Señales Digitales .....	56
2.3. El Conversor Analógico Digital .....	62

2.4. Los Sistemas de Numeración . . . . .	76
2.5. Introducción a los Códecs . . . . .	81
2.6. La Tasa de Bits o <i>Bitrate</i> . . . . .	82
CAPÍTULO 3. LA IMAGEN DIGITAL . . . . .	87
3.1. Conceptos Básicos de la Imagen Digital: El Píxel. . . . .	87
3.2. Imágenes en Mapa de Bits y Representaciones Vectoriales . . .	89
3.3. La Resolución en Imágenes Digitales . . . . .	91
3.4. La Relación de Aspecto. . . . .	95
3.5. Formatos de Resolución de Pantalla . . . . .	97
3.6. Dimensión y Resolución en Imágenes Digitales: ¿Cuál es la Diferencia? . . . . .	99
3.7. Digitalización de Imágenes Analógicas. . . . .	100
3.8. La Cuantificación: Traduciendo lo Analógico a lo Digital . . .	102
3.9. Modelos de Color . . . . .	106
3.10. Otros Modos de Color en la Digitalización de Imágenes . . . .	107
3.11. Formatos de Imagen Digital . . . . .	109
CAPÍTULO 4. REDES INFORMÁTICAS E INTERNET. . . . .	117
4.1. ¿Qué es una Red Informática? . . . . .	118
4.2. Tipos de Redes: Públicas y Privadas . . . . .	120
4.3. Interconexión de Redes: Routers y Switches . . . . .	124
4.4. Protocolos de Comunicación. . . . .	125
4.5. El protocolo TCP . . . . .	127
4.6. El protocolo IP . . . . .	129
4.7. El Sistema de Nombre de Dominio (DNS) . . . . .	132
4.8. Los Dominios en Internet. . . . .	133
4.9. URLs. . . . .	135
4.10. La Arquitectura Cliente-Servidor. . . . .	136
4.11. El Protocolo HTTP. . . . .	138
4.12. El Protocolo FTP . . . . .	139
4.13. Ciberseguridad y encriptado en el protocolo SFTP . . . . .	140
4.14. Introducción a las Tecnologías Web . . . . .	141

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUCCIÓN AL PROCESADO DE SEÑALES ANALÓGICAS

Comenzamos nuestra travesía en el fascinante mundo de la comunicación audiovisual explorando algunos conceptos técnicos fundamentales. El **audio** y el **video** (o imagen) son los dos pilares esenciales que sustentan este universo, pero detrás de cada sonido o imagen transmitidos se esconde una ciencia compleja y una técnica que hacen posible que la información llegue clara, precisa y sin interferencias. Esta información puede cumplir distintos propósitos: educar, entretener, conmover o inspirar, y el papel de los profesionales audiovisuales es **asegurarse de que estos mensajes se transmitan con la máxima calidad.**

En este primer capítulo, nos centraremos en los aspectos técnicos básicos relacionados con el **audio**, una vertiente fundamental para cualquier técnico audiovisual. Abordaremos el **concepto de señal** y sus características clave, como la **amplitud**, el **periodo** y la **frecuencia**, elementos que definen tanto la **intensidad** como la **calidad** del sonido que percibimos. Exploraremos cómo la frecuencia de una señal está directamente relacionada con el tono del sonido, mientras que su amplitud define su volumen o potencia percibida. Además, profundizaremos en el **ancho de banda** de una señal, una medida crucial que indica el rango de frecuencias presentes en el audio y que, en última instancia, afecta la riqueza y claridad del sonido.

Para comprender estos conceptos en detalle, aprenderemos a representar las señales tanto en el **dominio del tiempo** como en el **dominio de la frecuencia**. Esta última representación es esencial para analizar y manipular el sonido en aplicaciones profesionales, donde debemos saber cómo aislar o potenciar ciertas frecuencias. Dentro de este marco, veremos también los diferentes tipos de **filtros**, herramientas fundamentales para modificar la estructura frecuencial de una señal y adaptarla a los requerimientos específicos de cada proyecto.

Además, exploraremos los diferentes **tipos de micrófonos** y cómo su **directividad** afecta a la captación del sonido. Comprender la diversidad de micrófonos

y sus aplicaciones es crucial para elegir el equipo adecuado para cada situación, desde la grabación de un concierto en vivo hasta una entrevista en exteriores. En esta misma línea, profundizaremos en los distintos **patrones de directividad** y en cómo podemos optimizar su uso en función de las necesidades del entorno y del tipo de sonido a captar.

Finalmente, analizaremos la **diversidad de conectores de audio**, su funcionamiento y cuándo es conveniente emplear cada uno, así como la importancia de utilizar conexiones adecuadas para evitar pérdida de calidad. Así, profundizaremos en el concepto de **señal balanceada**, una técnica clave para minimizar el ruido e interferencia en las transmisiones, asegurando que el audio llegue limpio y sin distorsiones al destino.

## 1.1. CONCEPTO DE INFORMACIÓN, SEÑAL Y RUIDO

**La información** es el contenido esencial que deseamos comunicar; es la esencia de nuestro mensaje. Imaginemos que estamos viendo una noticia sobre un hecho importante. La información sería el hecho crucial que el comunicador está tratando de transmitir: el qué, quién, cuándo y por qué. En una canción, sería la letra y la melodía que el artista desea que escuches. Por lo tanto, la información sería el contenido valioso y significativo que queremos que el **receptor** reciba y comprenda.

Si la información es el mensaje, **la señal es el mensajero**. Es el vehículo o medio que transporta nuestra preciada información desde el emisor hasta el receptor. En términos más técnicos, **una señal es una representación física de la información**, usualmente en forma de ondas electromagnéticas o frentes de onda sonora, que pueden ser transmitidas y recibidas por dispositivos como televisores, altavoces o teléfonos móviles.

Sin embargo, la comunicación rara vez es perfecta. **El ruido** representa cualquier elemento que interfiera con la señal y, por ende, con la claridad de la información. Es el antagonista en nuestra historia. Si alguna vez has intentado sintonizar una emisora de radio en un área con mala recepción y has oído ese sonido estático, has experimentado ruido. En el ámbito visual, piensa en un video pixelado o en una imagen borrosa. El ruido no solo es una molestia; en niveles altos, puede hacer que la información se pierda por completo. Por eso, en comunicación audiovisual, una de las principales metas es **maximizar la información transmitida minimizando el ruido**.

Entender estos tres conceptos es crucial. Si visualizamos la comunicación como un viaje, la **información** sería el pasajero, la **señal** el vehículo, el **ruido**

los obstáculos en el camino, el **emisor** la fuente de la información, y el **receptor** el destino final de esa información. Nuestro trabajo es asegurarnos de que el pasajero llegue a su destino de la manera más clara y directa posible. Y es aquí donde estos términos se unifican en un solo concepto que es el de **relación señal a ruido**, a menudo abreviada como **SNR** (del inglés Signal-to Noise Ratio). La SNR es una medida que compara el nivel de la señal deseada (la información que queremos transmitir) con el nivel del ruido. Es una métrica que nos dice cuán clara es nuestra señal en presencia de interferencias. **Cuanto mayor sea el SNR, más clara será la señal**, lo que significa que nuestra información se transmite con menos interferencias.

## **1.2. EL SISTEMA DE FONACIÓN HUMANA: EMISOR, MEDIO Y RECEPTOR EN LA COMUNICACIÓN SONORA.**

En el caso de la comunicación humana a través de la voz, el **emisor** es la persona que produce el sonido. Este proceso comienza en el sistema de fonación, compuesto principalmente por los pulmones, la laringe y las cuerdas vocales. Los pulmones actúan como una fuente de aire que, al ser expulsado, pasa por las cuerdas vocales situadas en la laringe. Al tensarse y relajarse, las cuerdas vocales vibran y convierten este flujo de aire en ondas sonoras. Esta vibración es modulada por la posición y forma de la boca, la lengua y otros órganos articulatorios, generando distintos sonidos que representan el habla. Así, el emisor no solo produce la señal, sino que también le da forma y contenido, creando las bases para la transmisión de información a través del sonido.

El **medio de transmisión** en la comunicación oral es el aire, a través del cual se propagan las ondas sonoras. Cuando las cuerdas vocales generan vibraciones, estas producen cambios en la presión del aire que se transmiten en forma de ondas de compresión y rarefacción, tal y como se esquematiza en la **Figura 1.1**. Estas ondas se desplazan en todas direcciones desde el emisor, creando frentes de propagación que llevan la información acústica. En términos de física, el sonido se comporta como una onda mecánica, lo que significa que requiere de un medio material, como el aire, para propagarse. La velocidad, calidad y alcance de la transmisión de estas ondas dependen de factores como la densidad y temperatura del aire, lo cual influye en la claridad y fidelidad de la señal que llega al receptor.

Finalmente, el **receptor** en este sistema es el oído humano, que recoge las ondas sonoras y las convierte en información interpretable por el cerebro. Al alcanzar el oído, las ondas sonoras hacen vibrar el tímpano, el cual, a su vez, transmite estas vibraciones a través de una cadena de huesecillos hasta la cóclea en el

oído interno. Allí, células sensoriales especializadas transforman las vibraciones en impulsos eléctricos que viajan por el nervio auditivo hasta el cerebro, donde se interpretan como palabras, tonos o sonidos. De esta manera, el receptor convierte la señal en información significativa, completando el proceso de comunicación sonora entre emisor y receptor a través del medio.

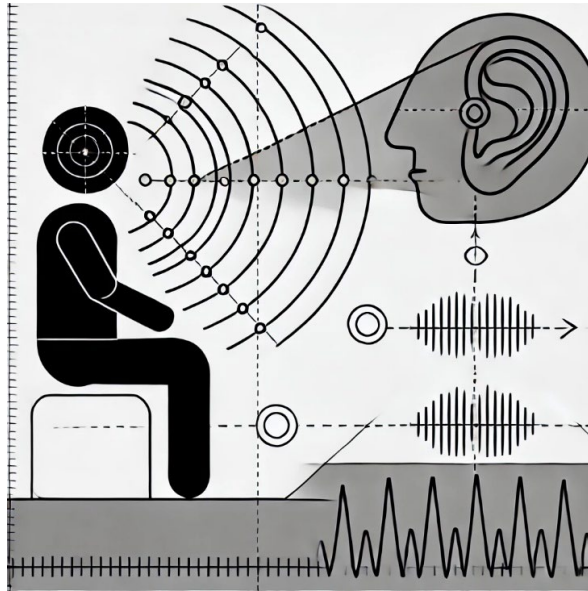


Figura 1.1. El sistema de fonación humana y el medio de transmisión.

### 1.3. CONCEPTUALIZACIÓN DE SEÑAL ANALÓGICA

Ahora que hemos abordado los conceptos de información, señal y ruido, y su relación intrínseca a través de la relación señal a ruido, es hora de sumergirnos en el mundo de las señales. En particular, vamos a hablar sobre las **señales analógicas**.

#### ¿Qué es una señal analógica?

Imaginemos la melodía de una guitarra que se escucha en una habitación. Ese sonido, con sus variaciones y matices, que se propaga y llega a nuestros oídos, es una señal analógica. O visualicemos el espectáculo de colores que se despliega en el cielo mientras el sol se pone; esa mezcla de colores es otra señal analógica. **Fundamentalmente, cualquier estímulo que proveniente de la naturaleza y que podemos captar con nuestros sentidos, ya sea sonido o luz visible, se clasifica como señal analógica.**

Además, una **señal analógica** es una representación **continua** de un fenómeno. Al decir que son “continuas”, nos referimos a que, a diferencia de las señales digitales, que veremos en el siguiente capítulo, **las señales analógicas no tienen interrupciones ni saltos**. Su naturaleza fluye suavemente, como una melodía que se reproduce sin interrupciones.

Dentro del ámbito audiovisual, las señales que más nos interesan son aquellas de sonido e imagen. En este contexto, podemos ver las diferentes dimensionalidades de las señales:

- **Sonido (1D)**: Se propaga en una sola dimensión a través del tiempo. Puedes imaginar una onda sonora desplazándose en una línea de tiempo.
- **Imagen (2D)**: Las imágenes son bidimensionales, con anchura y altura. Cada punto de la imagen representa un valor de luz y color.
- **Video (3D)**: Si tomamos el tiempo como una tercera dimensión, el video es una señal tridimensional que combina las propiedades espaciales de la imagen con la evolución temporal.

En resumen, una señal analógica consiste en una **manifestación de la naturaleza que captamos con nuestros sentidos**. En comunicación audiovisual, aprender a interpretar, analizar y transmitir estas señales es esencial para recrear y compartir experiencias humanas auténticas.

#### **1.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS: PERIODICIDAD**

Uno de los aspectos fundamentales que nos ayuda a describir y entender las señales analógicas es su **periodicidad**. Al hablar de periodicidad, nos referimos a si una señal **sigue o podemos observar un patrón repetitivo o no, que se extiende a lo largo del tiempo**. Y esto nos lleva a dividir las en dos categorías principales: **señales periódicas y señales aperiódicas**.

- **Señal periódica:**

Si pensamos en el “tic-tac” constante de un reloj de pared, cada “tic”, seguido de un “tac”, forma un patrón que se repite una y otra vez, manteniendo un intervalo regular. Esta repetición constante es lo que define a una señal periódica. En términos más técnicos, **una señal periódica es aquella que muestra un patrón definido que se repite a lo largo del tiempo con un periodo específico de repetición**.

- **Señal aperiódica:**

Ahora, imaginemos el ruido aleatorio de la lluvia cayendo en un tejado. Aunque hay un patrón general de ruido de lluvia, no hay un ciclo específico que se repita exactamente igual a lo largo del tiempo. **Estas señales, que no siguen un patrón repetitivo constante, son aperiódicas.**

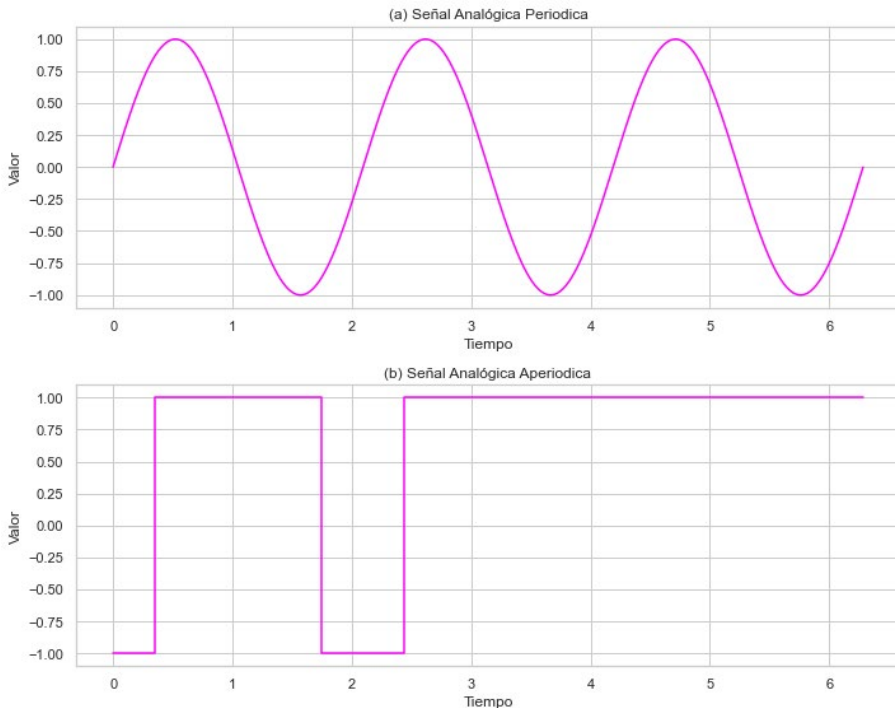


Figura 1.2. Representación en el dominio del tiempo de señales periódica y aperiódica.

Si observamos la Figura 1.2. (a) podemos ver claramente que tiene un patrón definido que se repite a lo largo del tiempo. Se trata sin duda de una señal periódica. Por otro lado, si observamos la Figura 1.2. (b), no somos capaces de distinguir, a priori, un patrón claro definido que se repita a lo largo del tiempo. Quizás, sí algún trozo, pero no el patrón entero. Pero **¿qué pasaría si observáramos la señal aperiódica durante un tiempo muy prolongado?**

Es aquí donde viene una idea interesante: teóricamente, si observamos una señal aperiódica durante un período de tiempo lo suficientemente largo, podríamos detectar ciertos patrones o ciclos que emergen. En otras palabras, con una observación infinita, algunas señales aperiódicas podrían revelar características

periódicas. Este concepto es importante cuando hablamos de audio. Por ejemplo, imaginad una pieza musical que parece no tener una estructura repetitiva clara al principio, pero a medida que la escuchas, comienzas a identificar ciertos patrones o ritmos que se repiten a lo largo de la pieza.

Este concepto no deja de ser una simplificación y no necesariamente aplica a todas las señales aperiódicas. Algunos sonidos, especialmente aquellos que son aleatorios o caóticos, pueden no tener patrones repetitivos, sin importar cuánto tiempo los observemos. Entonces, ¿por qué mencionar esto? Porque **en el mundo del audio, tener una comprensión flexible de la periodicidad nos ayuda a entender y analizar mejor la estructura y las características de las grabaciones de sonido**. En muchos casos, al centrarnos en la periodicidad, podemos simplificar y hacer más efectivo el análisis, edición y procesamiento del audio. Y por este motivo, **aunque simplificado**, a partir de este punto tomaremos todas nuestras señales como señales periódicas.

## 1.5. PERIODO Y FRECUENCIA DE SEÑALES PERIÓDICAS

Una vez que hemos entendido y simplificado la idea de que, para fines prácticos, podemos tratar muchas señales como periódicas, es crucial entender dos parámetros esenciales que las definen: **el periodo y la frecuencia**.

- **Periodo(T):**

El “núcleo” de una señal periódica es su patrón definido que se repite una y otra vez. Por lo tanto, **el tiempo que se tarda en completar un solo ciclo de este patrón es lo que llamamos el periodo** (y se denomina por la letra T). En otras palabras, el periodo nos dice **cada cuánto se repite el patrón, dentro de la señal**. Es el lapso entre el inicio de un ciclo y el inicio del siguiente, **y por lo tanto se mide en segundos (s)**. Imaginad las olas del mar llegando a la orilla: el tiempo entre cada ola sucesiva sería el periodo, y por lo tanto sus unidades son los segundos.

- **Frecuencia (F):**

Mientras que el periodo se refiere al tiempo que se tarda en completar un ciclo, **la frecuencia** (denominado por la letra F), **nos indica cuántos de esos ciclos ocurren en un solo segundo**. Es una forma de medir **qué tan rápido vibra una onda**. Si tomáramos una cuerda de guitarra y la pulsáramos, vibraría a una cierta frecuencia. Esa vibración es lo que escuchamos como una nota musical. La unidad de medida para la frecuencia es el Hertzio (Hz), que esencialmente significa “ciclos o repeticiones por segundo”.

Es interesante ver cómo el periodo y la frecuencia están inversamente relacionados. **Si una señal tiene un periodo largo, su frecuencia será baja**, y viceversa. Esta relación se puede representar con una fórmula sencilla:

$$T = \frac{1}{F}$$

Esto significa que, si conocemos el periodo de una señal, podemos calcular fácilmente su frecuencia y viceversa. Por ejemplo, si una señal tiene un periodo de 0,5 segundos (es decir, se repite cada medio segundo), su frecuencia es de 2 Hz, o 2 repeticiones por segundo. Por otro lado, si una señal vibra a 440 Hz (como la nota “La” en música), su periodo sería aproximadamente de 0,00227 segundos.

Al explorar el mundo del audio, entender estos conceptos de Periodo y Frecuencia es fundamental. Nos ayudan a caracterizar y trabajar con sonidos de diferentes tipos, desde las bajas frecuencias de un tambor hasta las altas frecuencias de un silbato.

## 1.6. REPRESENTACIÓN DE SEÑALES EN TIEMPO Y FRECUENCIA

Una vez que hemos explorado los conceptos fundamentales de periodo y frecuencia, es esencial entender que hay diferentes maneras de visualizar y representar las señales de audio, principalmente en los **dominios temporal y dominio frecuencial**.

- **Dominio Temporal – Representación en Forma de Onda:**

Cuando observamos una señal en el dominio temporal, estamos viendo **cómo varía la amplitud de la señal con el tiempo**. Esta representación se conoce comúnmente como representación en “**forma de onda**”. En una forma de onda, **el eje horizontal representa el tiempo**, mientras que el eje vertical muestra la amplitud de la señal en cada punto del tiempo. La forma de onda nos da una visión directa e intuitiva de cómo se comporta una señal, permitiéndonos identificar eventos sonoros, como picos de amplitud, que suelen coincidir con sonidos fuertes o abruptos, pausas o silencios, o saber cómo empieza o termina un fragmento musical.

- **Dominio Frecuencial - Espectrograma:**

Para observar cómo se distribuye **la energía de una señal en diferentes frecuencias**, recurrimos al dominio frecuencial. Aquí, en lugar de observar la ampli-

tud en función del tiempo, observamos la **amplitud en función de la frecuencia**. Este análisis es esencial para entender la composición de una señal en términos de sus componentes de frecuencia, lo que es crucial en el análisis y procesamiento de audio. Es decir, el **espectrograma**, o representación espectral, es una herramienta visual que representa **la magnitud (amplitud) de la señal en diferentes frecuencias** en un instante de tiempo dado. Podemos ver cómo las frecuencias presentes en un intervalo de tiempo de señal cambian y evolucionan, lo que es valioso para analizar sonidos complejos y música.

Para pasar del dominio temporal al dominio frecuencial, utilizamos una técnica matemática llamada **Transformada Rápida de Fourier** (FFT, por sus siglas en inglés). La FFT toma una señal en el dominio del tiempo y la descompone en sus componentes frecuenciales, permitiéndonos ver qué frecuencias están presentes en la señal y con qué intensidad. Este proceso es fundamental para muchos aspectos del análisis y procesamiento de señales de audio. Aunque no vamos a trabajar esta transformación por no ser el objeto del Grado en Comunicación Audiovisual, sí que debéis saber, al menos, el nombre de la técnica que permite esta transformación de tiempo a frecuencia, y viceversa.

La Figura 1.3. representa la señal en el dominio del tiempo (a) y en el dominio de la frecuencia (b) usando la FFT. Así, mientras que el gráfico superior muestra la señal sinusoidal en el dominio del tiempo, representando la forma de onda original, el gráfico inferior muestra el espectro de frecuencia de la señal, correspondiente a la frecuencia de la onda sinusoidal original. En este caso, si el periodo ( $T$ ) = 2s, su frecuencia es de  $F=0.5\text{Hz}$ , y es ahí, donde se muestra acumulada toda la energía de la señal en el espectrograma en forma de “Delta”.

## **1.7. LA IMPORTANCIA DEL ESPECTROGRAMA Y LA PERCEPCIÓN AUDITIVA**

Como hemos mencionado en el apartado anterior, el espectrograma es una herramienta vital para visualizar cómo varían las amplitudes de diferentes frecuencias a lo largo del tiempo. Pero ¿por qué es tan relevante para nosotros, especialmente en el ámbito del audio? La respuesta radica en cómo funciona nuestro sistema auditivo. **Nuestro oído, por naturaleza, no trata todas las frecuencias por igual.** Algunas frecuencias son más perceptibles para el oído humano que otras, y este fenómeno tiene implicaciones significativas en la producción y percepción del sonido.

A continuación, se exponen diferentes experimentos, que han sido llevados de forma práctica en el aula y que el alumnado debería ser capaz de reproducir en casa, con herramientas informáticas de edición de audio como **Audacity**.

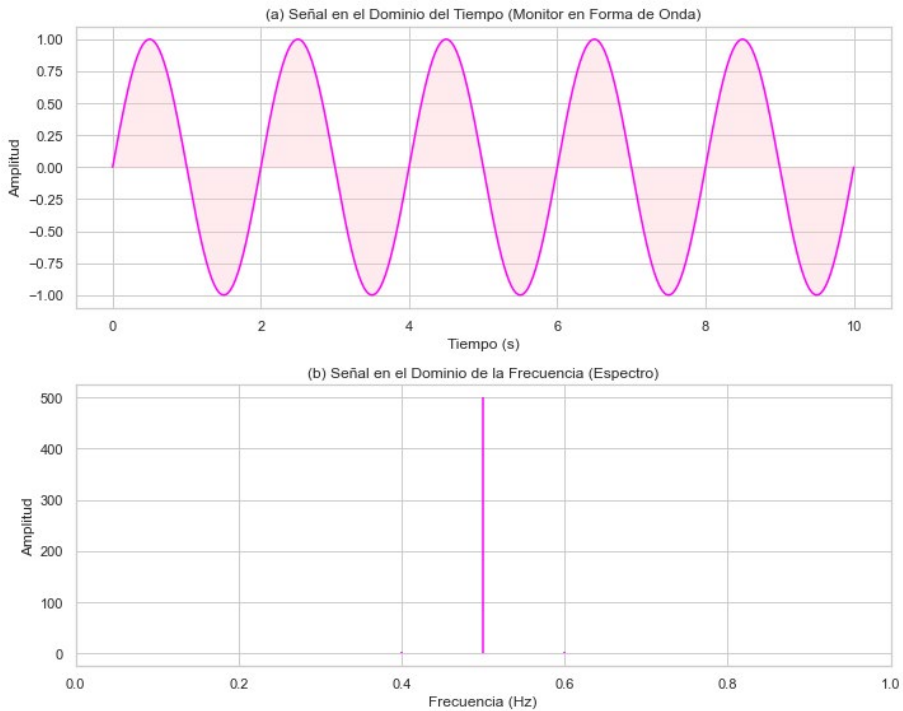


Figura 1.3. Representación en el dominio del tiempo y de la frecuencia de una señal sinusoidal pura de 0.5 Hz.

## Experimentos

- **Experimento 1: Diferencias en la percepción de tonos a distintas frecuencias.**

Comenzamos generando tres tonos diferentes: 100 Hz, 500 Hz y 1 kHz. Al escucharlos, ¿notan que suenan igual? Es probable que detecten diferencias en la percepción de estos tonos, siendo cada uno más agudo que el anterior. A medida que la frecuencia aumenta, el tono se percibe como más agudo. Si observamos estos tonos en un espectrograma, podemos identificar una Delta continua en cada frecuencia específica.

- **Experimento 2: Percepción de frecuencias extremadamente bajas.**

Ahora, generemos un tono de 10 Hz. ¿Qué sucede? Es probable que no escuchan nada. Esto no significa que el tono no esté presente. Simplemente, está

fuera del rango de frecuencias que la mayoría de los altavoces comunes pueden reproducir y, más importante aún, fuera del rango que nuestro oído puede percibir de manera eficiente. Necesitaríamos un altavoz de grandes dimensiones, también denominado “subwoofer”, para reproducir adecuadamente estas bajas frecuencias. A pesar de esto, sólo podríamos sentir el sonido a través de vibraciones en nuestro cuerpo, más que escucharlo con nuestro oído, debido a su larga longitud de onda.

- **Experimento 3: Análisis espectral de voces masculinas y femeninas.**

En el último experimento, comparamos espectralmente las voces de un hombre y una mujer. Al visualizar sus registros vocales en un espectrograma, observaremos que la voz masculina tiende a tener un mayor énfasis en frecuencias bajas, mientras que la voz femenina se centra en frecuencias medias y altas. Esto se debe a las diferencias fisiológicas en la longitud y tensión de las cuerdas vocales entre hombres y mujeres. Las voces masculinas, con cuerdas vocales más largas y menos tensas, producen tonos más graves, mientras que las voces femeninas generan frecuencias más altas debido a cuerdas vocales más cortas y tensas. Esta diferencia en la frecuencia fundamental y los armónicos asociados es clave para distinguir géneros vocales en un análisis espectral.

Estos experimentos nos demuestran que, al trabajar con audio, no solo debemos preocuparnos por cómo suena algo en la realidad, sino también por cómo será percibido por el oído humano y cómo será reproducido por los dispositivos de audio.

## 1.8. EL RANGO AUDIBLE Y LAS SEÑALES COMPUESTAS

En el apartado anterior hemos establecido previamente cómo las distintas frecuencias pueden ser percibidas de manera diferente por el oído humano. Pero **¿qué rangos de frecuencia son realmente audibles para nosotros?** Y más allá de eso, ¿cómo se compone el sonido que escuchamos día a día? A continuación, se dan respuestas a estas dos incógnitas.

**El Rango Audible consiste en el rango de frecuencias que el oído humano puede percibir**, y teóricamente varían desde aproximadamente 20 Hz hasta 20 kHz. Este rango se divide comúnmente en:

- **Bajas frecuencias (20 Hz - ~400 Hz):** Estas son las frecuencias más graves que escuchamos a través de nuestro oído. En esta banda emiten sonido ciertos instrumentos como el **bajo**, que puede producir tonos tan bajos como 41 Hz, especialmente en sus notas más graves o, por ejemplo, el **órgano de tubo**, que pueden llegar a producir notas desde los 20 Hz. Por

debajo de los 20 Hz se encuentran los infrasonidos que, aunque no son audibles, pueden ser sentidas a modo de vibración corporal.

- **Frecuencias medias (~400 Hz - ~3 kHz):** En este rango encontramos la presencia predominante de la **voz humana**, donde la mayor parte de la información del habla se concentra entre 500 Hz y 2 kHz. Este rango incluye también instrumentos como la **guitarra acústica**, que aunque puede abarcar desde los 80 Hz, tiene una presencia clave en torno a 200 Hz y 1 kHz. Otros instrumentos como el **saxofón alto** se encuentran entre 400 Hz y 1.5 kHz, proporcionando riqueza armónica en el rango medio. Además, el **piano** cubre un amplio espectro desde los graves hasta frecuencias altas, aunque gran parte de su rango tonal reside en las frecuencias medias, especialmente entre 200 Hz y 3 kHz. Este rango de frecuencias es esencial en la música y el habla, ya que es donde se concentran muchos matices perceptibles para el oído humano.
- **Altas frecuencias (~3 kHz - 20 kHz):** Estas son las frecuencias agudas. Estas frecuencias aportan brillo y claridad al sonido. En este rango, el **violín** destaca por sus armónicos, que pueden llegar hasta los 4 kHz o más. La **flauta** opera en un rango entre 261 Hz y 3.5 kHz, pero sus notas altas pueden alcanzar hasta 5 kHz, ofreciendo sonidos claros y penetrantes. Los **platillos** generan frecuencias altas, con armónicos que se extienden desde los 5 kHz hasta los 10 kHz, proporcionando chispa y efecto en las composiciones. El **piccolo**, con uno de los rangos más altos en la orquesta, alcanza hasta alrededor de 5 kHz, con armónicos que llegan más allá de los 10 kHz. Por encima de 20 kHz, entramos en el territorio de los ultrasonidos, que son inaudibles para la mayoría de las personas, pero que son críticas para la supervivencia de ciertos animales como el murciélago.

Es muy poco frecuente que en la naturaleza encontremos los sonidos en forma de “tonos puros”, o sonidos de una única frecuencia. La mayoría de los sonidos que escuchamos, como la música de un instrumento o la voz humana, son complejos y están compuestos por **múltiples frecuencias** distribuidas a lo largo del espectro audible. A este tipo de señales, se les denomina **Señales Compuestas**.

En la figura 1.4, podemos ver cómo dos tonos puros, uno de 5 Hz (a) y otro de 10 Hz (b), son ondas sinusoidales simples y uniformes. Sin embargo, cuando ambos tonos se combinan, obtenemos una señal compuesta (c) con una forma de

onda mucho más rica y compleja. Esta combinación de frecuencias es lo que aporta carácter y profundidad a los sonidos que percibimos en nuestro entorno, permitiéndonos distinguir entre distintas fuentes sonoras y tonalidades. Por ejemplo, cuando escuchamos una guitarra, no estamos oyendo una única frecuencia, sino que estamos oyendo la frecuencia fundamental (la nota que identificas), pero también una serie de armónicos o sobretonos que dan a ese instrumento su timbre y carácter distintivo.

Una forma de evaluar esta complejidad concreta del instrumento es a través de lo que se conoce como **Ancho de Banda (AB)**. El AB se refiere al **rango de frecuencias en el que un instrumento (o cualquier fuente sonora) emite sonido**. Se define como la diferencia entre la frecuencia máxima ( $F_{max}$ ) y la frecuencia mínima ( $F_{min}$ ) en la que se presenta sonido significativo, y viene determinado por la expresión siguiente.

$$AB = F_{max} - F_{min}$$

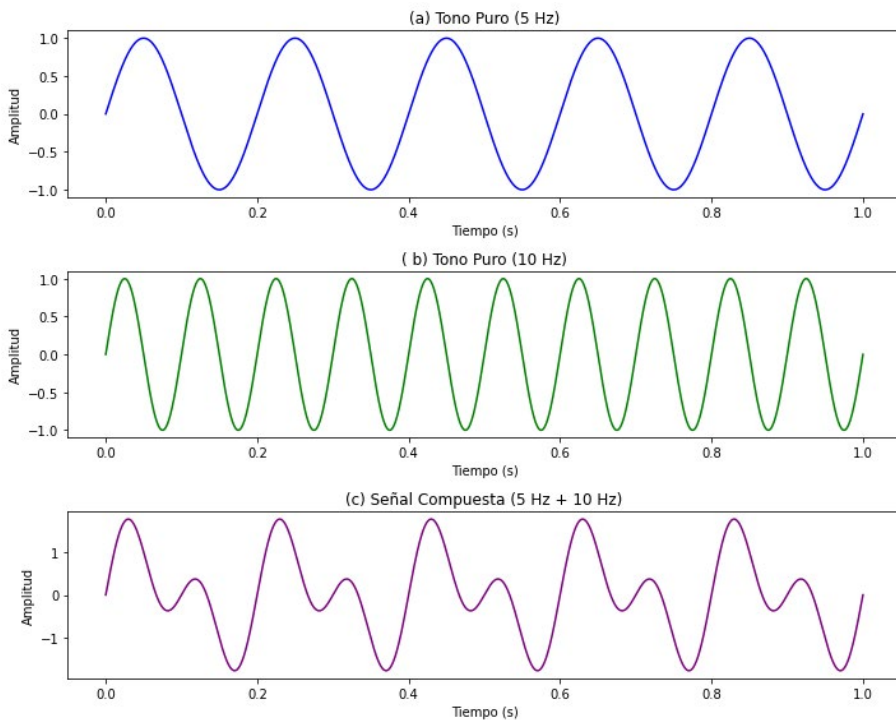


Figura 1.4. Representación de (a) un tono puro de 5Hz, (b) un tono puro de 10 Hz, y (c) una señal compuesta con componentes frecuenciales a 5Hz y 10Hz.

Por ejemplo, en la señal compuesta de la Figura 1.4, el Ancho de Banda resultante sería de 5Hz, pues está compuesto de una frecuencia máxima de 10Hz, y una mínima de 5Hz. En la práctica, es necesario acudir al espectrograma para poder dilucidar el ancho de banda de una señal, tal y como se muestra en la Figura 1.5, donde se observa una señal compuesta formada por varias frecuencias: 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz y 40 Hz, cada una con una amplitud distinta.

Esta señal es un ejemplo de una **señal compuesta** real, en la que varias frecuencias se suman para crear una onda compleja. Las amplitudes variables reflejan cómo, en la naturaleza, los sonidos no suelen presentar todos sus componentes frecuenciales con la misma intensidad, ya que diferentes factores, como el tipo de fuente o el entorno, afectan la amplitud de cada frecuencia.

Para calcular el **ancho de banda** (AB) de esta señal, identificamos la frecuencia mínima y la máxima con presencia significativa en el espectro. En este caso, la frecuencia mínima es de 5 Hz y la máxima de 40 Hz. El ancho de banda de la señal es entonces la diferencia entre estas dos frecuencias, calculada como:

$$AB = F_{max} - F_{min} = 40Hz - 5Hz = \mathbf{35 Hz}$$

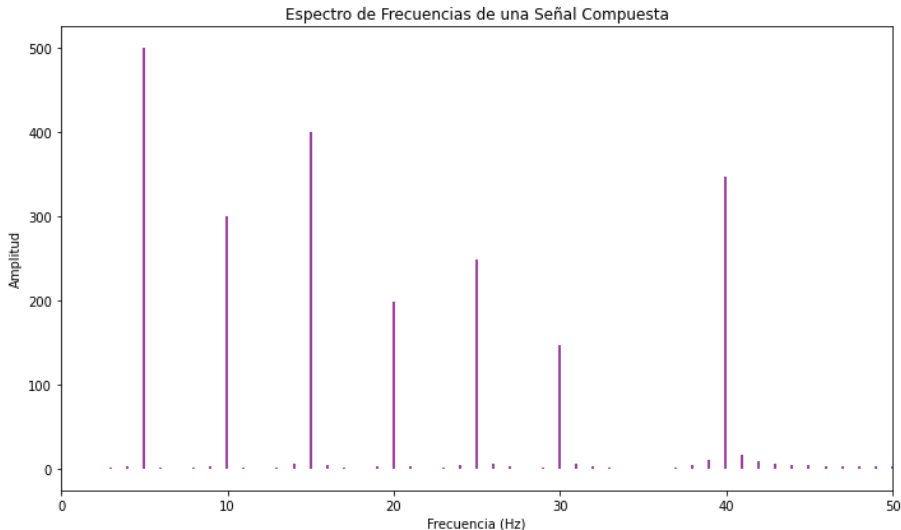


Figura 1.5. Espectro de una señal compuesta.

## 1.9. FILTRADO DEL ESPECTRO

Habiendo comprendido cómo se compone el sonido y cómo visualizar sus componentes frecuenciales, podemos ver la importancia de modificar o ajustar partes específicas de este espectro para alcanzar diferentes objetivos. Por ejemplo, el filtrado puede ser útil para **mejorar la calidad del sonido en una grabación de voz**, eliminando ruidos de fondo no deseados; **destacar las frecuencias graves en un tema musical** para darle mayor impacto a la percusión; o incluso **suavizar sonidos agudos en una mezcla de audio** que pueden resultar molestos al oído. En el procesamiento de señales, el filtrado es una técnica fundamental, especialmente en el dominio de la frecuencia, ya que **permite controlar qué partes del espectro queremos que se mantengan y cuáles deseamos eliminar o atenuar**.

En términos sencillos, un filtro actúa como un “tamiz” que deja pasar ciertas frecuencias mientras bloquea o reduce otras. Existen diferentes tipos de filtros según el rango de frecuencias que seleccionan: los **filtros paso-bajo** permiten que las frecuencias bajas atraviesen mientras eliminan las altas; los **filtros paso-alto** dejan pasar las frecuencias altas y eliminan las bajas; y los **filtros paso-banda** seleccionan un rango específico de frecuencias, bloqueando tanto las más bajas como las más altas. Cada tipo de filtro cumple una función distinta y nos permite manipular el sonido según las necesidades del proyecto.

Por otro lado, La **frecuencia de corte (Fc)** de un filtro es el punto donde éste comienza a reducir significativamente la amplitud de las frecuencias, ya sea bloqueándolas o dejándolas pasar. En un filtro paso-bajo, por ejemplo, las frecuencias por debajo de este punto se mantienen mientras que las superiores se atenúan o eliminan. En un filtro paso-altos, ocurre lo contrario: sólo se dejan pasar las frecuencias superiores a la frecuencia de corte. La frecuencia de corte es fundamental, ya que **determina el rango de frecuencias que será afectado**, dependiendo del tipo de filtro que usemos, permitiendo que adaptemos una señal a las necesidades específicas que deseemos.

Veamos a continuación algunas características de estos filtros:

- **Filtro paso-bajo:** El filtro paso-bajo permite el paso de frecuencias que están por debajo de un punto específico, conocido como frecuencia de corte (Fc). En la Figura 1.6 (a), este filtro tiene una frecuencia de corte de 100 Hz, lo que significa que cualquier frecuencia inferior a 100 Hz pasará sin atenuación significativa, mientras que las frecuencias superiores a este límite se reducirán o bloquearán. Este tipo de filtro es útil cuando queremos reducir el ruido o los sonidos agudos, preservando los tonos graves de la señal.

- Filtro paso-alto:** El filtro paso-alto, como el nombre sugiere, permite el paso de frecuencias altas, bloqueando las bajas. En la Figura 1.6 (b), el filtro tiene una frecuencia de corte de 100 Hz, de modo que todas las frecuencias superiores a este valor se mantienen, mientras que las inferiores son atenuadas. Este filtro es ideal para enfatizar sonidos agudos o eliminar frecuencias graves indeseadas. Por ejemplo, en la restauración de grabaciones antiguas, un filtro paso-alto puede eliminar ruidos de fondo graves sin afectar la claridad de los tonos agudos, mejorando así la calidad general del sonido.

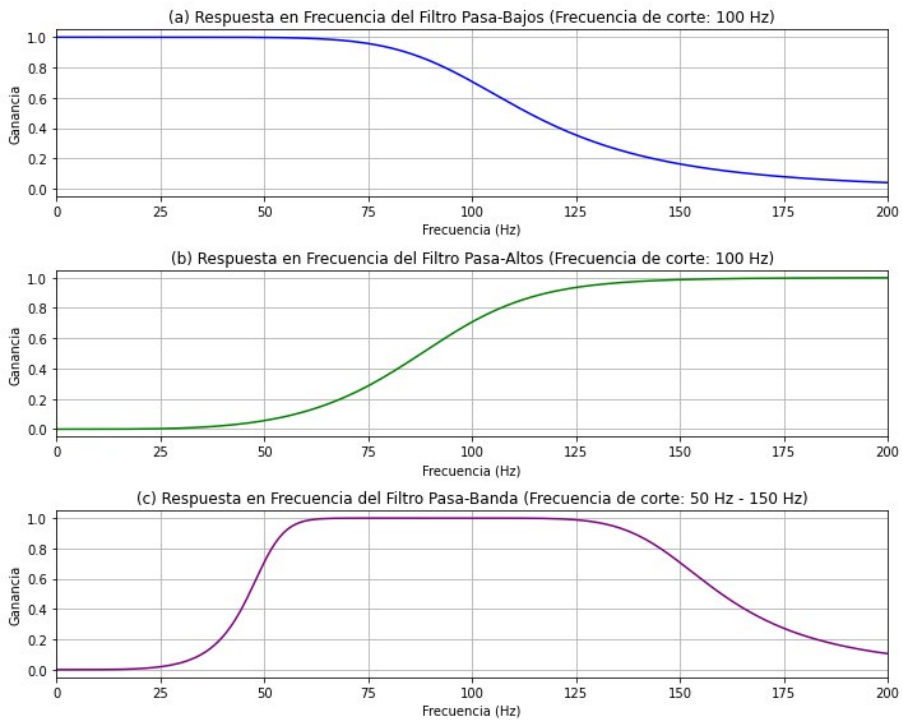


Figura 1.6. Respuesta en frecuencia de un (a) Filtro Paso-Bajo con  $F_c=100\text{Hz}$ , un (b) Filtro Paso-Alto con  $F_c=100\text{Hz}$ , y un (c) Filtro Paso-Banda con  $F_c$  superior e inferior de 150Hz y 50Hz, respectivamente.

- Filtro pasa-banda:** El filtro paso-banda permite que solo un rango específico de frecuencias pase a través de la señal, bloqueando aquellas fuera de este rango. En la Figura 1.6 (c), se observan las frecuencias de corte de 50 Hz y 150 Hz, lo que significa que solo las frecuencias entre 50 y 150 Hz se mantienen. Este filtro es especialmente útil cuando se desea aislar un rango

de frecuencias específico, como al estudiar el timbre de un instrumento o al analizar los elementos específicos de una mezcla de audio. En sistemas de audio, los filtros paso-banda son esenciales para evitar interferencias y centrar la señal en una región frecuencial relevante.

Estos tres filtros son herramientas básicas en el arsenal de un técnico audiovisual, pero existen muchos otros tipos, como filtro de banda rechazada o filtros “Notch”, que se diseñan para aplicaciones más específicas.

Desde un punto de vista más aplicado a lo audiovisual, **¿cómo se llevaría a cabo este proceso de filtrado del espectro?** La respuesta es mediante el uso de un dispositivo llamado **ecualizador**. Un ecualizador es esencialmente un conjunto de filtros que permiten ajustar la intensidad sonora de diferentes bandas de frecuencia de una señal de audio. Cada banda (octava o tercio de octava) representa una gama de frecuencias dentro del espectro audible, y con un ecualizador, se pueden aumentar (amplificar) o disminuir (atenuar) esas frecuencias específicas.

**EJERCICIO 1.1.** Tenemos una señal analógica que oscila entre una  $F_{\min} = 1\text{KHz}$  y  $F_{\max} = 5\text{KHz}$ .

- 1) Calcula el ancho de banda de la señal analógica.
- 2) Si aplicamos un filtrado paso bajo con  $F_c = 3\text{KHz}$ , ¿cuál sería el nuevo ancho de banda?

**SOLUCIÓN:**

- 1) El cálculo del ancho de banda con la información dada es inmediato:  
 **$AB = F_{\max} - F_{\min} = 5\text{KHz} - 1\text{KHz} = 4\text{KHz}$ .**
- 2) Si pasamos un filtro paso bajo con una  $F_c = 3\text{KHz}$ , toda la información que esté por encima de esa frecuencia será eliminada, por lo tanto, esta  $F_c$  marcará la nueva frecuencia máxima, tal que:  
 **$AB = F_c - F_{\min} = 3\text{KHz} - 1\text{KHz} = 2\text{KHz}$ .**

## **1.10. LA AMPLITUD DE LAS SEÑALES Y LA NATURALEZA DEL DECIBELIO**

Cuando escuchamos un sonido, lo percibimos con una cierta **fuerza** o **volumen** que lo caracteriza y lo hace más fuerte o suave. En términos técnicos, esta fuerza se llama **amplitud** de la señal. La amplitud es un indicador del nivel de

energía que contiene el sonido, y en el contexto del audio, suele relacionarse directamente con la intensidad percibida. Hay varias formas de medir y cuantificar la amplitud, cada una útil para distintos tipos de análisis y aplicaciones:

- **Amplitud de Pico:** Este es el valor máximo que alcanza la señal en un momento específico, representando **el punto más alto de la onda**. En términos simples, es el **volumen instantáneo máximo del sonido** en un instante dado, y se usa para medir la intensidad más alta que se presenta.
- **Amplitud de Pico a Pico:** A diferencia de la amplitud de pico, que mide solo un lado de la onda, la amplitud de pico a pico evalúa la **diferencia entre el valor máximo positivo y el valor máximo negativo de la señal**. Esto da una idea de la “altura total” de la onda y se usa para visualizar la variabilidad completa de la señal. Este valor también es una representación del **rango dinámico** de la señal, que mide la diferencia entre los sonidos más fuertes y los más débiles presentes en una grabación o reproducción. Un amplio rango dinámico suele asociarse a señales ricas y naturales, mientras que un rango dinámico limitado puede dar lugar a un sonido “aplastado” o “plano”.
- **RMS (Root Mean Square):** La medida RMS representa la **magnitud promedio** de la señal en términos de potencia o energía. Se calcula como la raíz cuadrada del promedio de los valores al cuadrado de la señal y, a diferencia de los valores de pico, la medida RMS proporciona un cálculo más estable de la **“fuerza” continua de un sonido**. Por eso, es la medida más utilizada para estimar el volumen real percibido de un sonido. En aplicaciones de audio, el valor RMS es crucial, ya que ofrece una representación de la potencia media del sonido, lo cual ayuda a comparar diferentes señales en términos de intensidad percibida.

En la Figura 1.7, la **amplitud de pico** está representada como el valor máximo alcanzado por la señal (en este caso, 3) y se mide desde el nivel de referencia, o cero, hasta el pico positivo de la onda. La **amplitud de pico a pico**, por otro lado, abarca desde el valor máximo positivo hasta el máximo negativo, indicando el rango total de oscilación de la señal, aquí marcado de -3 a 3, lo que nos da un valor de 6. Finalmente, la **amplitud RMS** (Root Mean Square), que aparece en la gráfica como dos líneas horizontales punteadas en valores de aproximadamente  $\pm 2.12$ , se calcula tomando el promedio cuadrático de la señal.

Como ya hemos comentado en clase, la **amplitud** o fuerza de una señal sonora se cuantifica en función de las diferencias de presión en el aire, medidas en unidades de presión, como los **Pascales (Pa)**. Sin embargo, sabemos que el sonido rara vez se mide directamente en Pascales, sino en **decibelios (dB)**. ¿Por qué? Esto se debe a una característica particular de nuestro sistema auditivo: **el oído humano no percibe los cambios de intensidad de forma lineal**. Esto significa que, aunque la intensidad del sonido se duplique o triplique, nosotros no sentimos un aumento de volumen proporcional. En lugar de eso, nuestra percepción de la intensidad del sonido **sigue una escala logarítmica**, lo que hace que un cambio “fuerte” de volumen en términos físicos pueda no ser tan evidente para nosotros.

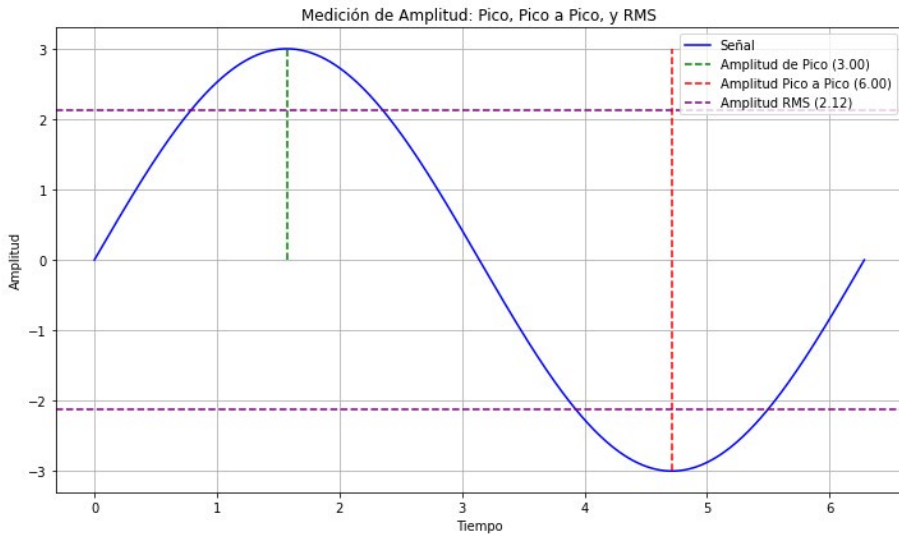


Figura 1.7. Diferentes formas de medir la amplitud en una onda.

Para representar esta variación perceptual de forma precisa, se emplea la escala logarítmica de decibelios. Los decibelios permiten representar una amplia gama de intensidades en una escala que se aproxima mejor a cómo nuestro oído responde a los cambios de volumen. Esta escala tiene la ventaja de comprimir grandes diferencias de presión en valores más manejables y sensibles a nuestra percepción. Por ejemplo, frecuencias entre **2 kHz y 4 kHz** (el rango de mayor sensibilidad auditiva) son percibidas con más fuerza que frecuencias más bajas o más altas, incluso si tienen la misma amplitud física en Pascales.

## Experimentos

### Experimento 4.

Para comprender estos conceptos de **amplitud**, **intensidad sonora** y **decibelios**, hemos realizado dos experimentos en clase, y que deberíais repetir en vuestro tiempo de estudio:

1. **Explorando la Amplitud:** Generamos un tono de frecuencia constante y variamos su volumen. Los estudiantes pueden notar cómo cambia la “fuerza” o “intensidad” del tono mientras su “color” o **frecuencia** se mantiene igual. Esto permite una experiencia directa de cómo la amplitud modifica el volumen percibido del sonido.
2. **Percepción de Frecuencia vs. Intensidad:** Con un volumen constante, generamos tonos a distintas frecuencias. A pesar de que la amplitud (volumen) es constante, los estudiantes notarán que algunas frecuencias parecen sonar más “claras” o “fuertes” que otras. Este fenómeno ilustra la respuesta no lineal del oído humano a las frecuencias: en particular, nuestra sensibilidad aumentada en el rango de 2 kHz a 4 kHz, donde escuchamos los sonidos con mayor intensidad.

En definitiva, estos experimentos nos ayudan a entender cómo nuestra percepción sonora es compleja y depende tanto de la amplitud como de la frecuencia, y por qué los decibelios son una unidad más intuitiva para medir el volumen de los sonidos que experimentamos diariamente.

### 1.11. MONO VS. ESTÉREO: UNA CUESTIÓN DE ESPACIALIDAD EN EL SONIDO

El mundo que nos rodea es tridimensional, y nuestro sistema auditivo está diseñado para interpretar el espacio de esa manera. Podemos no solo oír los sonidos, sino también **percibir de dónde vienen**, lo cual es fundamental para nuestra interacción con el entorno. Esto se debe a nuestra capacidad de **percepción binaural**, es decir, a **cómo nuestros dos oídos trabajan en conjunto para interpretar la localización de los sonidos**. Gracias a esta habilidad, el cerebro puede calcular, de manera casi instantánea, el origen de un sonido basándose en factores como la diferencia de tiempo y la intensidad con la que el sonido llega a cada oído. Este sistema nos permite orientarnos, detectar la proximidad de sonidos y reaccionar al entorno de manera rápida y precisa. Pero ¿cómo se refleja esta tridimensionalidad cuando estamos escuchando una grabación de audio?

- **Grabación Mono:** Una grabación mono, o monofónica, proviene de un único canal de audio. Imaginad que el sonido llega de un solo **punto central**, como si estuviera ubicado justo frente a nosotros. En una grabación mono, todos los elementos sonoros se agrupan en este único canal, y no se perciben diferencias de dirección o profundidad en el sonido. Es por eso que una grabación mono puede dar la impresión de “planitud”, ya que el oído no tiene referencias para percibir la tridimensionalidad. Este tipo de grabación es muy útil en aplicaciones donde la espacialidad no es crítica, como en **entrevistas, programas de noticias o conferencias**, en los que el objetivo es la claridad de la voz sin distracciones y el mensaje del orador.
- **Grabación Estéreo:** A diferencia del mono, la grabación estéreo utiliza dos canales de audio independientes: uno para el lado izquierdo (L) y otro para el lado derecho (R). Este formato simula la forma en que nuestros oídos escuchan el mundo, creando una experiencia auditiva más rica y realista. En una grabación estéreo, el sonido de cada canal llega a uno de los oídos con una leve diferencia de tiempo e intensidad, imitando la forma en que percibimos la dirección de los sonidos. Esto permite una **sensación de espacio y profundidad**. Por ejemplo, si un instrumento se graba más fuerte en el canal derecho que en el izquierdo, nuestro cerebro interpretará que está ubicado hacia el lado derecho. Esta técnica ayuda a situar los elementos sonoros en el campo auditivo, permitiéndonos “visualizar” su posición en el espacio. Si cerramos los ojos al escuchar música estéreo, podemos percibir cómo los instrumentos o las voces parecen provenir de distintas direcciones, sumergiéndonos en una experiencia auditiva envolvente.
- **Configuraciones Multicanal: 5.1, 7.1 y más allá:** Además del estéreo, existen otras configuraciones de audio que se utilizan para crear una experiencia auditiva envolvente. Los sistemas 5.1 y 7.1 son configuraciones multicanal empleadas principalmente en cine, televisión y sistemas de entretenimiento en casa para simular una inmersión sonora más completa. En el caso del 5.1, se utilizan seis canales: dos canales estéreo frontales (L y R), un canal central para los diálogos (C), dos canales traseros para los efectos envolventes (LR y RR), y un canal de subwoofer (SW) que reproduce sonidos de muy baja frecuencia. Esta configuración permite una percepción espacial más realista, creando la sensación de que el espectador está “dentro” de la escena, con efectos y sonidos que lo rodean.

## Experimentos

### Experimento 5.

Para comprender mejor cómo nuestro cerebro utiliza las diferencias entre ambos oídos para localizar la posición de los sonidos, realizamos un experimento sencillo en clase:

1. **Materiales:** Necesitarás unos auriculares o altavoces estéreo.
2. **Proceso:** Reproduzco una grabación en la que un sonido (por ejemplo, el golpe de un tambor) se desplaza de izquierda a derecha en el espacio estéreo.
3. **Ejercicio de Percepción:** Cierra los ojos mientras escuchas y trata de señalar o visualizar mentalmente la posición de la fuente sonora en cada momento.

Al realizar este ejercicio, notarás que puedes localizar la dirección del sonido con bastante precisión, como si pudieras “ver” el punto de origen solo a través de la escucha. Esto ocurre porque nuestro cerebro analiza dos pistas fundamentales para la localización de sonidos: la **diferencia de tiempo** y la **diferencia de intensidad** con la que el sonido llega a cada oído. Cuando el sonido proviene de un lado, llega primero y con mayor intensidad a ese oído, y luego, con un ligero retraso y menor intensidad, al otro oído. Nuestro cerebro detecta estos matices y los interpreta, creando una imagen espacial del entorno sonoro.

Este experimento ayuda a entender por qué las grabaciones en **estéreo** ofrecen una experiencia mucho más realista y envolvente que las grabaciones en **mono**. Mientras que el mono sitúa el sonido en un solo punto, el estéreo permite que el sonido “viaje” de un lado a otro, simulando de manera más fiel cómo percibimos los sonidos en el mundo real y, en última instancia, logrando una experiencia auditiva mucho más rica y natural.

## 1.12. ENTENDIENDO LA SENSIBILIDAD DE UN MICRÓFONO

Para **capturar sonidos y convertirlos en señales eléctricas**, utilizamos uno de los elementos fundamentales en la grabación y reproducción de audio: **el micrófono**. Un micrófono es un dispositivo que actúa como “oído” mecánico, **captando las variaciones de presión en el aire (las ondas sonoras) y transformándolas en impulsos eléctricos** que luego pueden ser amplificados, procesados o almacenados. Seguimos por tanto en **el dominio analógico continuo**, simplemente cambiamos ondas acústicas por ondas eléctricas. Esta conversión es esencial para la transmisión y grabación de audio en una variedad de contextos, desde estudios

de música hasta transmisiones en directo. Ahora bien, no todos los micrófonos funcionan igual, y su capacidad de respuesta ante la intensidad de diferentes sonidos depende en gran medida de un parámetro clave: **su sensibilidad**.

- **Definición de Sensibilidad:** La sensibilidad de un micrófono es una medida de cuán eficientemente convierte las ondas sonoras en señales eléctricas. En términos sencillos, indica **qué tan bien el micrófono “escucha” y transforma un sonido en una señal que podemos grabar o amplificar**. La sensibilidad se expresa normalmente en **mV/Pa** (milivoltios por Pascal), lo que indica cuántos milivoltios genera el micrófono en respuesta a una unidad de presión sonora. Esto significa que **un micrófono con alta sensibilidad es capaz de captar mejor sonidos débiles o lejanos que uno con baja sensibilidad**.
- **Importancia de la Sensibilidad en la Grabación:** La sensibilidad de un micrófono determina su capacidad para captar diferentes niveles de sonido. Un micrófono con **alta sensibilidad** será capaz de captar sonidos más suaves y sutiles con mayor claridad, como el susurro de una voz o el canto de un ave lejana. Por el contrario, un micrófono con **baja sensibilidad** puede ser útil para grabar sonidos muy fuertes, ya que es menos probable que distorsione o **sature** ante intensidades elevadas, como las que se encuentran en conciertos de música en vivo o grabaciones de instrumentos de percusión.
- **Aplicaciones Prácticas de la Sensibilidad:** La elección de la sensibilidad de un micrófono **dependerá del tipo de sonido que se quiera grabar** y del entorno. Por ejemplo, un micrófono con alta sensibilidad es ideal para grabaciones ambientales o para captar detalles sutiles en un estudio, como el sonido de la respiración en una locución. En cambio, para grabar eventos ruidosos, como deportes o música en directo, un micrófono con menor sensibilidad podría ser más adecuado, ya que reduce el riesgo de distorsión y permite captar el sonido con claridad sin saturación.

Conocer el significado de Sensibilidad es crucial para un técnico audiovisual, pues permite la elección correcta de cada micrófono en función del escenario de grabación que tengamos.

### 1.13. TIPOS DE MICRÓFONOS

El **micrófono** es uno de los elementos más esenciales en la cadena de grabación y producción de audio, ya que es el primer paso para convertir los sonidos del entorno en señales eléctricas que pueden ser procesadas y reproducidas. Sin un buen micrófono, es casi imposible lograr una grabación de calidad, y la elección

del micrófono adecuado puede marcar una gran diferencia en el resultado final. Existen diversos tipos de micrófonos, cada uno diseñado para captar el sonido de manera particular y optimizarse para distintos contextos. Aquí veremos tres de los tipos más comunes: el **dinámico**, el **electret** y el **de condensador**, cada uno con sus propias características, fortalezas y aplicaciones ideales.

- **Micrófono Dinámico:** El micrófono dinámico es conocido por su robustez y fiabilidad, lo que lo convierte en una elección habitual en aplicaciones exigentes, como las actuaciones en vivo (ver Figura 1.8). Su construcción le permite soportar condiciones difíciles, como el ruido ambiental o el manejo constante en el escenario, sin perder calidad de sonido. Funciona mediante el principio de **inducción electromagnética**: una bobina de alambre unida a un diafragma se mueve dentro de un campo magnético al recibir ondas sonoras, generando así una señal eléctrica. Al **no requerir una fuente de alimentación externa**, es fácil de usar y transportable. Su **sonido es cálido** y tiene un enfoque más directo, **ideal para voces** y ciertos instrumentos como guitarras y baterías. Sin embargo, su **sensibilidad baja** significa que no captará detalles sutiles en sonidos más delicados o distantes tan eficientemente como otros micrófonos.



Figura 1.8. Micrófono dinámico.

- **Micrófono Electret:** El micrófono electret combina algunas ventajas de los micrófonos dinámicos y de condensador, y se destaca por su versatilidad y tamaño compacto (ver Figura 1.9). Utiliza un material polarizado de forma permanente, que permite una **captación del sonido sensible sin requerir una fuente de alimentación tan potente como los condensadores**. Este tipo de micrófono suele **necesitar una pequeña tensión de polarización**, generalmente proporcionada por una batería interna, lo que le permite ser ligero y portátil. Son ideales para aplicaciones prácticas como micrófonos de solapa (lavalier) en entrevistas o grabadoras portátiles, donde se necesita buena sensibilidad en un formato reducido. Aunque su calidad de sonido no suele ser tan precisa como la de un condensador, el electret ofrece una solución eficiente y de buen rendimiento para situaciones móviles o grabaciones rápidas.



Figura 1.9. Micrófono Lavalier o de Corbata.

- **Micrófono de Condensador:** Los micrófonos de condensador son los favoritos en **estudios de grabación** y en aplicaciones que requieren alta fidelidad (ver Figura 1.10). Funcionan mediante **cambio de capacitancia** entre dos placas, una fija y otra móvil, que reacciona a las ondas sonoras con gran precisión. Este tipo de micrófono requiere una **alimentación Phantom** (generalmente de 48V o 12V) para mantener la polarización de las placas y captar el sonido con detalle, proporcionando una respuesta de frecuencia amplia y sensibilidad elevada. Debido a su precisión, los condensadores son ideales

para grabaciones de voz, instrumentos acústicos, y sonidos ambientales en un estudio o en entornos controlados. Su **alta sensibilidad** permite captar detalles sutiles y matices en el sonido, pero esto también los hace más **vulnerables a ruidos ambientales** y condiciones difíciles, por lo que es recomendable utilizarlos en entornos tranquilos o aislados.

Al elegir un micrófono, es fundamental considerar **el tipo de sonido** que se quiere captar, **el entorno de grabación** y las **características específicas del micrófono**. La combinación de estos factores determinará cuál es el micrófono más adecuado para lograr una grabación de calidad. Un dinámico puede ser excelente para un concierto, mientras que un condensador será la elección ideal para un estudio. **Conocer las fortalezas y limitaciones** de cada tipo ayuda a optimizar el proceso de grabación y a obtener los mejores resultados posibles en cada situación.



Figura 1.10. Micrófono de Condensador.

#### 1.14. DIRECTIVIDAD DE LOS MICRÓFONOS

**La directividad** es un aspecto crucial al elegir un micrófono, ya que determina **cómo responde a las ondas sonoras provenientes de diferentes direcciones**. Podemos pensar en la directividad como la “visión” del micrófono: ¿desde qué ángu-

los puede “escuchar” con mayor claridad? Este concepto es fundamental, ya que, dependiendo del entorno y la fuente de sonido que queramos captar, necesitaremos que el micrófono sea más o menos selectivo. Existen varios patrones de directividad, y cada uno se adapta a situaciones y propósitos específicos. En esta asignatura nos enfocaremos en dos de las directividades más comunes, que se representan en la Figura 1.11, y realizaremos un experimento para entender mejor cómo funcionan.

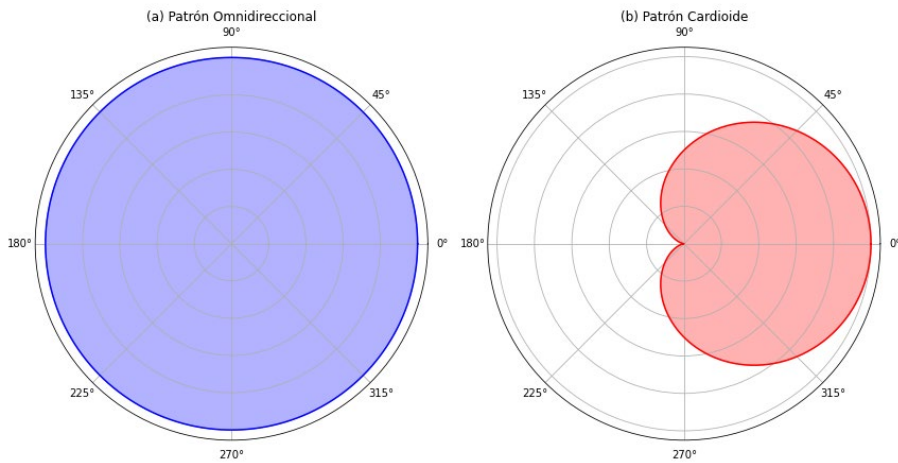


Figura 1.11. Representación de diferentes patrones de directividad: (a) Omnidireccional y (b) Cardioide.

- **Patrón Omnidireccional:** Los micrófonos omnidireccionales **captan el sonido de todas las direcciones con la misma intensidad**. Imagínate una esfera alrededor del micrófono: cualquier sonido que ocurra dentro de esa esfera, sin importar si viene de frente, detrás o de los lados, será registrado con igual claridad. Este tipo de directividad es ideal cuando se busca capturar una atmósfera completa o un entorno de **sonido envolvente**, como en grabaciones de campo, **ambientes naturales** o conciertos donde se quiere registrar el sonido de toda la audiencia y la acústica del espacio. Los micrófonos omnidireccionales son muy útiles en situaciones donde no se quiere perder ningún detalle, pero **su desventaja es que pueden captar ruidos no deseados o interferencias del entorno**. Por ejemplo, en una grabación en exteriores, podría captar no solo el canto de un pájaro, sino también el sonido del viento o el ruido de la calle.

- **Patrón Cardioide:** Recibe su nombre porque su forma de captación se asemeja a un corazón, donde **la mayor sensibilidad está orientada hacia el frente del micrófono**, mientras que **los sonidos provenientes de los lados o la parte trasera son atenuados**. Este patrón es muy útil cuando se quiere centrar la captación en una fuente de sonido particular, como la **voz de un cantante en un concierto** o un instrumento en una grabación de estudio. Al aislar mejor el sonido frontal y reducir el ruido de fondo, el micrófono cardioide permite lograr grabaciones más limpias en entornos ruidosos o en escenarios donde se busca evitar la retroalimentación de los altavoces. Sin embargo, debido a su directividad, puede ser menos eficaz para capturar el sonido ambiente.

### Experimentos

#### **Experimento 6.**

Para ilustrar estos dos patrones de directividad, hemos llevado a cabo en clase un experimento sencillo. Hemos usado dos micrófonos, uno omnidireccional y otro cardioide, y hemos grabado una fuente de sonido que se desplace alrededor del micrófono, moviéndose desde el frente, los lados y finalmente detrás. Con el omnidireccional, hemos comprobado que el sonido es captado con la misma intensidad sin importar de dónde provenga. En cambio, con el cardioide, la grabación ha sido más intensa cuando el sonido provenía directamente de frente, mientras que los sonidos de los lados o la parte trasera se escuchaban más apagados.

Para un técnico audiovisual, conocer la directividad de un micrófono es fundamental para elegir el equipo adecuado para cada tipo de grabación, ya sea que queramos capturar todo el ambiente o enfocarnos en un sonido específico.

### **1.15. DIVERSIDAD DE CONECTORES DE AUDIO: QUÉ LOS DIFERENCIA Y CUÁNDO USARLOS**

En el mundo del audio, los conectores son fundamentales para asegurar una buena transmisión de la señal y mantener la calidad del sonido. Cada tipo de conector tiene características particulares que lo hacen más adecuado para ciertos usos, y entender estas diferencias es esencial para elegir la opción correcta. En clase hemos explorado tres de los conectores de audio analógicos más utilizados: **RCA, Jacky y XLR**, cada uno con su propio diseño y aplicación ideal.

1. **RCA (Radio Corporation of America):** Este conector es uno de los más reconocibles en el ámbito audiovisual, habiéndose utilizado ampliamente en **dispositivos domésticos** como reproductores de DVD, consolas de videojuegos y equipos de sonido (ver Figura 1.12). Los conectores RCA están codificados por colores para identificar la función de cada cable: **rojo para el canal derecho de audio, blanco o negro para el canal izquierdo, y amarillo para video** (cuando se usa en conexiones de video compuesto).
  - o **Diseño:** El conector RCA macho tiene un polo central que transmite la señal (+), rodeado por un anillo metálico (-) que proporciona el retorno. Esta estructura simple permite una conexión rápida y fiable, aunque el RCA no suele incluir blindaje robusto frente a interferencias, lo que limita su uso en entornos profesionales.
  - o **Uso:** Aunque el RCA ha sido un estándar de conexión en audio analógico doméstico, hoy en día está siendo reemplazado por conexiones digitales que proporcionan mejor calidad. Aun así, sigue siendo común en sistemas de entretenimiento y equipos de audio antiguos donde se busca una calidad básica y una fácil conexión entre dispositivos.

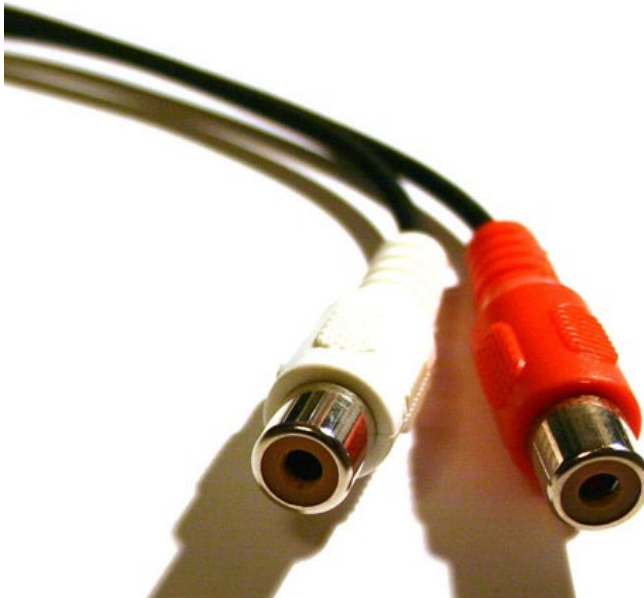


Figura 1.12. Conectores de Audio RCA.

2. **Jack:** Probablemente el Jack el conector de audio más familiar. Se encuentra en aplicaciones desde auriculares y micrófonos hasta instrumentos musicales. Se fabrica en diferentes tamaños, siendo los más comunes 3.5 mm (minijack) y 6.35 mm (ver Figura 1.13). El minijack de 3.5 mm se usa principalmente en dispositivos móviles y ordenadores, mientras que el de **6.35 mm es más habitual en equipos profesionales y de audio en vivo.**
- o **Diseño:** Los conectores Jack pueden ser de tipo TS (tip-sleeve) o TRS (tip-ring-sleeve). En el TRS, el tip (punta) corresponde al canal izquierdo de audio, el ring (anillo) al canal derecho, y el sleeve (manga) actúa como masa o tierra. Esta disposición permite tanto conexiones mono como estéreo en un solo conector.
  - o **Uso:** El Jack es la opción predilecta para auriculares, altavoces portátiles y ciertos micrófonos. **Los jacks de 6.35 mm también son comunes en equipos de estudio y para instrumentos musicales,** como guitarras eléctricas, donde su durabilidad y compatibilidad con entradas de alta impedancia son cruciales.



Figura 1.13. Conectores de Audio Jack (6.35mm).

3. **XLR (Conocido como “Canon”)**: El XLR es el conector estándar en el audio profesional, utilizado tanto en estudios de grabación como en escenarios de conciertos debido a su alta calidad y resistencia (ver Figura 1.14). Con su diseño robusto y su **capacidad para transmitir señales balanceadas**, el XLR minimiza las interferencias, haciendo que el audio sea más limpio y estable, incluso en largas distancias de cableado.
- o **Diseño**: El conector XLR utiliza varios pines (normalmente tres en las conexiones de audio), que incluyen una **señal positiva, una negativa y un pin de tierra (si está balanceado)**. Este sistema balanceado permite reducir el ruido, ya que las interferencias que afectan a la señal se cancelan al final del recorrido. En el apartado siguiente hablaremos del balanceo de señales de audio. Además, el diseño de bloqueo de los XLR garantiza una conexión segura y evita desconexiones accidentales.
  - o **Uso**: El XLR es el conector elegido para micrófonos de alta calidad, mesas de mezclas, y amplificadores en contextos profesionales. Su capacidad para transmitir una señal balanceada es ideal para escenarios de grabación y sonido en vivo, donde las interferencias son comunes y se requiere una transmisión de audio sin pérdida de calidad.



Figura 1.14. Conectores de Audio XLR o “Canon”.

**Importancia de la Elección de Conector en Audio Analógico:** La elección del conector adecuado puede marcar la diferencia entre una grabación o reproducción de audio de alta calidad y una experiencia menos satisfactoria. Los RCA son convenientes para conexiones simples y asequibles en **sistemas domésticos**, mientras que los Jack permiten versatilidad en dispositivos personales y equipos de **audio profesional**. Por su parte, los **XLR son indispensables en el ámbito profesional** por su resistencia y fiabilidad.

### 1.16. LA SEÑAL BALANCEADA COMO HERRAMIENTA PARA EVITAR RUIDO EN LAS TRANSMISIONES

En cualquier transmisión de señales, ya sea de audio, video o datos, el **ruido** o interferencia es un problema constante que puede degradar la calidad del contenido, como ya hemos visto a lo largo del tema. En el caso del audio, el ruido indeseado puede provenir de muchas fuentes, como la **interferencia de otros equipos electrónicos, cables mal protegidos** o incluso la **electricidad estática** del entorno. Este ruido, aunque muchas veces es sutil, puede afectar negativamente la calidad del sonido y, en situaciones críticas, llegar a ser tan molesto que hace imposible una escucha clara. ¿Cómo logramos entonces que la señal de audio llegue limpia y sin interrupciones al otro extremo?

La Figura 1.15 ilustra el proceso de balanceo de señales, donde se ilustra una señal original y su recuperación a través del balanceo. La verdadera magia ocurre al final del trayecto: al llegar a su destino, la señal negativa se **invier- te de nuevo a su estado original**, sincronizándose con la señal positiva. Esta operación permite restaurar la señal de audio en su forma original, al mismo tiempo que **cancela cualquier ruido** introducido durante el viaje. Esto sucede porque, al revertir la señal negativa y sumarla a la positiva, el ruido que afectó ambas señales (en la misma dirección) se anula automáticamente, quedando únicamente la señal de audio original y sin interferencias.

El uso de **cables y conectores balanceados**, como el **XLR**, es fundamental para esta técnica. Estos cables están diseñados específicamente para transportar tanto la señal positiva como la negativa de forma segura y estable, minimizando cualquier posibilidad de interferencia adicional. Los cables balanceados son imprescindibles en entornos profesionales, como estudios de grabación y conciertos en directo, donde la claridad y calidad del sonido son prioritarias y no pueden ser comprometidas por ruido ambiental.

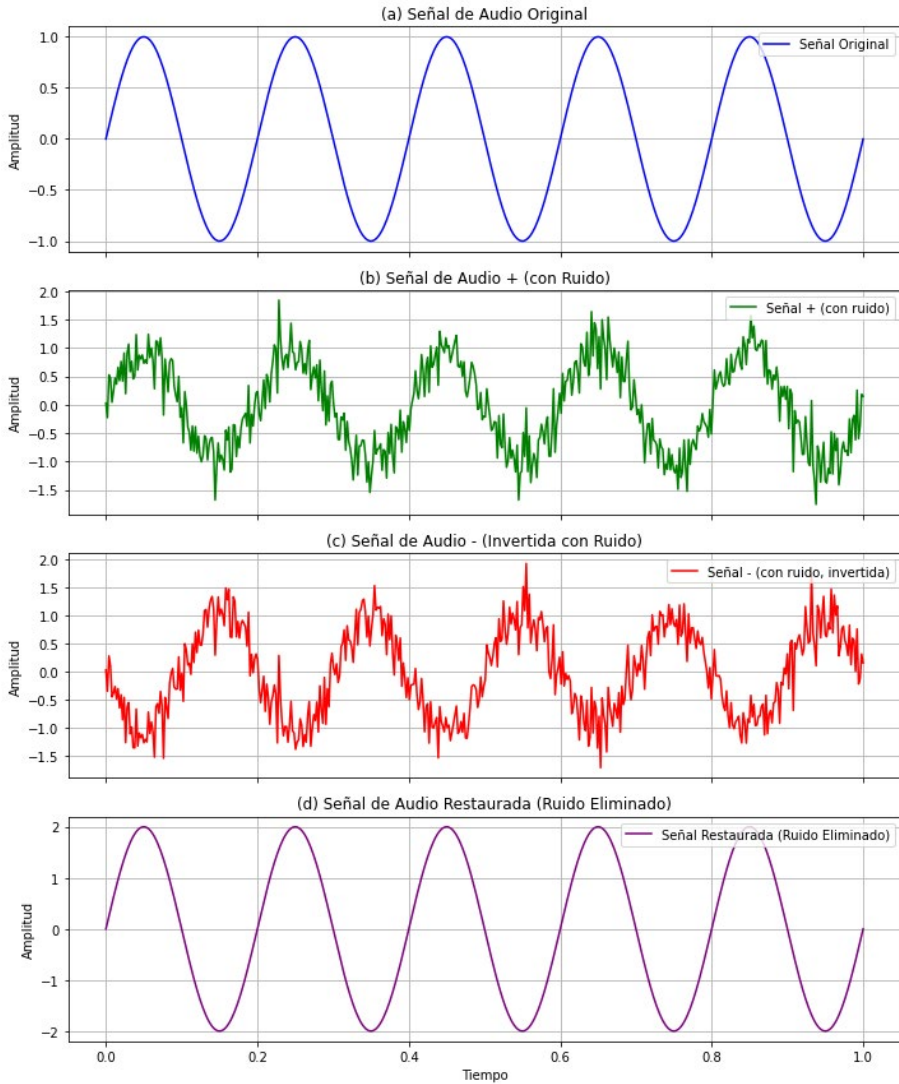


Figura 1.15. Cancelación de Ruido en Transmisión de Señal Balanceada. (a) Señal Original: Representa el audio limpio que deseamos transmitir. (b) Señal + (con ruido): Es la señal positiva afectada por ruido durante el trayecto. (c) Señal - (invertida con ruido): Es la señal negativa (invertida) que también recoge el ruido. (d) Señal Restaurada (Ruido Eliminado): Al invertir la señal negativa y sumarla a la positiva, el ruido se cancela, quedando solo la señal original sin interferencias.

**AUTOTEST**

1. **¿Cuál es la principal función de la técnica en la comunicación audiovisual?**
  - A) Mejorar la estética visual
  - B) Asegurar la transmisión clara y precisa de la información
  - C) Facilitar la edición rápida de contenido
  - D) Añadir efectos especiales
  
2. **¿Qué es una señal en el contexto del audio?**
  - A) Una variación en frecuencia
  - B) Una representación de información a través de cambios en amplitud o frecuencia
  - C) Una representación de un sonido en imagen
  - D) Un tipo de micrófono
  
3. **¿Cuál de las siguientes opciones mide la amplitud de una señal en términos de potencia promedio?**
  - A) Pico a Pico
  - B) RMS (Root Mean Square)
  - C) Pico
  - D) Respuesta de frecuencia
  
4. **El ancho de banda en una señal de audio se refiere a:**
  - A) La duración de la señal
  - B) El rango de frecuencias presentes en la señal
  - C) La cantidad de altavoces necesarios para reproducirla
  - D) El volumen máximo de la señal
  
5. **¿Cómo se relacionan el periodo y la frecuencia de una señal?**
  - A) Son valores siempre idénticos
  - B) El periodo es el inverso de la frecuencia
  - C) La frecuencia y el periodo son independientes
  - D) La frecuencia es el doble del periodo

6. **¿Qué representa el espectrograma en una señal de audio?**
- A) La amplitud total de la señal
  - B) La variación de la frecuencia en el tiempo
  - C) El volumen de la señal
  - D) La cantidad de micrófonos necesarios para grabar
7. **¿Cuál de las siguientes opciones describe una señal pura?**
- A) Una señal con múltiples frecuencias
  - B) Una señal con una única frecuencia constante
  - C) Una señal con ruido integrado
  - D) Una señal modificada por filtros
8. **¿Qué función cumplen los filtros en una señal de audio?**
- A) Aumentar la frecuencia de la señal
  - B) Modificar o aislar ciertas frecuencias
  - C) Generar nuevas frecuencias en la señal
  - D) Hacer la señal omnidireccional
9. **Un filtro paso-alto permite:**
- A) Pasar las frecuencias bajas y atenuar las altas
  - B) Dejar pasar todas las frecuencias sin cambios
  - C) Dejar pasar las frecuencias medias
  - D) Reducir el ancho de banda de la señal
10. **La sensibilidad de un micrófono determina:**
- A) Cuán eficientemente convierte las ondas sonoras en señales eléctricas
  - B) La cantidad de filtros que requiere
  - C) La duración de la batería del micrófono
  - D) La temperatura máxima de operación
11. **¿Cuál de los siguientes tipos de micrófono es ideal para ambientes de grabación con muchos detalles sutiles?**
- A) Dinámico
  - B) Electret
  - C) De condensador
  - D) De cinta

12. **¿Qué es la directividad en un micrófono?**
- A) La potencia de salida del micrófono
  - B) La forma en que el micrófono responde a sonidos de diferentes direcciones
  - C) La cantidad de cables necesarios para la conexión
  - D) La longitud del cable del micrófono
13. **Un micrófono con patrón cardioide:**
- A) Captura sonido en todas las direcciones por igual
  - B) Captura mejor el sonido que llega de frente
  - C) Solo captura sonido desde el lado derecho
  - D) Requiere de una batería para funcionar
14. **¿Cuál de los siguientes conectores es comúnmente usado en equipos profesionales para audio balanceado?**
- A) RCA
  - B) USB
  - C) Jack
  - D) XLR
15. **¿Qué hace la señal balanceada para eliminar el ruido en una transmisión de audio?**
- A) Amplifica el ruido para facilitar su filtrado
  - B) Usa una señal invertida para cancelar el ruido al final del recorrido
  - C) Usa un cable especial que impide que entre el ruido
  - D) Reduce la frecuencia para que el ruido sea inaudible

## CAPÍTULO 2. DE LO ANALÓGICO A LO DIGITAL: EL AUDIO

En este segundo capítulo, introduciremos al alumnado en el proceso de **digitalización de señales**, partiendo de su representación en el dominio analógico hacia el **dominio digital**. Resulta especialmente útil enfocar esta digitalización a través del sonido, ya que, a diferencia de las imágenes y el video, que requieren un análisis en múltiples dimensiones, el audio es una señal temporal que facilita la comprensión de los conceptos básicos de digitalización sin la complejidad añadida de otras variables.

Para entender cómo llegamos a los sistemas digitales de hoy en día, revisaremos la evolución de las **señales analógicas** desde sus primeros dispositivos, basados en tubos de vacío, hasta los **transistores** que permitieron el desarrollo de los **microprocesadores y microcontroladores** actuales, elementos clave en los equipos audiovisuales modernos. Este recorrido nos brindará una perspectiva histórica, y permitirá al alumnado comprender las ventajas y limitaciones de ambos enfoques, analógico y digital. Además, este análisis servirá como base para comprender por qué, en la actualidad, el mundo audiovisual se ha volcado hacia los dispositivos digitales, que ofrecen mayor eficiencia, capacidad de almacenamiento y versatilidad en la manipulación de señales.

Después, profundizaremos en el **proceso de digitalización de una señal** y desglosaremos sus tres etapas principales: el **muestreo**, la **cuantificación** y la **codificación** a través del **convertor analógico-digital (ADC)**. Explicaremos cómo el proceso de muestreo determina la frecuencia con la que se capturan las muestras de una señal analógica continua, y cómo la cuantificación asigna valores discretos a esas muestras. Luego, se estudiará cómo la codificación convierte estos valores en datos digitales que pueden ser procesados, almacenados o transmitidos. En esta sección, también introduciremos conceptos fundamentales como el **bit** y la **información** digital, y compararemos los sistemas numéricos **decimal**, utilizado comúnmente por los humanos, y **binario** y **hexadecimal**, esenciales en la operación de dispositivos electrónicos y sistemas audiovisuales.

Por último, exploraremos la **arquitectura de la tarjeta de sonido**, analizando sus componentes básicos y su función como interfaz entre los mundos analógico y digital. Este análisis incluirá conceptos esenciales como el **codificador-decodificador** (CODEC) y la **tasa de bits** (bitrate), que determinan la calidad y eficiencia de la transmisión y el almacenamiento de la información digitalizada. Así, a lo largo de este capítulo, el alumnado adquirirá una comprensión integral de los principios de la digitalización y su importancia en el contexto audiovisual, preparando la base para el estudio de tecnologías digitales avanzadas en la grabación y procesamiento de audio.

## 2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS DISPOSITIVOS DIGITALES

El siglo XX fue una auténtica revolución tecnológica en la que avances en electrónica e informática impulsaron un cambio drástico en cómo transmitimos, procesamos y almacenamos información. La existencia de las tecnologías modernas, tal y como las conocemos hoy, no sería posible sin estos desarrollos en el hardware (arquitectura física de los dispositivos) y en el software (aplicaciones que controlan y programan dichos dispositivos). Este capítulo explorará algunos de los hitos más importantes en la evolución de los sistemas digitales, desde sus raíces en la electrónica analógica hasta la digitalización avanzada.

### 2.1.1. LA ELECTRÓNICA DE VACÍO EN LAS COMUNICACIONES

La tecnología moderna se sustenta en los avances logrados en la **electrónica de vacío** a finales del siglo XIX y principios del XX. Todo comenzó cuando James Clerk Maxwell formuló sus famosas **Leyes de Maxwell**, que demostraron por primera vez la existencia de **ondas electromagnéticas**. Estas ondas, que hoy son la base de las telecomunicaciones, permitieron que unos años más tarde Heinrich Rudolf **Hertz** lograra generar y detectar ondas electromagnéticas, lo cual abrió las puertas a una nueva era en las comunicaciones.

A principios del siglo XX, Guillermo Marconi se basó en estos descubrimientos para desarrollar la **primera patente de radio**, un logro que le valió el Premio Nobel de Física y dio inicio a la radio como medio de comunicación. Sin embargo, para perfeccionar la transmisión de señales a larga distancia, aún se necesitaban dispositivos más precisos y eficientes para detectar y amplificar las ondas.

En paralelo, el descubrimiento del **electrón** como partícula por Joseph John Thomson a finales del siglo XIX sentó las bases de la electrónica moderna. Thomson ganó el Premio Nobel de Física en 1906, y este descubrimiento inspiró la

creación del primer **diodo de vacío** por John Ambrose Fleming en 1905. Este dispositivo, que consistía en dos placas metálicas en un **tubo de vacío** (ánodo y cátodo), fue diseñado para detectar ondas electromagnéticas, lo que supuso una mejora significativa en la tecnología de la época y sentó las bases para el desarrollo de los primeros sistemas de comunicación de radio.

### *2.1.2. EL TRIODO Y EL NACIMIENTO DE LA ELECTRÓNICA ACTIVA*

El siguiente avance importante fue el **triodo**, desarrollado por Lee de Forest en 1906, que introdujo una rejilla metálica entre el ánodo y el cátodo en el tubo de vacío. Este diseño permitió controlar el flujo de corriente mediante una pequeña tensión aplicada en la rejilla, lo cual hizo posible la amplificación de señales y la generación de oscilaciones. La Figura 2.1 muestra versiones del triodo también conocidos como “válvulas”. En la práctica, el triodo se usaba como **amplificador** y como **oscilador generador de señales**, lo cual fue determinante para la transmisión de información vía radio y marcó el comienzo de la **electrónica activa**.



Figura 2.1. Ejemplos de válvulas de vacío utilizadas en equipos electrónicos clásicos.

Estas componentes desempeñaron un papel fundamental en la amplificación y modulación de señales antes del desarrollo de los transistores.

A lo largo de las siguientes décadas, el triodo y otros tubos de vacío evolucionaron, perfeccionándose para permitir comunicaciones más claras y eficientes. Durante los años 30, los avances en este tipo de electrónica impulsaron la creación de dispositivos de consumo masivo como la **radio comercial** y, más adelante, **la televisión**. En 1928, el ingeniero Vladimir Zworykin desarrolló uno de los primeros sistemas de televisión utilizando el tubo de vacío para transformar una señal eléctrica en una imagen, tal y como puede observarse en la Figura 2.2.

En 1928, el ingeniero Vladimir Zworykin revolucionó el mundo de la comunicación y el entretenimiento al desarrollar uno de los primeros sistemas de televisión, empleando tubos de vacío para convertir señales eléctricas en imágenes visuales. Este avance fue fundamental para la evolución de la televisión como medio masivo, sentando las bases tecnológicas para la transmisión de imágenes a distancia. Tal como se ilustra en la **Figura 2.2**, los tubos de vacío desempeñaron un papel crucial en estos primeros sistemas, transformando conceptos teóricos en dispositivos prácticos que cambiaron la forma en que las personas accedían a la información y el entretenimiento. Así, su invento, mostrado al público por primera vez en una feria de tecnología, fue un avance clave en el entretenimiento doméstico y abrió el camino hacia lo que conocemos hoy como **electrónica de consumo**.

### 2.1.3. TRANSISTORES Y EL COMIENZO DE LA ERA DIGITAL

Aunque los tubos de vacío fueron revolucionarios, tenían limitaciones: eran grandes, frágiles y consumían mucha energía. Todo cambió con la invención del **transistor** en 1947 por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley en los Laboratorios Bell. Este pequeño dispositivo, basado en **materiales semiconductores**, podía realizar funciones de amplificación y conmutación con mayor eficiencia y fiabilidad que los tubos de vacío. Los transistores permitieron crear dispositivos más pequeños y duraderos, a la par que también fueron la clave para la fabricación de los primeros **circuitos integrados** y, eventualmente, de los **microprocesadores**.



Figura 2.2. Primeros sistemas de televisión basados en tubos de vacío, desarrollados en 1928 por Vladimir Zworykin. Estos dispositivos permitieron convertir señales eléctricas en imágenes, marcando un hito en la historia de la comunicación audiovisual.

Con la llegada de los microprocesadores en la década de 1970, los dispositivos digitales comenzaron a integrarse en aplicaciones de uso cotidiano y en sistemas complejos de procesamiento de datos. Este avance fue fundamental para el desa-

rrollo de las computadoras personales, los sistemas de comunicación modernos y la tecnología audiovisual actual, que depende de la capacidad de procesar grandes cantidades de información en tiempo real.

#### *2.1.4. LA INFORMÁTICA Y LA ELECTRÓNICA: LOS PRIMEROS SISTEMAS DIGITALES*

La aparición de la **electrónica de vacío** no solo revolucionó las comunicaciones, sino que también allanó el camino para el desarrollo de los primeros sistemas digitales y ordenadores a finales de la década de 1930. Durante este período, investigadores visionarios como Alan M. Turing y Claude Shannon realizaron aportaciones fundamentales que sentaron las bases de la **informática moderna** y de los **sistemas de procesamiento de información**.

En un contexto marcado por la **Segunda Guerra Mundial**, la necesidad de descifrar códigos secretos y realizar cálculos complejos impulsó el desarrollo de las primeras máquinas programables electrónicas. En este contexto, surge la máquina de Turing, diseñada por el matemático británico Alan Turing y su equipo en Bletchley Park. Esta máquina, también conocida como **Bombe**, fue clave para descifrar los mensajes encriptados por la máquina alemana Enigma durante la Segunda Guerra Mundial. En la **Figura 2.3**, se puede apreciar el diseño físico de esta revolucionaria herramienta, que marcó un antes y un después en la historia de la criptografía y la computación. Este avance fue crucial en el esfuerzo bélico y marcó un hito en la historia de la computación, al ser la primera máquina programable capaz de realizar análisis complejos de forma automática.

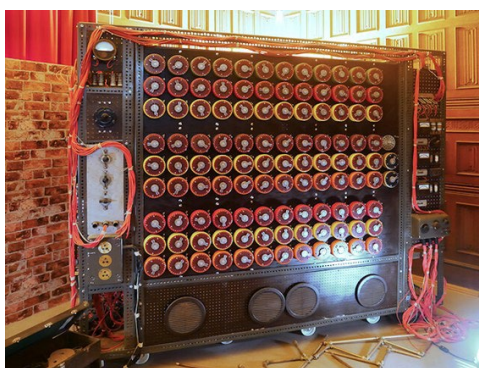


Figura 2.3. La máquina Bombe, diseñada por Alan Turing y su equipo en Bletchley Park, utilizada durante la Segunda Guerra Mundial para descifrar los mensajes encriptados por la máquina Enigma alemana.

Tras el *Colossus*, en 1945 se completó el desarrollo del **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer), considerado el primer ordenador electrónico digital de propósito general. El ENIAC fue diseñado para realizar **cálculos balísticos** y de trayectorias de proyectiles, y revolucionó el campo de la informática por su capacidad de procesamiento. Este gigantesco ordenador ocupaba aproximadamente **160 metros cuadrados** y contenía unas **19000 válvulas de vacío**. A pesar de su tamaño y consumo energético, el ENIAC era capaz de realizar unas 3,000 sumas y 500 multiplicaciones por segundo, una velocidad que para la época representaba un avance sin precedentes.

Sin embargo, trabajar con el ENIAC presentaba retos significativos. Cada vez que era necesario modificar el software o realizar ajustes en los cálculos, el equipo requería intervención manual para reprogramarlo. Esto implicaba activar y desactivar manualmente **6000 interruptores** y reposicionar conexiones físicas, lo que podía llevar varias semanas de trabajo. A pesar de estas limitaciones, el ENIAC demostró el potencial de los **ordenadores digitales** y abrió la puerta a futuros desarrollos en la automatización y el procesamiento rápido de datos.

Estos primeros pasos en la convergencia entre informática y electrónica fueron determinantes en la creación de dispositivos digitales avanzados, poniendo las bases para el desarrollo de los primeros transistores y, posteriormente, de los microprocesadores. A partir de estos pioneros, la computación se transformaría en un elemento esencial de la tecnología moderna, extendiendo sus aplicaciones desde la investigación y la industria hasta el entretenimiento y las comunicaciones cotidianas.

### *2.1.5. LA APARICIÓN DE LOS SEMICONDUCTORES: DE LOS TRANSISTORES A LOS MICROPROCESADORES*

En la primera mitad del siglo XIX, los científicos descubrieron la existencia de ciertos materiales cristalinos con propiedades eléctricas particulares, a los que llamaron **semiconductores**. Estos materiales, a diferencia de los metales, tienen la capacidad de **augmentar su conductividad** al incrementar la temperatura, una propiedad opuesta a la de las válvulas de vacío. Aunque estos materiales mostraban potencial, la tecnología basada en válvulas de vacío dominó los desarrollos tecnológicos en las primeras décadas del siglo XX debido a su eficacia en la amplificación y transmisión de señales.

Sin embargo, las limitaciones de las válvulas de vacío, como su tamaño, alto consumo de energía, generación de calor y corta vida útil, llevaron a los científicos a explorar alternativas. Uno de los primeros estudios serios sobre semiconductores fue realizado en 1925 por **William Bradford Shockley**, quien analizó el modelo

de contacto metal-semiconductor. Este estudio sentó las bases de lo que serían los futuros componentes electrónicos, al descubrir cómo ciertos materiales podían ser controlados para conducir o bloquear el flujo de electricidad.

Una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial, la **Compañía Bell Telephone** estableció un Departamento de Física para investigar los semiconductores y su potencial en el desarrollo de dispositivos electrónicos. Este esfuerzo llevó a Shockley, junto con John Bardeen y Walter Brattain, a desarrollar el primer **transistor de unión** en 1947. Este transistor, fabricado con semiconductores en lugar de válvulas de vacío, cumplía una función similar a estas, pero con grandes ventajas en términos de tamaño, durabilidad y eficiencia energética. El descubrimiento revolucionario de estos tres científicos les valió el **Premio Nobel de Física en 1956**.

El transistor de unión fue el punto de partida para una revolución en la electrónica. Al ser un dispositivo compacto, de bajo consumo y con una capacidad de amplificación eficiente, su invención marcó el final de la era de la electrónica de vacío. Las principales empresas tecnológicas de la época, entre ellas **IBM (International Business Machines Corporation)**, reconocieron su potencial y comenzaron a producir transistores a gran escala. IBM fue pionera en la fabricación en masa, con una línea de producción que podía ensamblar alrededor de **1800 transistores individuales por hora**. Esta nueva tecnología permitió, durante la década de 1960, el desarrollo de una amplia gama de transistores más avanzados, como los **transistores de efecto de campo** y el **MOSFET** (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), que formarían la base de los circuitos integrados y microprocesadores modernos.

Estos avances tecnológicos en semiconductores y transistores hicieron posible el desarrollo de los **circuitos integrados (IC)**, en los que múltiples transistores y componentes electrónicos podían integrarse en un solo chip de silicio. Esta innovación permitió reducir aún más el tamaño de los dispositivos y aumentar su capacidad de procesamiento. En la década de 1970, los circuitos integrados dieron lugar a los primeros **microprocesadores**, los cuales revolucionaron el diseño de computadoras y sistemas electrónicos, haciendo posible la tecnología digital que conocemos hoy en día.

En resumen, el desarrollo de los **semiconductores** y su implementación en los **transistores** marcaron un cambio de paradigma en la electrónica, pasando de sistemas basados en válvulas de vacío a dispositivos compactos y eficientes que forman el núcleo de la informática moderna y la tecnología digital. La transición de válvulas a semiconductores impulsó el avance de la electrónica, además de abrir

las puertas a la era de la miniaturización y la informática, lo que permitió que la tecnología pudiera llegar a todos los aspectos de la vida cotidiana.

## 2.2. SEÑALES ANALÓGICAS VS. SEÑALES DIGITALES

En la sección anterior, exploramos la evolución histórica de los dispositivos electrónicos, desde sus orígenes analógicos hasta el desarrollo de la tecnología digital. Sin embargo, aunque esta evolución nos da una visión general, aún no hemos analizado de manera formal qué características definen y diferencian a las **señales analógicas** de las **señales digitales**. Para quienes se desarrollan en el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, entender estas diferencias es fundamental, ya que influyen en cómo se **procesan, transmiten y almacenan los datos** en distintos sistemas.

En esta sección, profundizaremos en las características específicas de cada tipo de señal, analizando sus particularidades, sus ventajas y también sus limitaciones. Veremos cómo las señales analógicas, que representan la información de manera continua, difieren de las digitales, que convierten esa información en valores discretos. A través de esta comparación, comprenderemos mejor los usos y aplicaciones de cada una, y por qué en muchos sistemas modernos se ha optado por la **tecnología digital como estándar**, a pesar de que ambas tengan aplicaciones y beneficios en el ámbito audiovisual.

### 2.2.1. LAS SEÑALES ANALÓGICAS

Una señal se considera analógica cuando la magnitud física que representa varía de forma **continua** en el tiempo. Esto significa que, en cualquier intervalo de tiempo, por pequeño que sea, la señal analógica tiene siempre un valor específico y puede elegir entre una cantidad infinita de valores. En otras palabras, no hay saltos ni interrupciones en su representación: cada instante de tiempo está asociado con un valor de la magnitud física, y cada uno de estos valores cambia suavemente de un instante a otro.

Las señales analógicas se utilizan para medir fenómenos naturales, como las **ondas electromagnéticas**, la **presión**, la **humedad**, la **temperatura**, la **luz** y el **sonido**. Estas señales se caracterizan por parámetros como la **amplitud**, la **frecuencia** y la **fase** (tal como se describió en el Tema 1), y todas ellas comparten una cualidad fundamental: **la continuidad en el tiempo**. Para captar estas magnitudes físicas, se necesitan dispositivos analógicos capaces de registrar estas variaciones sin perder los detalles continuos del fenómeno. Un ejemplo típico son los **micrófonos**, que, mediante una membrana móvil o placas de un condensador,

son capaces de capturar las variaciones de presión en el aire y traducirlas en una señal eléctrica continua que representa el sonido.

La **Figura 2.4** muestra una representación gráfica de una señal analógica continua en el tiempo, en la que podemos observar cómo varían los valores de **intensidad sonora (dBs)** a lo largo del tiempo. Como se puede observar, la señal no presenta interrupciones, y en un intervalo de tiempo dado podría tomar infinitos valores de amplitud. Es decir, si analizamos cualquier segmento de la señal, encontraremos que entre dos instantes de tiempo siempre hay otro valor intermedio, y lo mismo ocurre con la amplitud: entre dos valores de intensidad existe una cantidad infinita de variaciones posibles. Esto es lo que confiere a las señales analógicas su precisión en la representación de fenómenos naturales, y también lo que hace que los sistemas analógicos sean idóneos para captar detalles finos en el mundo que nos rodea.

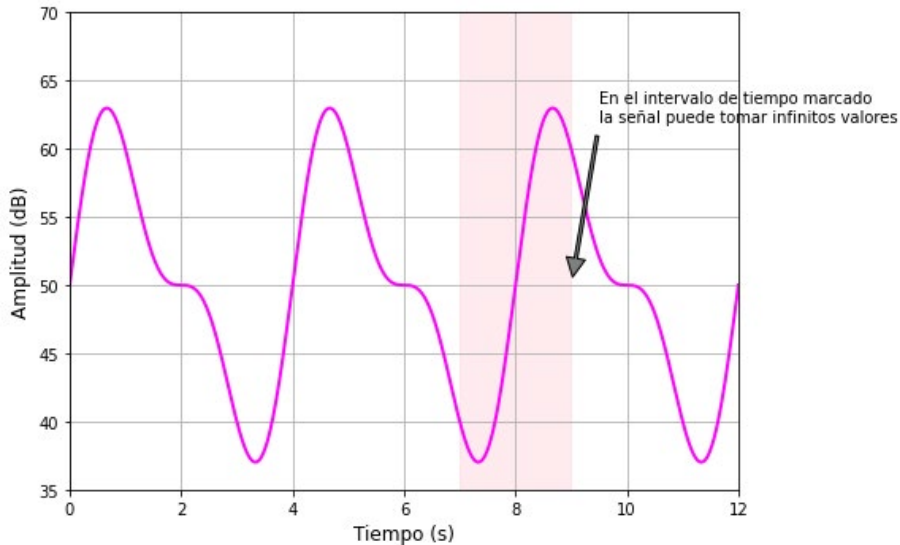


Figura 2.4. Ejemplo de señal de audio continua en el tiempo. En el intervalo sombreado, la señal tiene infinitos valores de tiempo.

### 2.2.2. LAS SEÑALES DIGITALES

A diferencia de las señales analógicas, una **señal digital** es aquella cuya representación es **discreta** en el tiempo, es decir, no es continua. Esto significa que una señal digital solo está definida en ciertos puntos específicos de tiempo y, además, para cada uno de esos puntos, solo puede tomar un conjunto limitado de valores predefinidos de amplitud.

Las señales digitales no existen de forma natural en el mundo físico, a diferencia de las señales analógicas que representan fenómenos continuos como el sonido o la luz. En cambio, las señales digitales son el resultado de un proceso de **digitalización**, en el cual una señal analógica es **transformada** en una secuencia de números binarios que pueden ser procesados por dispositivos electrónicos, como los ordenadores. Por ejemplo, cuando capturamos una señal de audio mediante un micrófono, este convierte las variaciones de presión del aire en variaciones de voltaje, pero dicha señal sigue siendo analógica. Si quisiéramos procesar esa señal de audio en un ordenador, deberíamos **convertirla** en una señal digital mediante un **convertidor analógico-digital**.

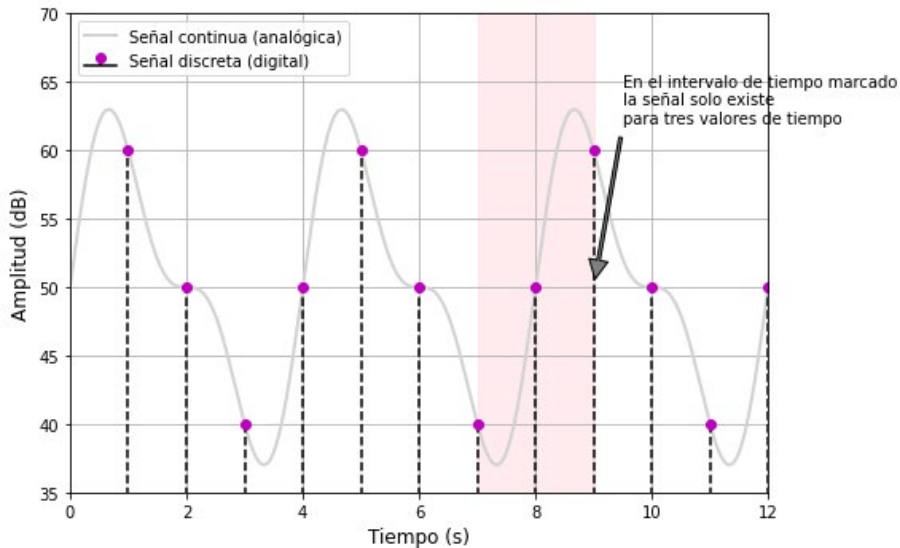


Figura 2.5. Ejemplo de señal de audio discreta en el tiempo. En el intervalo sombreado, la señal sólo existe para los valores de 7s, 8s, y 9s, respectivamente.

La **Figura 2.5** ilustra cómo se vería la misma señal de audio que habíamos utilizado en la representación analógica anterior, pero ahora en su versión discreta. A diferencia de la señal continua, en este caso solo se presentan valores definidos en puntos específicos del tiempo. Como se puede observar en la zona sombreada de la figura, la señal digital solo existe para momentos concretos, por ejemplo, en los tiempos **7s**, **8s**, y **9s**. En esos puntos específicos, la señal tiene valores de amplitud definidos, como **40 dBs**, **50 dBs**, y **60 dBs**, respectivamente.

En contraste con la señal analógica, que podría adoptar infinitos valores de amplitud y tiempo en ese intervalo, la señal digital solo toma valores discretos tanto en el tiempo como en la amplitud. Por ejemplo, en este caso, no existen valores de la señal para **7,5s** o **8,5s**, ni se permiten valores de amplitud como **41 dBs** o **42 dBs**, ya que no han sido predefinidos en la digitalización. Este es el fundamento de las señales digitales: **simplificar la información continua del mundo real en puntos discretos que puedan ser almacenados, procesados y transmitidos eficientemente por sistemas electrónicos digitales**. Aunque esto implica una pérdida de precisión respecto a la señal original, la tecnología moderna ha desarrollado formas de mitigar estas pérdidas, permitiendo una calidad de sonido muy alta en sistemas digitales como el audio en los archivos MP3.

### *2.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES*

Una vez que hemos comprendido qué es una señal analógica y qué es una señal digital, es importante analizar sus ventajas y desventajas. Aunque en la actualidad se tiende hacia la digitalización, los sistemas analógicos ofrecen algunos beneficios que siguen siendo valiosos en ciertos contextos.

#### **Ventajas de las Señales Analógicas**

1. **Inmediatez:** Las señales analógicas permiten manipular la información de manera instantánea, ya que no requieren ningún proceso de conversión. Como vimos, los fenómenos físicos como el sonido y la luz son naturalmente analógicos, por lo que trabajar directamente con señales analógicas permite mayor rapidez en la captura y reproducción. En cambio, en los sistemas digitales es necesario digitalizar primero la señal, lo cual implica un tiempo extra y más procesamiento.
2. **Mayor fidelidad:** En el proceso de digitalización, siempre existe una pérdida de información debido a la necesidad de aproximar valores continuos a puntos discretos. Esta “pérdida de precisión” no ocurre en los sistemas analógicos, que representan la señales tales como son, de forma continua. Por ejemplo, en el ámbito del audio, algunos especialistas prefieren sistemas analógicos como los **amplificadores de válvulas** porque consideran que producen un sonido más “calido” o “natural” comparado con los sistemas digitales.

3. **Requieren menor ancho de banda:** Las señales analógicas suelen variar de forma suave, por lo que requieren menos ancho de banda que las señales digitales. En una señal digital, al estar compuesta por pulsos que varían rápidamente entre valores, se necesita más ancho de banda para transmitir toda la información sin perder detalles. Un ejemplo sería el registro de la temperatura a lo largo de un día: las variaciones son lentas y pequeñas, por lo que un sistema analógico podría manejar esta señal sin necesidad de un ancho de banda alto.

### Desventajas de las Señales Analógicas

1. **Alta sensibilidad al ruido:** Como ya vimos en el capítulo anterior, el ruido es una interferencia inevitable en cualquier proceso de transmisión o almacenamiento de información. En las señales analógicas, el ruido afecta directamente la calidad de la señal y puede distorsionar el mensaje. Los sistemas digitales, en cambio, son más resistentes al ruido. Incluso si una señal digital se ve afectada por el ruido, los valores 0 y 1 pueden ser recuperados con precisión. Además, las señales digitales suelen incluir códigos de verificación y corrección de errores que permiten detectar y corregir posibles fallos, como se observa en la **Figura 2.6**, donde el ruido altera la señal analógica mientras que la señal digital se mantiene legible.
2. **Degradación con el tiempo:** Las señales analógicas, especialmente en formatos físicos como las cintas de casete, se deterioran cada vez que se copian o se reproducen, acumulando errores y pérdida de calidad. En cambio, las copias digitales son idénticas al original, lo que permite almacenar y transmitir información sin pérdida de calidad.
3. **Difíciles de reparar:** Los sistemas analógicos suelen estar diseñados específicamente para una función particular, y repararlos puede ser complejo y caros. En cambio, los sistemas digitales son más modulares y estandarizados, lo que facilita las reparaciones y permite incluso la solución de problemas de software a distancia. Por ejemplo, si un ordenador falla, en muchos casos puede solucionarse reinstalando el software o cambiando una pieza específica, lo cual es menos complicado que reparar un sistema analógico.
4. **Menor economía de escala:** Los componentes digitales, al ser producidos en masa, resultan mucho más económicos que los componentes analógicos, que son menos comunes y requieren fabricación específica para cada aplicación. Además, el almacenamiento digital permite aplicar algoritmos de compresión, lo que reduce significativamente los costos de almacenamiento.

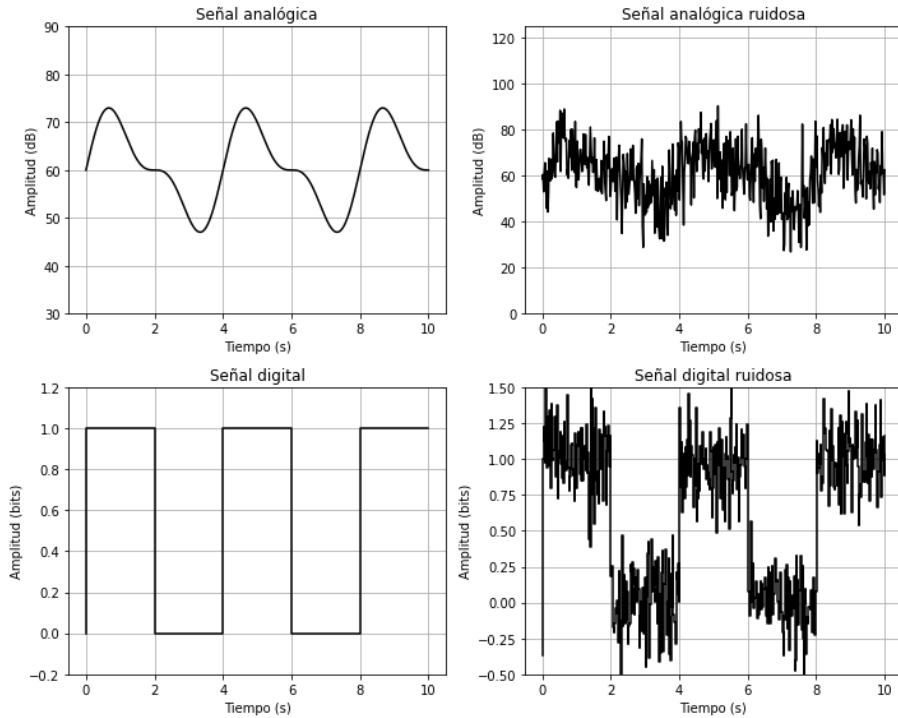


Figura 2.6. Ejemplo de una señal de audio analógica y una señal de audio digital en presencia de ruido aleatorio.

### Ventajas de las Señales Digitales

1. **Resistencia al ruido:** En una señal digital, cada bit tiene un valor bien definido (0 o 1), por lo que el ruido no suele afectar la interpretación de la señal. Incluso si una señal digital está ligeramente alterada por el ruido, es posible recuperar el mensaje original gracias a los sistemas de verificación y corrección de errores. Esta resistencia al ruido es una ventaja crucial en aplicaciones que requieren alta precisión, como la transmisión de datos en telecomunicaciones.
2. **Estabilidad y conservación:** Las señales digitales no sufren degradación con el tiempo. Una copia digital es idéntica al original, independientemente de cuántas veces se reproduzca o copie. Esto fue una gran ventaja en la transición de formatos analógicos a digitales, como en el caso de los CDs de audio, que ofrecían una calidad constante sin los problemas de desgaste de las cintas de audio.

3. **Facilidad de reparación y mantenimiento:** Los sistemas digitales son más fáciles de reparar debido a su modularidad y a la estandarización de sus componentes. Además, muchos problemas pueden resolverse mediante ajustes de software, lo que ahorra tiempo y costos en comparación con los sistemas analógicos. Por ejemplo, en caso de un fallo, es posible reemplazar un componente o incluso realizar una actualización de software sin cambiar todo el sistema.
4. **Compatibilidad y eficiencia económica:** Hoy en día, la mayoría de los sistemas son digitales, lo que facilita la compatibilidad entre dispositivos y la interconexión en redes. La producción en masa de componentes digitales reduce los costos, y la eficiencia de los algoritmos de compresión permite almacenar grandes cantidades de información en menos espacio y a menor costo.

### Desventajas de las Señales Digitales

1. **Mayor complejidad:** Digitalizar una señal implica varios pasos adicionales. Primero, la señal debe convertirse de analógica a digital, lo cual requiere un **convertor analógico-digital (ADC)**. Además, para que podamos percibirla, debe reconvertirse a analógica mediante un **convertor digital-analógico (DAC)**. Este proceso añade complejidad y requiere sincronización precisa entre el emisor y el receptor.
2. **Vulnerabilidad a la seguridad:** Aunque existen sistemas de seguridad digital, los sistemas digitales pueden ser manipulados o replicados con mayor facilidad en comparación con los sistemas analógicos, lo cual representa un desafío en términos de privacidad y protección de datos.
3. **Incompatibilidad con sistemas analógicos:** A pesar de la predominancia de los sistemas digitales, en algunos casos es necesario mantener la compatibilidad con sistemas analógicos, lo que añade dificultad. Sin embargo, este inconveniente se va reduciendo con el tiempo, ya que la mayoría de las aplicaciones están migrando hacia un entorno completamente digital.

### 2.3. EL CONVERTOR ANALÓGICO DIGITAL

Una vez analizadas las ventajas y desventajas de los sistemas analógicos y digitales, queda claro que trabajar en el dominio digital ofrece numerosos beneficios, especialmente en términos de calidad, estabilidad y flexibilidad. Por eso, la

mayoría de los sistemas audiovisuales actuales son digitales. Sin embargo, dado que las señales que capturamos del mundo real, tales como el sonido y la luz, son analógicas por naturaleza, es necesario **convertirlas** al formato digital para que puedan ser procesadas por dispositivos electrónicos, tales como ordenadores y cámaras digitales.

Aquí es donde entra en juego el **convertor analógico-digital (ADC)**, un dispositivo esencial en cualquier equipo que capture señales analógicas y las convierta en datos digitales. Un ADC toma una señal continua, como una variación de voltaje en un micrófono o una imagen de una cámara, y la transforma en un conjunto de valores discretos que el sistema digital puede interpretar y manipular. Por ejemplo, las **tarjetas de audio** en un ordenador ya sean internas o externas, utilizan un ADC para convertir las ondas sonoras en datos digitales que luego se pueden editar, almacenar o transmitir.

Este proceso de conversión no es un camino de ida solamente. Una vez que la señal digital ha sido almacenada, procesada o transmitida, necesitamos **convertirla de nuevo al dominio analógico** para que podamos percibirla con nuestros sentidos. Esto se debe a que nuestros oídos no están diseñados para interpretar señales digitales; solo pueden captar sonidos en forma de variaciones continuas de presión en el aire. Para esta tarea, se utiliza un **convertor digital-analógico (DAC)**, que toma la señal digital procesada y la “reconstruye” en una señal analógica continua que podemos escuchar a través de los altavoces.

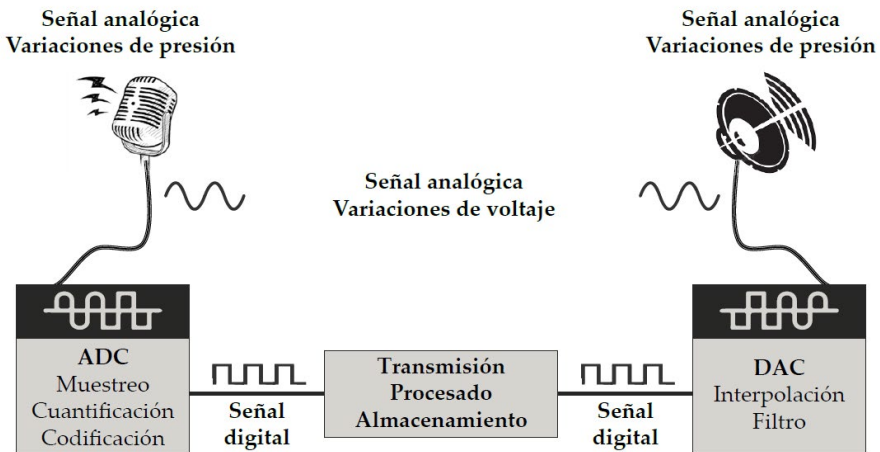


Figura 2.7. Diagrama de bloques de los procesos que involucra la conversión analógico-digital y digital-analógica.

La figura 2.7 muestra cuál sería la cadena completa de captura, procesamiento y reproducción de la información en el caso del audio. En las siguientes subsecciones veremos cada una de las etapas que forman el ADC, así como otros términos relacionados con el mundo digital.

### 2.3.1. EL PROCESO DEL MUESTREO.

El **muestreo** es el primer paso en la conversión de una señal analógica a digital. Este proceso consiste en capturar **muestras** de la señal analógica en **intervalos de tiempo regulares**. En términos sencillos, es como si hiciéramos “fotografías” de la señal analógica a distintos momentos, convirtiendo así una señal continua (que tiene infinitos valores posibles en el tiempo) en una señal discreta, formada solo por una **cantidad finita de muestras**.

Imaginemos una señal sinusoidal continua de 10 segundos de duración. Si tomamos una muestra por segundo, tendremos una **frecuencia de muestreo (Fs)** de 1 Hz, es decir, una muestra por segundo. La **Figura 2.8(a)** ilustra este proceso de muestreo, donde vemos cómo la señal continua se convierte en una serie de puntos que representan su valor en momentos específicos. Así, para una frecuencia de muestreo de 1 Hz, el intervalo entre muestras consecutivas, conocido como **período de muestreo (Ts)**, es además de 1 segundo.

Es importante comprender que la frecuencia de muestreo (Fs) y el período de muestreo (Ts) están relacionados de la misma forma que la frecuencia y el período de una señal analógica. Recordemos del Capítulo 1 que, en una señal periódica analógica, el período es el tiempo que tarda un ciclo en repetirse, y la frecuencia es el número de ciclos por segundo. En el caso de las señales digitales, esta relación es similar:

$$F_s = \frac{1}{T_s}$$

Esto significa que, si sabemos el período de muestreo, podemos calcular la frecuencia de muestreo y viceversa. Por ejemplo, si tomamos una muestra cada 0.5 segundos ( $T_s = 0.5$  s), la frecuencia de muestreo sería  $F_s = 2$  Hz (dos muestras por cada segundo).

Resulta muy importante entender conceptualmente lo que significan estos dos conceptos para un Graduado/a en Comunicación Audiovisual, puesto que la  $F_s$  o su equivalente  $T_s$ , es una de las variables que determina la calidad del audio digital, y es el técnico audiovisual el que ha de seleccionar el valor más adecuado en cada caso. Entonces, ¿Qué  $F_s$  deberíamos seleccionar? Esta cuestión se resolverá a continuación a través del planteamiento del criterio de *Nyquist*, también denominado **Teorema del Muestreo**.

### 2.3.2. EL TEOREMA DEL MUESTREO Y EL EFECTO DE SOLAPAMIENTO (ALIASING)

Una vez explicado el concepto de muestreo y cómo se controla mediante la frecuencia de muestreo ( $F_s$ ), surge una pregunta importante: **¿cuántas muestras por segundo necesitamos tomar para obtener una señal de audio digital que conserve la calidad del sonido original?** En teoría, podríamos pensar que cuanto más frecuentemente tomemos muestras, mayor será la calidad de la señal digital. Sin embargo, aunque acertado, este razonamiento tiene algunas limitaciones prácticas.

Por un lado, los ADC tienen restricciones físicas y electrónicas que limitan la frecuencia de muestreo que pueden alcanzar. Además, cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor será el volumen de datos que necesitamos procesar y almacenar, lo cual implica una mayor carga computacional y de memoria para los sistemas de procesamiento digital.

Entonces, ¿cuántas muestras necesitamos realmente? La respuesta es: **suficientes para representar la señal sin distorsión, pero no tantas como para saturar el sistema.** Para lograr esto, necesitamos comprender un fenómeno llamado *aliasing* o **efecto de solapamiento**, que ocurre cuando la frecuencia de muestreo es insuficiente para captar todos los detalles de la señal original.

#### ¿Qué es el Aliasing?

Si observamos la **Figura 2.8(b)**, podemos ver un ejemplo de aliasing. En esta imagen, la señal analógica ha sido muestreada con una frecuencia  $F_s$  insuficiente, y al intentar reconstruirla uniendo las muestras tomadas en el proceso de muestreo (interpolación), y un filtrado paso bajo (suavizado), la señal resultante se ve deformada y no se parece a la señal original. Este tipo de distorsión se produce porque las muestras tomadas no capturan con precisión las variaciones de la señal original, lo que da lugar a una señal reconstruida con una frecuencia incorrecta. En términos sencillos, el *aliasing* ocurre cuando una señal de frecuencia más alta “se pliega” y aparece como una señal de frecuencia más baja en el espectro digital.

Si volvemos a echar un vistazo detenido a la **Figura 2.8**, pronto nos daremos cuenta de que el problema reside en el hecho de que las muestras por segundo ( $F_s$ ) tomadas no son suficientes para recuperar la señal analógica original y que deberíamos coger más muestras por segundo si queremos evitar la distorsión, o lo que es lo mismo, deberíamos aumentar la  $F_s$ . En la **Figura 2.9 (a)** se mues-



tra la misma señal sinusoidal, pero esta vez muestreada con una  $F_s = 4\text{Hz}$ . En este caso si llevamos a cabo de nuevo una interpolación y suavizado de la señal digital para recuperar la señal analógica original, tal y como se muestra en la **Figura 2.9(b)** veremos que la señal recuperada se parece mucho más a la señal original, y que en este caso no parece haber distorsión.

### **Cómo evitar el Aliasing: El Teorema del Muestreo**

Afortunadamente, el **Teorema del Muestreo**, también conocido como **Criterio de Nyquist**, nos da la clave para evitar el *aliasing*. Este teorema establece que, para digitalizar una señal sin distorsión, debemos tomar muestras a una frecuencia al menos el **doblo de la frecuencia analógica (F) máxima** presente en la señal analógica:

$$F_s = 2 * F_{max}$$

Esto significa que, si la frecuencia analógica máxima de una señal es, por ejemplo, 10 kHz, la frecuencia de muestreo mínima para evitar el *aliasing* debería ser de 20 kHz. En el caso del audio, donde el rango de frecuencias audibles para el ser humano llega hasta aproximadamente **20 kHz**, la frecuencia de muestreo necesaria sería de al menos **40 kHz**.

Esta es la razón por la cual los formatos de audio estándar, como el CD, utilizan una frecuencia de muestreo de **44,1 kHz**. Esta frecuencia garantiza que todo el rango de sonidos audibles se capture sin *aliasing*. Otros formatos, como el audio en DVD, utilizan frecuencias de muestreo aún más altas (por ejemplo, **48 kHz**), lo cual ofrece mayor margen y calidad.

Sin embargo, no todas las señales necesitan ser muestreadas a frecuencias tan altas. Como ya vimos en el Capítulo 1, algunas fuentes de sonido tienen frecuencias máximas mucho más bajas, lo que permite usar frecuencias de muestreo menores y reducir la carga de procesamiento y almacenamiento. Por ejemplo, si estamos grabando una voz que no supera los 4 kHz, podríamos reducir la frecuencia de muestreo a 8 kHz y aun así evitar el *aliasing*.

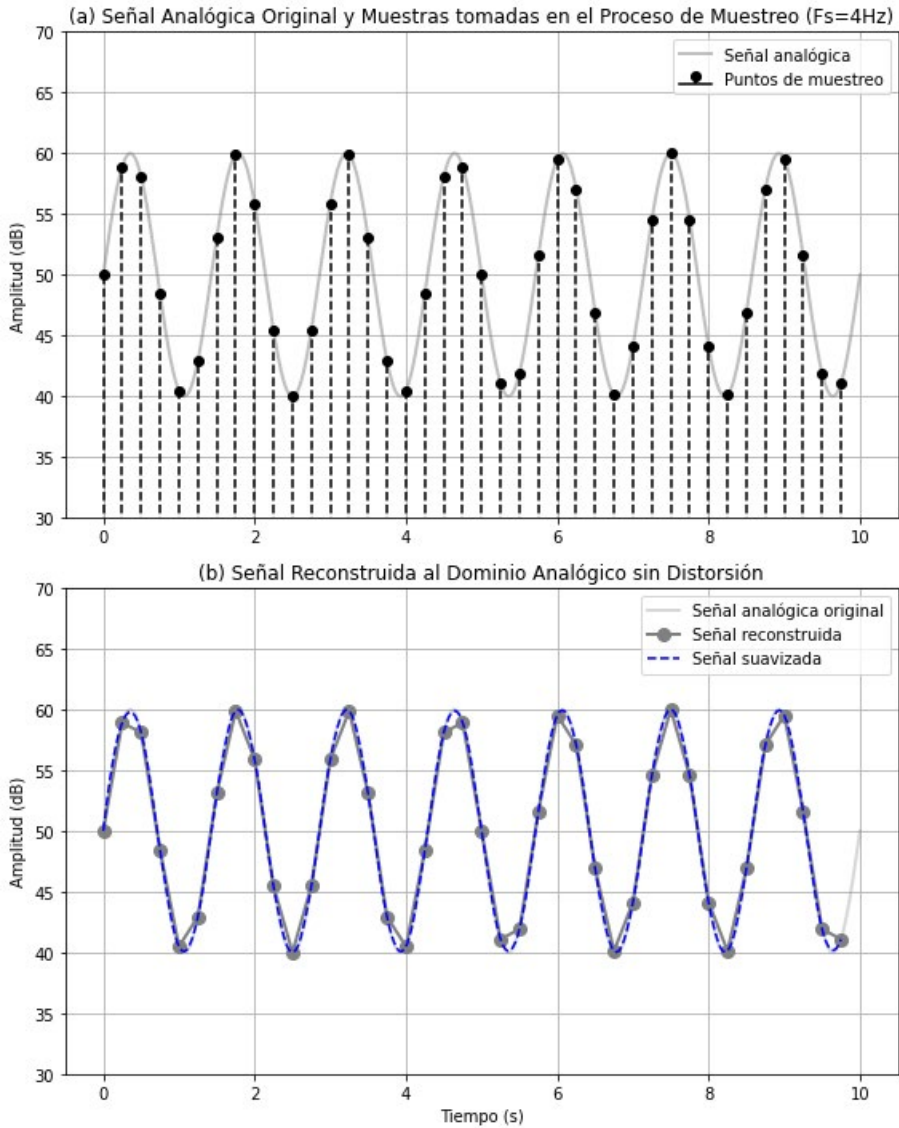


Figura 2.9. Proceso de muestreo con frecuencia suficiente para evitar el aliasing. (a) Señal analógica con puntos de muestreo en negro, utilizando una frecuencia de muestreo de 4 Hz. (b) Señal reconstruida a partir de los puntos de muestreo, mostrando una recuperación fiel de la señal original gracias a la frecuencia de muestreo adecuada.

**EJERCICIO 2.1.** Se procede a digitalizar una señal analógica que tiene una frecuencia máxima de 8KHz.

- 1) ¿A qué Fs. mínima deberíamos muestrear para evitar distorsión?
- 2) ¿Cuál es el Tm para esa frecuencia mínima?
- 3) Si la duración de la señal es de 10 segundos, ¿cuántas muestras totales vamos a tener que procesar?

**SOLUCIÓN:**

- 1) Si consideramos el Teorema del Muestreo para evitar distorsión, sabemos que hemos de muestrear, al menos, al doble de la frecuencia máxima, tal que:

$$F_s = 2 * F_{max} = 2 * 8KHz = \mathbf{16KHz}$$

- 2) Una vez que hemos calculado la Fs, estimar el periodo de muestreo (Tm) es inmediato:

$$T_m = 1/F_s = 1/ 16KHz = 0.0000625 \text{ s} = \mathbf{62,5 \text{ us (microsegundos)}}$$

- 3) Finalmente, conociendo el numero de muestras por segundo, y sabiendo que la longitud de la señal es de 10 segundos, el número de muestras totales será:

$$M_T = 16000 * 10 = \mathbf{160000 \text{ muestras en total.}}$$

**2.3.3. MEDIDA DE LA INFORMACIÓN: EL BIT**

Antes de profundizar en la siguiente etapa del ADC, conocida como cuantificación, es esencial introducir un concepto clave en el mundo digital: la **información digital**. Cuando tomamos muestras de una señal analógica, obtenemos valores de amplitud en puntos específicos, lo cual convierte la señal continua en una secuencia de datos discretos. Cada una de estas muestras de amplitud representa un fragmento de información sobre el sonido capturado, ya que indica la intensidad sonora en ese instante de tiempo. Así, podemos decir que hemos convertido el sonido en un “bloque de información”.

En el ámbito de la informática, la **información** se define como un conjunto de datos organizados y procesados que conforman un mensaje. En nuestro caso, ese mensaje está compuesto por las muestras de audio digitalizadas, cada una con un valor de amplitud que corresponde a su intensidad sonora.

Para manejar esta información en el mundo digital, necesitamos una unidad básica que mida la cantidad de datos que estamos utilizando. Aquí es donde entra

en juego el **bit** (abreviatura de “binary digit” en inglés). El **bit** es la unidad mínima de información en un sistema digital. Todo lo que transmitimos, procesamos o almacenamos en un dispositivo digital se mide en bits, ya que estos representan la cantidad de información que estamos manejando.

Dado que los bits están codificados en **base 2**, solo pueden representar dos estados: “0” o “1”. Por lo tanto, con un solo bit, solo podríamos representar dos valores posibles. Sin embargo, al aumentar el número de bits, la cantidad de valores posibles que podemos representar se incrementa de manera exponencial. La relación entre el número de bits y los valores que podemos representar está dada por la fórmula:

$$\text{Valores} = 2^b$$

donde **b** es el número de bits empleados.

Por ejemplo:

- Con **1 bit** de información ( $b = 1$ ), solo podemos representar **2 valores distintos** (0 y 1).
- Con **2 bits** ( $b = 2$ ), podemos representar **4 valores distintos**.
- Con **3 bits** ( $b = 3$ ), podemos representar **8 valores distintos**, y así sucesivamente.

**A medida que aumentamos la cantidad de bits, el rango de valores que podemos representar se amplía considerablemente.** En términos de audio digital, esto significa que, con más bits, podemos capturar con mayor precisión los detalles de la señal sonora original, ya que podremos representar una gama más amplia de valores de amplitud.

#### 2.3.4. EL PROCESO DE CUANTIFICACIÓN

Después de tomar muestras de una señal analógica mediante el proceso de muestreo, obtenemos una secuencia de valores de amplitud para cada instante muestreado. Sin embargo, aunque la señal ahora está discretizada en el tiempo, **los valores de amplitud de esas muestras siguen siendo continuos**; es decir, cada muestra puede tomar un valor de amplitud que no está limitado a un conjunto específico. Si dejáramos esos valores tal como están, requeriríamos una cantidad infinita de información para almacenarlos, lo que es impráctico en un sistema digital.

Para solucionar esto, es necesario realizar un segundo proceso llamado **cuantificación**, que discretiza la amplitud de la señal, permitiendo que cada muestra

tome solo ciertos valores preestablecidos dentro de un rango. Este proceso convierte los valores de amplitud continuos en valores discretos aproximado cada uno de los valores de amplitud de cada muestra a uno de esos valores preestablecidos. Al proceso de cuantificación, se le conoce también como **resolución de audio**, y se representa por el término **Q**, medido en **bits**. Así, el número de **niveles de cuantificación** (valores de amplitud posibles) depende directamente de la cantidad de bits utilizados, a través de la fórmula anterior.

En la cuantificación, **cada muestra se ajusta al nivel de amplitud más cercano**, lo que reduce la cantidad de valores que la amplitud puede adoptar. Por ejemplo, si utilizamos **2 bits** de información, podemos representar **4 niveles de cuantificación** ( $2^2 = 4$ ), como podrían ser 35 dB, 45 dB, 55 dB y 65 dB. Esto significa que cualquier muestra de audio se ajustará al nivel de amplitud más cercano dentro de esos cuatro niveles, aunque el valor original esté en algún punto intermedio. Si usamos más bits, como **3 bits**, el número de niveles aumenta a **8**, lo que permite una representación del valor de amplitud más precisa de la señal analógica original. Este efecto se puede ver representado a través de la **Figura 2.10**. Más concretamente, en la **Figura 2.10(a)** la señal es cuantificada con solo 4 niveles (2 bits), lo que introduce un error evidente entre la señal original y su versión cuantificada. Sin embargo, en la **Figura 2.10(b)**, al aumentar a 8 niveles (3 bits), la amplitud de cada muestra se aproxima mucho mejor al valor original, reduciendo así el **error de cuantificación**.

### **Error de Cuantificación y su Impacto en la Calidad de la Señal**

El proceso de cuantificación introduce inevitablemente un **error de cuantificación** ( $Q_{error}$ ), que ocurre cuando el valor real de la amplitud de una muestra no coincide exactamente con uno de los niveles de cuantificación y debe ser “**redondeado**” al nivel más cercano. Este error es mayor cuando el valor de la muestra cae entre dos niveles de cuantificación consecutivos. Sin embargo, al incrementar el número de bits (y, por lo tanto, los niveles de cuantificación), se reduce el error, logrando una representación más precisa de la señal original. Este error puede calcularse como:

$$Q_{error} = \frac{\Delta}{2}$$

donde  $\Delta$  es la diferencia entre dos niveles de cuantificación consecutivos. El error máximo de cuantificación es entonces la mitad de esta diferencia y representa

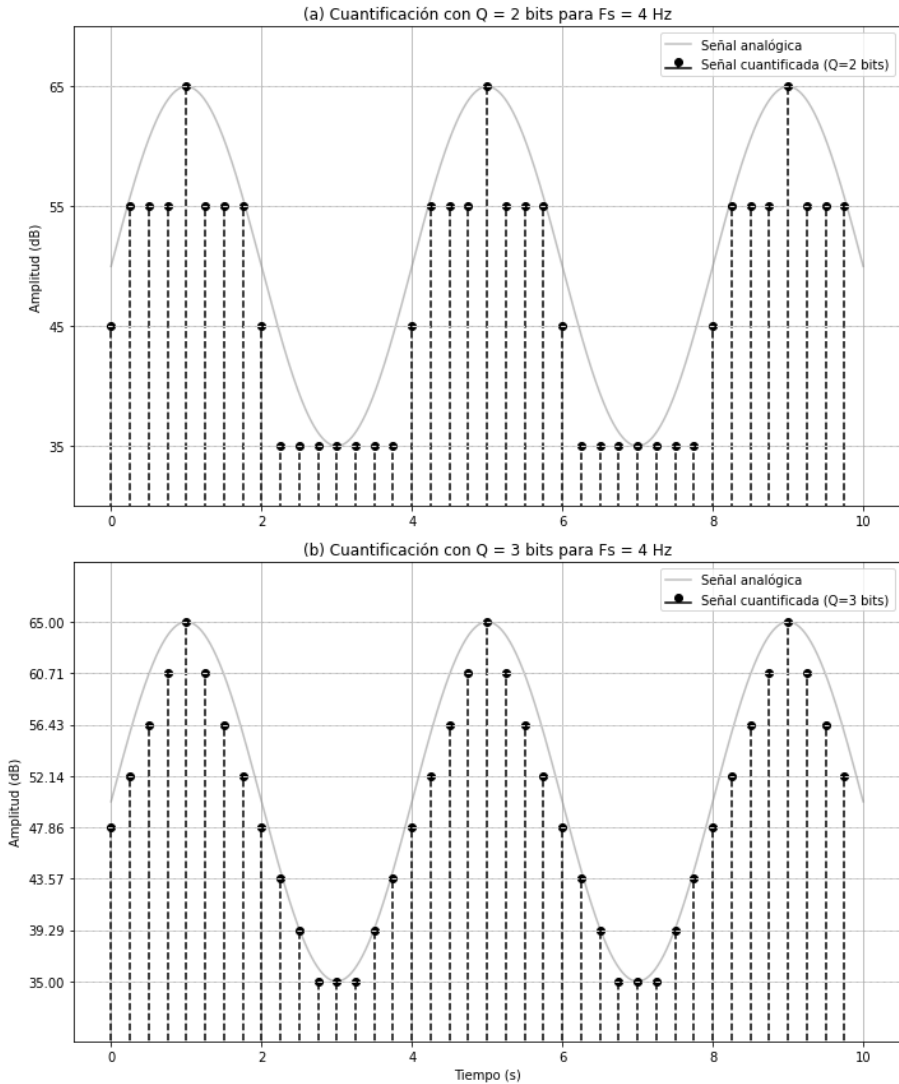


Figura 2.10. Proceso de cuantificación de una señal analógica con distintos niveles de resolución. (a) Cuantificación con  $Q=2$  bits, que permite 4 niveles de amplitud, generando un error máximo de cuantificación de 5 dB. (b) Cuantificación con  $Q=3$  bits, lo cual aumenta los niveles a 8 y reduce el error máximo de cuantificación a aproximadamente 2.14 dB.

el máximo desajuste posible entre la señal original y la cuantificada. Por ejemplo, en el caso mostrado en la **Figura 2.10(a)** con  $Q=2$  (4 niveles de cuantificación distribuidos entre 35 dB y 65 dB), la diferencia entre niveles consecutivos es de 10 dB, por lo que el **error máximo de cuantificación es de 5dB**. Sin embargo, en la **Figura 2.10(b)** con  $Q=3$  (8 niveles de cuantificación distribuidos entre 35 dB y 65 dB), la distancia aproximada entre 2 niveles de cuantificación consecutivos es de 4.29dB, por lo que el **error máximo de cuantificación es de 2.14dB**.

Si lo pensamos detenidamente, este proceso de cuantificación es similar al del muestreo en el eje de tiempo. Al igual que necesitamos una cantidad adecuada de muestras para representar la señal sin distorsión temporal, también necesitamos suficientes niveles de cuantificación para preservar la precisión en el eje de amplitud y así reducir el error de cuantificación. Sin embargo, utilizar demasiados bits para representar el valor de cada muestra, aumenta el tamaño de los datos, lo que exige mayor capacidad de almacenamiento y procesamiento. Por ello, la cantidad de bits debe elegirse en función del propósito y los requisitos de calidad de la señal.

En la práctica, el número de bits utilizados en la cuantificación varía según la aplicación. Para audio estándar, como el de un CD, se suele emplear una **resolución de 16 bits** (65.536 niveles), que proporciona buena calidad para la mayoría de los usuarios. En el caso del audio profesional, que exige una mayor fidelidad, es común utilizar una **resolución de 24 bits** (16.777.216 niveles), lo que permite una reproducción extremadamente precisa y detallada del sonido original.

**EJERCICIO 2.2.** Tenemos una señal de audio muestreada a una  $F_s=4\text{KHz}$ , y empleamos una resolución de audio ( $Q$ ) de 4 bits con una duración total de la señal ( $L$ ) de 10s, y un margen dinámico que oscila entre un mínimo de 40 dBs y un máximo de 90 dBs. Se pide: 1) Calcular cuanto ocupa este audio digital en un disco duro. 2) El error máximo de cuantificación que puede producirse.

1) Para calcular el tamaño en disco que ocupa esta señal de audio, debemos saber primero cuantas muestras en total tenemos que almacenar. En este caso, es una operación muy directa, ya que sabemos que la  $F_s$  indica el número de muestras en un segundo. Por lo tanto:

\* Muestras totales =  $F_s * L = 4000 * 10 = 40000$  **muestras.**

Además, sabemos que para codificar/procesar/almacenar cada muestra necesitamos 4 bits, por lo tanto:

\* Información total =  $40000 \text{ muestras} * 4 \text{ bits por muestra} = 160000$  **bits.**

Sin embargo, como hemos visto en clase, el almacenamiento se cuantifica en Bytes, no en bits, por tanto:

\* **Almacenamiento =  $160000 / 8 = 20000$  Bytes = 20KBytes.**

2) sabemos que  $Q=4$  bits, por lo tanto, el número de niveles de cuantificación disponibles es de  $2^4 = 16$  **niveles de cuantificación.**

Para saber la distancia entre cada nivel, debemos saber como encajar esos 16 niveles en el margen dinámico. En este sentido, sabemos que el margen dinámico es la diferencia entre la amplitud máxima y mínima, tal que:

\* **Margen\_dinamico =  $90\text{dBs} - 40\text{dBs} = 50 \text{ dBs}$**

Por lo tanto, la distancia entre niveles consecutivos será de:

\* **Distancia =  $50/16 = 3.12\text{dBs}$**

\* Finalmente el error máximo de cuantificación es de:

**error =  $3.12/2 = 1.56\text{dBs}$ .**

### 2.3.5. LA CODIFICACIÓN

Una vez que la señal analógica ha pasado por las etapas de muestreo y cuantificación, obtenemos una secuencia de valores discretos en el tiempo y en amplitud. Sin embargo, estos valores aún son decimales y no pueden ser interpretados directamente por un sistema digital como un ordenador. Es aquí donde entra en juego el proceso de **codificación**, que convierte estos valores numéricos en un lenguaje

comprensible para las máquinas: el lenguaje binario, basado en dos símbolos 0 y 1. Este proceso permite que los dispositivos digitales entiendan la señal, haciendo que cada muestra cuantificada en amplitud se traduzca en una serie de impulsos eléctricos que representan únicamente 0 y 1.

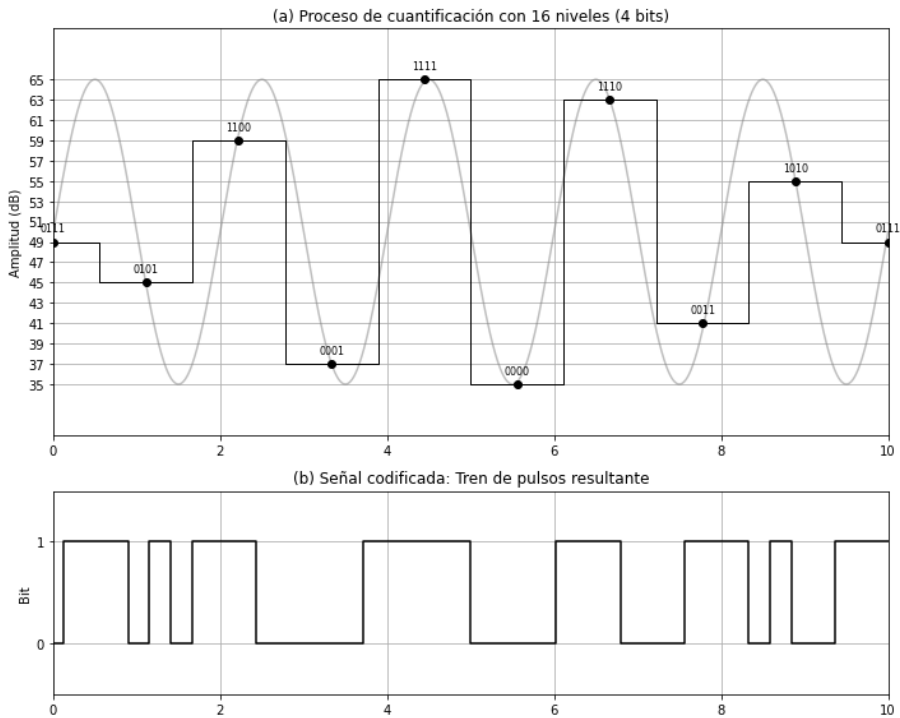


Figura 2.11. Proceso de codificación. Los valores de amplitud discretizados son asignados a uno de los 16 niveles de cuantificación y luego convertidos a código binario. Esta conversión genera un tren de pulsos digitales en formato binario, que puede ser interpretado por sistemas informáticos para su posterior procesamiento y almacenamiento.

La **Figura 2.11(a)** ilustra el proceso de codificación, en el que cada valor de amplitud, previamente cuantificado, se convierte de su valor decimal a una representación en binario. Por ejemplo, imaginemos que hemos cuantificado nuestra señal usando 4 bits de información (lo que nos da 16 niveles de cuantificación). Si el rango dinámico de la señal va de 35 dBs a 65 dBs, los niveles de cuantificación se asignan de forma equiespaciada, es decir, cada 2 dBs. En este caso, el

nivel de 35 dBs sería el valor más bajo (representado en binario como 0000), y el nivel de 65 dBs sería el valor más alto (1111). Así, si la primera muestra tiene un valor de 49 dBs, se le asignará el nivel 7, codificándose como 0111. Del mismo modo, si la segunda muestra tiene un valor de 45 dBs, corresponderá al nivel 5 y se representará como 0101.

El resultado final de este proceso de codificación es una señal digital, que adopta la forma de una serie de pulsos de dos estados (0 y 1) que pueden ser fácilmente procesados, almacenados o transmitidos por sistemas digitales. Como se observa en la **Figura 2.11 (b)**, la codificación transforma la señal en una secuencia de pulsos cuadrados, eliminando las continuas variaciones de la señal analógica y manteniendo solo los valores binarios necesarios para representar la amplitud cuantificada de cada muestra.

Es importante destacar que a mayor número de bits de cuantificación ( $Q$ ), mayor será el número de niveles disponibles y, por lo tanto, mayor será la precisión de la codificación. Sin embargo, **esto también implica un mayor consumo de recursos de almacenamiento y procesamiento**, ya que cada muestra ocupará más espacio en memoria. Por ejemplo, si aumentamos **la cuantificación a 8 bits, cada muestra necesitará 8 bits para codificarse**.

Llegados a este punto, es posible que te preguntes por qué los sistemas digitales utilizan el sistema binario, en lugar del sistema decimal, que nos resulta más familiar. La razón es que el sistema binario es extremadamente eficiente y robusto. Al tener solo dos estados (0 y 1), los dispositivos digitales pueden representar la información de forma sencilla y fiable, especialmente en presencia de ruido. Además, el uso del **álgebra de Boole** facilita la manipulación y el procesamiento de estas señales en los circuitos electrónicos, simplificando enormemente el diseño y la implementación de sistemas digitales.

## 2.4. LOS SISTEMAS DE NUMERACIÓN

Un sistema de numeración es una metodología que nos permite contar o medir cosas, y tiene una larga historia que se remonta a la antigüedad. Los primeros sistemas de numeración estaban inspirados en el cuerpo humano: el número 5 representaba los dedos de una mano, el 10 sumaba los dedos de ambas manos, y el 20 consideraba las manos y los pies. Estos sistemas primitivos resultaban útiles para contar en cantidades pequeñas, pero pronto se vieron limitados cuando era necesario representar cantidades mayores.

Con el tiempo, los humanos comenzaron a emplear símbolos grabados en piedra o en la tierra para representar diferentes cantidades y conceptos, ampliando

enormemente la capacidad de contar y medir. Este avance dio lugar a sistemas de numeración más complejos y potentes. En esta sección, exploraremos tres sistemas clave: el decimal, que usamos diariamente, y el binario y hexadecimal, fundamentales en el ámbito de la tecnología digital.

En el mundo tecnológico y audiovisual, es común encontrar representaciones numéricas que no son decimales. Un ejemplo evidente es la codificación de colores en el diseño digital. Los códigos de color en HTML, CSS y programas de diseño como Adobe Photoshop o Premiere utilizan el sistema hexadecimal. Así, un color representado como **#39a84f** en HTML significa que el valor del canal rojo (R) es 57, el del canal verde (G) es 168, y el del canal azul (B) es 79 en el sistema decimal, una conversión que permite una codificación compacta y precisa de los colores en pantalla. En este capítulo, aprenderemos a trabajar con estos sistemas de numeración, un conocimiento que es relevante para cualquier aplicación audiovisual en la que se necesite comprender la base de los datos y su codificación.

#### *2.4.1. EL SISTEMA NUMÉRICO DECIMAL*

El sistema de numeración que utilizamos hoy en día, conocido como sistema decimal, tiene su origen en la cultura árabe. A diferencia de sistemas antiguos como el romano o el egipcio, el sistema decimal es posicional. Esto significa que la posición de cada dígito dentro de un número afecta su valor. Por ejemplo, en el número 327, el “3” tiene un valor de 300 porque ocupa el lugar de las centenas, mientras que, si el “3” estuviera en la posición de las unidades, solo valdría 3.

El término *decimal* indica que es un **sistema en base 10**, utilizando diez símbolos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) para representar cualquier número. Con solo estos diez símbolos, podemos expresar cualquier cantidad, desde números pequeños hasta cifras extremadamente grandes o fraccionadas. La clave de este sistema radica en que **cualquier número se puede expresar como la suma de cada dígito multiplicado por la base (10) elevada a una potencia que corresponde a su posición.**

Por ejemplo, el número 327 puede descomponerse como:

$$327 = 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0 = 300 + 20 + 7 = 327$$

En este caso, el “3” multiplica a  $10^2$  (cien) porque ocupa el lugar de las centenas, el “2” multiplica a  $10^1$  (diez) por estar en la posición de las decenas, y el “7”

multiplica a  $10^0$  (uno) porque está en la posición de las unidades. **Recuerda que cualquier número elevado a 0 es siempre 1.**

Este método de descomposición posicional también permite representar números decimales o fracciones. Por ejemplo, el número 1256,57 se puede expresar como:

$$1256,57 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2} = \\ 1000 + 200 + 50 + 6 + 0.5 + 0.07 = 1256,57$$

En este caso, los dígitos después de la coma tienen valores decimales. Así, el “5” en la primera posición decimal multiplica a  $10^{-1}$  (una décima), y el “7” a  $10^{-2}$  (una centésima). Este sistema posicional y en base 10 hace que el sistema decimal sea intuitivo y práctico, facilitando la representación de una amplia gama de valores, tanto enteros como decimales.

#### 2.4.2. EL SISTEMA NUMÉRICO BINARIO

En el mundo de la informática y la tecnología digital, el sistema numérico binario es el corazón del funcionamiento de los dispositivos electrónicos. Desde ordenadores y teléfonos móviles hasta cámaras de vídeo y sistemas de audio, todo se basa en este lenguaje universal. A diferencia del sistema decimal, el binario solo utiliza dos símbolos (de ahí que el sistema esté en base 2): el 0 y el 1. Estos símbolos, llamados bits, representan la unidad más básica de información en el ámbito digital.

En el sistema binario, cada bit tiene un valor que depende de su posición dentro de un número. Así, cada posición representa una potencia de 2, comenzando con  $2^0$  en la posición más a la derecha. Para determinar el valor de un número binario, basta con sumar estas potencias de 2, multiplicadas por el valor del bit correspondiente (0 o 1).

Por ejemplo, veamos cómo se representa el número decimal 19 en binario. En este caso, el número 19 se convierte en el binario **10011**, y su valor puede desglosarse como:

$$19 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 19$$

De la misma forma, el número 25 se convierte en binario como:

$$25 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 16 + 8 + 0 + 0 + 1 = 25$$

Como se puede observar, basta con calcular los pesos (potencias de dos) y afirmarlas (1) o negarlas (0), para ir acumulando sumas parciales hasta llegar al número que buscamos. Por otra parte, el número de bits necesarios para representar un número depende del valor decimal más alto que queramos incluir. En general, si necesitamos representar un número máximo  $N$ , debemos encontrar **el menor número de bits**  $b$  que cumpla la desigualdad:

$$2^b - 1 \geq N$$

Por ejemplo:

- Para representar números del 0 al 15 (16 valores en total), necesitamos  $b=4$ , ya que:

$$2^4 = 16$$

- Si queremos representar valores del 0 al 255 (256 valores en total), necesitaremos  $b=8$ , ya que:

$$2^8 = 256$$

3. Para números más grandes, como el 1023 (1024 valores), necesitaremos  $b=10$ , porque:

$$2^{10} = 1024$$

En el contexto del almacenamiento digital, este concepto es crucial. Por ejemplo, tal y como veremos en el siguiente capítulo, en imágenes digitales en escala de grises, cada píxel suele codificarse con 8 bits para representar 256 niveles de intensidad (del negro absoluto al blanco puro). Sin embargo, para imágenes en color con mayor detalle, como en el formato RGB, cada canal (rojo, verde y azul) puede codificarse con 8 bits, lo que da como resultado 24 bits por píxel para representar más de 16 millones de colores ( $2^{24}$ )

#### *2.4.3. EL SISTEMA NUMÉRICO HEXADECIMAL*

El sistema hexadecimal, utilizado ampliamente en el mundo audiovisual, es una extensión natural del sistema binario que facilita la lectura y manipulación de grandes cantidades de datos. Por ejemplo, mientras que el sistema binario utiliza solo los dígitos 0 y 1, el sistema hexadecimal **utiliza 16 símbolos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E y F**. En este sistema, los dígitos del 0 al 9

representan los valores decimales equivalentes, y las letras A a F representan los valores del 10 al 15.

Decimos que el sistema hexadecimal se vincula perfectamente con el binario porque  $16 = 2^4$ . Esto significa que **cada dígito hexadecimal equivale a un grupo de exactamente 4 bits en binario**. Por tanto, para convertir un número binario a hexadecimal, basta con dividirlo en grupos de 4 bits, comenzando desde el bit menos significativo (a la derecha), y luego convertir cada grupo al símbolo hexadecimal correspondiente.

**Por ejemplo:**

1. El número binario 101011111011 se convierte a hexadecimal siguiendo estos pasos:
  - o Agrupamos los bits en bloques de 4: 1010 1111 1011.
  - o Convertimos cada grupo:
    - 1010 es 10 en decimal, que corresponde a **A** en hexadecimal.
    - 1111 es 15 en decimal, que corresponde a **F** en hexadecimal.
    - 1011 es 11 en decimal, que corresponde a **B** en hexadecimal.
  - o **Resultado final: AFB**
  
2. Para el número binario 11010010:
  - o Agrupamos: 1101 0010.
  - o Convertimos:
    - 1101 es 13 en decimal, que corresponde a **D** en hexadecimal.
    - 0010 es 2 en decimal, que sigue siendo **2** en hexadecimal.
  - o **Resultado final: D2.**

El sistema hexadecimal tiene varias ventajas prácticas:

1. **Legibilidad mejorada:** Representar números largos en binario puede ser tedioso, pero el hexadecimal los simplifica significativamente al reducir la cantidad de dígitos.
  - o Por ejemplo, el binario **1111000010100110** ocupa solo 4 dígitos en hexadecimal: **F0A6**.
  
2. **Uso en diseño:** Muchas aplicaciones informáticas, como la definición de colores en diseño web (por ejemplo, #39A84F), utilizan codificación hexadecimal. Cada par de dígitos representa la intensidad de los canales rojo (R), verde (G) y azul (B).

3. **Compatibilidad directa con binario:** Dado que cada dígito hexadecimal corresponde a un bloque de 4 bits, es fácil convertir de un sistema a otro sin necesidad de cálculos intermedios complejos.

## 2.5. INTRODUCCIÓN A LOS CÓDECS

En el audio digital, el término “códec” es fundamental. Pero ¿qué son exactamente los códecs y por qué son tan importantes? La palabra “códec” proviene de la combinación de “**codificación**” y “**decodificación**”, lo que ya nos da una pista sobre su doble función: transformar los datos de audio para su almacenamiento o transmisión eficiente y luego devolverlos a su forma original para su reproducción.

Los códecs son **algoritmos especializados** diseñados para **comprimir** (codificar) y **descomprimir** (decodificar) archivos de audio y video. Su objetivo principal es reducir el número de bits necesarios para representar un archivo de audio, **optimizando así su tamaño** sin comprometer excesivamente la calidad percibida. Esto resulta crucial para:

- **Almacenamiento:** Reducir el espacio necesario en discos duros, dispositivos móviles o servidores.
- **Transmisión:** Permitir la transferencia más rápida y eficiente de archivos a través de internet o redes (ver Capítulo 4).

Cuando se codifica un archivo con un códec, se empaqueta en un formato más ligero que puede transportarse fácilmente. Sin embargo, para reproducirlo, se necesita el mismo códec que lo decodifique correctamente y recupere los datos de audio originales.

### 2.5.1. TIPOS DE CÓDECS Y EJEMPLOS RELEVANTES

Los códecs se clasifican generalmente en dos categorías principales:

1. **Códecs con pérdida (Lossy):** Reducen el tamaño del archivo eliminando información que no es percibida por el oído humano. Estos códecs son ideales para aplicaciones donde el tamaño reducido es más importante que la calidad perfecta.
  - o **MP3 (MPEG-1 Audio Layer III):** Uno de los primeros y más populares códecs de audio con pérdida. Permite comprimir un archivo hasta en un 90% manteniendo una calidad aceptable, lo que lo hizo revolucionario en el mundo del audio.
  - o **AAC (Advanced Audio Coding):** Mejor que MP3 en eficiencia, este códec se utiliza ampliamente en plataformas de streaming como Spotify y Apple Music.

- o **WMA (Windows Media Audio):** Desarrollado por Microsoft, buscaba competir con MP3, ofreciendo una calidad similar a tasas de compresión más bajas.
- 2. **Códecs sin pérdida (Lossless):** Comprimen los datos sin descartar ninguna información, asegurando que la calidad original se mantenga intacta. Estos códecs son ideales para aplicaciones donde la fidelidad del sonido es crítica.
  - o **FLAC (Free Lossless Audio Codec):** Comprime los archivos manteniendo toda la calidad original, ideal para audiófilos o almacenamiento de música de alta fidelidad.
  - o **ALAC (Apple Lossless Audio Codec):** Equivalente al FLAC pero desarrollado por Apple, ampliamente utilizado en su ecosistema.

## 2.6. LA TASA DE BITS O *BITRATE*

En el ámbito del audio y del video hay un concepto fundamental que define la calidad y la eficiencia del contenido: **la tasa de bits**, conocida también como **bitrate**. Este término describe la **cantidad de información digital que se transmite, almacena o procesa en un segundo**, y actúa como un indicador crítico de calidad, especialmente en aplicaciones de *streaming* y almacenamiento digital.

El bitrate se mide en bits por segundo (**bps**) y determina cuánta información puede ser transmitida o almacenada en un intervalo de tiempo. En el caso del audio, un mayor bitrate significa que se capturan más detalles sonoros, lo que generalmente se traduce en una **calidad auditiva superior**. Por ejemplo, un archivo de música con un bitrate de **320 kbps** tendrá más fidelidad y profundidad que uno de **128 kbps**, porque incluye más datos por segundo.

Por lo tanto, el bitrate afecta a la calidad de los archivos almacenados, y desempeña un papel crucial en el *streaming* de contenidos. En plataformas como Spotify, Twitch o Netflix, el bitrate se ajusta automáticamente según la velocidad de conexión a internet del usuario. Si tienes una conexión rápida y estable, puedes disfrutar de contenido con un bitrate alto, lo que significa mejor calidad de imagen y sonido. Por otro lado, en conexiones más lentas, el servicio reduce el bitrate para evitar interrupciones por *buffering*, lo que puede disminuir la calidad del contenido que recibes.

El bitrate de un archivo de audio o video se calcula combinando varios parámetros técnicos que determinan su calidad. Para el audio, la fórmula es:

$$\text{Bitrate} = \text{Número de canales} \times F_s \times Q$$

Donde:

- **Número de canales:** Define si el audio es mono (1 canal), estéreo (2 canales), o multicanal (como en configuraciones 5.1).
- **Fs:** La cantidad de muestras tomadas por segundo, medida en Hz (por ejemplo, 44.1 kHz para audio estándar o 48 kHz para audio profesional).
- **Q:** El número de bits usados para codificar cada muestra (16 bits para calidad estándar o 24 bits para audio de alta fidelidad).

**EJERCICIO 2.3.** Si tenemos una pista de audio estéreo (2 canales) con una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz y codificada con 16 bits, 1) ¿cuál es su bitrate? 2) Si la canción dura 1 minuto, ¿cuánto ocupa en el disco duro?

1) El cálculo del bitrate es directo con los datos proporcionados:

$$\text{Bitrate} = 2 \times 44100\text{Hz} \times 16\text{bits} = 1411.2 \text{ kbps}$$

2) si sabemos que la cantidad de información en un segundo es de **1411.2 kbits**, en 1 minuto tendremos que:

$$\begin{aligned} * \text{Información total} &= 1411.2 \text{ kbits} * 60\text{s} = 84672 \text{ Kbits} / 8 = 10584 \\ \text{KBytes} &= 10.5 \text{ MB} \end{aligned}$$

Este valor es característico del formato **CD de audio** y explica por qué los archivos de calidad sin compresión ocupan más espacio.

Mientras que el bitrate en audio se mide generalmente en **kilobits por segundo (kbps)**, el bitrate en video, debido a su mayor complejidad y volumen de datos, se mide en **megabits por segundo (Mbps)**. Esto refleja la mayor cantidad de información necesaria para representar imágenes en movimiento junto con el audio.

Por ejemplo:

- **Audio MP3 a 320 kbps:** Alta calidad para música digital comprimida.
- **Video HD (1080p) a 5 Mbps:** Calidad estándar para streaming.
- **Video 4K UHD a 25 Mbps:** Calidad superior para pantallas de alta resolución.

Por lo tanto, el bitrate actúa como un punto de equilibrio entre la calidad del contenido y los recursos necesarios para manejarlo. Archivos con bitrates altos ofrecen una calidad impresionante, pero requieren más espacio de almacenamiento y mayor ancho de banda para transmisión. Por el contrario, bitrates más bajos reducen estos requerimientos, pero sacrifican detalles y fidelidad.

**AUTOTEST**

- 1. Si estás ajustando la cuantificación en un sistema de grabación digital, ¿qué estás modificando específicamente?**
  - A. El número de muestras tomadas por segundo
  - B. El número de bits por muestra
  - C. La velocidad de bits por segundo
  - D. Ninguna de las opciones
  
- 2. ¿Cuál es el resultado de codificar el valor decimal '14' en un sistema binario de 4 bits?**
  - A. 1101
  - B. 1110
  - C. 1011
  - D. 1000
  
- 3. ¿Cuál es uno de los propósitos de utilizar un códec en la producción y distribución de un podcast?**
  - A. Incrementar la claridad del audio grabado
  - B. Incrementar la frecuencia de muestreo del audio
  - C. Asegurar que el audio pueda ser reproducido en distintos dispositivos
  - D. Mejorar la acústica de la grabación original
  
- 4. ¿Cuál es el primer paso en el proceso de digitalización de una señal de audio analógica en sistemas audiovisuales?**
  - A. Compresión del archivo de audio.
  - B. Ecuilización de la señal de audio.
  - C. Codificación de la señal en un códec específico
  - D. Muestreo de la señal de audio.
  
- 5. Si un técnico audiovisual aumenta el número de bits de cuantificación de 16 a 24, ¿qué aspecto de la grabación de audio mejora?**
  - A. La fidelidad del audio
  - B. El tiempo de transmisión del archivo de audio
  - C. La duración del archivo de audio
  - D. La frecuencia de muestreo del audio

- 6. En un sistema de audio estéreo, si cada canal se muestrea a 8 kHz y se cuantifica a 4 bits, ¿cuál sería el bitrate?**
- A. 8 kbps
  - B. 16 kbps
  - C. 128 kbps
  - D. 64 kbps
- 7. Usted está grabando un sonido cuya  $F_{max}$  es de 15 kHz. ¿Cuál debería ser la  $F_s$  mínima para evitar distorsión en la grabación?**
- A. 60 kHz
  - B. 15 kHz
  - C. 20 kHz
  - D. 30 kHz
- 8. Estás editando un archivo de audio para un podcast y quieres asegurarte de que todas las frecuencias se capturen sin distorsiones, independientemente de qué fuente de audio procedan. ¿cuál es la  $F_s$  mínima que deberías utilizar para la grabación?**
- A. 20 kHz
  - B. 40 kHz
  - C. 48 kHz
  - D. 96 kHz
- 9. Se está configurando un sistema de grabación digital y se elige una  $Q$  de 8 bits para la cuantificación. Sabiendo que cada nivel de cuantificación está separado por 0.5 dB, ¿cuál sería el error de cuantificación máximo posible para cualquier muestra dada?**
- A. 4 dBs
  - B. 8 dBs
  - C. 0.25dBs
  - D. 2 dBs

- 10. Si estás utilizando una profundidad de  $Q=4$  bits para la cuantificación de tu señal de audio, ¿cuántos niveles de cuantificación distintos podrás obtener?**
- A. 128
  - B. 16
  - C. 8
  - D. 32
- 11. Si incrementas la profundidad de bits para la cuantificación de 3 bits a 4 bits, ¿cuánto aumentarán los niveles de cuantificación disponibles?**
- A. 16 niveles adicionales
  - B. 12 niveles adicionales
  - C. 8 niveles adicionales
  - D. 4 niveles adicionales
- 12. En un sistema de grabación que utiliza una cuantificación de 5 bits, ¿cuál es el rango de valores decimales que se pueden representar de forma precisa?**
- A. 1 a 32
  - B. 1 a 31
  - C. 0 a 31
  - D. 0 a 32

## CAPÍTULO 3. LA IMAGEN DIGITAL

En este tercer capítulo, exploraremos los fundamentos de la **imagen digital**, un pilar esencial en el ámbito de la comunicación audiovisual y las tecnologías de la comunicación. A través de conceptos básicos y aplicaciones prácticas, nos adentraremos en cómo las imágenes digitales se crean, almacenan, procesan y reproducen en diferentes contextos.

Comenzaremos por entender los elementos básicos que componen una imagen digital, como el **píxel** y su relación con la **resolución** y la **profundidad de color**. Estos aspectos nos ayudarán a comprender cómo se define la calidad visual y cómo la tecnología traduce las características analógicas del mundo real en formatos digitales. A continuación, exploraremos cómo se digitalizan las imágenes analógicas mediante procesos como el **muestreo y la cuantificación**, y cómo estas etapas convierten la información visual continua en datos discretos que pueden ser procesados por dispositivos digitales.

Después, estudiaremos los **modelos de color** más utilizados, como RGB y CMYK, y su importancia en la reproducción precisa de los colores en diferentes dispositivos y medios. También abordaremos otros modos de color como la escala de grises, el bitmap y el duotono, que se utilizan en aplicaciones específicas para optimizar recursos o lograr efectos visuales concretos.

Finalmente, analizaremos los diferentes **formatos de archivo de imagen**, desde los más comunes como JPEG y PNG, hasta los más especializados como TIFF y EPS. Aprenderemos las ventajas y desventajas de cada formato, y cómo seleccionar el más adecuado según el objetivo del proyecto, ya sea edición, impresión o publicación web.

### 3.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA IMAGEN DIGITAL: EL PÍXEL

Cuando nos adentramos en el mundo de la **imagen digital**, encontramos un concepto esencial y omnipresente: el **píxel**. Esta palabra, acrónimo de *“picture*

*element*” (elemento de imagen), es la piedra angular sobre la cual se construyen, manipulan y visualizan las imágenes digitales.

Un píxel es la **unidad más pequeña** que compone una imagen digital. Para imaginarlo, podemos pensar en una fotografía como un mosaico, donde cada píxel es una pequeña pieza que contribuye al conjunto. La calidad, detalle y apariencia de la imagen final dependen directamente de estos pequeños bloques, que juntos forman la totalidad de lo que vemos en la pantalla de nuestros dispositivos.

En esencia, cada píxel contiene **información sobre el color y la luminosidad** en un punto específico de la imagen. En imágenes en blanco y negro, por ejemplo, un píxel solo almacena un valor de luminosidad, que va del negro al blanco pasando por diferentes tonos de gris. Sin embargo, en imágenes a color, cada píxel almacena una combinación de valores que representan colores.

### 3.1.1. LA NATURALEZA DIGITAL DEL PÍXEL

La información de cada píxel se almacena en **formato binario**, es decir, utilizando combinaciones de 0 y 1. Este detalle conecta directamente con los conceptos de los capítulos anteriores sobre **sistemas numéricos** y **bits de información**. La cantidad de bits asignados a un píxel se conoce como **profundidad de color**, y determina la cantidad de colores o tonos que se pueden representar. Por ejemplo:

- Con **1 bit**, un píxel puede representar solo dos valores: blanco o negro.
- Con **8 bits**, un píxel puede representar 256 tonos diferentes, suficiente para mostrar imágenes en escala de grises.
- Con **24 bits**, un píxel puede combinar 256 tonos de rojo, verde y azul, lo que permite representar más de 16 millones de colores ( $256 \times 256 \times 256$ ), una profundidad común en imágenes a color.

Es importante remarcar que el concepto de píxel no solo es técnico; además es fundamental para cualquier persona que trabaje en campos como la **fotografía**, el **diseño gráfico**, la **animación** o la **producción de video**. Desde ajustar el brillo o el contraste en una fotografía hasta renderizar gráficos tridimensionales para películas o videojuegos, el píxel es el elemento que une lo técnico con lo artístico.

Además, el tamaño de los píxeles y la densidad con la que se distribuyen en una pantalla afectan directamente la calidad percibida de una imagen. Cuanto mayor sea la densidad de píxeles, más nítida y detallada será la imagen que veremos en pantalla.

Entender el concepto del píxel es solo el primer paso para adentrarnos en la **tecnología detrás de las imágenes digitales**. A lo largo de este capítulo, exploraremos cómo los píxeles trabajan juntos para formar imágenes de alta resolución, y exploraremos la manera en la que los diferentes modelos de color definen la apariencia de estas imágenes y cómo factores como la resolución y la profundidad de color impactan la calidad visual y el peso de los archivos.

### 3.2. IMÁGENES EN MAPA DE BITS Y REPRESENTACIONES VECTORIALES

En el ámbito del diseño gráfico y la edición de imágenes, encontramos dos formas fundamentales de representar imágenes digitales: las **imágenes en mapa de bits** (o rasterizadas) y las **imágenes vectoriales**. Cada una de ellas tiene características, ventajas y aplicaciones específicas, y entenderlas también es clave para elegir la mejor opción según el proyecto que queramos llevar a cabo. **La Figura 3.1** ilustra las diferencias clave entre una imagen en mapa de bits (raster) y una imagen vectorial. A la izquierda, se representa un mapa de bits como una cuadrícula de píxeles, donde cada celda de la cuadrícula puede tener un color distinto. A la derecha, la representación vectorial utiliza formas geométricas precisas, definidas matemáticamente, para crear imágenes limpias y escalables. Este tipo de representación es ideal para logotipos, gráficos y diseños que requieren claridad y precisión a cualquier tamaño.

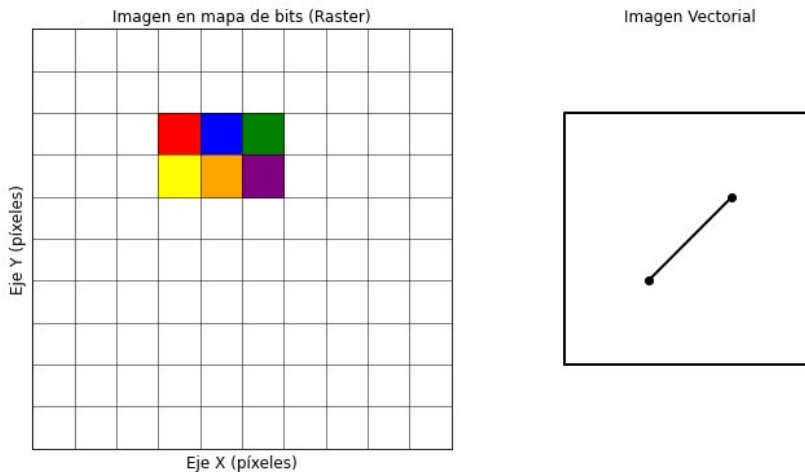


Figura 3.1. Comparación entre una imagen en mapa de bits (izquierda), representada como una cuadrícula de píxeles individuales, y una imagen vectorial (derecha), donde las formas geométricas permiten una representación escalable.

### 3.2.1. IMÁGENES EN MAPA DE BITS (RASTER)

Las imágenes en mapa de bits, también conocidas como imágenes rasterizadas, están formadas por una cuadrícula de **píxeles**. Cada píxel contiene información sobre el color y, en algunos casos, la transparencia en ese punto específico de la imagen. Este enfoque permite capturar detalles sutiles, gradientes suaves y texturas complejas, lo que las hace ideales para **fotografías** y **composiciones realistas**.

Por ejemplo, una fotografía digital de alta resolución puede estar compuesta por millones de píxeles, cada uno representando una diminuta porción del color de la escena capturada. Sin embargo, esta riqueza en detalle tiene una desventaja: las imágenes rasterizadas tienen un tamaño fijo y dependen de su **resolución**. Al intentar escalarlas más allá de su tamaño original, los píxeles se hacen visibles, dando lugar al efecto de **pixelación** y a una pérdida notable de nitidez.

#### **Ventajas de las imágenes rasterizadas:**

- Capturan detalles complejos, como texturas y gradientes.
- Ideales para fotografías y ediciones con efectos visuales sutiles.

#### **Inconvenientes:**

- La calidad disminuye al escalarlas.
- Archivos grandes, muy pesados, especialmente en alta resolución.

### 3.2.2. IMÁGENES BASADAS EN LA REPRESENTACIÓN VECTORIAL

A diferencia de las imágenes rasterizadas, las **imágenes vectoriales** no están formadas por píxeles individuales. En su lugar, utilizan **ecuaciones matemáticas** para describir **formas geométricas** como líneas, curvas, polígonos y puntos. Por ejemplo, un círculo en un archivo vectorial no está definido por píxeles, sino por una fórmula matemática que describe su radio, posición y color.

Esta naturaleza matemática otorga a las imágenes vectoriales una característica destacada: **son infinitamente escalables**. Puedes agrandarlas o reducir las a cualquier tamaño sin pérdida de calidad. Esto las hace perfectas para **logotipos**, **tipografías**, **iconos** e **ilustraciones técnicas**, donde la claridad y precisión son esenciales.

Sin embargo, debido a que los vectores se construyen a partir de formas geométricas, no son adecuados para representar imágenes complejas o realistas, como fotografías, que requieren gradientes sutiles y variaciones tonales detalladas.

### **Ventajas de las imágenes vectoriales:**

- Escalabilidad sin pérdida de calidad.
- Archivos más pequeños para diseños simples.
- Ideales para logotipos, ilustraciones y gráficos.

### **Inconvenientes:**

- No son aptas para representar texturas o gradientes complejos.
- Limitadas en su capacidad para capturar realismo fotográfico.

La elección entre un formato rasterizado y uno vectorial depende de las necesidades del proyecto:

- Si estás trabajando con **fotografías**, imágenes con **texturas complejas** o **gradientes suaves**, las imágenes rasterizadas son la opción adecuada.
- Si el proyecto requiere **claridad a cualquier escala**, como en un logotipo, un gráfico o una tipografía, las imágenes vectoriales serán más efectivas.

## **3.3. LA RESOLUCIÓN EN IMÁGENES DIGITALES**

La resolución es una de las características más importantes de una imagen digital y un factor clave que determina su calidad visual y aplicabilidad en distintos contextos. Básicamente, la resolución mide cuántos píxeles componen una imagen en mapa de bits, y puede evaluarse de tres diferentes maneras: **total de píxeles**, **densidad de píxeles** y **tamaño en píxeles**. Cada una de estas formas de medir la resolución tiene implicaciones específicas según el uso que se le vaya a dar a la imagen.

### *3.3.1. TIPOS DE RESOLUCIÓN*

La **resolución total** de píxeles es la manera más directa de evaluar la resolución de una imagen. Esta medida se calcula multiplicando el número de píxeles horizontales (ancho) por el número de píxeles verticales (alto). Por ejemplo, si una imagen tiene 3000 píxeles de ancho y 2000 píxeles de alto, el total de píxeles será de 6,000,000, millones de píxeles, lo que comúnmente se denomina **6 megapíxeles**. La **Figura 3.2.** muestra una cuadrícula representando una imagen digital con una resolución total de 256 píxeles. Cada celda de la cuadrícula representa un píxel individual con un color asignado aleatoriamente.

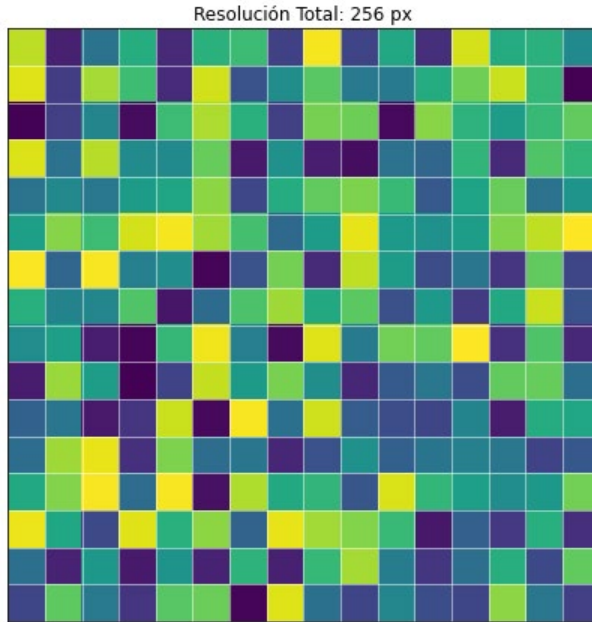


Figura 3.2. Representación de una cuadrícula de resolución total de 256 píxeles.

Este enfoque es especialmente relevante en fotografía digital y suele mencionarse en las especificaciones técnicas de cámaras, smartphones y otros dispositivos de captura de imágenes. Una cámara de 12 megapíxeles, por ejemplo, puede capturar imágenes que contienen 12 millones de píxeles, proporcionando un nivel significativo de detalle.

Por otro lado, la **resolución por densidad** de píxeles se mide en **DPI** (dots per inch) o **PPP** (píxeles por pulgada). Esta métrica describe cuántos píxeles están presentes en cada pulgada cuadrada de la imagen y es fundamental en el ámbito de la impresión. En la **Figura 3.3.** el área destacada en rojo resalta una región dentro de la cuadrícula, donde se ha contado un total de 8 píxeles en un intervalo horizontal y 8 en el intervalo vertical, resultando en una densidad uniforme de **8 PPP** (o DPI). Si el número de PPP es igual tanto en el ancho como en el alto, como en este ejemplo (8x8 PPP), la densidad de píxeles es uniforme. Sin embargo, si los PPP en una dirección (horizontal o vertical) difieren, se genera una proporción desigual. En tales casos, se anota como, por ejemplo, **“8x10 PPP”**, indicando que hay 8 píxeles por pulgada en el eje horizontal y 10 en el vertical.

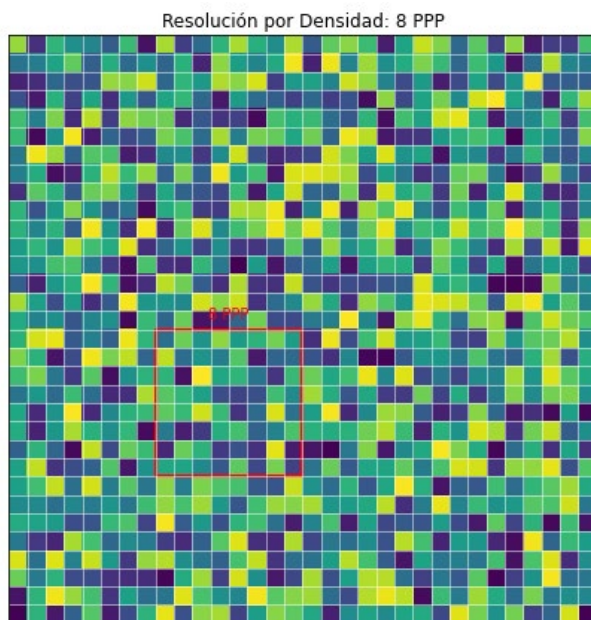


Figura 3.3. Representación de la resolución por densidad en una cuadrícula de 32x32 píxeles, destacando una región con una densidad de 8 PPP (píxeles por pulgada).

- **Resoluciones comunes:**

- o **72 DPI:** Suficiente para imágenes destinadas a la visualización en pantalla, como en sitios web.
- o **300 DPI o más:** Recomendado para impresiones de alta calidad, donde se necesita un mayor nivel de detalle y nitidez.

La importancia de la densidad radica en que una imagen con un mayor DPI mostrará más detalles cuando se imprima. Por el contrario, una imagen con un DPI bajo podría aparecer borrosa o pixelada en papel, aunque se vea bien en pantalla.

Finalmente, **la resolución por tamaño**, expresado como **ancho x alto**, es probablemente la medida más familiar, ya que describe directamente las dimensiones de una imagen, tal y como se puede apreciar en la **Figura 3.4**. Por ejemplo:

- **1920x1080 píxeles** (Full HD): Resolución común en pantallas de televisores y monitores.
- **3840x2160 píxeles** (4K Ultra HD): Estándar para pantallas de alta definición y contenido audiovisual premium.

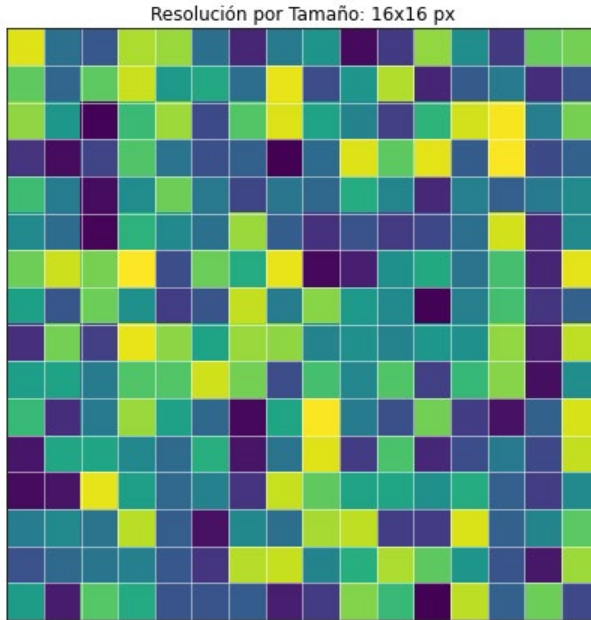


Figura 3.4. Ejemplo de resolución por tamaño, mostrando una cuadrícula de 16x16 píxeles.

Esta medida también afecta la experiencia de visualización en dispositivos. Cuanto mayor sea la resolución, más espacio tendrán los detalles finos, lo que resulta en una imagen más clara y precisa. Sin embargo, también aumenta el tamaño del archivo, lo que puede ser un problema en términos de almacenamiento o transmisión de datos. Por lo tanto, la resolución afecta directamente a:

1. **La calidad visual percibida:** Más píxeles significan más detalles.
2. **El tamaño del archivo:** Imágenes con resoluciones altas ocupan más espacio y requieren más ancho de banda para su transmisión.
3. **La compatibilidad con diferentes plataformas:** Por ejemplo, plataformas de streaming como YouTube o Twitch ajustan automáticamente la resolución del video en función del dispositivo y la conexión a internet del usuario.

Por tanto, para un estudiante de Comunicación Audiovisual, seleccionar la resolución adecuada es crucial para optimizar la calidad y el rendimiento en función del uso previsto. Esto es especialmente relevante en la producción audiovisual, donde diferentes medios y plataformas tienen requisitos específicos.

**EJERCICIO 3.1.** Una pantalla tiene una resolución por tamaño de **1920 x 1080 píxeles** y un tamaño físico de **40 cm de ancho por 22.5 cm de alto**.

- 1) Calcula el tamaño físico de un píxel en centímetros tanto en el eje horizontal como en el eje vertical.
- 2) Determina la resolución por densidad en PPP (píxeles por pulgada) para esta pantalla.

### **SOLUCIÓN:**

En primer lugar, calcularemos el tamaño físico de un píxel. Para ello dividiremos para las dos dimensiones (ancho y alto) el tamaño en cm de la pantalla, entre el número de píxeles en dicha dimensión:

$$* \text{Tamaño Horizontal (Ancho)} = 40\text{cm} / 1920 \text{ px} = 0.02\text{cm}$$

$$* \text{Tamaño Vertical (Alto)} = 22.5\text{cm} / 1080 \text{ px} = 0.02\text{cm}$$

- 1) Resulta que el píxel es cuadrado, con unas dimensiones de **0.02x0.02 cm**. Ahora, hemos de averiguar cuantos píxeles caben dentro de esa región de una pulgada cuadrada (2,54cm x 2,54 cm). Para ello, basta con dividir esa región entre el tamaño del píxel:  
  
2)  $\text{PPP} = 2.54 \text{ cm} / 0.02\text{cm} = \mathbf{127 \text{ PPPs (o DPIs)}}$ .

### **3.4. LA RELACIÓN DE ASPECTO**

La relación de aspecto es un concepto esencial en el ámbito de la comunicación audiovisual, ya que determina cómo se distribuyen las dimensiones de ancho y alto de una imagen o pantalla de video. Esta proporción es clave para garantizar que el contenido se visualice correctamente en diferentes dispositivos y formatos, manteniendo la experiencia del usuario lo más fiel posible a la intención original del creador.

Desde un punto de vista formal, la relación de aspecto se define como la **proporción matemática** entre **la anchura y la altura de una imagen o video**. Por ejemplo:

- Una relación de **4:3** indica que, por cada 4 unidades de ancho, hay 3 unidades de alto. Este formato fue el estándar en televisores antiguos y cámaras analógicas.

- Una relación de **16:9**, conocida como formato panorámico, significa que por cada 16 unidades de ancho, hay 9 de alto. Actualmente es el estándar predominante en televisores, monitores y contenido de alta definición.

La **Figura 3.5.** representa las relaciones de aspecto 4:3 y 16:9 mediante cuadrículas. Así, la relación 4:3 presenta una distribución más equilibrada entre el ancho y el alto, generando una forma más cuadrada. Por otro lado, la relación 16:9 es más alargada en el eje horizontal, proporcionando una experiencia de visualización más panorámica.

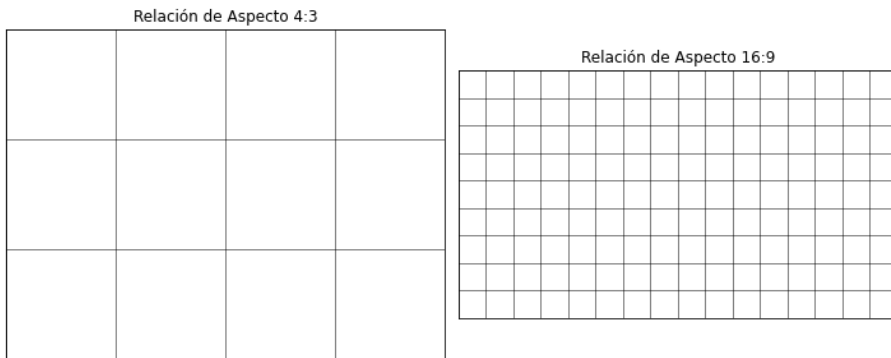


Figura 3.5. Relaciones de aspecto 4:3 (izquierda) y 16:9 (derecha) representadas mediante cuadrículas.

Es importante destacar que la relación de aspecto no depende del tamaño físico de la pantalla o imagen, sino únicamente de la proporción entre sus dimensiones. Así, una imagen de 1920x1080 píxeles (Full HD) y otra de 3840x2160 píxeles (4K Ultra HD) comparten la misma relación de aspecto: **16:9**. Es decir, aunque la relación de aspecto no especifica el número total de píxeles, está directamente vinculada a la resolución. Por ejemplo, una resolución de **1920x1080 píxeles (Full HD)** y **1280x720 píxeles (HD)** tienen la misma relación de aspecto de **16:9**, pero difieren en la densidad de píxeles y, por tanto, en la calidad de la imagen.

**EJERCICIO 3.2.** Supongamos que tienes una pantalla cuya resolución por tamaño es de **1920 x 1280 px**. 1) Calcula la relación de aspecto simplificando las dimensiones del ancho y el alto. 2) Verifica si corresponde a un formato conocido en la producción audiovisual o diseño gráfico.

**SOLUCIÓN:**

**1) Relación de aspecto**= $1920/1280$ = (simplificamos dividiendo numerador y denominador entre 2)  $\rightarrow 192/128 = 96/64 = 48/32 = 24/16 = 12/8 = 6/4 = 3/2$

**2) La relación de aspecto de 3:2 es un formato común utilizado en fotografía, especialmente en cámaras DSLR (Digital Single-Lens Reflex) y otros dispositivos de captura de imagen.**

### 3.5. FORMATOS DE RESOLUCIÓN DE PANTALLA

Tras entender el concepto de la relación de aspecto, es importante explorar los formatos de resolución más comunes en pantallas digitales. Estos formatos determinan la cantidad de píxeles que una pantalla puede mostrar, además de influir en la calidad visual y en cómo se adapta el contenido a diferentes dispositivos y aplicaciones. A continuación, se describen los formatos más relevantes que existen hoy en día, y hemos visto en clase:

#### **SDTV (Standard Definition Television)**

- **Resolución:** 720 x 480 píxeles
- **Relación de aspecto:** 4:3
- **Características:** Este formato fue el estándar durante la era analógica de la televisión. Aunque su resolución es limitada comparada con los estándares modernos, sigue utilizándose para contenido que no requiere alta definición, como transmisiones de televisión en algunas regiones y ciertos dispositivos de menor capacidad.

#### **HD Ready (High Definition Ready)**

- **Resolución:** 1280 x 720 píxeles
- **Relación de aspecto:** 16:9
- **Características:** Este formato marca la entrada al mundo de la alta definición. Aunque no alcanza la plenitud del Full HD, ofrece una mejora

significativa en nitidez y claridad en comparación con SDTV. Es adecuado para contenido en plataformas digitales y televisores más económicos. La actual TDT transmite con este formato.

### **Full HD (Full High Definition)**

- **Resolución:** 1920 x 1080 píxeles
- **Relación de aspecto:** 16:9
- **Características:** Este es probablemente el formato más conocido y utilizado, siendo el estándar en transmisiones de televisión, videojuegos y contenido en Blu-ray. Proporciona imágenes nítidas y detalladas, y es ideal para aplicaciones de consumo masivo y entretenimiento.

### **2K**

- **Resolución:** 2048 x 1080 píxeles
- **Relación de aspecto:** Variable, pero suele estar cercana a 17:9
- **Características:** Aunque su nombre puede inducir a pensar que duplica el Full HD, en realidad su ancho es ligeramente mayor. Este formato es común en la producción cinematográfica digital, donde se requiere un estándar más amplio para proyectores de cine.

### **QHD (Quad High Definition) y 2.7K**

- **Resolución:**
  - **QHD:** 2560 x 1440 píxeles (relación 16:9)
  - **2.7K:** 2704 x 1520 píxeles (relación cercana a 16:9)
- **Características:** Ambos formatos ofrecen una resolución más alta que Full HD, siendo comunes en monitores de ordenador, televisores de alta gama y cámaras avanzadas. Gracias a su mayor densidad de píxeles, proporcionan imágenes más detalladas y claras, ideales para diseño gráfico y edición de video.

### **4K (Ultra High Definition)**

- **Resolución:**
  - **4K Cine:** 4096 x 2160 píxeles (relación 17:9)
  - **UHD TV:** 3840 x 2160 píxeles (relación 16:9)
- **Características:** El 4K es el estándar emergente para contenido de alta gama y entretenimiento. En el contexto de televisores, a menudo se denomina UHD y tiene una resolución ligeramente menor que el formato 4K de cine. Ofrece una experiencia visual inmersiva con un nivel de detalle

extraordinario, siendo ideal para pantallas grandes, películas y videojuegos de última generación.

### **3.6. DIMENSIÓN Y RESOLUCIÓN EN IMÁGENES DIGITALES: ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA?**

Cuando trabajamos con imágenes digitales, es crucial entender la diferencia entre **dimensión** y **resolución**, que son dos conceptos relacionados pero distintos. Conocerlos a fondo es esencial para lograr resultados de calidad, ya sea en la impresión, el diseño gráfico o el contenido para plataformas digitales.

#### **Dimensión de la Imagen**

La **dimensión** de una imagen se refiere a su tamaño absoluto, medido en términos de **ancho y alto**. Generalmente, estas medidas se expresan en píxeles, pero también pueden utilizarse unidades físicas como pulgadas o centímetros. Por ejemplo:

- Una imagen de **1920 píxeles de ancho por 1080 píxeles de alto** tiene dimensiones de **1920x1080 píxeles**.
- En el caso de impresión, podríamos expresar las dimensiones en términos de longitud, como una **fotografía de 10 x 15 cm**.

La dimensión es una medida fija que indica cuántos píxeles componen la imagen en horizontal y vertical. Esto influye directamente en cómo se verá la imagen en términos de tamaño en diferentes dispositivos o superficies de impresión.

#### **Resolución de la Imagen**

Por otro lado, la **resolución** describe la **densidad de píxeles** dentro de una unidad estándar, generalmente una pulgada cuadrada, y se mide en **DPI** (puntos por pulgada) para impresión o **PPI** (píxeles por pulgada) para pantallas.

Una resolución más alta significa que hay más píxeles empaquetados dentro de una pulgada, lo que normalmente da como resultado una imagen más nítida y detallada. Sin embargo, una alta resolución también puede aumentar el tamaño del archivo, lo que puede ser un inconveniente para el almacenamiento o la transmisión de la información.

Es posible modificar las dimensiones de una imagen sin alterar su resolución, utilizando herramientas de edición como Photoshop. Por ejemplo, una imagen de **3000x2000 píxeles a 300 DPI** puede reducirse a **1500x1000 píxeles** mientras se mantiene la resolución de 300 DPI. En este caso, el tamaño físico de impresión

disminuirá (la imagen será más pequeña), pero la densidad de píxeles seguirá siendo la misma, conservando así la calidad visual.

De manera similar, se puede cambiar la resolución de una imagen sin afectar sus dimensiones. Por ejemplo, una imagen de **3000x2000 píxeles a 300 DPI** puede ajustarse a **72 DPI** para uso en web, donde una menor resolución es suficiente y más eficiente. Aunque las dimensiones en píxeles permanecen iguales, el cambio en la resolución reduce el tamaño del archivo, haciéndolo más ligero para carga rápida en plataformas digitales.

### 3.7. DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES ANALÓGICAS

Tal y como ya hemos visto en el capítulo anterior, la digitalización es un proceso fundamental que permite convertir una imagen analógica en una representación digital comprensible para los ordenadores y dispositivos electrónicos. Sin embargo, **una imagen digital no es simplemente una copia directa de su contraparte analógica**. Su creación implica tres pasos fundamentales: el **muestreo**, la **cuantificación** y la **codificación**, un proceso similar al de la digitalización del audio.

El **muestreo** consiste en tomar información de la imagen analógica en puntos regulares de su superficie. Imaginad que superponemos una cuadrícula invisible sobre la imagen; en cada intersección de esta cuadrícula, se toma una muestra que captura datos sobre el color y la luminosidad de ese punto. Este proceso se puede comparar con convertir un cuadro pintado a mano en un mosaico compuesto por pequeños bloques de colores sólidos. La **Figura 3.6** ilustra este proceso.

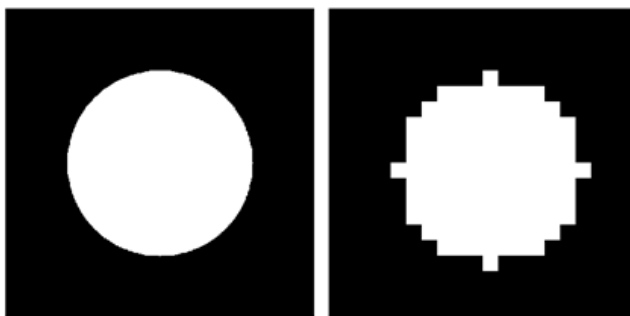


Figura 3.6. Proceso de muestreo de una imagen analógica. A la izquierda, se muestra una representación analógica del objeto, con transiciones suaves y continuas de luminosidad. A la derecha, el resultado del muestreo, donde se han tomado muestras en los puntos de intersección de la cuadrícula, transformando la imagen analógica en una representación digital pixelada que simplifica la variabilidad continua en valores discretos.

Para realizar el muestreo, se utilizan dispositivos conocidos como **sensores de carga acoplada** o **CCD** (por sus siglas en inglés, *Charge-Coupled Devices*). Los CCD son componentes electrónicos **sensibles a la luz** que convierten la intensidad lumínica recibida en señales eléctricas. Estas señales eléctricas se interpretan como datos digitales que representan la imagen. Los CCD son esenciales en cámaras digitales, escáneres y otros dispositivos de captura de imágenes debido a su precisión y capacidad para reproducir detalles con fidelidad.

### 3.7.1. LA FRECUENCIA DE MUESTREO Y RESOLUCIÓN DE LA IMAGEN

Ya vimos en el capítulo anterior qué era la frecuencia de muestreo. En imagen digital, también es un parámetro crítico que determina la **resolución de la imagen digital**. Este concepto se refiere a la cantidad de muestras **tomadas por unidad de área**. Aumentar la frecuencia de muestreo equivale a incrementar el número de píxeles en la cuadrícula de la imagen digital, lo que resulta en una resolución más alta. Así, una resolución mayor significa que cada detalle de la imagen analógica original se divide en más píxeles, lo que permite una representación más precisa y detallada. En este sentido, el número de muestras actúa como la “fidelidad” con la que se traduce la imagen analógica al formato digital, tal y como se puede ver en la **Figura 3.7**.

Efectivamente, en la **Figura 3.7** se puede observar que una imagen muestreada con **baja frecuencia** tendrá menos píxeles para representar cada detalle, lo que podría resultar en pérdida de información o una apariencia pixelada. En contraste, una imagen muestreada con **alta frecuencia** podrá capturar detalles más sutiles y reproducirlos de manera nítida, incluso al ampliar la imagen.

Sin embargo, al igual que pasaba con el audio, una frecuencia de muestreo más alta también tiene sus desventajas:

1. **Mayor tamaño de archivo:** Más píxeles significan más datos que almacenar, lo que incrementa el tamaño del archivo digital.
2. **Requisitos computacionales elevados:** Procesar imágenes de alta resolución requiere hardware más potente y tiempo adicional de cómputo.
3. **Costos de captura:** Los dispositivos capaces de muestrear con alta frecuencia suelen ser más caros.

Por estos motivos, como en todo proceso de digitalización, encontrar el equilibrio adecuado entre calidad y eficiencia es esencial. Para aplicaciones donde los detalles son cruciales, como en la fotografía profesional, se justifica una frecuencia

de muestreo alta. **Por otro lado, en contextos donde se prioriza la velocidad o el tamaño del archivo, como en las transmisiones web, una frecuencia más baja puede ser suficiente.**

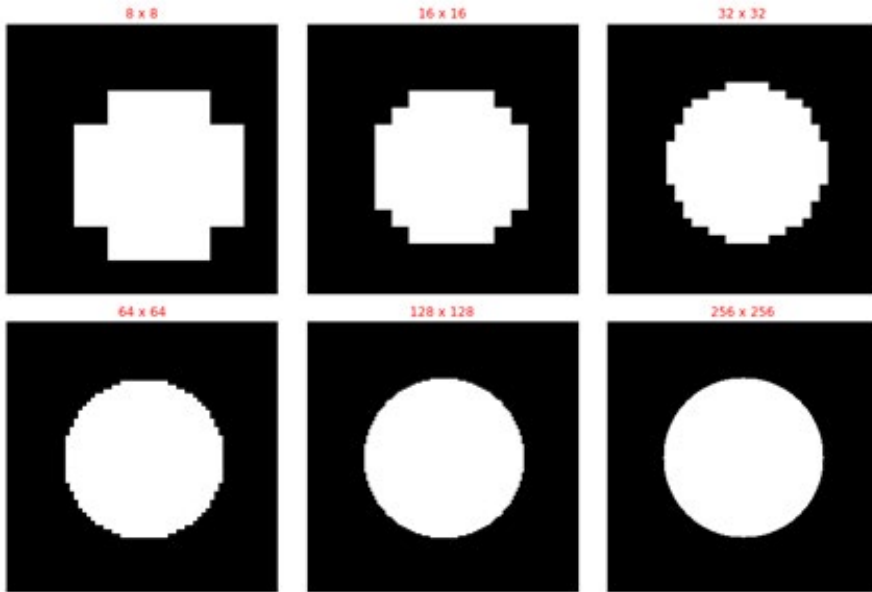


Figura 3.7. Proceso de muestreo con diferentes resoluciones. Cada imagen representa la misma escena digitalizada con una resolución progresivamente menor, desde 8x8 píxeles hasta 256x256 píxeles. A medida que la resolución disminuye, se reduce el detalle de la imagen, destacando la relación directa entre la frecuencia de muestreo y la calidad visual percibida.

### 3.8. LA CUANTIFICACIÓN: TRADUCIENDO LO ANALÓGICO A LO DIGITAL

La cuantificación es el proceso que convierte los valores continuos de intensidad capturados durante el muestreo anterior en **valores discretos** que un ordenador puede procesar. Es un paso fundamental en la digitalización, ya que traduce las infinitas variaciones del mundo analógico en un **número finito de niveles** que los sistemas digitales pueden manejar. Esto es el mismo concepto ya explorado en el capítulo anterior con el audio, ahora en el mundo de la imagen. Así, a diferencia del muestreo, que define la resolución espacial de la imagen (el número de píxeles), **la cuantificación se enfoca en la resolución de intensidad y color.**

Durante el muestreo, cada píxel de la imagen captura un valor continuo de intensidad de luz o color. Sin embargo, para que este valor pueda ser representado en un ordenador, es necesario asignarle un nivel discreto dentro de un rango predefinido. Este rango depende de la **profundidad de color del sistema**, que es el **número de bits utilizados para representar cada píxel**.

En este caso, un mayor número de niveles de cuantificación permite diferenciar entre más tonos de intensidad, lo que resulta en transiciones más suaves y una representación más fiel de la imagen original. Por el contrario, una cuantificación con pocos niveles genera imágenes con menos gradación tonal, pudiendo provocar un efecto de posterización (zonas con cambios abruptos entre tonos).

La **Figura 3.8** ilustra el impacto de la cuantificación en una imagen digital, mostrando cómo la profundidad de color afecta la representación visual. En cada ilustración, la profundidad de color disminuye progresivamente, desde una representación rica en detalles con 256 niveles de grises (arriba a la izquierda), hasta una versión binaria con solo 2 niveles (blanco y negro). A medida que disminuyen los niveles, la transición entre tonos se vuelve más abrupta, generando un **efecto de posterización** que reduce la fidelidad de la imagen original. Este ejemplo demuestra cómo la cantidad de niveles disponibles en la cuantificación influye directamente en la calidad percibida de una imagen.

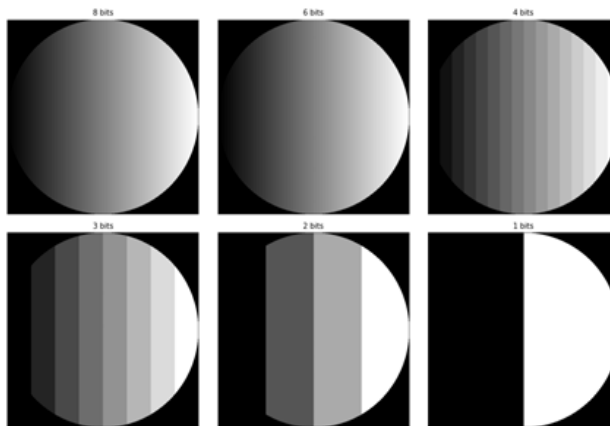


Figura 3.8. Ejemplo del efecto de la cuantificación en una imagen digital. Cada cuadro muestra la misma imagen, con la misma resolución, representada con diferentes profundidades de color, comenzando con 256 niveles y reduciendo hasta solo 2 niveles.

A medida que disminuyen los niveles de cuantificación, la calidad y los detalles de la imagen se degradan, haciendo evidente la importancia de la profundidad de color en la fidelidad visual.

3.8.1. LA PROFUNDIDAD DE COLOR.

La profundidad de color es un concepto clave en la cuantificación. Determina **cuántos bits se utilizan para representar la intensidad o el color de un píxel**, afectando directamente la cantidad de niveles que se pueden diferenciar.

- **Ejemplo de 8 bits:** Con una profundidad de color de **8 bits** en imágenes en escala de grises, cada píxel puede representar **256 niveles diferentes de gris** ( $2^8$ ), donde 0 corresponde al **negro absoluto** y 255 al **blanco puro**. La **Figura 3.9** ilustra el color y el valor correspondiente en cada píxel.

Cuadrícula en Escala de Grises con Niveles Codificados

0	4	8	12	16	20	24	28
32	36	40	44	48	52	56	60
64	68	72	76	80	84	88	92
96	100	104	108	112	116	120	124
128	132	136	140	144	148	152	156
160	164	168	172	176	180	184	188
192	196	200	204	208	212	216	220
224	228	232	236	240	244	248	252
254	255						

Figura 3.9. (Escala de Grises): Cuadrícula que representa diferentes niveles de intensidad en escala de grises. Cada celda muestra su codificación binaria correspondiente, ilustrando cómo la profundidad de color en 8 bits permite representar 256 niveles de gris desde el negro absoluto (0) hasta el blanco puro (255).

- **Ejemplo de 1 bit:** En el caso más extremo, una profundidad de **1 bit** permite solo dos niveles ( $2^1$ ), que se corresponderían, habitualmente con los colores blanco y negro, creando imágenes binarias sin tonos intermedios. La **Figura 3.10** ilustra el color y el valor correspondiente en cada píxel.

**Cuadrícula Blanco y Negro (1 Bit)**

1	1	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	0	0

Figura 3.10 (Blanco y Negro): Cuadrícula que representa una imagen en blanco y negro (1 bit). Cada celda se codifica como 0 para negro o 1 para blanco, demostrando la simplicidad de este formato en términos de representación de imágenes digitales.

Por lo tanto, este concepto es análogo al del audio digital, pero en lugar de asignar valores de amplitud en decibelios (dBs), aquí se atribuye a cada píxel o muestra un valor específico de intensidad o color, seleccionado entre los niveles disponibles según la cantidad de bits utilizados en la profundidad de color.

Finalmente, remarcar que el **sistema binario** desempeña un papel crucial en la representación de imágenes digitales. Cada bit adicional en la profundidad de color aumenta el doble la cantidad de valores posibles que un píxel puede adoptar. Esto significa que, al incrementar la profundidad de bits, se incrementan los niveles de intensidad o color que se pueden asignar a un solo píxel, además de ampliarse significativamente la paleta total de colores disponible para la imagen digital.

**EJERCICIO 3.3.** Calcular cuánto ocupa en el disco duro una imagen de dimensiones **20x10 píxeles**, donde cada píxel puede tomar **16 colores diferentes**.

**SOLUCIÓN:**

- 1) Determinamos el número de píxeles totales en la imagen: **N total px = 20 x 10 = 200px**
  - 2) Si podemos representar 16 colores, entonces  $2^4 = 16$ , por lo que la **Profundidad de Color = 4 bits**.
  - 3) **Tamaño total en bits = 200 px \* 4 bits = 800 bits.**
  - 4) **Convertimos a bytes: 800bits /8 = 100 bytes.**
- \* Por lo tanto, la imagen ocupará 100 bytes en el disco duro.**

### 3.9. MODELOS DE COLOR

Un modelo de color es un estándar matemático que permite **describir y reproducir colores** en dispositivos digitales de manera coherente y precisa. Estos modelos son esenciales en la digitalización de imágenes, ya que actúan como un puente entre la percepción humana del color y su representación técnica en un sistema digital. Mientras la cuantificación determina cuántos colores diferentes puede representar un píxel, **el modelo de color especifica cuáles son esos colores y cómo se combinan para formar una imagen.**

#### **RGB: El Modelo de Color Aditivo**

El modelo **RGB**, que significa Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Blue), se basa en la **mezcla de luz** para crear colores. Es un **modelo aditivo**, lo que significa que los colores se generan combinando diferentes intensidades de luz de estos tres colores primarios. Cuando se combinan en su máxima intensidad, producen blanco, y cuando no hay luz, el resultado es negro.

En el contexto digital, cada canal de color (**R, G, B**) se representa con un rango de valores entre 0 y 255 en un **sistema de 8 bits por canal**, permitiendo **más de 16 millones de combinaciones de colores diferentes** ( $256 \times 256 \times 256$ ). Este modelo es ideal para dispositivos emisores de luz, como **monitores, televisores y cámaras digitales**, donde la calidad del color y el control de la luz son fundamentales. Además, su capacidad para generar transiciones suaves entre colores lo hace especialmente útil para aplicaciones como diseño gráfico y edición de fotografías.

## **CMYK: El Modelo de Color Sustractivo**

En contraste al RGB, el modelo **CMYK (Cian, Magenta, Amarillo y Negro)** se utiliza principalmente en la **impresión**. Este modelo es sustractivo, lo que significa que **los colores se crean absorbiendo luz**. Básicamente, cada tinta añade un filtro que bloquea ciertas longitudes de onda de la luz reflejada. Por ejemplo, el cian absorbe la luz roja, el magenta absorbe la luz verde, y el amarillo absorbe la luz azul.

Teóricamente, combinar cian, magenta y amarillo en sus valores máximos debería producir negro, pero en la práctica, el resultado es un marrón oscuro. Por esta razón, se añade un cuarto componente, el negro (**Key**), que permite crear negros profundos y ricos, **al tiempo que reduce el costo de la tinta en impresión**. En el modelo CMYK, cada color se mide en porcentajes que van del 0% (ausencia de color) al 100% (máxima saturación), lo que permite ajustar con precisión la combinación de tintas para lograr una amplia gama de colores impresos.

### **3.10. OTROS MODOS DE COLOR EN LA DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES**

La digitalización de imágenes no se limita exclusivamente a los modelos RGB y CMYK. Existen otros modos de color diseñados para necesidades específicas, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones. Estos modos de color permiten optimizar recursos, reducir el tamaño de archivos o lograr efectos visuales particulares. A continuación, exploraremos algunos de ellos.

#### **Escala de Grises.**

El modo en escala de grises reproduce imágenes utilizando únicamente variaciones de gris, abarcando **256 niveles** que van desde el blanco puro hasta el negro absoluto. Cada píxel en este modo está representado por **8 bits**, lo que permite capturar sutiles transiciones entre los tonos de gris.

#### **Aplicaciones principales:**

- **Efectos visuales:** Es ideal para crear una estética clásica de fotografía en blanco y negro o un efecto vintage.
- **Optimización de recursos:** Diseñar imágenes web en escala de grises reduce significativamente el tamaño del archivo al eliminar la información de color.

- **Medios impresos en blanco y negro:** Como periódicos y ciertas publicaciones artísticas.

### **Bitmap: Máxima Simplicidad**

El modo bitmap es el más simple de todos, representando cada píxel únicamente con blanco (0) o negro (1). Este modo, también conocido como **monocromo**, utiliza solo **1 bit por píxel**, lo que hace que los archivos resultantes sean extremadamente pequeños y ligeros.

#### **Aplicaciones principales:**

- **Gráficos minimalistas:** Es ideal para crear gráficos sencillos como logotipos en blanco y negro o íconos básicos.
- **Codificación:** Se usa en códigos QR, códigos de barras y otros sistemas donde los datos deben representarse de manera binaria.
- **Optimización extrema:** Diseños que requieren el menor tamaño de archivo posible.

### **Duotono: Estilo y Simplicidad**

El modo duotono utiliza entre **dos y cuatro colores** para crear imágenes con un rango cromático limitado pero expresivo. A menudo se emplean tintas personalizadas, lo que permite jugar con combinaciones de colores específicas y obtener resultados únicos.

#### **Aplicaciones principales:**

- **Diseño corporativo:** Es ideal para marcas que utilizan una paleta reducida de colores en su identidad visual.
- **Impresión artística:** Se usa para crear efectos estilizados en carteles, libros y otras piezas gráficas que no necesitan una gama completa de colores.
- **Estilo distintivo:** Las imágenes en duotono destacan por su apariencia sofisticada y simplificada.

### **Color Indexado: Paletas Limitadas**

El modo de color indexado trabaja con una paleta de hasta **256 colores**, significativamente menos que los millones de colores disponibles en RGB. Cada píxel

se codifica con **8 bits** que hacen referencia a un índice en **una tabla de colores predefinida**, en lugar de almacenar directamente valores de rojo, verde y azul.

**Aplicaciones principales:**

- **Diseño web:** Es ideal para gráficos y elementos web donde es crucial minimizar el tamaño del archivo para tiempos de carga rápidos.
- **Imágenes con gama reducida:** Funciona bien con ilustraciones y gráficos simples que no requieren una representación completa de colores.

### 3.11. FORMATOS DE IMAGEN DIGITAL

Los formatos de imagen digital son fundamentales en la creación, edición, almacenamiento y distribución de contenidos visuales. Cada formato tiene características únicas que lo hacen más adecuado para ciertos usos, dependiendo de factores como la calidad de la imagen, la compatibilidad y el tamaño del archivo. A continuación, se detallan los formatos más relevantes en la industria audiovisual y su aplicabilidad.

#### 1. PSD (Photoshop Document)

El **PSD** es el formato nativo de Adobe Photoshop y está diseñado para preservar toda la información de edición de un archivo.

- **Características principales:**
  - o Soporta **múltiples capas**, máscaras de recorte, efectos y estilos personalizados.
  - o Almacena **canales adicionales**, como el canal alfa para transparencias.
  - o Compatible únicamente con programas que soporten PSD, como Adobe Photoshop o algunos programas de diseño gráfico.
- **Aplicaciones:**
  - o Ideal para **proyectos de edición compleja** que requieren ajustes continuos.
  - o Usado ampliamente en **publicidad, diseño gráfico y edición fotográfica**.

## 2. BMP (Bitmap Image File)

El formato **BMP**, desarrollado por Microsoft, es uno de los más antiguos y simples para almacenar imágenes en mapa de bits.

- **Características principales:**
  - o Puede manejar una profundidad de color de hasta **24 bits** (True Color).
  - o **Sin compresión**, lo que garantiza máxima calidad pero genera archivos grandes.
  - o Nativo de Windows, ampliamente soportado en este sistema operativo.
- **Aplicaciones:**
  - o Útil para **imágenes de alta fidelidad sin pérdida de calidad**, especialmente en proyectos que no requieren optimización de tamaño.
  - o Su uso es menos común hoy en día debido a formatos más avanzados como PNG.

## 3. JPEG (Joint Photographic Experts Group)

El **JPEG** es el formato más común y universal para imágenes comprimidas, optimizado para reducir el tamaño del archivo con pérdida controlada de calidad.

- **Características principales:**
  - o Soporta **compresión con pérdidas**, ajustable para equilibrar calidad y tamaño.
  - o Popular en cámaras digitales, redes sociales y almacenamiento en dispositivos móviles.
- **Aplicaciones:**
  - o Uso generalizado para **fotografía digital y contenido web**.
  - o Ideal para **almacenar imágenes con gradientes suaves**, como paisajes o retratos.

## 4. GIF (Graphics Interchange Format)

El **GIF** es un formato limitado en color, pero versátil en funcionalidad, especialmente para gráficos y animaciones simples.

- **Características principales:**
  - Admite hasta **256 colores**, lo que lo hace poco adecuado para fotografías.
  - Permite **animaciones básicas** mediante cuadros secuenciales.
- **Aplicaciones:**
  - Usado para **iconos, logotipos y gráficos web simples**.
  - Muy popular en **memes y contenido animado** en redes sociales.

## 5. PNG (Portable Network Graphics)

El **PNG** fue diseñado como una alternativa mejorada al GIF, ofreciendo mayor flexibilidad y detalle.

- **Características principales:**
  - **Compresión sin pérdidas**, lo que conserva la calidad original de la imagen.
  - Soporte para **canales alfa**, permitiendo transparencias.
  - Optimizado para la web, pero menos eficiente en términos de tamaño que JPEG.
- **Aplicaciones:**
  - Excelente para **logos y gráficos web** con transparencias.
  - Usado en **diseños web** que requieren calidad de imagen alta sin comprometer el fondo.

## 6. EPS (Encapsulated PostScript)

El **EPS** es un formato vectorial diseñado para aplicaciones de impresión profesional y diseño gráfico.

- **Características principales:**
  - Representa gráficos mediante **vectores**, lo que permite escalar imágenes sin pérdida de calidad.
  - Admite gráficos rasterizados, pero no es su uso principal.
  - Compatible con la mayoría de los programas de diseño y software de impresión.

- **Aplicaciones:**
  - o Usado para **ilustraciones detalladas, logotipos y tipografías.**
  - o Preferido en **entornos de impresión de alta calidad.**

## 7. TIFF/TIF (Tagged Image File Format)

El **TIFF** es un formato de alta calidad ampliamente usado en fotografía profesional y publicación.

- **Características principales:**
  - o Compatible con **compresión sin pérdidas** y archivos de múltiples capas.
  - o Admite una amplia variedad de profundidades de color, desde 8 bits hasta 32 bits por canal.
  - o Menos compatible que formatos como JPEG, pero excelente para archivos de gran calidad.
- **Aplicaciones:**
  - o Ideal para **archivos originales de fotografía**, donde la calidad es crucial.
  - o Usado en **edición profesional e impresión de gran formato.**

**AUTOTEST**

- 1. Estás diseñando una imagen para una pantalla Full HD de 1920x1080. Si decides reducir la imagen a la mitad de su tamaño original, manteniendo la misma relación de aspecto, ¿cuáles serían las dimensiones de la imagen reducida?**
  - A. 1280 x 720 píxeles
  - B. 960 x 540 píxeles
  - C. 800 x 600 píxeles
  - D. 640 x 360 píxeles
  
- 2. ¿Qué determina la profundidad de color en una imagen digital?**
  - A. La información necesaria para representar el color de un píxel
  - B. La cantidad total de píxeles en la imagen digital
  - C. La relación entre el ancho y el alto de la imagen
  - D. La resolución de la pantalla donde se visualiza la imagen
  
- 3. Estás digitalizando una obra de arte para un archivo en línea. Si aumentas la frecuencia de muestreo de la imagen, ¿qué efecto tendrá esto sobre la resolución de la imagen digitalizada?**
  - A. La resolución disminuirá, haciendo la imagen más borrosa
  - B. No habrá ningún cambio en la resolución de la imagen, sino en la profundidad de color
  - C. La resolución aumentará, proporcionando más detalle y nitidez
  - D. La imagen se convertirá en escala de grises
  
- 4. Al preparar imágenes para una página web, necesitas asegurarte de que los iconos se carguen rápidamente sin sacrificar su calidad visual. ¿Qué formato de archivo es más apropiado para este uso?**
  - A. PSD
  - B. TIFF
  - C. JPEG
  - D. PNG

5. **Tienes una pantalla con una resolución de 1440 x 960 píxeles. ¿Cuál es la relación de aspecto de esta pantalla?**
- A. 4:3
  - B. 2:1
  - C. 3:2
  - D. 16:9
6. **Estás diseñando el logo de una nueva empresa, que será utilizado en una variedad de medios, incluyendo tarjetas de presentación, vallas publicitarias y sitios web. ¿Por qué elegirías crear el logo en formato vectorial sobre un formato de mapa de bits**
- A. Los formatos vectoriales son más fáciles de convertir a formatos de mapa de bits
  - B. Las imágenes vectoriales pueden escalarse a cualquier tamaño sin perder calidad
  - C. Las imágenes vectoriales permiten una edición más detallada de los colores.
  - D. Todas son correctas
7. **Estás trabajando en una imagen digital que utiliza una profundidad de color de 8 bits por canal en un espacio de color RGB. ¿Cuántos colores diferentes puede representar cada píxel en esta imagen?**
- A. 1024
  - B. 16.7 millones de colores
  - C. 256 colores
  - D. 65535 colores
8. **Estás creando un diseño gráfico para imprimir con una resolución de 30 ppp. Considerando esta resolución, ¿cuántos píxeles totales hay en una pulgada cuadrada de tu diseño?**
- A. 30
  - B. 60
  - C. 300
  - D. 900

9. **Estás editando una imagen que tiene un tamaño de 30x 20 píxeles. Si guardamos la imagen en modo “bitmap”, ¿cuál es el tamaño en bytes de la imagen sin compresión en el disco duro?**
- A. 60 Bytes
  - B. 120 Bytes
  - C. 90 Bytes
  - D. 150 Bytes
10. **¿Qué significa que una imagen esté en «modo de color indexado»?**
- A. La imagen utiliza una paleta de 256 colores predefinidos
  - B. La imagen se muestra en blanco y negro
  - C. La imagen contiene información de vectores.
  - D. La imagen utiliza una paleta de 64 colores



## CAPÍTULO 4. REDES INFORMÁTICAS E INTERNET

En un mundo cada vez más interconectado, las **redes informáticas** forman el tejido esencial que sostiene nuestra sociedad digital. Desde tareas cotidianas como enviar un correo electrónico o realizar videollamadas, hasta el funcionamiento de plataformas de streaming y sistemas empresariales complejos, estas redes facilitan la **comunicación**, el **intercambio de información** y el **acceso compartido a recursos** de forma eficiente y confiable. Sin ellas, la infraestructura tecnológica moderna simplemente no podría existir.

Este capítulo se adentra en los **fundamentos de las redes informáticas**, analizando cómo funcionan y se estructuran para satisfacer las necesidades de un mundo digital. Exploraremos los **diferentes tipos de redes** según su alcance, desde las redes locales hasta las redes globales, comprendiendo sus características y aplicaciones principales. A medida que avancemos, descubriremos la importancia de los **protocolos** que regulan las comunicaciones, como TCP/IP y HTTP, y entenderemos cómo los dispositivos como routers y switches permiten la conexión entre redes públicas y privadas.

También nos sumergiremos en conceptos clave como las **direcciones IP** y los **nombres de dominio**, que son la base para la navegación en internet, y aprenderemos cómo el **Sistema de Nombres de Dominio** simplifica la interacción con los recursos en línea. Desde la **arquitectura cliente-servidor** hasta los protocolos especializados como FTP para la transferencia de archivos, este capítulo proporciona un marco integral para entender cómo las redes hacen posible el flujo de datos que conecta al mundo.

Finalmente, reflexionaremos sobre la importancia de la **seguridad en las redes**, la necesidad de proteger los datos frente a accesos no autorizados y cómo estas tecnologías transforman nuestra manera de trabajar, aprender y comunicarnos.

#### 4.1. ¿QUÉ ES UNA RED INFORMÁTICA?

En su definición más básica, una **red informática** es un **conjunto de dispositivos**, como ordenadores, impresoras y servidores, que están **conectados entre sí** mediante cables físicos o tecnologías inalámbricas. Estas conexiones permiten a los dispositivos **comunicarse y trabajar juntos** como un sistema cohesivo, rompiendo las barreras físicas y facilitando la colaboración.

Las redes informáticas están diseñadas para cumplir con varios objetivos clave, que se ilustran en la Figura 4.1, y se detallan a continuación:

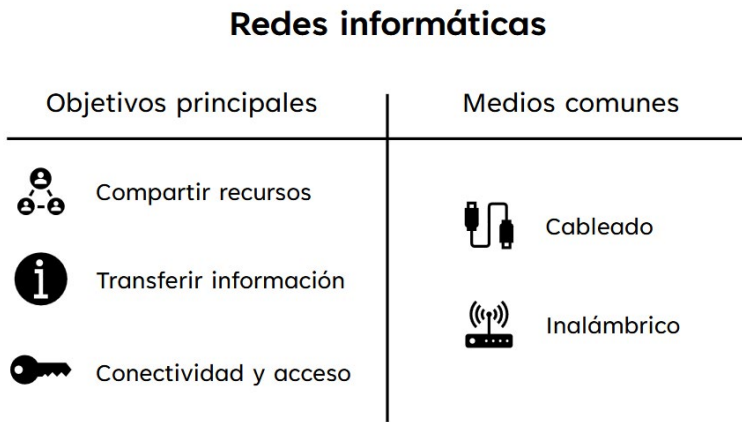


Figura 4.1. Objetivos principales de las redes informáticas y sus medios más comunes de conexión. Las redes permiten compartir recursos, transferir información y proporcionar conectividad, ya sea a través de conexiones cableadas o inalámbricas.

##### 1. Compartir Recursos

Uno de los propósitos más importantes de una red es permitir que los dispositivos conectados compartan recursos como archivos, impresoras, almacenamiento y aplicaciones. Por ejemplo, en una oficina, todos los empleados pueden acceder a una misma impresora a través de la red, lo que reduce costos y aumenta la eficiencia. Este principio también fomenta la colaboración, ya que los usuarios pueden trabajar en los mismos documentos o proyectos en tiempo real.

##### 2. Transferir Información

Las redes informáticas facilitan el intercambio rápido y eficiente de información. Desde enviar correos electrónicos hasta realizar videollamadas, pasando por

la transferencia de archivos grandes, las redes hacen posible que la información fluya sin interrupciones, conectando personas y sistemas a nivel local y global.

### 3. **Conectividad y Acceso**

En un mundo globalizado, las redes informáticas eliminan las limitaciones geográficas. Un equipo de trabajo distribuido por diferentes continentes puede conectarse a través de la red y colaborar como si estuvieran en la misma sala. Por lo tanto, las redes permiten que los usuarios accedan a datos y servicios almacenados en ubicaciones remotas, promoviendo la flexibilidad y la productividad.

#### 4.1.1. *¿CÓMO FUNCIONAN LAS REDES INFORMÁTICAS?*

Como se ha comentado anteriormente, las redes informáticas se basan en la conexión de dispositivos utilizando **medios físicos o inalámbricos**, cada uno con ventajas específicas:

#### 1. **Medios Físicos**

- o **Cables de Par Trenzado (Ethernet):** Común en redes locales (LAN), son fáciles de instalar y económicos.
- o **Cables Coaxiales:** Usados en sistemas de televisión por cable y conexiones a internet de alta velocidad.
- o **Fibra Óptica:** Proporciona velocidades extremadamente altas y es ideal para largas distancias, aunque su costo es mayor.

#### 2. **Medios Inalámbricos**

- o **WiFi:** Permite conexiones flexibles y movilidad en redes domésticas y empresariales.
- o **Bluetooth:** Ideal para conectar dispositivos cercanos, como auriculares o periféricos.
- o **Conexiones Satelitales:** Usadas en áreas remotas donde no es posible instalar infraestructura física.

Para que una red informática funcione correctamente, se requieren tanto hardware como software especializado:

- **Hardware:**
  - o **Routers:** Dirigen el tráfico de datos entre redes.
  - o **Switches:** Gestionan el tráfico dentro de una red local.
  - o **Tarjetas de Red:** Permiten a los dispositivos conectarse a la red.

- **Software:**
  - o **Protocolos de Comunicación:** Estándares como TCP/IP que regulan cómo se transmiten y reciben datos.

## 4.2. TIPOS DE REDES: PÚBLICAS Y PRIVADAS

Las redes informáticas se pueden clasificar según su **alcance geográfico** y su naturaleza en redes **privadas y públicas**. Esta clasificación permite entender cómo se diseñan y utilizan las redes para cumplir con diferentes necesidades y niveles de seguridad. Las principales categorías de redes se pueden ver en la figura 4.2, e incluyen **redes de área local (LAN)**, de **área metropolitana (MAN)** y de **área extensa (WAN)**.

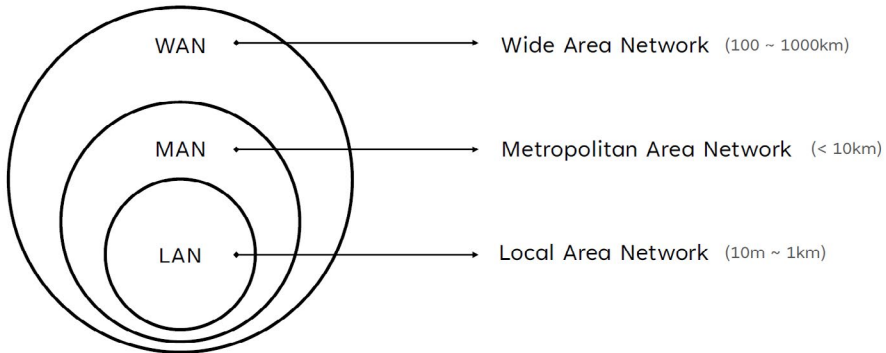


Figura 4.2. Clasificación de redes informáticas según su alcance geográfico. Las redes de área local (LAN) cubren distancias reducidas, como una oficina o un hogar; las redes de área metropolitana (MAN) conectan múltiples LAN dentro de una ciudad o región; y las redes de área amplia (WAN) permiten la comunicación a grandes distancias, como entre ciudades, países o continentes.

Cada tipo de red tiene aplicaciones y características específicas. Vamos a ver algunas de ellas:

### **LAN: Local Area Network (Red de Área Local)**

Una red LAN como la que se muestra en la Figura 4.3, conecta dispositivos dentro de **un área limitada**, como una casa, oficina o edificio. Estas redes son ideales para conectar un pequeño número de dispositivos en un entorno controlado.

- **Características Técnicas:**

- o Conexión mediante Ethernet o WiFi, proporcionando velocidades rápidas y baja latencia.
- o Gestión sencilla, ya que la red suele ser operada por individuos o pequeñas organizaciones.

- **Privacidad:**

Las LAN **son redes privadas**, lo que significa que su acceso está restringido a usuarios autorizados, ofreciendo un entorno seguro para compartir recursos.

- **Ejemplo Práctico:**

Una red doméstica que conecta ordenadores, impresoras y dispositivos móviles, o una red en una oficina pequeña que comparte acceso a internet y servidores.

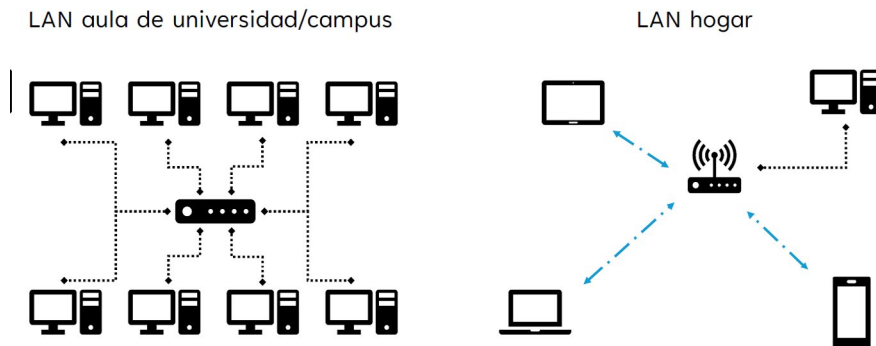


Figura 4.3. Ejemplos de redes LAN. A la izquierda, una red LAN en un aula universitaria o campus, donde múltiples ordenadores están conectados mediante cableado a un switch central. A la derecha, una red LAN doméstica que combina conexiones cableadas e inalámbricas a través de un router Wi-Fi, permitiendo la conexión de diversos dispositivos como ordenadores, tablets y teléfonos móviles.

### **MAN: Metropolitan Area Network (Red de Área Metropolitana)**

La Figura 4.4. muestra una red MAN, que se caracteriza por conectar múltiples redes LAN dentro de una región geográfica más amplia, como una ciudad o campus universitario. Estas redes permiten que diferentes ubicaciones trabajen como una sola unidad conectada.

- **Características Técnicas:**

- o Uso de tecnologías como fibra óptica, enlaces de microondas o líneas alquiladas para largas distancias.
- o Mayor capacidad y alcance en comparación con una LAN.

- **Privacidad:**

Pueden ser públicas o privadas, dependiendo de si la infraestructura pertenece a una empresa, institución o proveedor de servicios.

- **Ejemplo Práctico:**

Un campus universitario donde varios edificios están conectados entre sí, compartiendo acceso a internet y bases de datos académicas.

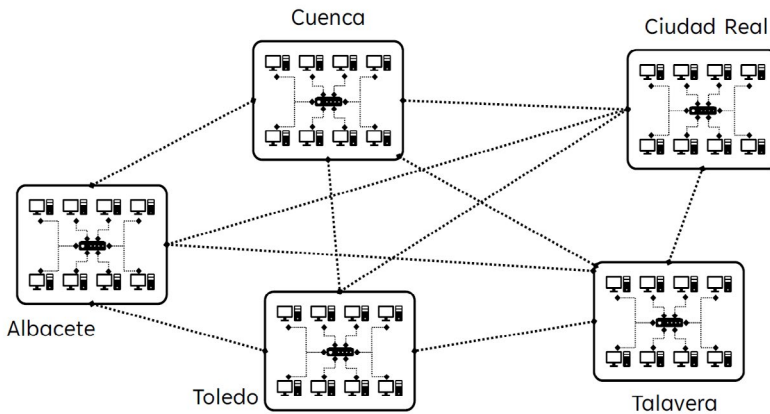


Figura 4.4. Ejemplo de una red MAN (Metropolitan Area Network). Cada ciudad o localidad (Albacete, Cuenca, Toledo, Ciudad Real y Talavera) cuenta con su propia red LAN interna, representada como una red local independiente. Estas redes LAN están interconectadas entre sí mediante enlaces de mayor alcance, formando una red MAN que permite la comunicación eficiente y el intercambio de recursos entre diferentes ubicaciones dentro de una región.

### WAN: Wide Area Network (Red de Área Ampla)

Las redes WAN, como la mostrada en la **Figura 4.5**, abarcan grandes distancias, conectando dispositivos y redes a nivel nacional o global. Son la base de la interconexión global en la era moderna.

- **Características Técnicas:**
  - o Uso de infraestructuras de alta capacidad como líneas telefónicas, fibra óptica y satélites.
  - o Gestión compleja y dependencia de proveedores de telecomunicaciones para su mantenimiento y operación.

- **Públicas:**

Internet, como el ejemplo más conocido de una WAN, es **pública**.

- **Ejemplo Práctico:**

**Internet es la WAN más reconocida**, conectando a millones de usuarios y redes en todo el mundo.

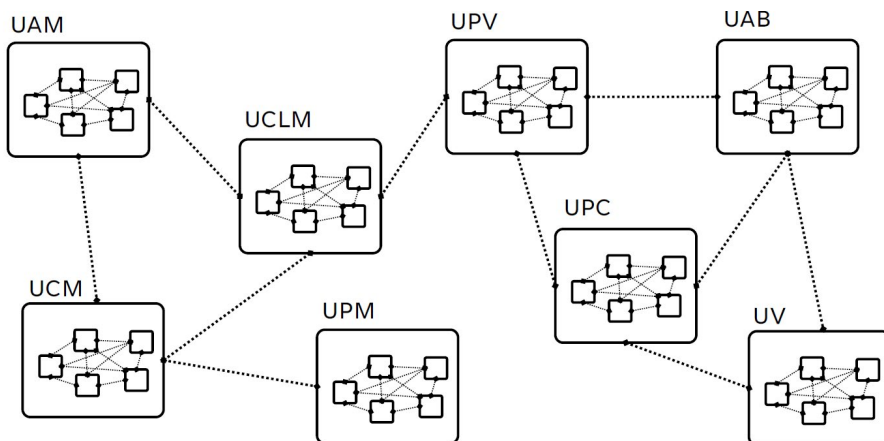


Figura 4.5. Ejemplo de una red WAN (Wide Area Network) interconectando redes universitarias locales. Cada recuadro representa una red WAN perteneciente a diferentes universidades (UAM, UCM, UCLM, UPM, UPV, UAB, UV y UPC). Estas redes locales están conectadas entre sí mediante enlaces de larga distancia, formando una red WAN que facilita el intercambio de información y recursos entre instituciones geográficamente dispersas.

En el contexto de redes informáticas, los términos “**público**” y “**privado**” se refieren principalmente al nivel de acceso y control sobre la red. Una red privada, como la de una oficina o un hogar, está diseñada para ser accesible solo por usuarios autorizados dentro de ese entorno. Por ejemplo, un empleado conectado a la red privada de su empresa puede acceder a recursos internos, como bases de datos

o impresoras compartidas, mientras que alguien externo, como un usuario de internet público, no puede hacerlo debido a medidas de seguridad como firewalls y autenticación. En contraste, una red pública, como una red WiFi abierta en una cafetería o el propio Internet, está diseñada para permitir el acceso de cualquier usuario sin restricciones significativas. Sin embargo, esto también implica menos control sobre quién puede interactuar con los dispositivos conectados, lo que puede generar riesgos de seguridad si no se toman precauciones adecuadas, como el uso de VPNs o encriptación para proteger los datos sensibles.

### 4.3. INTERCONEXIÓN DE REDES: ROUTERS Y SWITCHES

La interconexión entre redes informáticas, ya sean públicas o privadas, requiere dispositivos especializados que **gestionen el tráfico de datos** de manera eficiente, manteniendo al mismo tiempo la seguridad e integridad de la información. Entre estos dispositivos, los **routers** y los **switches** desempeñan papeles esenciales, aunque sus funciones y alcances sean diferentes. La Figura 4.6 muestra estos dispositivos.

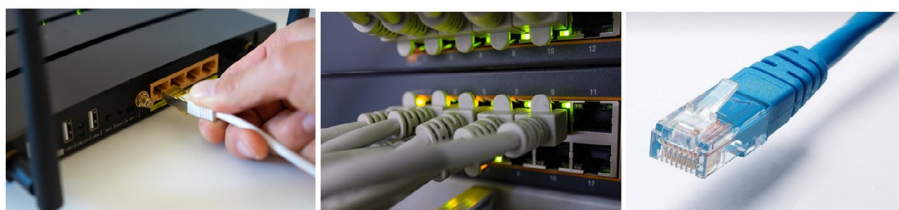


Figura 4.6. Principales dispositivos y tecnologías utilizados en redes informáticas: *Router* (izquierda), encargado de interconectar redes diferentes y gestionar el tráfico hacia Internet; *Switch* (centro), dispositivo que facilita la comunicación eficiente entre dispositivos dentro de una red local (LAN); y *conexión Ethernet* (derecha), un medio físico comúnmente utilizado para transmitir datos a través de redes cableadas.

Veamos a continuación algunas de sus características:

#### **Router:**

El router, también conocido como encaminador, es un dispositivo clave en la interconexión de redes diferentes, como la red local (LAN) de un hogar u oficina y la red global de Internet (WAN). Este dispositivo **actúa como el mediador o puente entre estas redes**, asegurando que los datos lleguen a su destino de manera segura y eficiente.

- **Interconexión de Redes:** Los routers permiten que dispositivos de redes distintas se comuniquen, gestionando el tráfico entre una red privada y la red pública de Internet. Por ejemplo, un router en casa conecta los dispositivos locales, como ordenadores o teléfonos, con Internet.
- **Gestión de Seguridad:** Muchos routers modernos integran funciones de seguridad avanzadas, como firewalls, filtrado de direcciones MAC y opciones de VPN. Esto protege los datos de accesos no autorizados al **separar la red privada de la pública.**
- **Partes Pública y Privada:** Un router típicamente cuenta con una interfaz conectada al proveedor de servicios de Internet (la parte pública) y múltiples interfaces para la red local (la parte privada), permitiendo que varios dispositivos compartan la misma conexión a Internet.

### **Switch:**

El switch, o conmutador, es fundamental en el funcionamiento interno de una red local (LAN). Se encarga de **conectar varios dispositivos entre sí**, gestionando el tráfico de datos dentro de esa red de manera eficiente.

- **Gestión Inteligente de Tráfico:** A diferencia de un hub, que envía datos a todos los dispositivos conectados, **un switch identifica el destino de cada paquete de datos y lo dirige únicamente al dispositivo correspondiente.** Esto reduce el tráfico innecesario y mejora el rendimiento de la red.
- **Ampliación de Redes:** Los switches permiten **aumentar el número de dispositivos conectados a la red local** añadiendo más puertos de conexión.
- **Optimización y Eficiencia:** Al dirigir los datos directamente al dispositivo destinatario, el switch mejora significativamente la velocidad y la capacidad de respuesta de la red.

Aunque ambos dispositivos, router y switch, son fundamentales, sus funciones son complementarias y están diseñadas para operar en niveles diferentes de una red.

## **4.4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN**

Imaginemos un escenario en el que intentamos mantener una conversación con alguien que habla un idioma completamente diferente al nuestro. Sin un traductor o algún sistema común para entenderse, la comunicación sería caótica, probablemente imposible. Esto mismo ocurre en las redes informáticas: para que los dispositivos puedan “hablar” entre sí, necesitan un idioma común, un **conjunto de reglas que guíe sus interacciones.** Este “idioma” de las redes son los **protocolos.**

#### 4.4.1. ¿QUÉ ES UN PROTOCOLO?

Un protocolo en el ámbito de las redes informáticas es un **conjunto de reglas** que permiten que dispositivos de todo tipo, desde ordenadores y teléfonos móviles hasta impresoras y servidores, **puedan intercambiar información de manera efectiva**, tal y como se muestra en la Figura 4.7. Este conjunto de reglas define cómo se envían, reciben e interpretan los datos en una red, estableciendo normas claras para cada paso del proceso. Los protocolos aseguran que todo ocurra de forma coherente y predecible, desde el inicio y cierre de una conexión hasta el manejo de errores en la transmisión.

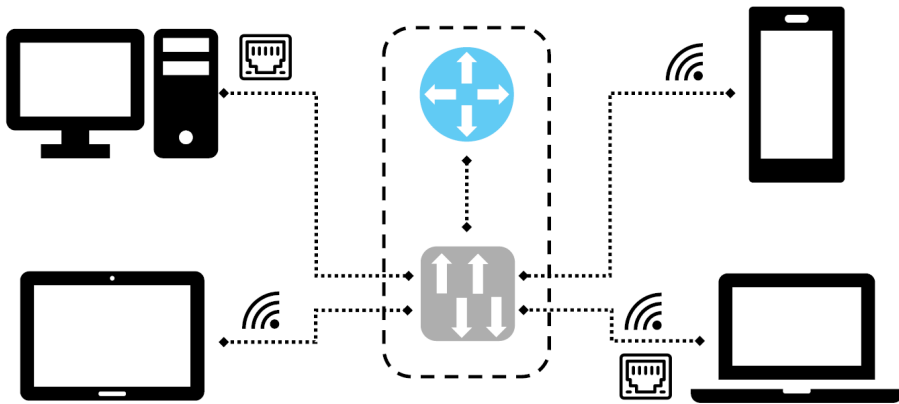


Figura 4.7. Representación esquemática de la comunicación entre dispositivos mediante protocolos de red. La figura muestra cómo los dispositivos, tanto conectados por cable (*Ethernet*) como inalámbricamente (*WiFi*), se comunican a través de un router (indicador azul) y un switch (indicador gris), siguiendo protocolos que organizan y dirigen el tráfico de datos en la red.

Por ejemplo, cuando enviamos un correo electrónico o navegamos por Internet, no estamos pensando en los intrincados detalles técnicos que hacen posible estas acciones. Sin embargo, detrás de cada clic hay una compleja serie de intercambios protocolarios que garantizan que los datos lleguen al lugar correcto, intactos y en el orden adecuado.

Los protocolos cumplen funciones esenciales para que las redes funcionen como lo hacen. Entre estas funciones destacan:

- **Establecimiento de Conexiones:** Deciden cómo dos dispositivos se conectan y cómo esa conexión se mantiene o termina.

- **Estandarización de Datos:** Aseguran que el formato de los datos sea comprensible para el receptor, independientemente del fabricante o software del dispositivo.
- **Gestión de Errores:** Incluyen métodos para identificar y corregir posibles errores en la transmisión, evitando que la información llegue dañada o incompleta.
- **Sincronización:** Garantizan que los datos fluyan en un orden lógico, evitando confusiones en el receptor.
- **Control de Flujo:** Ajustan la velocidad de transmisión para que el receptor no se sature con más información de la que puede procesar.

Sin protocolos, tareas cotidianas como ver un video en streaming, enviar un mensaje por WhatsApp o acceder a una página web serían imposibles. Los protocolos permiten que dispositivos de diferentes marcas, ubicados en distintos lugares del mundo y operando con diferentes sistemas, trabajen juntos sin problemas. Además, su diseño universal asegura que un teléfono en Tokio pueda comunicarse con un servidor en Nueva York, incluso si ambos utilizan tecnologías completamente distintas.

En el vasto ecosistema de redes, existen protocolos diseñados para cada necesidad específica. Algunos de los más comunes incluyen:

- **TCP/IP:** Es la columna vertebral de Internet, encargándose de dividir los datos en paquetes, enviarlos y asegurarse de que lleguen correctamente al destinatario.
- **HTTP/HTTPS:** Son los protocolos que permiten a los navegadores web comunicarse con servidores para cargar páginas web, garantizando la seguridad en el caso de HTTPS.
- **SMTP, POP3, IMAP:** Diseñados para gestionar el envío y recepción de correos electrónicos.

Y la lista continúa, abarcando protocolos específicos para **transferencia de archivos (FTP)**, **transmisión de video (RTP)**, e incluso comunicaciones en tiempo real como videollamadas (WebRTC).

#### 4.5. EL PROTOCOLO TCP

En el entramado de redes que conectan nuestro mundo, el **Protocolo de Control de Transmisión (TCP)**, por sus siglas en inglés) actúa como una figura central, asegurando que **la información fluya de manera fiable, ordenada y sin errores entre dispositivos**. Si Internet fuera una gigantesca red de mensajería, TCP sería

el mensajero que se encarga de la organización, la entrega y la verificación de cada envío, garantizando que nada se pierda en el camino.

#### 4.5.1. ¿CÓMO FUNCIONA TCP?

Imaginemos que queremos enviar un paquete delicado a través de un servicio de mensajería. Primero, debemos establecer contacto con el mensajero para coordinar la entrega, luego dividiremos el contenido en partes fáciles de transportar y, finalmente, confirmaremos que todo haya llegado correctamente antes de cerrar el trato. Esto es justamente como opera el TCP, cuyo funcionamiento se muestra esquematizado en la **Figura 4.8**, y tiene las siguientes partes:

1. **El “Handshake”:** TCP necesita establecer un canal de comunicación entre el dispositivo emisor y el receptor antes de que cualquier dato pueda transmitirse. Este proceso, conocido como “handshake” o apretón de manos, es como un acuerdo inicial entre ambas partes para garantizar que están listas para la transmisión. Durante esta etapa, los dispositivos acuerdan aspectos clave, como el tamaño de los paquetes que se van a enviar y la forma de manejar errores.
2. **Transferencia de Datos:** TCP divide la información en pequeños fragmentos llamados paquetes. Cada paquete lleva un número de serie que asegura su lugar en la secuencia, como si cada caja de un envío estuviera numerada. En el destino, TCP verifica que todos los paquetes hayan llegado y los ensambla en el orden correcto. Si algún paquete se pierde o llega dañado, TCP solicita automáticamente su reenvío, asegurando que el mensaje final sea una réplica exacta del original.
3. **Cierre Ordenado:** TCP cierra la conexión de manera ordenada cuando todos los datos han llegado de manera correcta. Este proceso es como despedirse del mensajero después de confirmar que la entrega fue correcta. Además, libera los recursos utilizados durante la comunicación, asegurando que estén disponibles para nuevas transmisiones.

Aunque los detalles técnicos puedan parecer distantes a esta titulación, TCP está presente en cada clic y cada interacción digital. Cuando miramos un video en streaming, enviamos un correo o accedemos a un sitio web, TCP está trabajando detrás de escena para asegurarse de que todo funcione como debe. Para estudiantes de Comunicación Audiovisual, comprender el papel de TCP es como entender los cimientos de un edificio: no siempre visible, pero absolutamente esencial para todo lo que sucede encima.

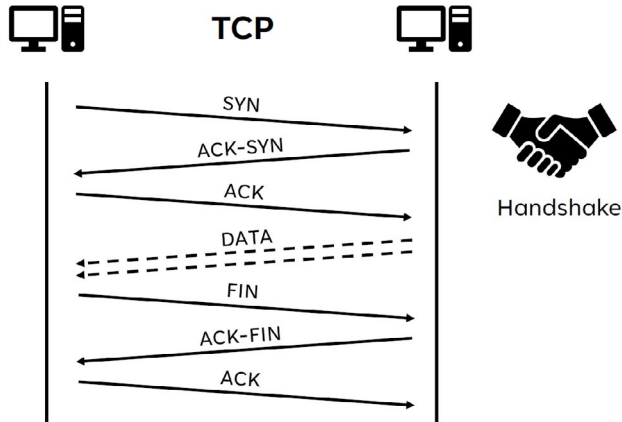


Figura 4.8. Diagrama del funcionamiento del protocolo TCP y el proceso de *handshake*. La imagen ilustra el establecimiento de una conexión fiable entre dos dispositivos mediante el intercambio de mensajes **SYN**, **ACK-SYN** y **ACK** (conocido como *Three-Way Handshake*), seguido por el envío de datos y la finalización ordenada de la comunicación con los mensajes **FIN**, **ACK-FIN** y **ACK**.

## 4.6. EL PROTOCOLO IP

En el mundo de Internet, donde millones de dispositivos están constantemente intercambiando datos, el **Protocolo de Internet (IP)** actúa como una brújula que guía cada paquete de información a su destino correcto. Mientras que TCP asegura que los datos lleguen completos y en el orden correcto, **el protocolo IP se encarga de la dirección y el enrutamiento**, estableciendo el camino que cada paquete debe seguir.

### 4.6.1. ¿QUÉ HACE IP?

Para que un dispositivo pueda enviar o recibir datos en Internet, necesita una **dirección IP**, su equivalente digital a una dirección postal. Así como las cartas requieren un destinatario claro para llegar a su destino, los paquetes de datos necesitan una dirección **IP única** para navegar por la red de Internet y encontrar el dispositivo correcto al que van dirigidos. Sin esta identificación, la comunicación en Internet sería caótica e ineficiente.

El formato más utilizado de las direcciones IP es lo que se conoce como la **IPv4**. En esta versión, las direcciones IP están formadas por **cuatro números, cada uno entre 0 y 255**, separados por puntos. Por ejemplo, una dirección IP típica

podría ser **192.168.1.25**. Este formato está compuesto por **32 bits (4 bytes)**, lo que permite un total de aproximadamente **4 mil millones de direcciones únicas**, tal y como puede apreciarse en la **Figura 4.9**.

$$\begin{array}{ccccccc}
 192 & . & 168 & . & 1 & . & 25 \\
 \underbrace{\hspace{1.5em}} & & \underbrace{\hspace{1.5em}} & & \underbrace{\hspace{1.5em}} & & \underbrace{\hspace{1.5em}} \\
 \downarrow & \times & \downarrow & \times & \downarrow & \times & \downarrow \\
 2^8 & & 2^8 & & 2^8 & & 2^8
 \end{array}$$

$$2^{32} = \mathbf{4.000 \text{ Millones}}$$

Figura 4.9. Representación de una dirección IP en formato IPv4. La dirección *192.168.1.25* se compone de cuatro bloques numéricos, cada uno de ellos representando 8 bits ( $2^8$  posibilidades), lo que equivale a un byte. Esta estructura permite un total de **32 bits** para las direcciones IPv4, facilitando la identificación única de dispositivos en una red.

Aunque este número de dispositivos conectados simultáneamente pueda parecer enorme, el explosivo crecimiento de dispositivos conectados, como smartphones, cámaras, televisores y electrodomésticos inteligentes, ha llevado a un agotamiento de las direcciones disponibles. Para solucionar esto, se ha escalado el direccionamiento a su versión **IPv6**. IPv6 utiliza direcciones de **128 bits**, lo que equivale a un espacio prácticamente ilimitado: **340 sextillones de direcciones** (un número con 39 dígitos). Esto asegura que haya suficientes direcciones únicas para cada dispositivo en el planeta, incluso en un futuro donde casi todo esté conectado a la red, gracias al paradigma del **Internet de las Cosas**.

Otra característica reseñable del protocolo IP, es que este protocolo no solo asigna direcciones, sino que también decide el camino que deben seguir los datos para llegar a su destino. Imaginemos un paquete enviado por correo postal: IP sería el servicio de correos, determinando qué rutas tomar para que el paquete llegue a tiempo, incluso si hay desvíos o problemas en el camino. En este proceso, los **routers** juegan un papel crucial, actuando como intersecciones en la red que redirigen los paquetes según sea necesario.

Al igual que pasaba con el protocolo TCP, cuando navegamos por un sitio web, enviamos un mensaje o transmitimos un video, IP trabaja en segundo plano. El dispositivo receptor descifra nuestra dirección IP y responde enviando los datos de vuelta a nuestro dispositivo. Sin IP, esta coordinación global sería imposible, y la red sería incapaz de conectar a millones de usuarios simultáneamente.

Para el estudiantado de Comunicación Audiovisual, comprender cómo funciona el protocolo IP es más relevante de lo que parece. Desde el streaming de video hasta la transferencia de archivos en plataformas de edición colaborativa, el Protocolo de Internet es la base que permite que estas herramientas funcionen sin problemas. Además, con el auge de IPv6, la producción y distribución de contenido digital será más eficiente y adaptable que nunca en el mundo hiperconectado del futuro.

#### *4.6.2. GEOLOCALIZACIÓN DE IPS*

Las direcciones IP también contienen una **estructura jerárquica** que permite inferir su ubicación geográfica. Este sistema, aunque no es completamente exacto, es una herramienta que subyace en muchas aplicaciones tecnológicas modernas.

Efectivamente, las direcciones IP, especialmente bajo el sistema IPv4, están organizadas jerárquicamente para facilitar su asignación y enrutamiento. Los primeros números de una dirección IP (llamados prefijos) indican generalmente un país, una región o incluso un proveedor de servicios de Internet (ISP). Por ejemplo:

1. Una dirección como **42.0.x.x** puede estar asociada a América del Norte.
2. Una dirección como **82.1.x.x** podría corresponder a Europa.

Dentro de estos rangos, los números subsiguientes identifican redes específicas y, finalmente, dispositivos individuales dentro de esas redes. Esta jerarquía que facilita el enrutamiento también permite vincular ciertas direcciones IP a ubicaciones físicas aproximadas. Así, los servicios de geolocalización de IP utilizan **bases de datos** que relacionan rangos de direcciones IP con ubicaciones geográficas específicas. Estas bases de datos se construyen a partir de:

1. **Información de ISPs:** Los proveedores de Internet asignan direcciones IP a sus clientes y, en muchos casos, registran la región donde se asignan.
2. **Datos Públicos y Colaborativos:** Información recopilada a partir de accesos web, redes sociales y otros servicios en línea.
3. **Pruebas Activas:** Métodos como la medición de latencia entre servidores para estimar la proximidad geográfica.

Cuando un dispositivo accede a un servicio en línea, su dirección IP puede ser comparada con estas bases de datos para estimar su ubicación. Este proceso permite determinar el país, la ciudad y, en algunos casos, incluso el barrio desde donde se conecta el usuario.

Sin embargo, aunque efectiva, la geolocalización por IP no es infalible. A continuación, se listan algunas tecnologías que pueden dificultar la localización geográfica:

- **VPNs y Proxy:** Usuarios que enmascaran su dirección IP mediante redes privadas virtuales (VPNs) o servidores proxy pueden alterar la ubicación aparente.
- **Redes Móviles:** Las direcciones IP asignadas dinámicamente por redes móviles pueden no reflejar la ubicación exacta del usuario.
- **Base de Datos Desactualizadas:** Las direcciones IP asignadas pueden cambiar con frecuencia, lo que dificulta mantener bases de datos precisas.

#### 4.7. EL SISTEMA DE NOMBRE DE DOMINIO (DNS)

En el mundo de la comunicación digital, los protocolos como TCP/IP utilizan direcciones IP numéricas para identificar dispositivos y establecer conexiones. Sin embargo, para los usuarios humanos, recordar largas secuencias de números como **172.217.10.46** sería poco práctico. Aquí es donde entra en juego el **Sistema de Nombres de Dominio (DNS)**, un componente esencial que **traduce nombres de dominio fáciles de recordar a sus correspondientes direcciones IP**, tal y como representa la Figura 4.10.

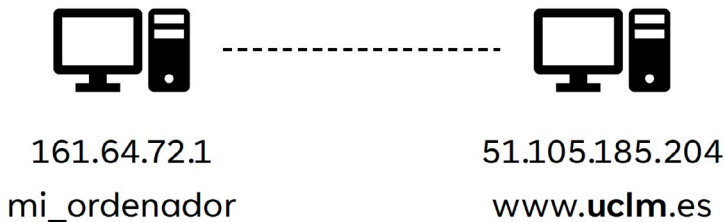


Figura 4.10. Ejemplo del funcionamiento del Sistema de Nombres de Dominio (DNS). El ordenador local identificado con la dirección IP *161.64.72.1* (*mi\_ordenador*) se comunica con el servidor *www.uclm.es*, cuyo nombre de dominio corresponde a la dirección IP *51.105.185.204*. El DNS actúa como un “traductor”, convirtiendo nombres fáciles de recordar en direcciones IP que los dispositivos utilizan para la comunicación en la red.

El DNS puede considerarse como **el directorio telefónico de Internet**. Al igual que en un directorio buscamos el nombre de una persona para encontrar su número de teléfono, el DNS traduce los nombres de dominio (como *google.com*) a las direcciones IP correspondientes que los dispositivos necesitan para establecer conexiones.

### 1. Consulta DNS:

Cuando escribes un nombre en tu navegador, tu dispositivo realiza una consulta DNS para encontrar la dirección IP correspondiente al nombre del dominio. Esta consulta pasa por varios servidores DNS hasta encontrar la respuesta correcta.

### 2. Respuesta DNS:

Una vez que se encuentra la dirección IP, se devuelve a tu dispositivo, permitiéndole comunicarse con el servidor del sitio web y cargar el contenido solicitado.

Por lo tanto, los servicios de DNS actúan como una agenda global, tal y como se muestra en la **Figura 4.11**, manteniendo así un registro distribuido y jerárquico de nombres de dominio y sus direcciones IP asociadas. Cada vez que se registra un nuevo dominio o se cambia una dirección IP, esta información se actualiza en el DNS para que todos puedan acceder al dominio utilizando su nombre.

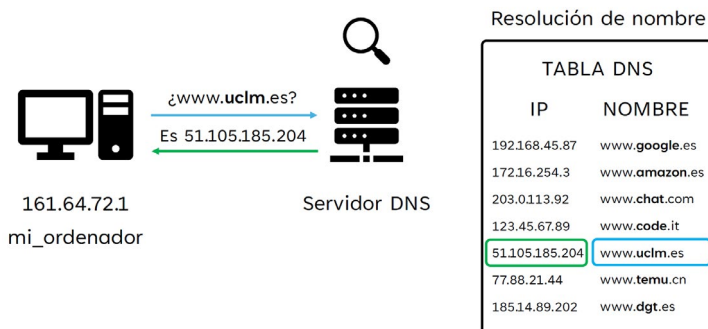


Figura 4.11. El ordenador local envía una solicitud al servidor DNS preguntando por la dirección IP asociada a un nombre de dominio (en este caso, www.uclm.es). El servidor DNS consulta su tabla de nombres y devuelve la dirección IP correspondiente (51.105.185.204), permitiendo así la comunicación entre el cliente y el servidor web.

## 4.8. LOS DOMINIOS EN INTERNET

Los dominios de Internet son fundamentales para la organización y el acceso a la información global. Actúan como **nombres legibles** que nos permiten **localizar y acceder a sitios web**, simplificando la interacción entre los usuarios y la compleja infraestructura de la red.

Un dominio típico está compuesto por varias partes jerárquicas que trabajan juntas para identificar de manera única un recurso en la red. Estas partes incluyen el dominio de primer nivel (TLD), y el dominio de segundo nivel, tal y como aparece en la **Figura 4.12**.

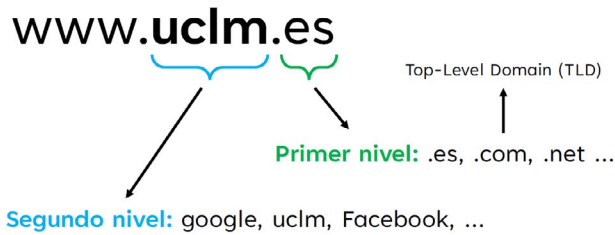


Figura 4.12. Estructura de un dominio de Internet. El nombre de dominio *www.uclm.es* se descompone en dos niveles: el **dominio de segundo nivel** (uclm), que identifica de manera única una organización o entidad, y el **dominio de primer nivel (TLD)** (.es), que puede ser de tipo genérico (.com, .net) o geográfico (.es, .fr). Esta jerarquía permite la organización y clasificación eficiente de las direcciones en la red.

### 1. Dominio de Primer Nivel (TLD - Top-Level Domain):

Los TLD son la última parte de un dominio, situada después del punto, como .com, .es o .org. Actúan como categorías que ayudan a organizar la red global y son gestionados por entidades como la **ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)**.

- **TLDs genéricos (gTLDs):** Usados ampliamente, como .com (comercial), .org (organizaciones) y .net (red).
- **TLDs geográficos (ccTLDs):** Asociados a países o territorios, como .uk (Reino Unido), .es (España) o .fr (Francia).
- **TLDs especializados:** Diseñados para sectores específicos, como .edu para instituciones educativas o .gov para entidades gubernamentales.

### 2. Dominio de Segundo Nivel:

Esta es la parte personalizable y única del dominio, registrada por personas o entidades. Por ejemplo, en uclm.es, “uclm” es el dominio de segundo nivel, mientras que .es es el TLD. Este componente permite a las organizaciones o individuos establecer su identidad en la red y ser reconocidos de manera única. Un dominio de segundo nivel debe ser único dentro del TLD correspondiente. Su registro está sujeto a disponibilidad y a las políticas del registro de dominios que gestione el TLD.

Cada dominio en Internet se corresponde con una dirección IP específica, el verdadero identificador técnico de un servidor o dispositivo en la red. Mientras que las direcciones IP son secuencias numéricas (como 192.168.1.1), los dominios proporcionan una **forma más amigable para los usuarios**. Por ejemplo, es mucho más fácil recordar google.com que su correspondiente dirección IP.

Este sistema de traducción entre nombres de dominio y direcciones IP es gestionado por el **Sistema de Nombres de Dominio (DNS)**. Cada vez que escribimos un dominio en nuestro navegador, el DNS traduce ese nombre en la dirección IP correspondiente, asegurando que el dispositivo pueda localizar el servidor correcto.

Finalmente, es interesante destacar que en los primeros días de Internet, cuando su potencial comercial aún no era completamente evidente, surgió un fenómeno conocido como “**cybersquatting**” o acaparamiento de dominios. Individuos y empresas comenzaron a registrar nombres de dominio vinculados a grandes marcas, términos genéricos valiosos o incluso nombres de personalidades, anticipando su futura demanda.

Un **Ejemplo de Cybersquatting**: Alguien registraba cocacola.com antes de que la propia marca lo hiciera, esperando luego venderlo a un precio elevado. Esto llevó a conflictos legales y comerciales, ya que marcas establecidas tuvieron que negociar o incluso litigar para recuperar dominios relacionados con sus nombres comerciales.

#### 4.9. URLs

Dentro de Internet, cada recurso, desde una página web hasta un archivo multimedia, tiene una **dirección única** que permite **localizarlo y acceder a él**. Esta dirección es conocida como **URL**, siglas en inglés de **Uniform Resource Locator** o Localizador Uniforme de Recursos. Las URL no son simplemente direcciones web; son estructuras cuidadosamente diseñadas que contienen información detallada sobre cómo y dónde encontrar un recurso específico en la red.

Imaginos por un momento que Internet es una gigantesca ciudad digital, y cada recurso es un edificio o una habitación dentro de esta ciudad. La URL sería como la dirección postal que te permite encontrar exactamente dónde está ese recurso, cómo llegar a él y qué esperar al llegar. Cada URL es única y está compuesta por varios elementos que trabajan juntos para guiar a los usuarios hacia el destino correcto, tal y como se muestra en la URL de la **Figura 4.13**.



Figura 4.13. La URL `https://www.uclm.es/misiones/logo.png` se descompone en cuatro partes: el protocolo de acceso seguro (`https`), el dominio (`www.uclm.es`), la ruta que indica la ubicación del recurso en el servidor (`/misiones/`), y finalmente el fichero específico solicitado (`logo.png`).

### 1. **Protocolo:**

La primera parte de esta URL, como http o https, indica el método que se utilizará para acceder al recurso. Este protocolo define las reglas y estándares para la transmisión de datos. Ya hemos visto anteriormente algunos de ellos:

- HTTP (Hypertext Transfer Protocol): Utilizado para acceder a páginas web no encriptadas.
- HTTPS (HTTP Secure): Proporciona una conexión encriptada para mayor seguridad, esencial en transacciones y comunicaciones sensibles.
- FTP (File Transfer Protocol): Utilizado para transferir archivos entre dispositivos.

El protocolo es seguido por `://`, marcando el inicio de la URL propiamente dicha.

### 2. **Servidor o Dominio:**

Después del protocolo, encontramos el dominio, como **www.uclm.es**. Este identifica el servidor específico donde se encuentra alojado el recurso. Puede ser un nombre de dominio amigable (como google.com) o una dirección IP (como 192.168.1.1). Los dominios están organizados jerárquicamente, comenzando con los TLDs (dominios de nivel superior) como .com, .org o .es. **Ojo con confundir dominio y URL:** el dominio forma parte de la URL, pero no exclusivamente. **NO son lo mismo.**

### 3. **Ruta:**

La ruta, como **/misiones/**, actúa como el mapa dentro del servidor, indicando la ubicación exacta del recurso. Funciona de manera similar a una carpeta en un sistema operativo, ayudando a organizar los recursos en el servidor.

### 4. **Recurso o Fichero:**

Finalmente, tenemos el **archivo específico que se está solicitando**, como **logo.png**. Este es el destino final que contiene el contenido deseado. Si no se especifica un archivo, el servidor suele mostrar un archivo predeterminado, como index.html.

## 4.10. LA ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR

La arquitectura **cliente-servidor** es uno de los pilares fundamentales de las redes informáticas modernas. Este modelo organiza la comunicación entre dos partes principales: **los servidores**, que proveen recursos o servicios, y **los clientes**, que los solicitan. Desde la navegación web hasta el streaming de video o el envío de correos electrónicos, la arquitectura cliente-servidor está presente en prácticamente todas las interacciones digitales que realizamos diariamente.

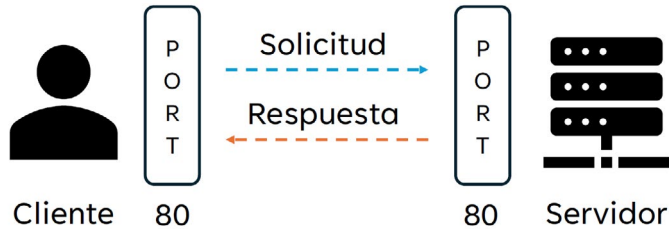


Figura 4.14. **Comunicación entre Cliente y Servidor mediante Puertos.** Se ilustra el proceso de solicitud y respuesta entre un cliente y un servidor a través del puerto 80, comúnmente utilizado para el protocolo HTTP. El cliente envía una solicitud al servidor, quien responde con los datos solicitados, estableciendo así una comunicación bidireccional controlada mediante puertos específicos.

La **Figura 4.14** muestra la comunicación entre el Cliente y el Servidor mediante puertos, de tal forma que:

- Un **servidor** es un ordenador o sistema dedicado a proporcionar recursos, servicios o datos a otros dispositivos conectados en la red. Los servidores están diseñados para **funcionar ininterrumpidamente** y manejar **múltiples solicitudes simultáneamente**. Sus funciones son esenciales para habilitar una variedad de servicios en línea, tales como:
  - o **Alojamiento Web:** Los servidores almacenan y sirven páginas web para que puedan ser accesibles desde cualquier lugar del mundo.
  - o **Gestión de Bases de Datos:** Proporcionan acceso estructurado y eficiente a grandes volúmenes de datos.
  - o **Correo Electrónico:** Envían, reciben y gestionan correos electrónicos, permitiendo la comunicación digital a escala global.
- Un **cliente** es cualquier dispositivo o programa que envía una solicitud al servidor para acceder a recursos o servicios. Algunos ejemplos de clientes incluyen:
  - o **Navegadores Web:** Solicitan páginas web para mostrarlas al usuario.
  - o **Aplicaciones Móviles:** Piden datos específicos al servidor, como actualizaciones de contenido o información del usuario.
  - o **Software de Correo Electrónico:** Recuperan y envían mensajes a través de servidores de correo.

En este modelo, el cliente siempre inicia la interacción, enviando una solicitud específica al servidor, quien la procesa y responde en consecuencia.

- Los **puertos** son canales de comunicación que permiten que **diferentes tipos de servicios operen simultáneamente en el mismo servidor**. Cada puerto tiene un número único que identifica el tipo de tráfico que maneja.
  - o **Puerto 80:** Usado para tráfico HTTP, que corresponde a páginas web no seguras.
  - o **Puerto 443:** Reservado para tráfico HTTPS, que encripta la comunicación entre cliente y servidor para mayor seguridad.

Veamos de una forma muy somera como funciona la arquitectura cliente servidor. Imaginad que estáis navegando en Internet y escribís **www.ejemplo.com** en vuestro navegador. Vuestro dispositivo actúa como cliente y envía una solicitud al servidor correspondiente, que está alojado en el dominio **ejemplo.com**. El servidor recibe la solicitud a través del puerto 80, busca la página solicitada en sus recursos y la prepara para enviarla de vuelta. Finalmente, cuando la encuentra, el servidor responde enviando la página web al navegador, que la renderiza para que puedas verla.

#### 4.11. EL PROTOCOLO HTTP.

El **Protocolo de Transferencia de Hipertexto**, más conocido como **HTTP** por sus siglas en inglés, es el corazón de la comunicación en la World Wide Web. Cada vez que accedemos a una página web, descargamos una imagen o transmitimos un video, HTTP actúa como el **sistema de reglas que facilita este intercambio de datos** entre clientes (como navegadores web) y servidores. Este protocolo es esencial para garantizar que los recursos solicitados lleguen correctamente y sean comprensibles para el usuario. El HTTP se basa en un modelo de **petición-respuesta**, que organiza la comunicación entre cliente y servidor, tal y como se presenta en la **Figura 4.15**.

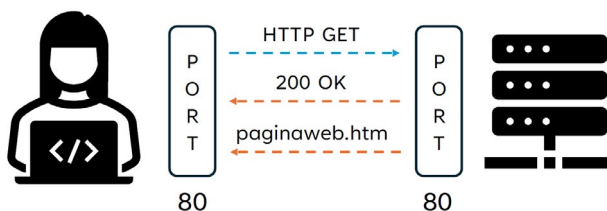


Figura 4.15. Funcionamiento del protocolo HTTP. La figura muestra el intercambio de mensajes entre un cliente y un servidor web mediante el puerto 80. El cliente envía una solicitud HTTP GET para acceder a un recurso (por ejemplo, “paginaweb.htm”), y el servidor responde con un código “200 OK” seguido del contenido solicitado.

El nombre HTTP refleja su propósito principal: la transferencia de **hipertexto**, que no es más que **documentos que incluyen enlaces a otros documentos**. Estos enlaces, conocidos como **hipervínculos**, son los que hacen posible la navegación entre diferentes páginas en la web. El contenido que se transfiere a través de HTTP generalmente está escrito en **HTML (Lenguaje de Marcado de Hipertexto)**. Este lenguaje organiza y presenta la información de forma estructurada y visualmente atractiva en los navegadores. Gracias a esta combinación de HTTP y HTML, los usuarios pueden explorar sitios web ricos en contenido, desde texto hasta imágenes y videos.

#### 4.12. EL PROTOCOLO FTP

El **Protocolo de Transferencia de Ficheros**, conocido como **FTP** por sus siglas en inglés, es una de las herramientas más antiguas y confiables de Internet para la **transferencia de datos entre un cliente y un servidor**. Desde su creación, FTP ha sido un pilar en la gestión y administración de archivos en la red, especialmente en el ámbito del **desarrollo web** y la gestión de sistemas. Este protocolo, ilustrado en la **Figura 4.16**, permite a los usuarios **transferir una amplia variedad de archivos, como páginas web, imágenes, documentos y bases de datos, entre un ordenador local y un servidor remoto**, o viceversa. Su simplicidad y eficiencia lo convierten en una herramienta clave para tareas como la creación, actualización y mantenimiento de sitios web, donde los archivos deben ser gestionados constantemente para garantizar el funcionamiento adecuado del sitio.

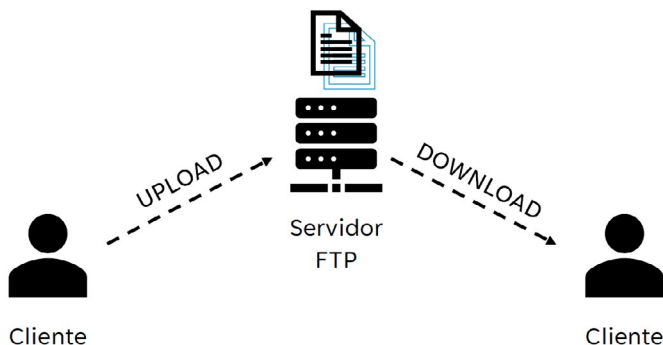


Figura 4.16. Funcionamiento del protocolo FTP. La imagen ilustra cómo funciona el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP). Un cliente puede subir (upload) archivos al servidor FTP o descargarlos (download) desde este, facilitando la transferencia eficiente de archivos entre dispositivos.

Sin embargo, a medida que las preocupaciones sobre la seguridad en Internet aumentaron, se evidenciaron algunas limitaciones críticas de FTP. Uno de sus mayores problemas radica en que las transferencias de datos, incluidas las credenciales de inicio de sesión, se realizan en texto plano, lo que las hace susceptibles a interceptaciones por parte de actores malintencionados. Para abordar este problema, surgió SFTP (SSH File Transfer Protocol), una versión mejorada y más segura del protocolo original. A diferencia de FTP, **SFTP encripta tanto las credenciales de acceso como los datos transferidos**, ofreciendo un nivel de protección mucho más robusto contra accesos no autorizados e interceptaciones durante la transmisión. Esto lo convierte en la opción preferida para transferencias de archivos que requieren altos niveles de confidencialidad y seguridad.

En la práctica, FTP es una **herramienta indispensable para el hosting y mantenimiento de sitios web**. Cuando un desarrollador crea un sitio, genera archivos HTML, CSS, imágenes y otros elementos necesarios en su ordenador local. Estos archivos necesitan ser trasladados al servidor web para que el sitio sea accesible al público. Aquí es donde FTP desempeña un papel crucial, permitiendo que esta transferencia se realice de manera rápida y eficiente. Además, el protocolo también se utiliza para **realizar copias de seguridad de los archivos del servidor**, asegurando que el contenido esté protegido frente a posibles fallos o pérdidas.

Para interactuar con un servidor FTP, los usuarios emplean programas especializados conocidos como **clientes FTP**. Estas herramientas ofrecen una interfaz amigable, ya sea gráfica o basada en líneas de comandos, para conectar con el servidor, navegar por su estructura de archivos y gestionar las transferencias. Entre los clientes más populares se encuentra **Filezilla**, que hemos explorado en clase. Este software gratuito y de código abierto facilita la conexión con servidores FTP, proporcionando una solución práctica para desarrolladores, administradores de sistemas y cualquier persona que necesite gestionar archivos en un entorno remoto.

#### **4.13. CIBERSEGURIDAD Y ENCRIPTADO EN EL PROTOCOLO SFTP**

La seguridad en SFTP se basa en una serie de procesos clave. En primer lugar, toda la información se encripta utilizando algoritmos avanzados, como AES o SHA, que **convierten los datos en un formato ilegible mientras se mueven entre el servidor y el usuario**. Imaginemos que la información es como una carta importante: mientras viaja, va guardada dentro de una caja fuerte que solo el destinatario puede abrir. Esto evita que alguien pueda “interceptar” y leer lo que hay dentro, protegiendo su confidencialidad.

Además del cifrado, SFTP refuerza la autenticación, es decir, la manera en que se verifica que quien intenta acceder es realmente quien dice ser. Esto se puede hacer de dos formas: mediante el uso de contraseñas cifradas o, aún mejor, a través de un **sistema de claves públicas y privadas**. Aquí, el usuario dispone de una clave privada secreta, como una llave personal, mientras que el servidor tiene la clave pública que encaja con ella. Solo cuando ambas coinciden se permite la conexión. Es como un candado único que solo puede abrir su propia llave, lo que hace muy difícil que un atacante suplante la identidad del usuario.

Otra garantía que ofrece este protocolo es la integridad de los datos. Durante la transferencia, se realizan comprobaciones que aseguran que el archivo no ha sido modificado ni corrompido en el camino. Si alguien intentara manipular la información, el sistema lo detectaría automáticamente, advirtiendo al receptor de un problema.

Este alto nivel de protección convierte a SFTP en una herramienta fundamental en la ciberseguridad moderna. No solo protege los archivos de ser robados, sino también de ataques más complejos, como el *Man-in-the-Middle*, donde un atacante podría interceptar y manipular la conexión entre dos partes. Al viajar todo cifrado y bajo un sistema de autenticación robusto, los datos están a salvo de miradas y manos no deseadas.

#### 4.14. INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS WEB

El desarrollo **front-end** de sitios web se centra en construir la parte del sitio con la que los usuarios interactúan directamente. Esta es la **interfaz visible** que incluye todo lo que ves, clicas y experimentas al navegar por una página web. Para crear estas experiencias interactivas y funcionales, los desarrolladores utilizan tres tecnologías fundamentales: **HTML**, **CSS** y **JavaScript**, cuyos logos se ilustran en la **Figura 4.17**. Estas herramientas trabajan en conjunto para dar forma, estilo y vida a las páginas web.

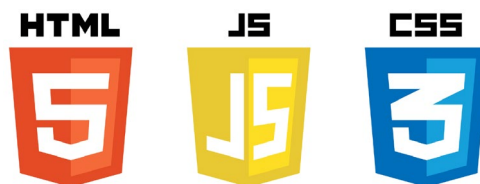


Figura 4.17. Lenguajes fundamentales del desarrollo web. Esta imagen representa los tres pilares del desarrollo web front-end: **HTML5**, que proporciona la estructura del contenido; **CSS3**, encargado del diseño y la presentación; y **JavaScript**, que aporta interactividad y funcionalidad dinámica a las páginas web.

Más concretamente, el **HTML5**, o **Hypertext Markup Language** en su quinta versión, es el estándar actual para **estructurar y organizar el contenido en la web**. Actúa como el **esqueleto** de las páginas, definiendo la ubicación de los textos, imágenes, vídeos y otros elementos. Una de las grandes ventajas de HTML5 es su capacidad para integrar multimedia de manera nativa, eliminando la necesidad de complementos externos como Flash. Además, HTML5 incorpora etiquetas semánticas que facilitan la comprensión de la estructura por parte de los desarrolladores, y también optimizan la accesibilidad y el posicionamiento en buscadores.

Por otro lado, **CSS3**, o **Cascading Style Sheets** en su tercera versión, se encarga del **diseño y la presentación** de las páginas web. Si HTML es el esqueleto, CSS es la piel que le da color, forma y estilo. Con CSS3, los diseñadores tienen el control sobre aspectos como los **colores, fuentes, márgenes y disposición de los elementos**. Además, esta versión incluye herramientas avanzadas como transiciones, animaciones y diseño adaptable (*responsive design*), lo que permite que las páginas se ajusten automáticamente a diferentes dispositivos y tamaños de pantalla, garantizando una experiencia visual coherente y atractiva.

Finalmente, **JavaScript** aporta la **interactividad y funcionalidad dinámica** que hace que los sitios web sean más que simples documentos estáticos. Este lenguaje de programación permite que las páginas respondan a las acciones de los usuarios en tiempo real, ya sea a través de animaciones, validaciones de formularios o actualizaciones de contenido sin necesidad de recargar la página. Gracias a JavaScript, los desarrolladores pueden conectar las páginas con servidores de manera asíncrona, mejorando la velocidad y la fluidez de la experiencia de usuario. Su versatilidad lo ha convertido en un componente esencial del desarrollo web, respaldado por bibliotecas y *frameworks* como **React** o **Vue.js**, que facilitan aún más la creación de interfaces complejas.

**AUTOTEST**

11. **¿Qué es una dirección IP?**
- A. Un lenguaje de programación para redes.
  - B. Un identificador único para dispositivos en una red.
  - C. Un protocolo para transferir archivos.
  - D. Una técnica para cifrar datos en una red.
12. **¿Qué significan las siglas DNS?**
- A. Dynamic Network System
  - B. Domain Name System
  - C. Digital Node Server
  - D. Data Network Service
13. **¿Cuál es la función principal de un router?**
- A. Conectar dispositivos dentro de una red local
  - B. Transformar señales analógicas en digitales
  - C. Encaminar paquetes entre diferentes redes
  - D. Almacenar archivos para su acceso remoto
14. **¿Cuál de las siguientes direcciones es un ejemplo de IPv4?**
- A. 256.256.256.256
  - B. 192.168.1.1
  - C. FE80:0202:B3FF:FE1E:8329
  - D. Localhost
15. **¿Qué protocolo se utiliza para transferir archivos de forma segura?**
- A. HTTP
  - B. FTP
  - C. SFTP
  - D. SMTP
16. **¿Qué puerto se utiliza típicamente para HTTPS?**
- A. 21
  - B. 80
  - C. 110
  - D. 443

17. **¿Qué significa «handshake» en TCP?**
- A. Es la fase inicial para establecer una conexión confiable
  - B. Es un proceso para cifrar los datos en una red
  - C. Es un método de compresión de paquetes
  - D. Es una técnica para asignar direcciones IP
18. **¿Qué protocolo utiliza un navegador web para solicitar páginas web?**
- A. FTP
  - B. HTTP
  - C. SMTP
  - D. IP
19. **¿Qué sistema traduce los nombres de dominio en direcciones IP?**
- A. TCP
  - B. DHCP
  - C. DNS
  - D. SMTP
20. **¿Cuál de los siguientes no es un protocolo de Internet?**
- A. TCP
  - B. IP
  - C. SFTP
  - D. HTML
21. **¿Qué dispositivo en una red local permite conectar múltiples dispositivos entre sí?**
- A. Router
  - B. Switch
  - C. Firewall
  - D. Modem
22. **¿Qué formato de dirección utiliza IPv6?**
- A. 32 bits, separados por puntos
  - B. 48 bits, separados por comas
  - C. 128 bits, separados por dos puntos
  - D. 64 bits, separados por guiones



Este manual docente comienza explorando los fundamentos técnicos de la comunicación audiovisual. Detrás de cada sonido o imagen transmitidos se encuentra una ciencia compleja que permite que la información llegue de forma clara y precisa, cumpliendo propósitos como educar, entretener o inspirar.

Capítulo 1. Introducción al Procesado de Señales Analógicas

Capítulo 2. De lo analógico a lo digital: El audio

Capítulo 3. La Imagen Digital

Capítulo 4. Redes Informáticas e Internet

ISBN 978-84-9044-708-6



9 788490 447086



Ediciones de la Universidad  
de Castilla-La Mancha