1

DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Objetivo

- Usar representaciones de señales analógicas y digitales en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

Manual de clases

Última modificación:
16 de febrero de 2023

Tema 1 de:
TRANSMISIÓN DE DATOS

Edison Coimbra G.

DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

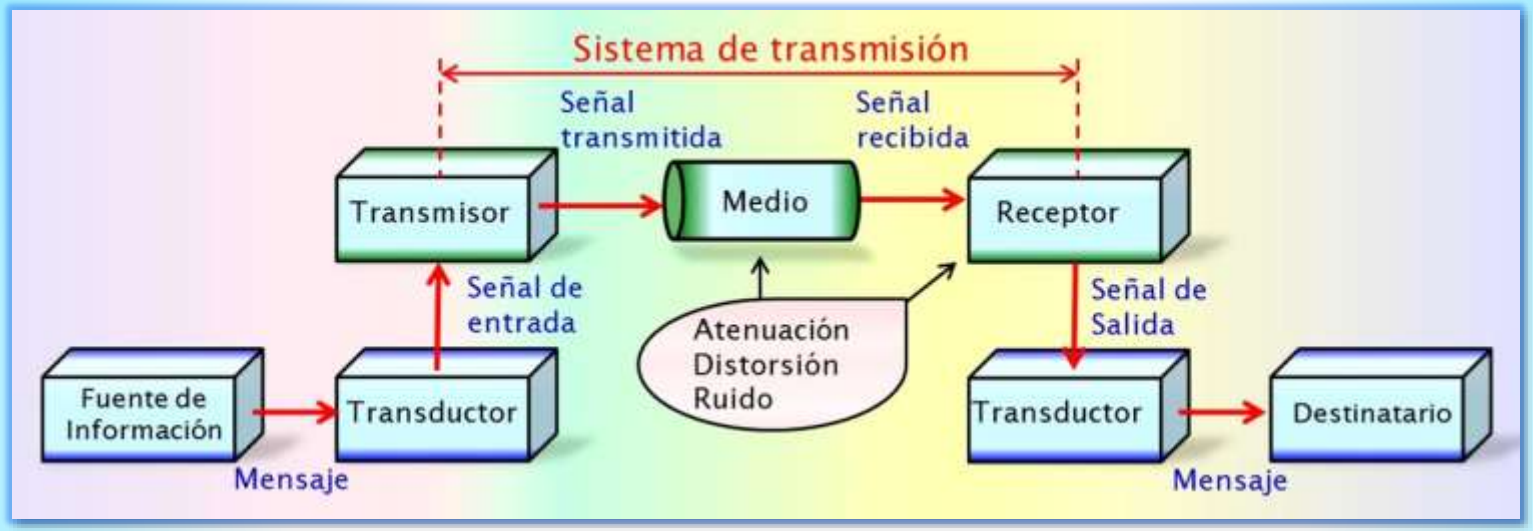
El significado de las palabras

- **Como en todo estudio**, las primeras preguntas que surgen se relacionan con el significado de las palabras: ¿qué es comunicación?, ¿en qué difiere de la telecomunicación?, ¿y en qué difieren ambas de las telecomunicaciones?
  - ▶**Comunicación**
    - **Actividad** asociada con el intercambio de información. Deriva del latín *communicare*, que significa hacerlo común, compartir, dar a conocer.
  - ▶**Telecomunicación**
    - **Actividad** de comunicarse a distancia. Deriva del griego *tele* que significa lejos, a distancia, y de *comunicación*.
  - ▶**Telecomunicaciones**
    - **La infraestructura** que soporta a la actividad de telecomunicación.
- **Otras palabras**
  - ▶**Información**
    - **Aquello** que es distribuido o intercambiado por la comunicación.
  - ▶**Mensaje**
    - **Alguna forma** (símbolo) de representación de la información. Por ejemplo: mensaje hablado, escrito, señas, etc.
  - ▶**Señal**
    - **Fenómeno** físico en que se transforma o codifica el mensaje para su transmisión. En comunicaciones electrónicas la señal es una onda electromagnética que transporta la información.

DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Elementos de un sistema de comunicación

(Frenzel, 2003)



- ▶**1.Fuente de información**. Donde se genera la información y se transforma en mensaje.
- ▶**2.Transductor** (de entrada). Convierte el mensaje en una señal eléctrica (voltaje).
- ▶**3.Transmisor**. Adecúa la señal de entrada al medio de transmisión. Implica modulación.
- ▶**4.Medio**. Medio físico que une transmisor y receptor. La comunicación toma la forma de onda electromagnética, la cual se deteriora con la atenuación, distorsión y ruido.
- ▶**5.Receptor**. Recupera la señal del medio y realiza operaciones inversas del transmisor.
- ▶**6.Transductor** (de salida). Convierte la señal de salida en un mensaje para el destinatario.
- ▶**7.Destinatario**. Destinatario de la información.

- **La sangre** es al cuerpo humano como la **señal** al sistema de comunicaciones.

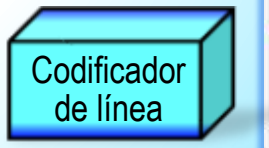
DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Datos analógicos y digitales

(Forouzan, 2020)

- **El mundo físico** es fundamentalmente analógico. Las magnitudes físicas (datos) que sirven para representar fenómenos naturales son analógicas, por ejemplo: voz, música, imágenes, temperatura, radiación, humedad.
- **Los datos pueden** ser analógicos o digitales.
  - ▶El término datos analógicos se refiere a la información que es continua. Por ejemplo, un reloj analógico que tiene manecillas de hora, minutero y segundero da información de forma continua; los movimientos de las manecillas son continuos.
  - ▶El término datos digitales se refiere a la información que tiene valores discretos. Por ejemplo, un reloj digital que informa de las horas y los minutos cambiará repentinamente de 8:11 a 8:12.
- **Los datos analógicos**, como los sonidos de la voz humana toman valores continuos. Cuando alguien habla, se crea una onda analógica en el aire.
  - ⌧Esta puede ser capturada por un micrófono (transductor) y convertida en una señal analógica.
  - ⌧O muestreada y convertida en una señal digital, mediante la modulación PCM.

- **Los datos digitales** Los datos digitales toman valores discretos. Por ejemplo, los datos se almacenan en la memoria de un PC en forma de “1”s y “0”s.
  - ⌧Pueden ser convertidos en una señal digital.
  - ⌧O convertidos en una señal analógica, mediante la modulación digital, para su transmisión a través del un medio.



DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Señales analógicas y digitales

(Forouzan, 2020)

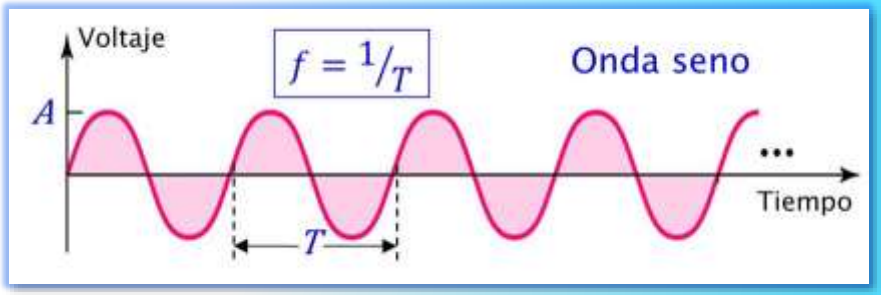
- **Al igual** que los datos que representan, las señales pueden ser analógicas o digitales.
  - ▶Una señal analógica tiene infinitos niveles de intensidad durante un periodo de tiempo. A medida que la onda pasa de un valor A al valor B, pasa a través e incluye un número infinito de valores a lo largo de su camino.
  - ▶Una señal digital, en cambio, solo puede tener un número limitado de valores definidos. Aunque cada valor puede ser cualquier número, a menudo es tan simple como 1 y 0.
- **La forma más simple** de mostrar las señales es graficarlas en un par de ejes perpendiculares.
  - ⌧El eje vertical representa el valor o la fuerza de la señal (voltaje, corriente o potencia).
  - ⌧El eje horizontal representa el tiempo.

- ▶**Ejemplo 1**. La curva que representa la señal analógica pasa por un número infinito de puntos. Las líneas verticales de la señal digital, sin embargo, demuestran el repentino salto que la señal hace de valor a valor.

Señales periódicas y no periódicas

(Forouzan, 2020)

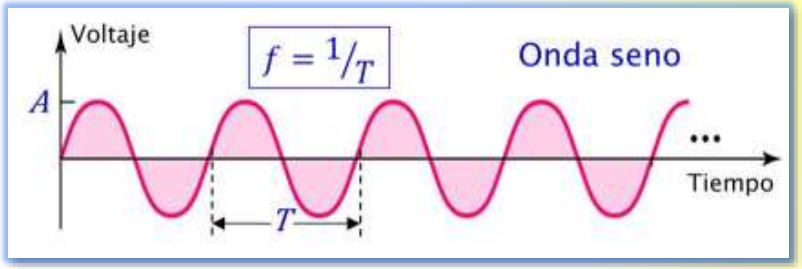
- **Tanto las señales** analógicas como las digitales pueden adoptar una de las siguientes formas:
  - ▶Periódicas. Una señal periódica completa una pauta dentro de un marco temporal mensurable, llamado periodo, y repite esa pauta en periodos posteriores idénticos. La finalización de una pauta completa se denomina ciclo.
  - ▶No Periódicas. Una señal no periódica (o aperiódica) cambia sin exhibir un patrón o ciclo que se repite a lo largo del tiempo.
- **Tanto las señales** analógicas como las digitales pueden ser periódicas o no periódicas. En las comunicaciones datos, comúnmente se usan señales analógicas periódicas y señales digitales no periódicas.
- **Se van a analizar**, en primer lugar, las señales analógicas periódicas, las cuales pueden clasificarse como simples o compuestas.
  - ▶Una señal analógica periódica simple, está compuesta por una sola onda seno (función seno), no puede ser descompuesta en señales más simples.
  - ▶Una señal analógica periódica compuesta, está compuesta por múltiples ondas seno.

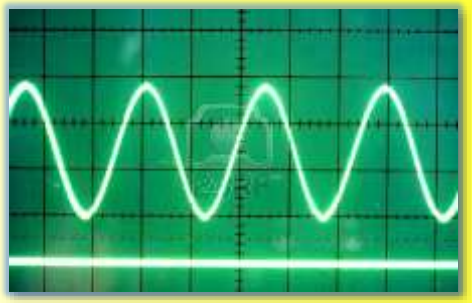


Parámetros de la onda seno

(Forouzan, 2020)

- **La onda seno es la forma** más fundamental de una señal analógica periódica. Cuando se la visualiza como una simple curva oscilante, su cambio en el curso de un ciclo es suave y consistente, un flujo continuo y ondulante.
- **La figura** muestra una onda seno. Cada ciclo consiste en un solo arco por encima del eje del tiempo seguido de un solo arco por debajo de él.



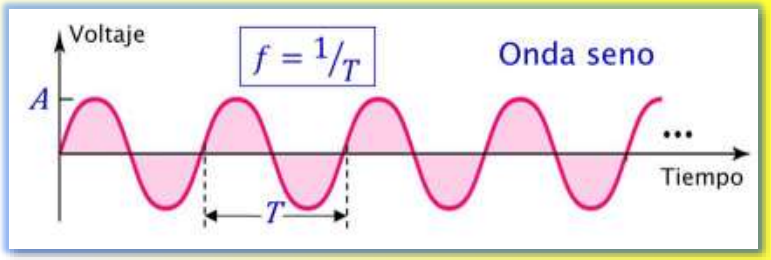


Así se ve la onda seno en un osciloscopio

- **Una onda seno** puede ser representada por tres parámetros: la amplitud pico o máxima, la frecuencia y la fase. Estos tres parámetros la describen completamente.
- ▶**La amplitud pico (A)** de una señal es el valor absoluto de su mayor intensidad, proporcional a la energía que transporta. En el caso de las señales eléctricas, la amplitud pico se mide normalmente en V.
  - ▶**Ejemplo 2**. En Bolivia, el voltaje en una casa puede ser representado por una onda seno con una amplitud de de 311 V. Sin embargo, es sabido que el voltaje que suministra en las casas la compañía de electricidad es de 220 V. Esta discrepancia se debe al hecho de que este último es un valor medio cuadrático (rms) llamado valor efectivo. El valor pico es: $A = 220 \times \sqrt{2} = 311\ \text{V}$
  - ▶**Ejemplo 3**. El voltaje de una batería es una constante, este valor constante puede considerarse una onda seno. Como se verá luego. Por ejemplo, el valor pico de una batería AA es normalmente 1,5 V.

Periodo y frecuencia de las ondas seno

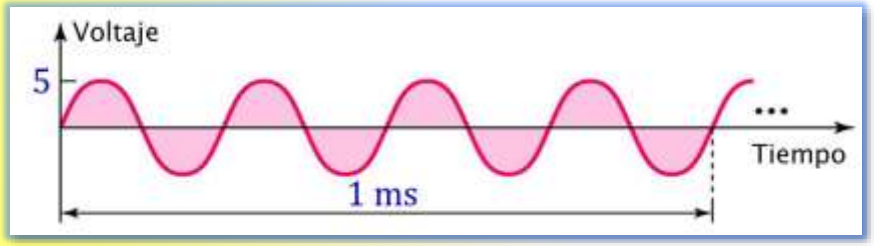
(Forouzan, 2020)



- ▶**Periodo y frecuencia**
  - ▶**Periodo** (T). Se refiere a la cantidad de tiempo, en segundos, que una señal necesita para completar un ciclo. Se expresa fundamentalmente en segundos.
  - ▶**Frecuencia** (f). Se refiere al número de periodos en un segundo, en ciclos/s o Hz. Se expresa formalmente en Hz, que son ciclos por segundo.
    - ⌧El periodo y la frecuencia son solo una característica definida de dos maneras. El periodo es el inverso de la frecuencia, y la frecuencia es el inverso del periodo (vea la fórmula práctica).

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

- ▶**Ejemplo 4.** Calcule el periodo y la frecuencia de la señal de la figura.



$T = 0{,}25$ ms $f = 4$ kHz

- **Las unidades** de periodo y frecuencia se muestran en la tabla.

Unidades del periodo y de la frecuencia

Unidad	Equivalente	Unidad	Equivalente
Segundo (s)	1 s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milisegundo (ms)	10^{-3} s	Kilohertz (kHz)	10^{3} Hz
Microsegundo (μs)	10^{-6} s	Megahertz (MHz)	10^{6} Hz
Nanosegundo (ns)	10^{-9} s	Gigahertz (GHz)	10^{9} Hz
Picosegundo (ps)	10^{-12} s	Terahertz (THz)	10^{12} Hz
Femtosegundo (fs)	10^{-15} s	Petahertz (PHz)	10^{15} Hz
Attosegundo (as)	10^{-18} s	Exahertz (EHz)	10^{18} Hz

DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Periodo y frecuencia de las ondas seno (cont.)

(Forouzan, 2020)

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

- ▶**Ejemplo 5.** La electricidad que se usa en una casa en Bolivia tiene una frecuencia de 50 Hz. Calcule el periodo de esta onda seno. $T = 20\ \text{ms}$
  - ⌧Esto significa que el periodo de potencia de nuestras luces en casa es de 20 ms. Nuestros ojos no son lo suficientemente sensibles para distinguir estos rápidos cambios.
- ▶**Ejemplo 6.** Exprese un periodo de 100 ms en µs. $10^5 \mu s$
- ▶**Ejemplo 7.** El periodo de una señal es de 100 µs. ¿Cuál es la frecuencia en kHz? $f = 10\ \text{kHz}$

Unidades del periodo y de la frecuencia

Unidad	Equivalente	Unidad	Equivalente
Segundo (s)	1 s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milisegundo (ms)	10^{-3} s	Kilohertz (kHz)	10^3 Hz
Microsegundo (µs)	10^{-6} s	Megahertz (MHz)	10^6 Hz
Nanosegundo (ns)	10^{-9} s	Gigahertz (GHz)	10^9 Hz
Picosegundo (ps)	10^{-12} s	Terahertz (THz)	10^{12} Hz
Femtosegundo (fs)	10^{-15} s	Petahertz (PHz)	10^{15} Hz
Attosegundo (as)	10^{-18} s	Exahertz (EHz)	10^{18} Hz

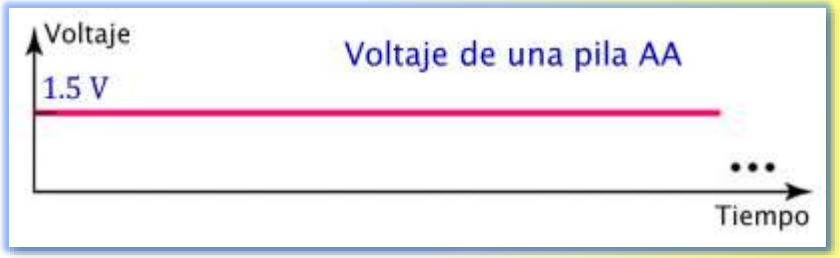
- **Ya se sabe** que la frecuencia es la relación de una señal con el tiempo y que la frecuencia de una onda es el número de ciclos que completa en 1 s. Pero otra forma de ver la frecuencia es como una medida de la tasa de cambio.
- **Las señales electromagnéticas** son formas de onda oscilantes; es decir, fluctúan continua y previsiblemente por encima y por debajo de un nivel medio de energía. Una señal de 40 Hz tiene la mitad de la frecuencia que una señal de 80 Hz; completa un ciclo en el doble de tiempo que la señal de 80 Hz, por lo que cada ciclo también tarda el doble de tiempo en cambiar de sus niveles de voltaje más bajos a los más altos.
- **Por lo tanto**, la frecuencia, aunque se describe en ciclos por segundo (Hz), es una medida general de la tasa de cambio de una señal con respecto al tiempo. Si el valor de una señal cambia en un lapso de tiempo muy corto, su frecuencia es alta. Si cambia en un largo periodo de tiempo, su frecuencia es baja.

Frecuencias extremas de las ondas seno

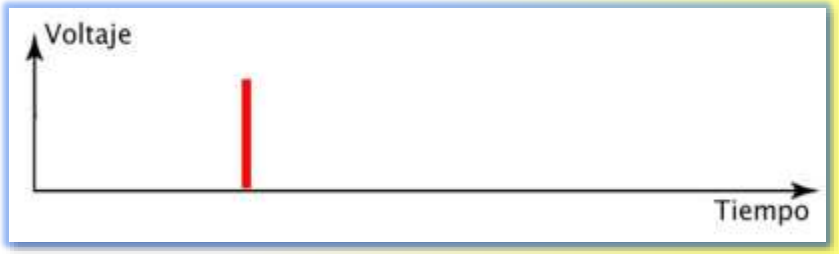
(Forouzan, 2020)

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

- ▶**Frecuencia cero**. ¿Qué pasa si la señal no cambia en absoluto? ¿Qué pasa si mantiene un nivel de voltaje constante durante todo el tiempo que está activa? En tal caso, su frecuencia es cero.
  - ⌧Conceptualmente, esta idea es una simplificación. Si una señal no cambia en absoluto, nunca completa un ciclo, por lo que su frecuencia es 0 Hz.

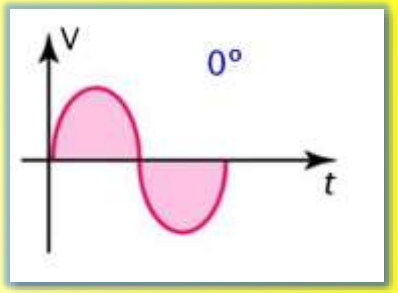


- ▶**Frecuencia infinita**. ¿Pero qué pasa si una señal cambia instantáneamente? ¿Qué pasa si salta de un nivel a otro en poco tiempo? Entonces, su frecuencia es infinita.
  - ⌧En otras palabras, Cuando una señal cambia instantáneamente, su periodo es cero; como la frecuencia es el inverso del periodo, en esta caso la frecuencia es $1/0$ o infinita (sin límites).

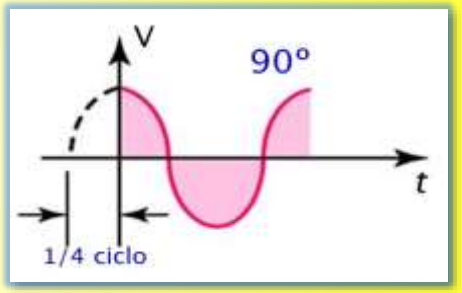


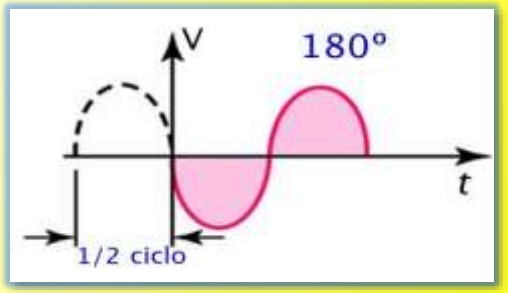
Fase de las ondas seno

(Forouzan, 2020)



- **El término fase**, o desplazamiento, describe la posición de la forma de onda en relación con el tiempo 0. Si se piensa en la onda como algo que puede desplazarse hacia atrás o hacia delante a lo largo del eje temporal, la fase describe la cantidad de desplazamiento. Indica el estado del primer ciclo.
- **La fase se mide** en grados o radianes (360° son 2π radianes).
  - ▶Una onda seno con una fase 0° comienza en el tiempo 0 con una amplitud 0 que va en aumento. La onda no está desplazada.
  - ▶Una onda seno con una fase 90° comienza en el tiempo 0 con una amplitud máxima que va disminuyendo. La onda se desplaza hacia la izquierda por $1/4$ de ciclo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la señal no existe realmente antes del tiempo 0.
  - ▶Una onda seno con una fase 180° comienza en el tiempo 0 con una amplitud 0 que va disminuyendo. La onda se desplaza hacia la izquierda por $1/2$ de ciclo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la señal no existe realmente antes del tiempo 0.
  - ▶Un desplazamiento de fase de 360° corresponde a un desplazamiento de un periodo completo.





- ▶**Ejemplo 8**. Una onda seno se desfasa $1/6$ de ciclo respecto al tiempo 0. ¿Cuál es su fase en grados y radianes?

$\theta = 60º = \pi/3$ rad

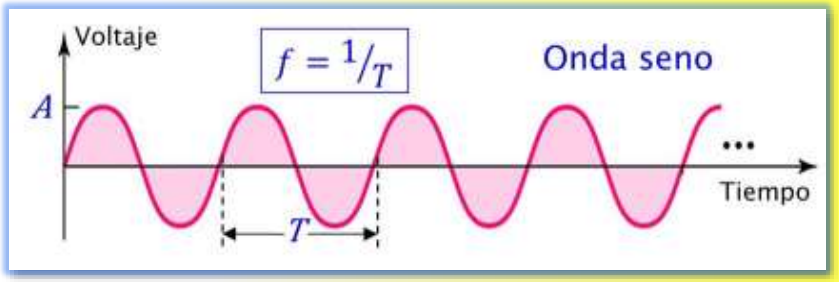
Representación matemática de las ondas seno

(Forouzan, 2020) (Blake, 2004)

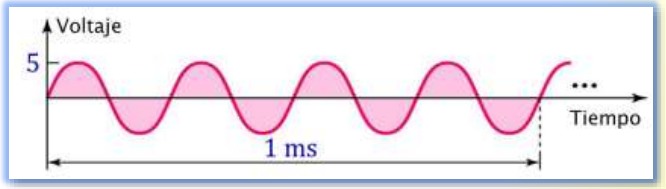
- **Como se ha mencionado**, la amplitud (voltaje instantáneo), la frecuencia y la fase son las tres características que describen completamente a la onda seno. La amplitud pico de la onda es proporcional a la energía que transporta.

$$v(t) = A\text{sen}(2\pi f t + \theta)$$

$v(t)$ = voltaje instantáneo, en V.
A = amplitud pico, en V.
f = frecuencia de la onda, en Hz.
θ = fase de la onda, en radianes.

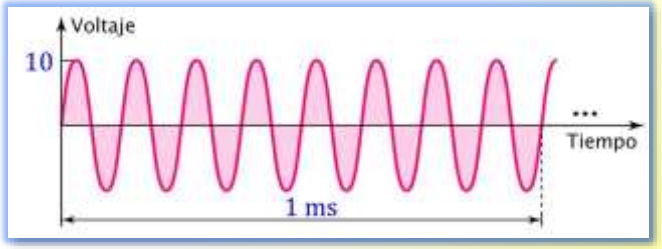


- ▶**Ejemplo 9.** Calcule las frecuencias de las señales de las figuras y escriba sus ecuaciones matemáticas.



f_1 = 4 kHz

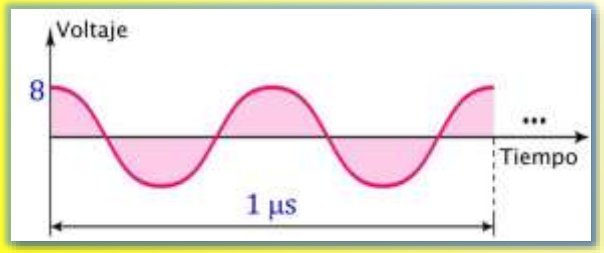
$v_1(t) = 5\text{sen}(8\pi t \times 10^3 + 0)$



f_2 = 8 kHz

$v_2(t) = 10\text{sen}(16\pi t \times 10^3 + 0)$

- ▶**Ejemplo 10**. Calcule la frecuencia y escriba la ecuación de la señal de la figura.



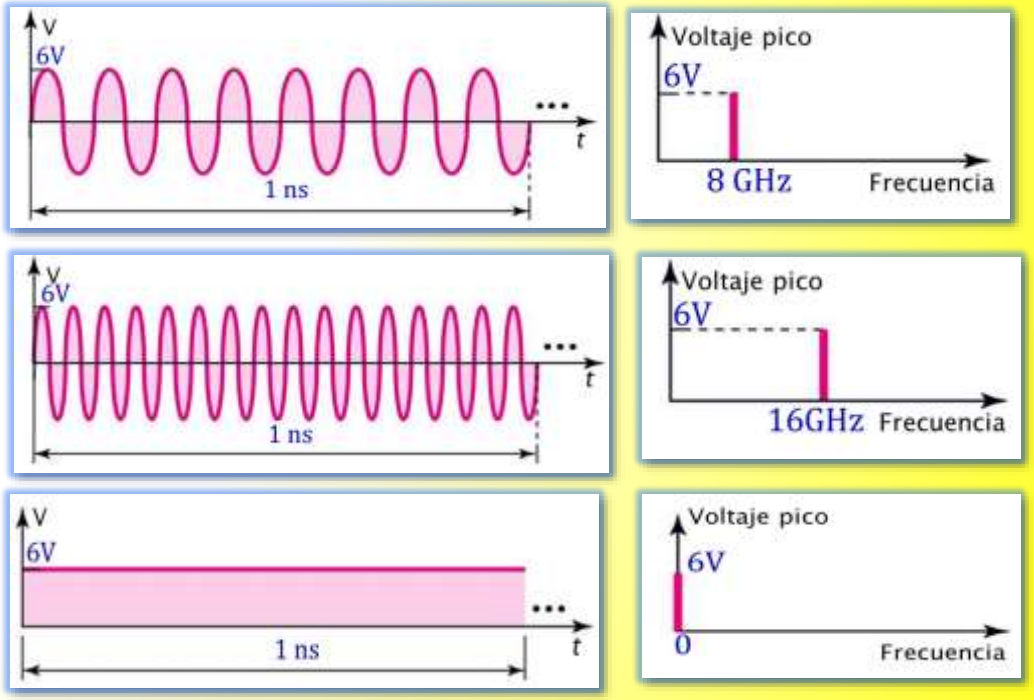
f = 2 MHz

$v(t) = 8\text{sen}(4\pi t \times 10^6 + \pi/2)$

Dominios del tiempo y de la frecuencia

(Forouzan, 2020)

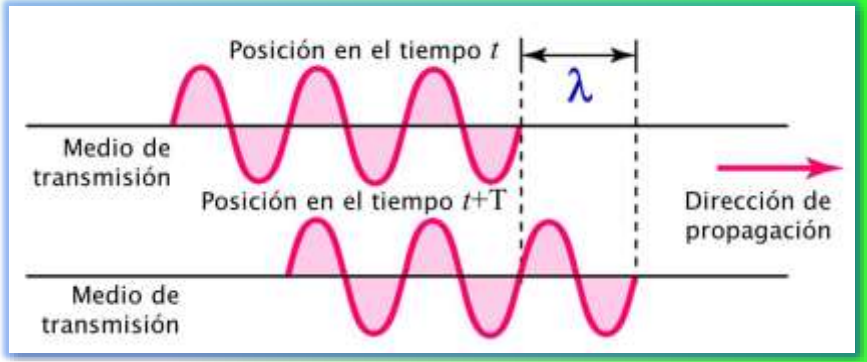
- **1. Traza en el dominio de tiempo**. Una onda seno está ampliamente definida por su amplitud, frecuencia y fase. Hasta aquí, se ha mostrado una onda seno usando lo que se llama una traza en el dominio del tiempo, la cual muestra los cambios de la amplitud de la señal con respecto al tiempo (es una traza de la amplitud en función del tiempo).
  - ⌧La fase no se muestra explícitamente en una traza de dominio del tiempo.
- **2.Traza en el dominio de la frecuencia**. Para mostrar la relación entre la amplitud y la frecuencia, se puede usar una traza en el dominio de la frecuencia, la cual se refiere solo al valor pico y a la frecuencia. No se muestran los cambios de amplitud durante un periodo.
  - ⌧El dominio de la frecuencia transmite la información que se puede encontrar en un gráfico de dominio del tiempo, con la ventaja que se pueden ver inmediatamente los valores de la frecuencia y la amplitud pico. Una onda seno completa está representada por una espiga, cuya posición muestra la frecuencia; su altura muestra la amplitud pico.
  - ▶**Ejemplo 11.** Dibuje la representación en el dominio de la frecuencia de las señales de las figuras. Ver figuras



- **El dominio de la frecuencia** es más compacto y útil cuando se trata de más de una onda seno, cada una con diferentes amplitudes y frecuencias .

Longitud de onda

(Forouzan, 2020) (Blake, 2004)



- **La longitud de onda** es otra característica de una señal que viaja a través de un medio de transmisión. Vincula el periodo o la frecuencia de una simple onda seno a la velocidad de propagación en el medio.
- **Mientras** que la frecuencia de una señal es independiente del medio, la longitud de onda depende tanto de la frecuencia como del medio. La longitud de onda es una propiedad de cualquier tipo de señal. En las comunicaciones de datos, a menudo se usa la longitud de onda para describir la transmisión por fibra óptica.
- **La longitud de onda** es la distancia que una simple señal puede recorrer en un periodo. Puede ser calculada si se le da la velocidad de propagación (la velocidad de la luz) y el periodo de la señal. Sin embargo, como el periodo T y la frecuencia f están relacionados entre sí, y si se representa la longitud de onda mediante λ , la velocidad de propagación por c (velocidad de la luz), se obtiene:

$$v = \frac{d}{t} \Rightarrow c = \frac{\lambda}{\mathrm{T}} = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

c = velocidad de la luz, 300.000 km/s.
λ = longitud de onda, en m.
T = periodo, en s.
f = frecuencia de la onda, en Hz.

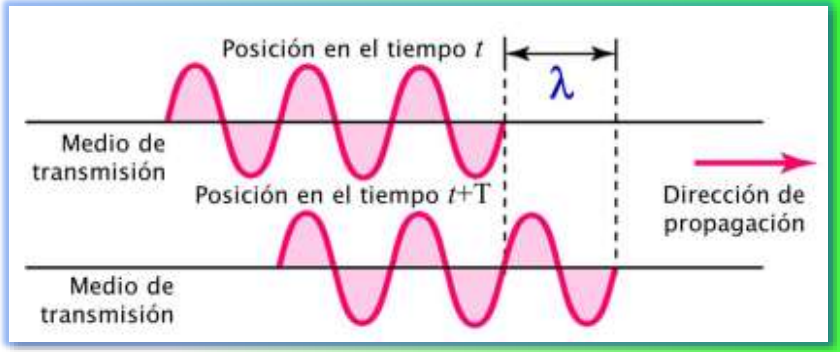
- ▶**Ejemplo 12**. Una radioemisora FM emite ondas de radio que viajan una distancia de 3,2644 m durante el tiempo que les toma completar un ciclo. Calcule la frecuencia de operación de la radioemisora. ¿Qué radio FM es?

f = 91,9 MHz. Radio Activa de Santa Cruz de la Sierra.

Longitud de onda (cont.)

(Forouzan, 2020) (Blake, 2004)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

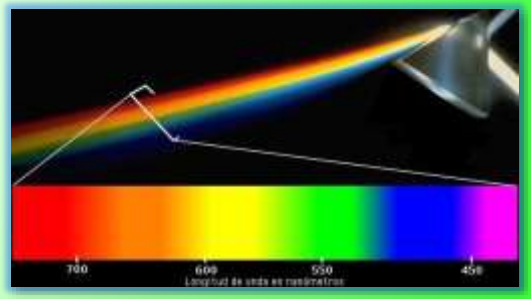


- **La velocidad de propagación** de las señales electromagnéticas depende del medio y de la frecuencia de la señal. Por ejemplo, en el vacío, la luz se propaga con una velocidad de $300.000\ \mathrm{km/s}$ ($3 \times 10^8 \mathrm{m/s}$). Esa velocidad es menor que en el aire y aún más baja en el cable.

- ▶**Ejemplo 13**. El servicio de telefonía móvil utiliza, entre otras, la señal de 900 MHz. Calcule la longitud de onda de dicha señal. $\lambda = 33{,}3\ \mathrm{cm}$

- ▶**Ejemplo 14.** La luz visible está formada por radiación electromagnética con longitudes de onda entre 400 y 700 nm. Exprese este intervalo en términos de frecuencia.

  $f = 750\ \mathrm{THz}$ y $429\ \mathrm{THz}$



- ▶**Ejemplo 15.** La luz roja tiene una frecuencia de 400 THz. Calcule su longitud de onda en el aire. $\lambda = 0{,}75\ \mu\mathrm{m}$

  - ⌧En un cable coaxial o de fibra óptica, sin embargo, la longitud de onda de la luz roja es más corta ($0{,}5\ \mu\mathrm{m}$) porque la velocidad de propagación en el cable se reduce.
  - ⌧La luz blanca es la combinación de todos los colores. Se usa un prisma para descomponerla.

Referencias bibliográficas

DATOS Y SEÑALES EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Referencias bibliográficas

- APC, Asociación para el progreso de las comunicaciones (2007). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo.* Mountain View, CA. USA: Limehouse Book Sprint Team.
- Blake, Roy (2004). *Sistemas electrónicos de comunicaciones* . México: Thomson.
- Frenzel (2003). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones.* Madrid: Alfaomega.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones.* Madrid: McGraw-Hill.
- Kraus, J., & Fleisch, D. (2000). *Electromagnetismo con Aplicaciones.* México: McGraw-Hill.
- RadioMobile. *RadioMobile*. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de http://www.cplus.org/rmw/english1.html.
- Stallings, William (2007). *Data and Computer Communication.* New Jersey: Pearson.

FIN

Tema 1 de:

TRANSMISIÓN DE DATOS

Edison Coimbra G.