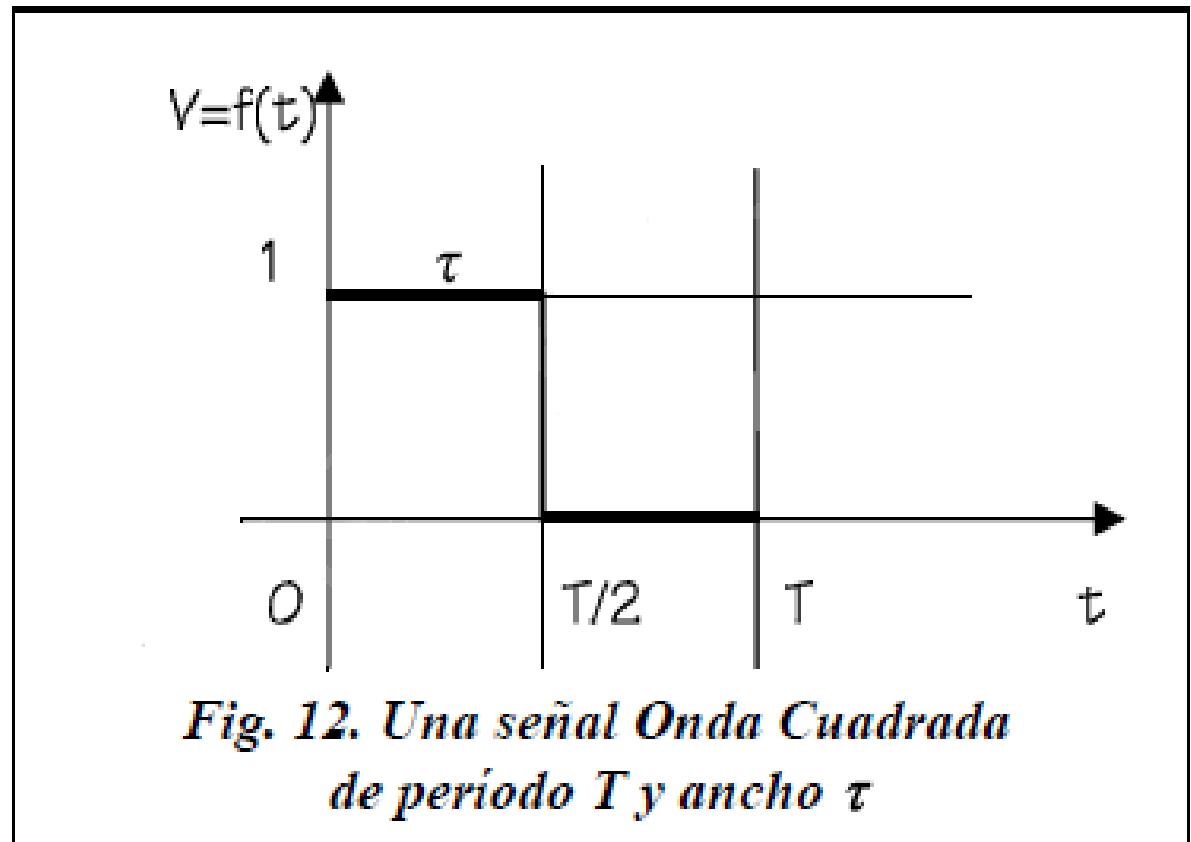


# Fourier

# Señal onda cuadrada

$$\begin{aligned}f(t) &= 1 & \forall 0 < t < T/2; \\f(t) &= 0 & \forall T/2 < t < T\end{aligned}$$



# Señales periódicas no senoidales

En esencia, toda onda repetitiva formada por más de una onda senoidal o cosenoidal relacionada armónicamente, es una *onda no senoidal* o una *onda periódica compleja*.

Para analizar una onda periódica compleja es necesario usar la *serie de Fourier*

# Forma simple de Fourier

Las series de Fourier se usan en el análisis de señales, para representar por componentes senoidales a una onda periódica no senoidal y cambiando el análisis desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos \alpha + A_2 \cos 2\alpha + \dots + A_n \cos n\alpha + \\ + B_1 \sin \beta + B_2 \sin 2\beta + \dots + B_n \sin n\beta \quad (32)$$

# Señales periódicas no senoidales

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos \alpha + A_2 \cos 2\alpha + \dots + A_n \cos n\alpha + \\ + B_1 \sin \beta + B_2 \sin 2\beta + \dots + B_n \sin n\beta$$

$$\forall \omega = 2\pi/T$$

$$f(t) = A_0/2 + \\ + \sum_{n=1}^{n=\infty} (A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t)$$

la forma de onda  $f(t)$  comprende:  
=> un valor promedio ( $A_0$ ) de cd,  
=> una serie de funciones cosenoidales en las que cada término sucesivo tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la frecuencia del primer término cosenoidal de la serie,  
=> y una serie de funciones senoidales en la que cada término sucesivo tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la del primer término senoidal de la serie.

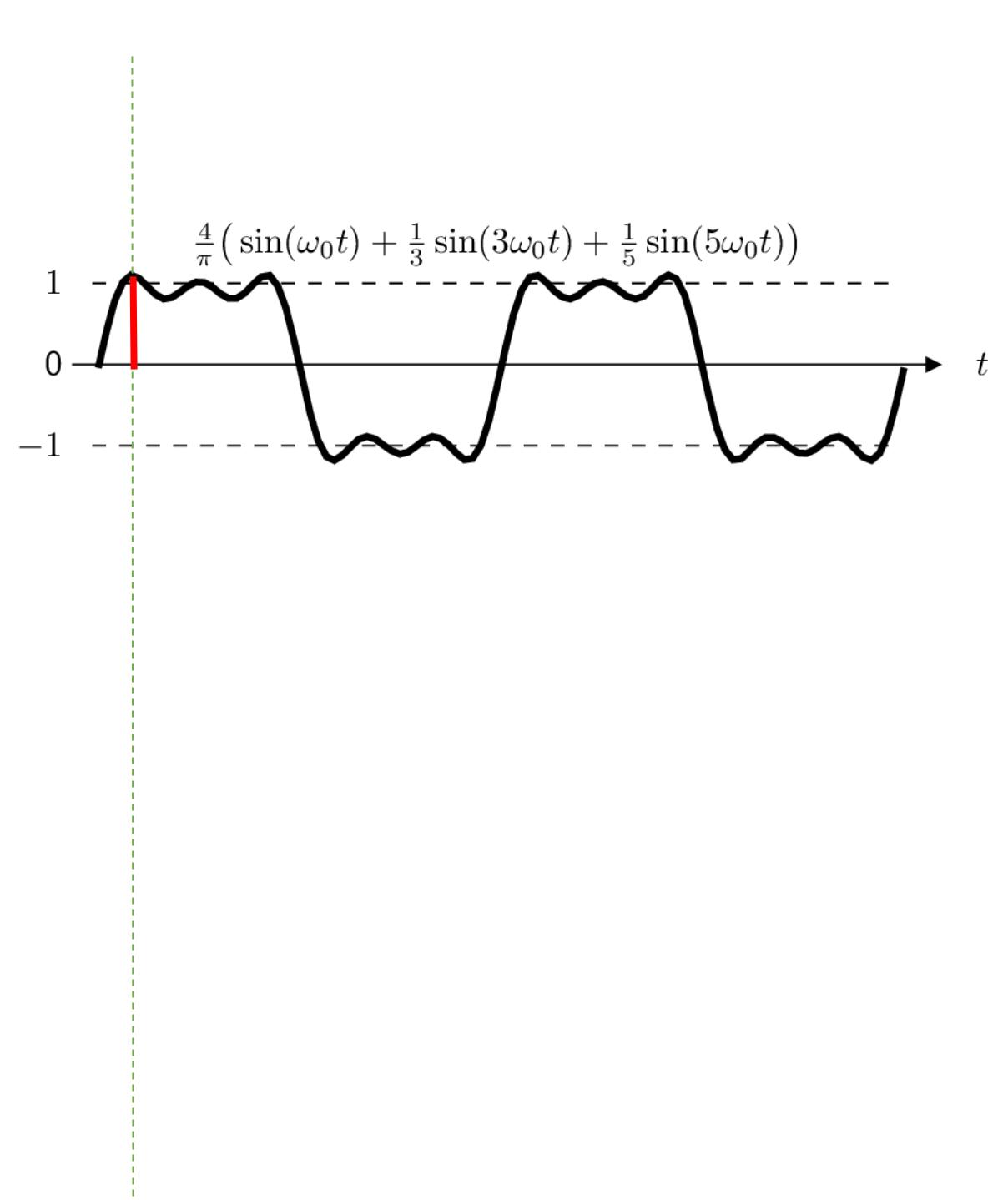
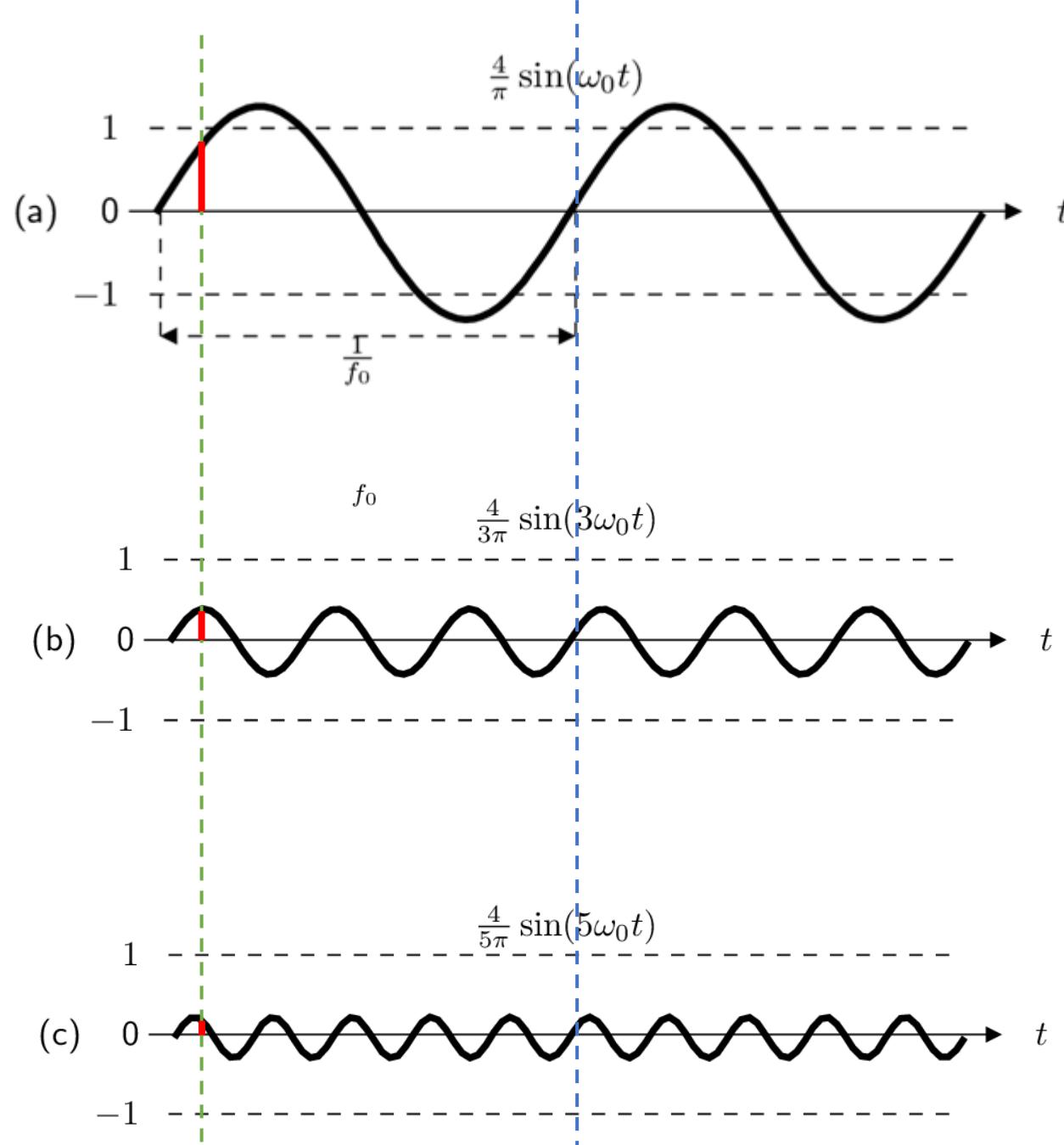
# Señales periódicas no senoidales

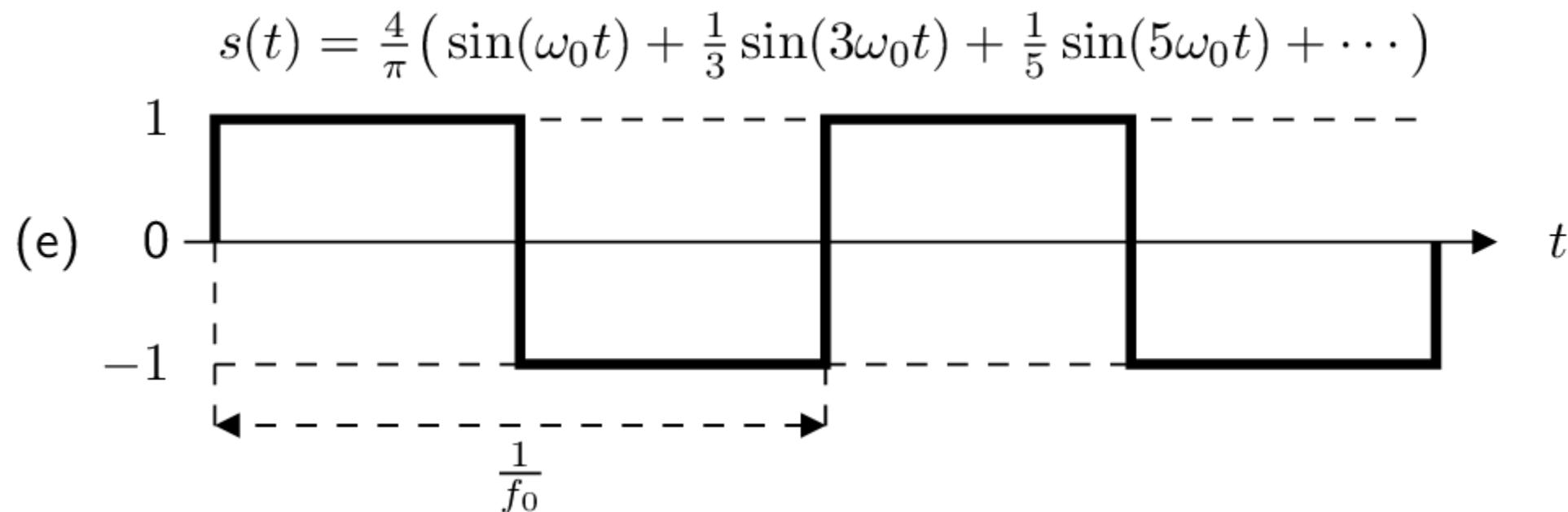
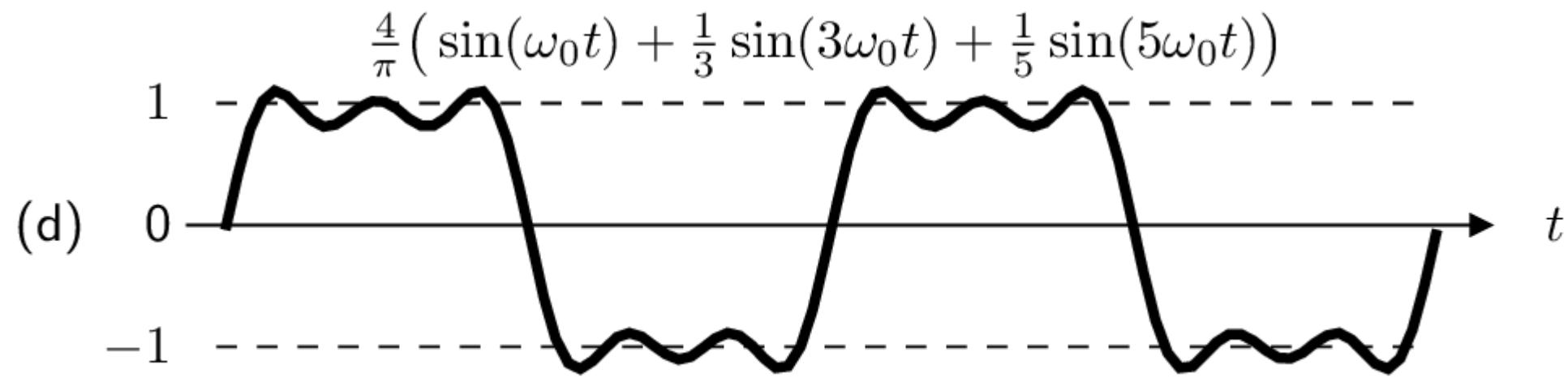
$$f(t) = \text{valor promedio} + \text{fundamental} + 1^{\text{a}} \text{ armónica} + 2^{\text{a}} \text{ armónica} + \dots + n^{\text{a}} \text{ armónica}$$

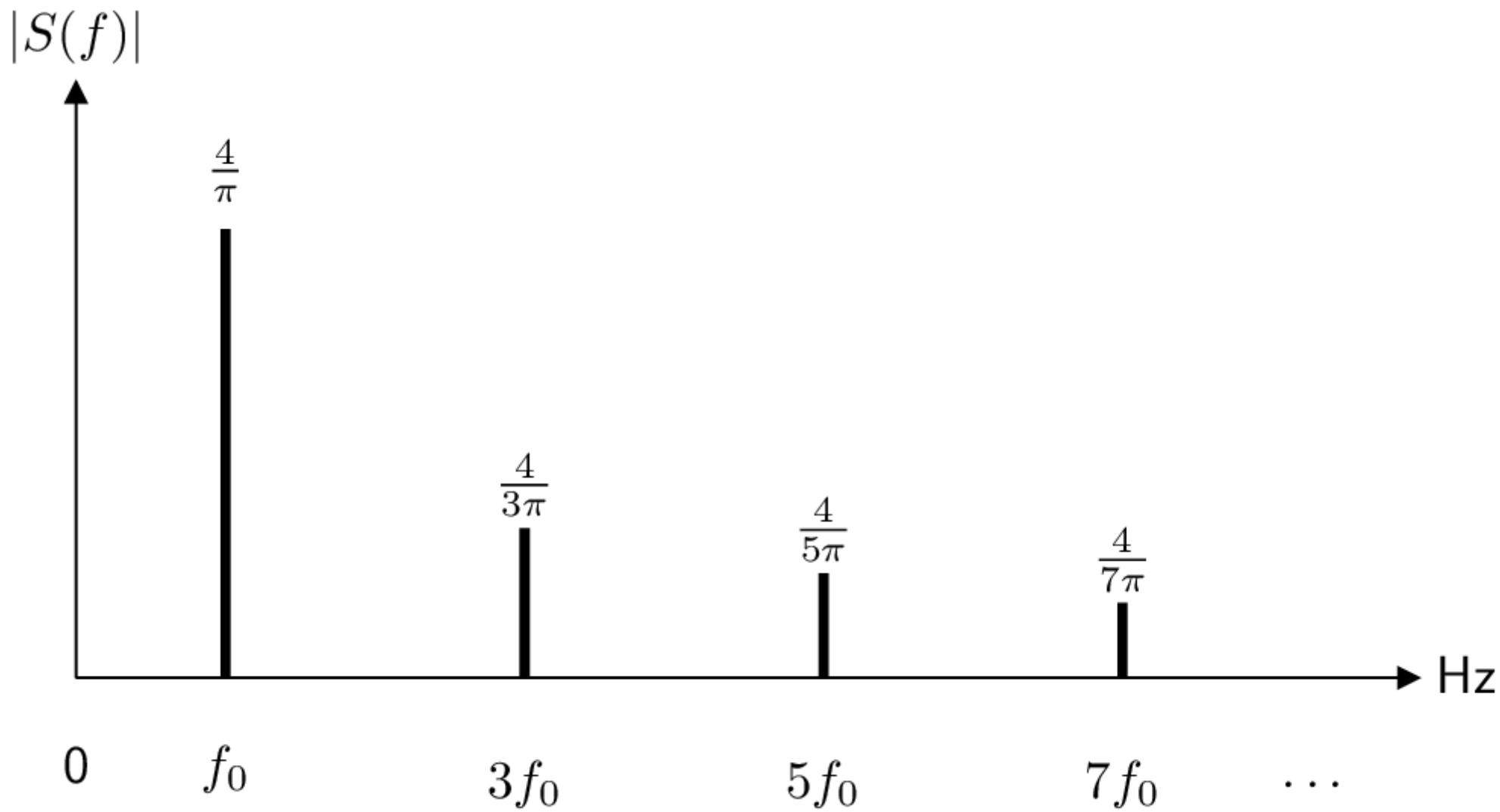
la función está compuesta por un independiente, que representa el valor promedio o **componente continua** de la onda

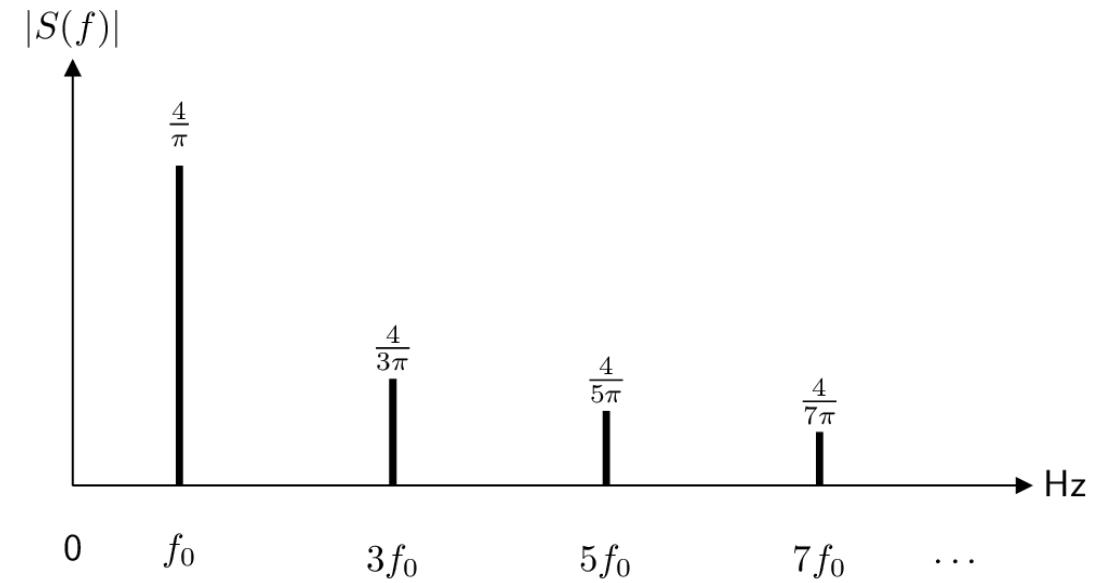
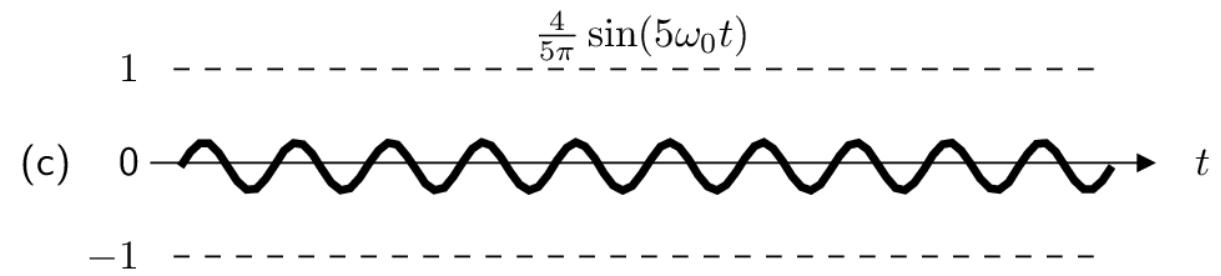
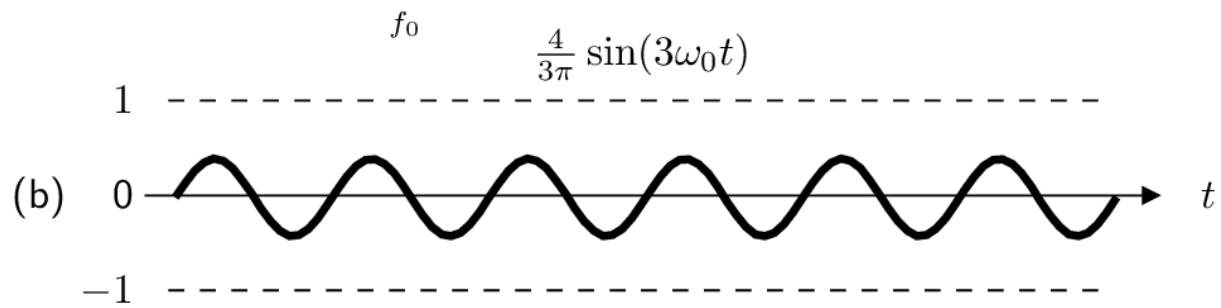
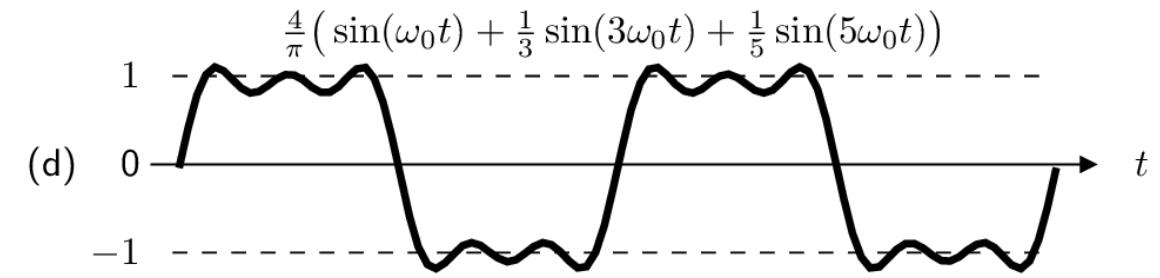
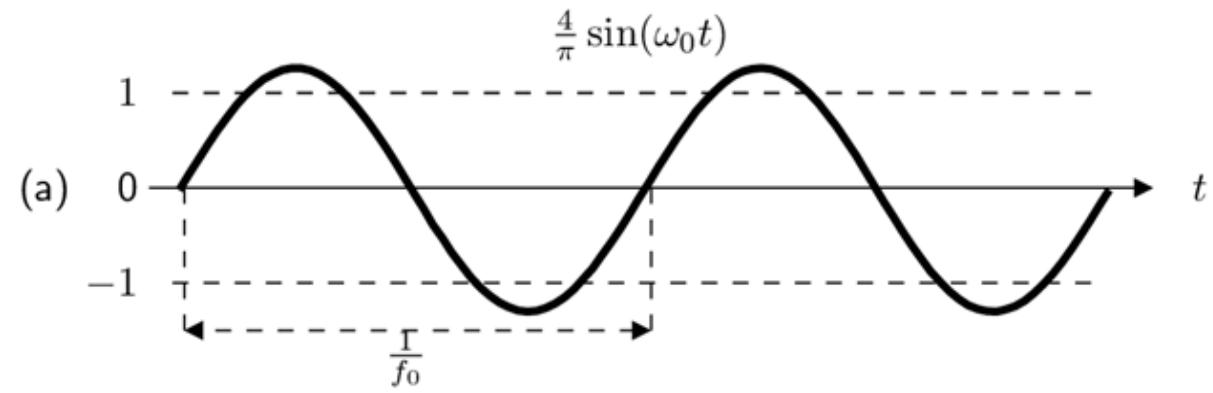
más una sucesión de términos senoidales y cosenoidales\_

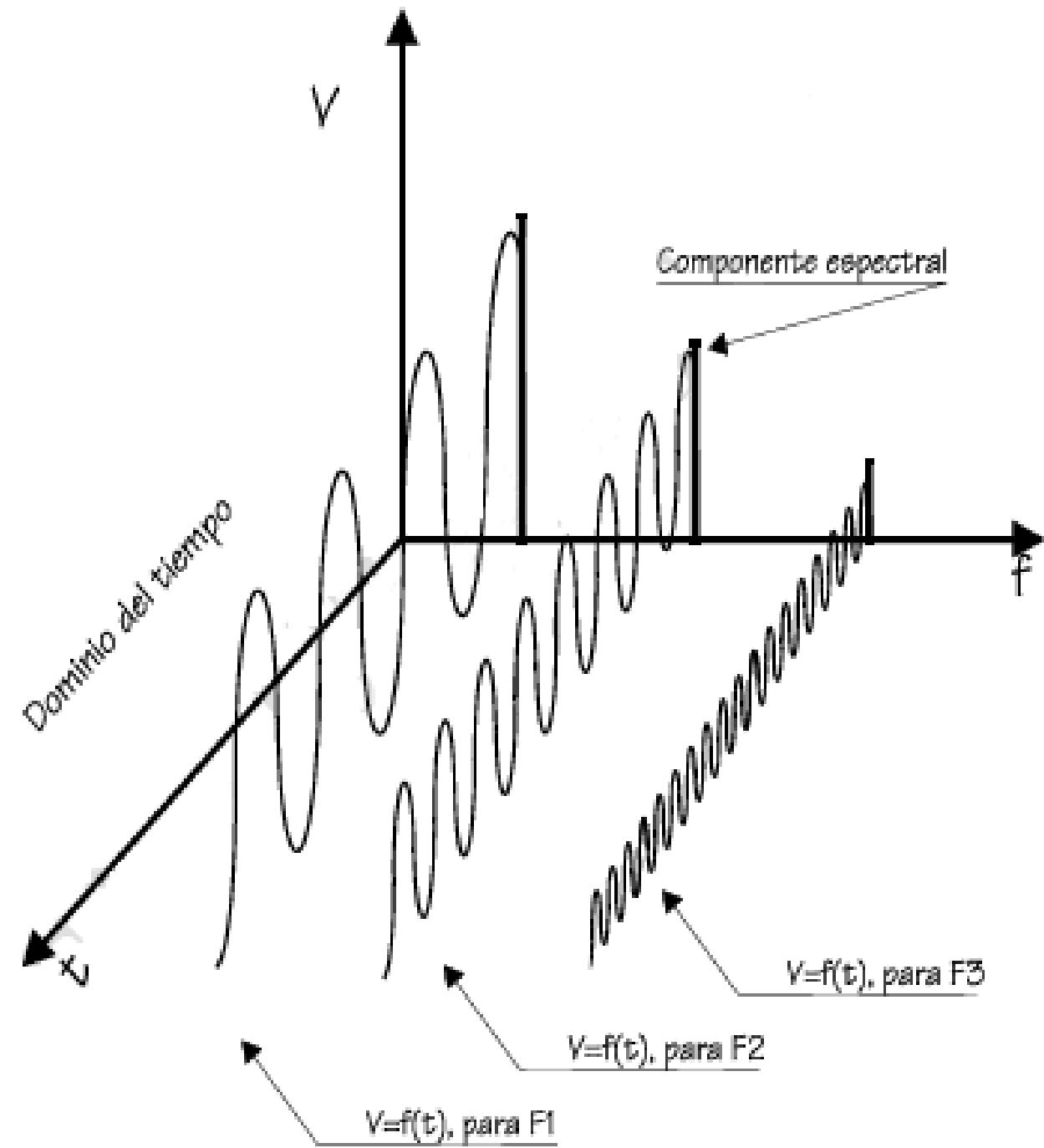
- el primer par (sen, cos) acompañados por sus factores ( $A_1, B_1$ ) representa a la fundamental
- cada uno de los sucesivos pares representa una armónica



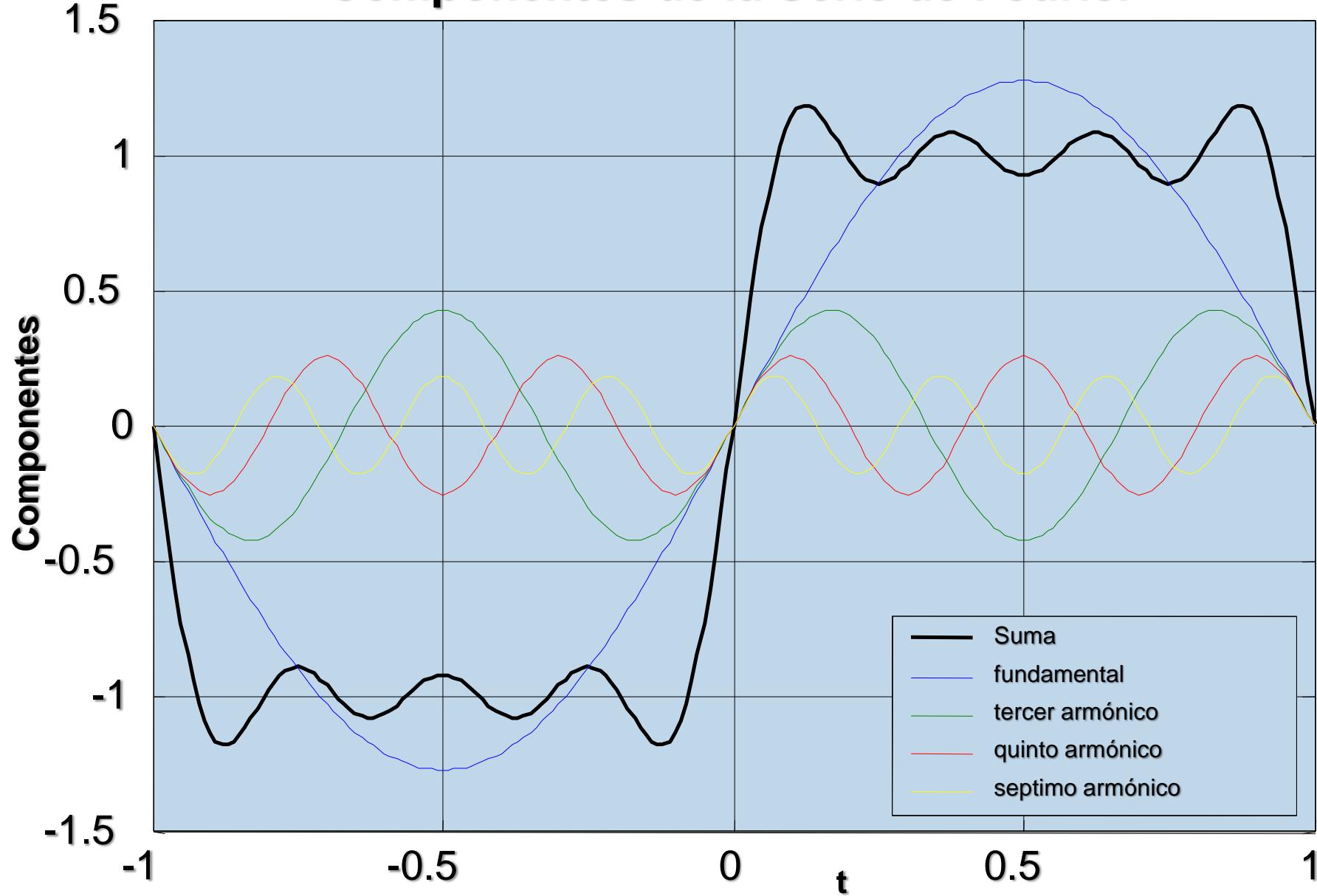






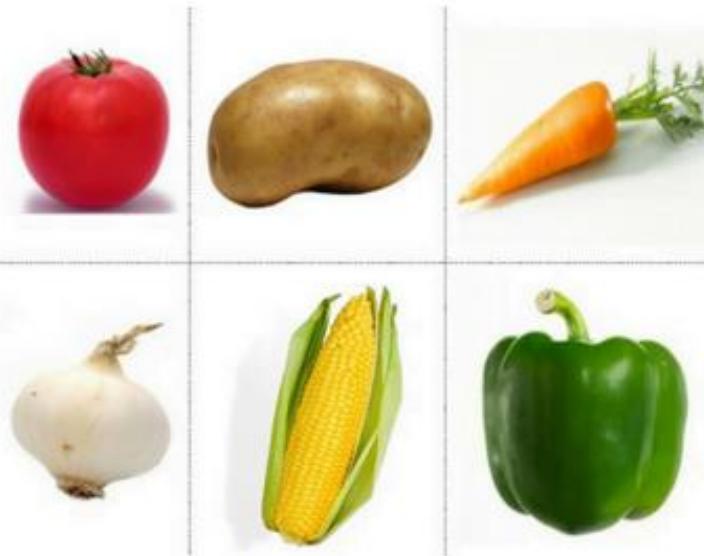
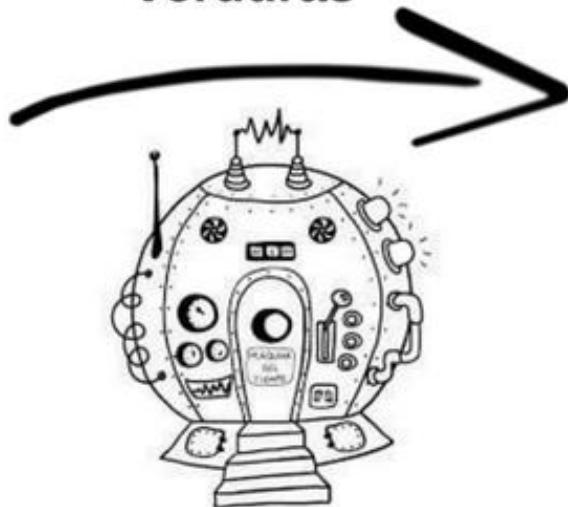


# Componentes de la Serie de Fourier

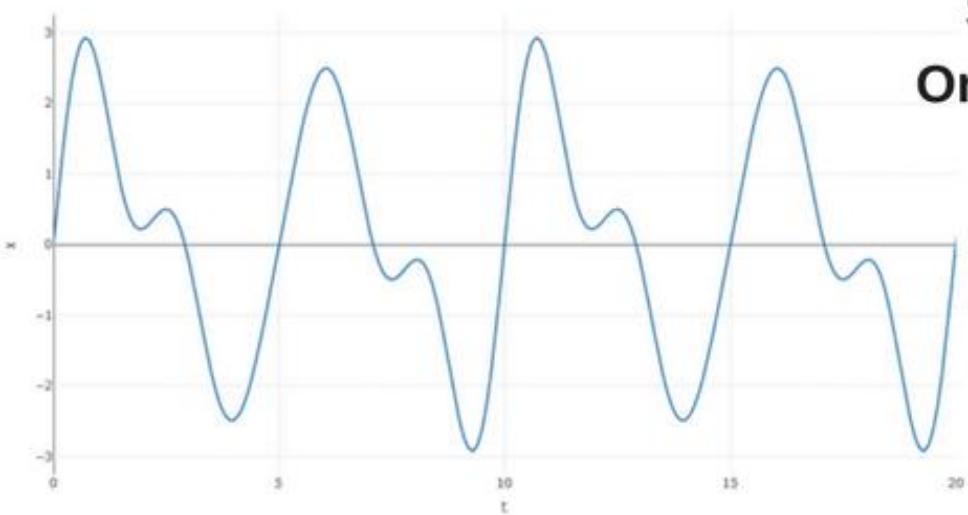




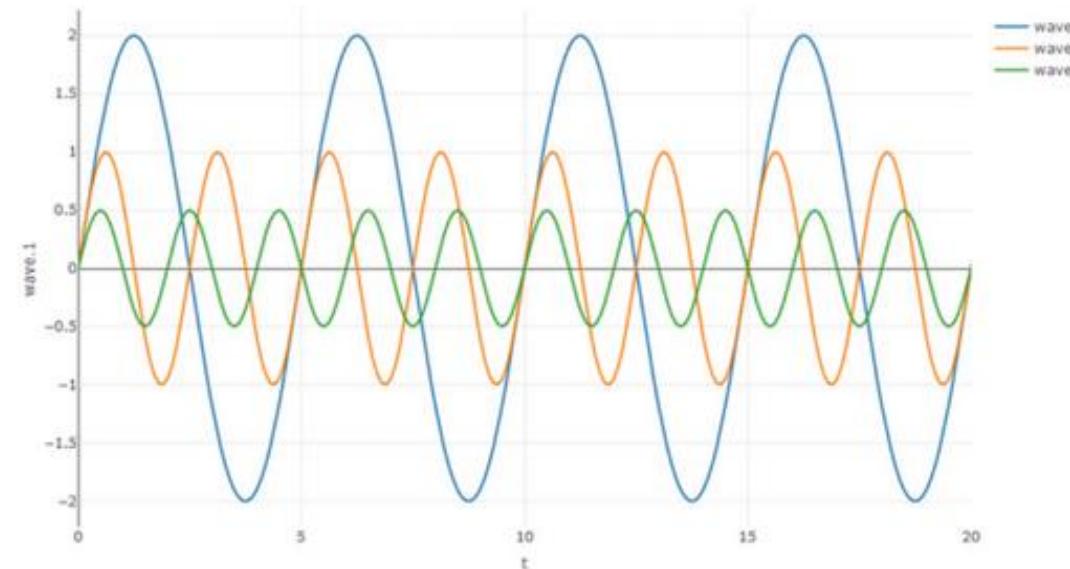
Separador de  
verduras



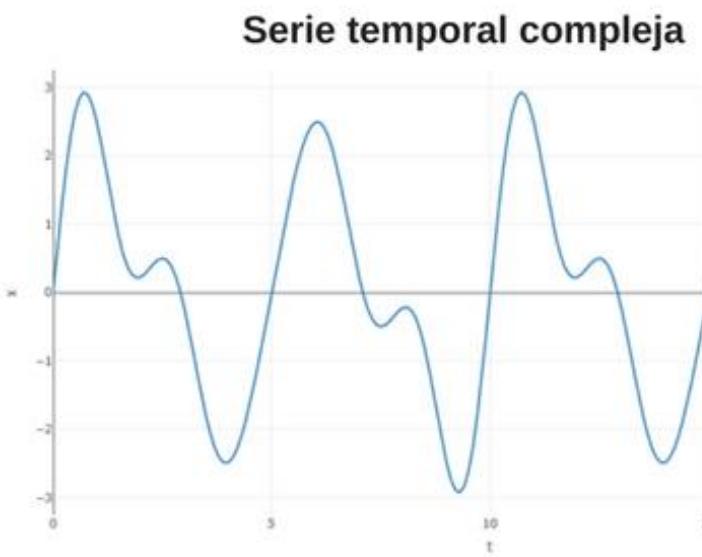
Separador de  
Ondas de Fourier



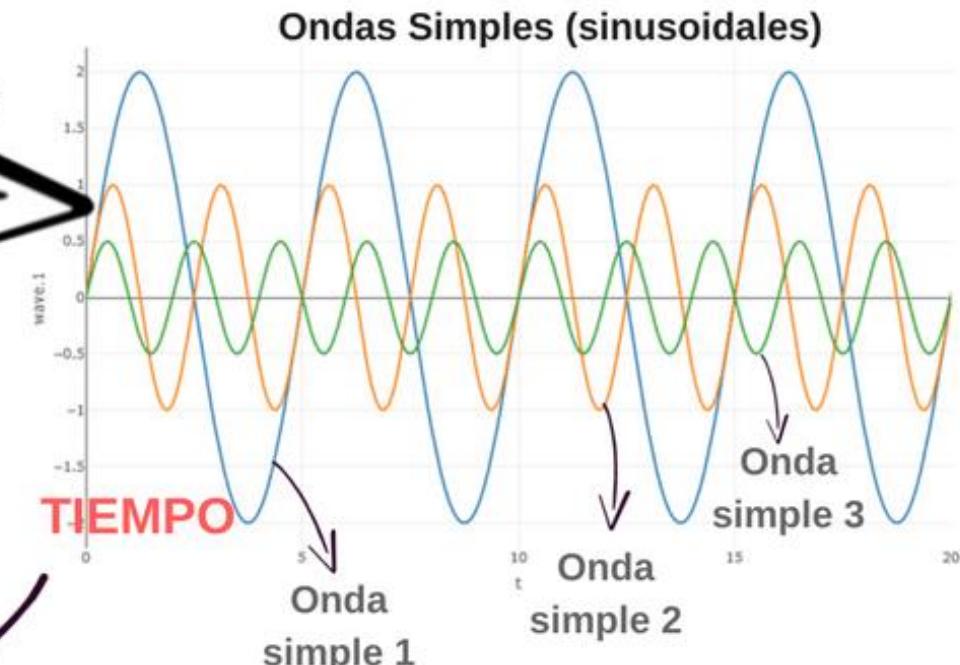
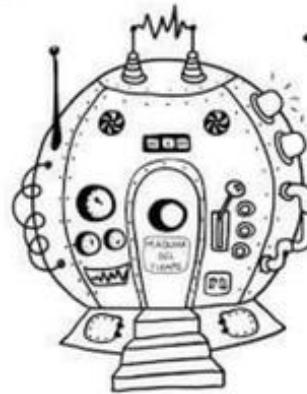
Serie temporal compleja



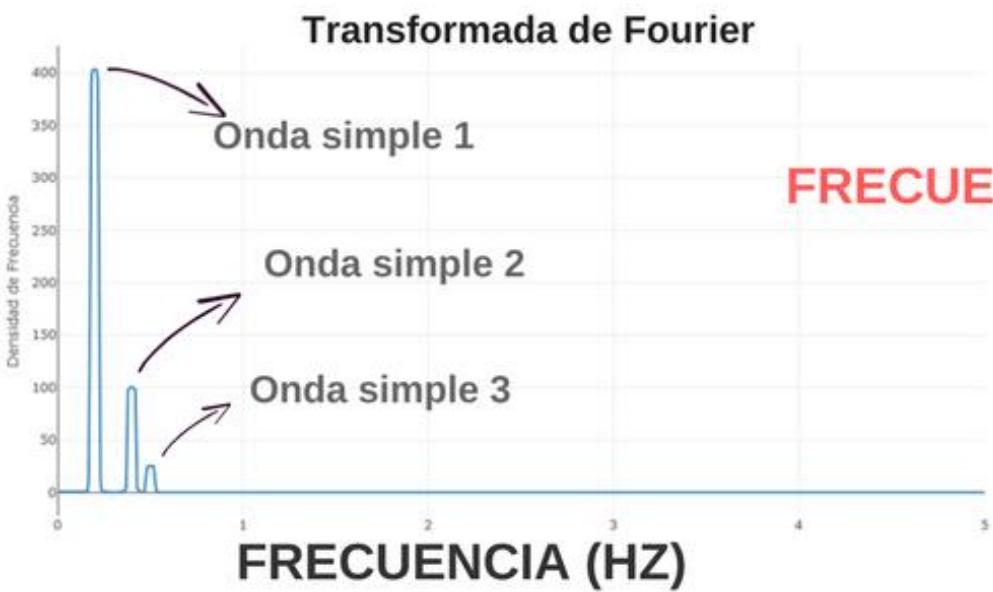
Ondas Simples (sinusoidales)



**Separador de Ondas de Fourier**



$\begin{bmatrix} C \\ C \end{bmatrix}^2$

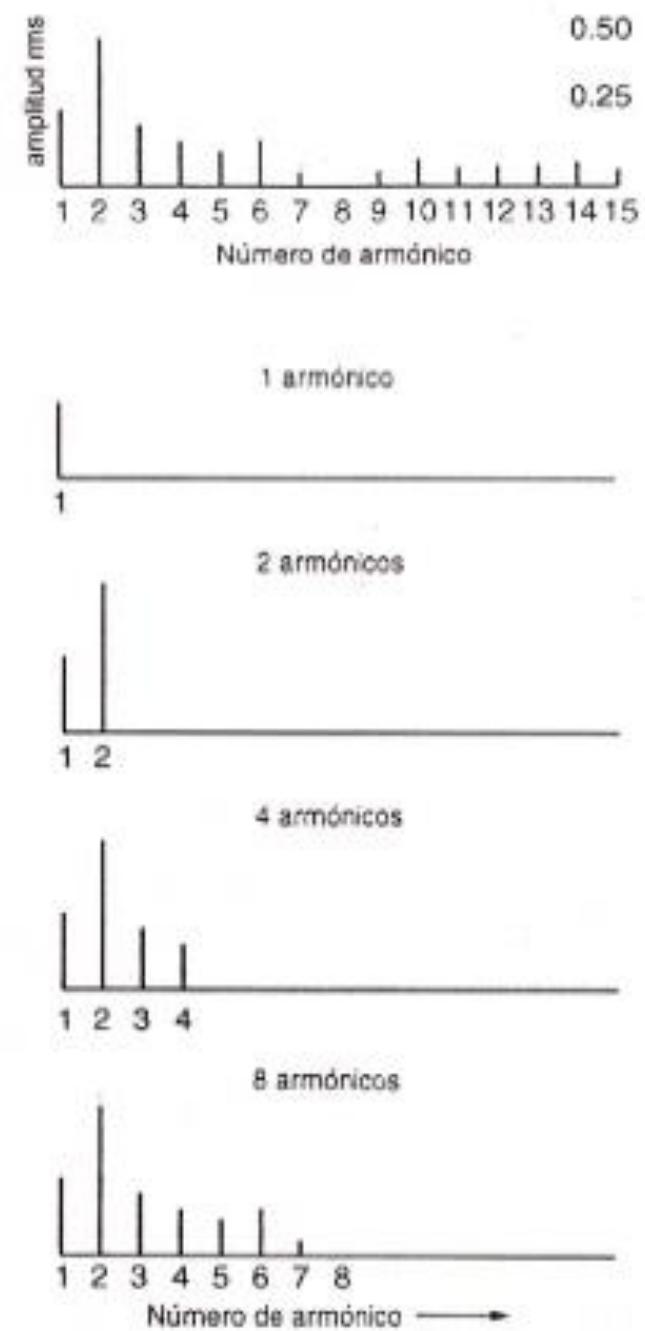
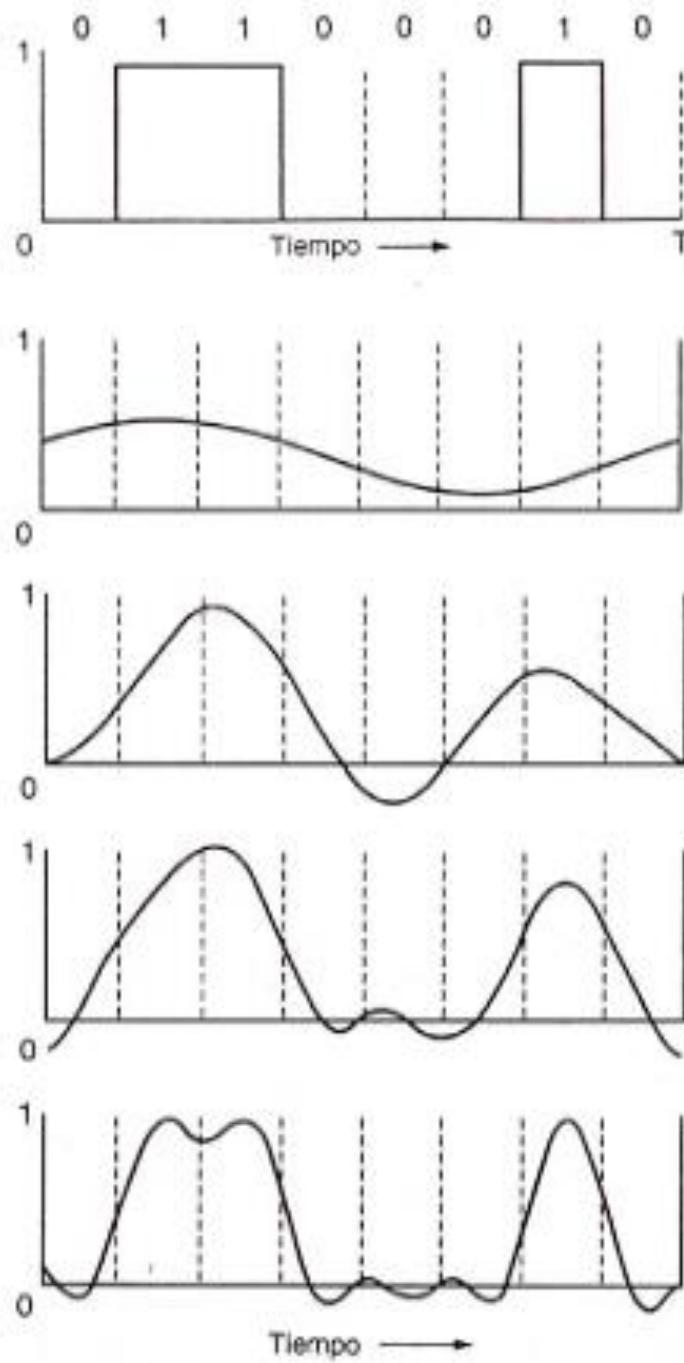


**FRECUENCIA**

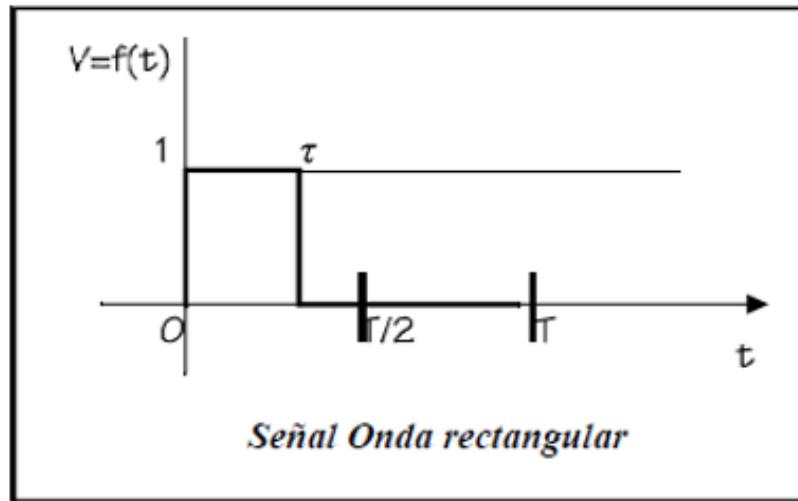
**Transformada de Fourier**

- Pasa del tiempo a la frecuencia
- Pinta en un gráfico de frecuencias la amplitud de las ondas simples
- Puedes saber cuáles de las ondas son más grandes en amplitud
- Puedes interpretar el contenido dinámico. Es decir, en forma de contenido en frecuencias

Carácter ASCII “b”  
 codificado en un byte de 8 bits  
 =>  
 Patrón de bits que transmitirá =  
 0 1 1 0 0 0 1 0



# Señales periódicas no senoidales



Relación entre ancho de pulso =  $\tau$  y periodo =  $T$

Ciclo de trabajo para esa señal

$$DC = \tau / T$$

$$DC\% = (\tau / T) \times 100$$

$$V_0 = V \times DC$$

$V_0$  = amplitud de la componente continua

Señal **PNS** con el ancho de pulso  
distinto al semiperíodo

# Señales periódicas no senoidales

$$V_n = 2V_0 \times \frac{\operatorname{sen}[(n\pi\tau)/T]}{[(n\pi\tau)/T]}$$

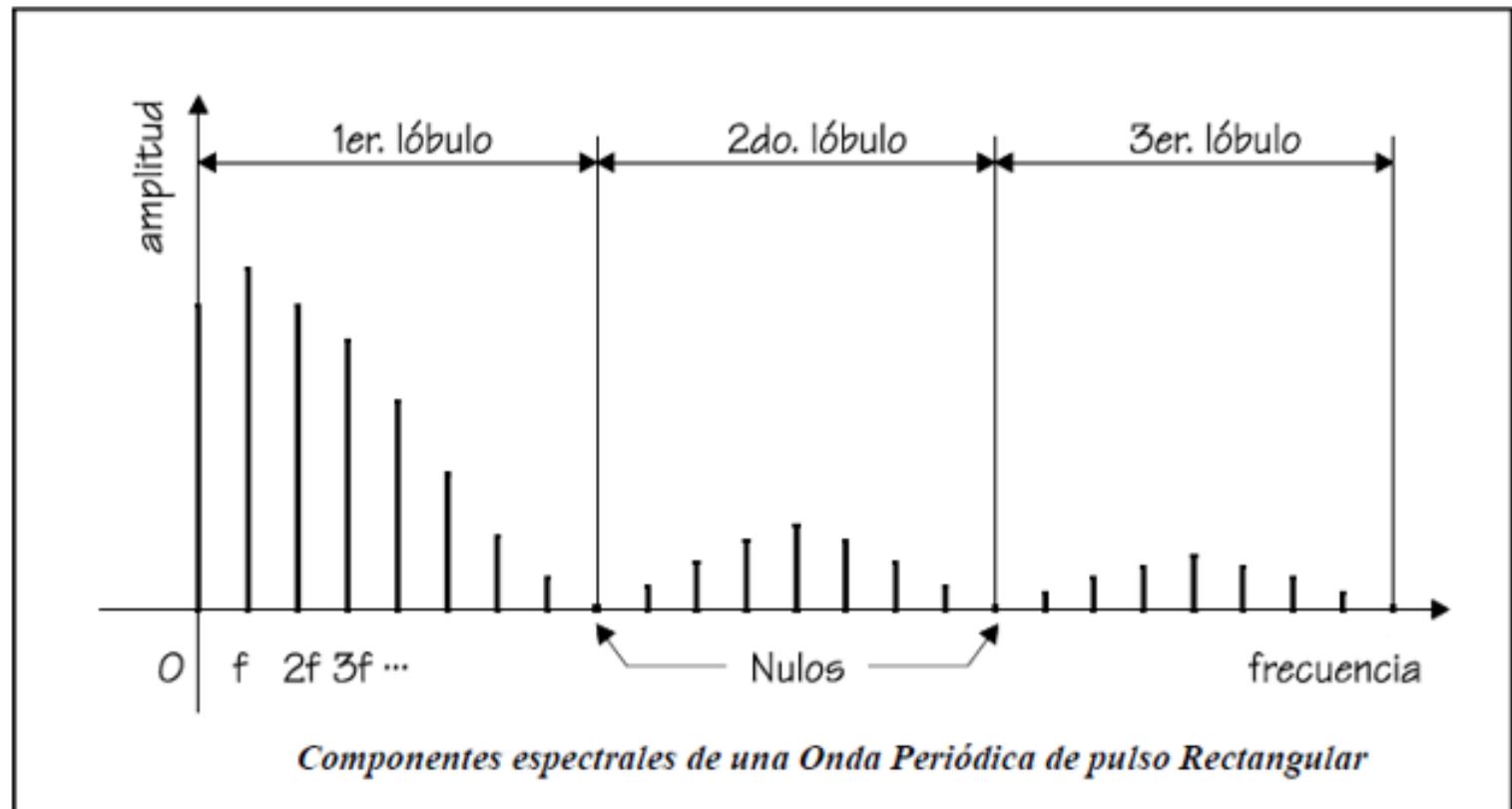
$V_n$  = la amplitud pico en voltios de la enésima armónica senoidal de la onda rectangular

$n$  = representa a la armónica

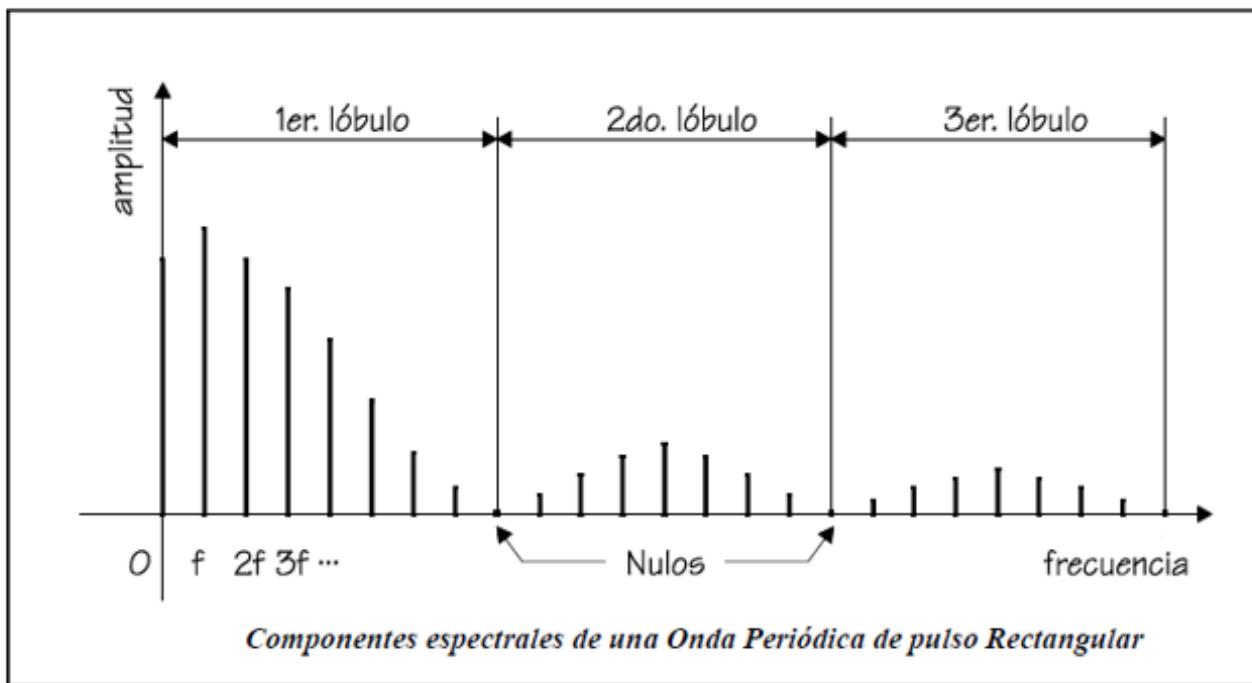
$V_0$  = amplitud de la componente continua

$\tau$  = ancho del pulso de la onda

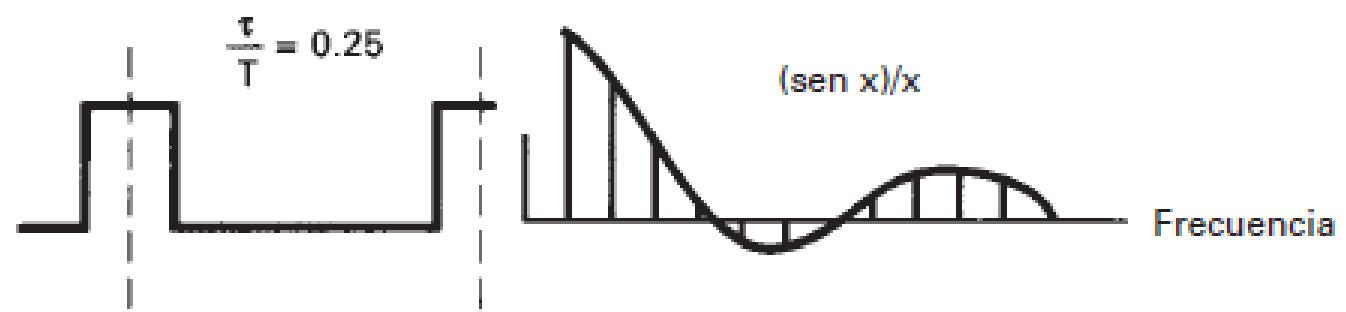
$T$  = período de la onda rectangular



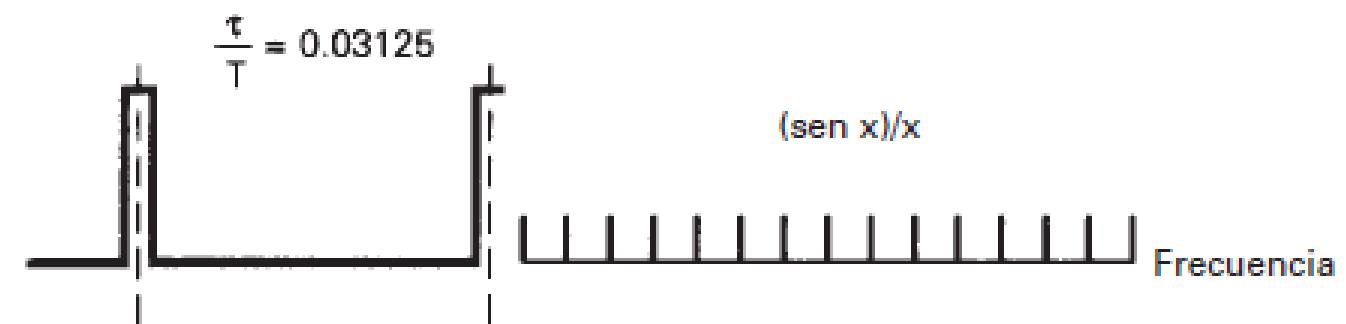
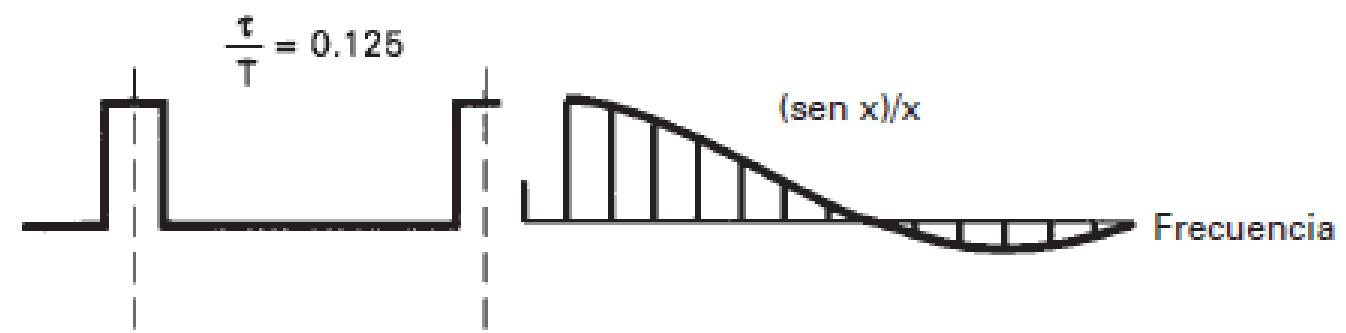
- El componente cd que se verifica a frecuencia nula, es en valor absoluto igual a la amplitud del ciclo de trabajo y asume el significado físico de componente continua



- ▼ Existen componentes de 0 V (nulos) en la frecuencia  $(1/\tau)$  Hz, y en todos los múltiplos enteros de esta frecuencia cuando  $T = n\tau$ , en donde  $n$  es entero impar.
- ▼ La envolvente de componentes espectrales toma una forma de onda seno amortiguada, en la cual todos los componentes espectrales en los lóbulos impares son positivos, y en los pares son negativos, aunque se representen como positivos.



Efectos de reducir la  
relación  $\tau / T$

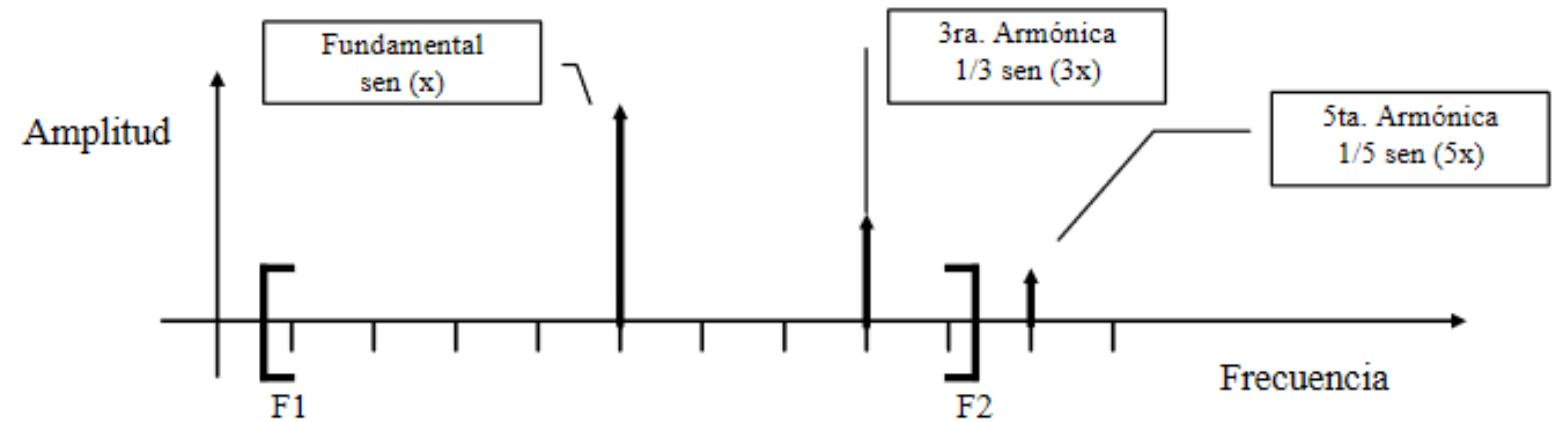


# Conclusiones

- La señal que pretendemos generar como una onda rectangular, podría realmente tener esta forma sólo en un sistema ideal.
- El desarrollo por Fourier nos muestra que en la realidad, la señal es sólo parecida a la ideal. Será más parecida cuanto más componentes espectrales incluyamos en la señal transmitida.
- No se puede incluir infinitos componentes espectrales en la señal transmitida porque el canal real no lo toleraría.
- No es necesario que la onda resultante real sea una onda rectangular, sino sólo lo suficiente como para que los sistemas digitales puedan reconstruir la información.

# Ancho de Banda

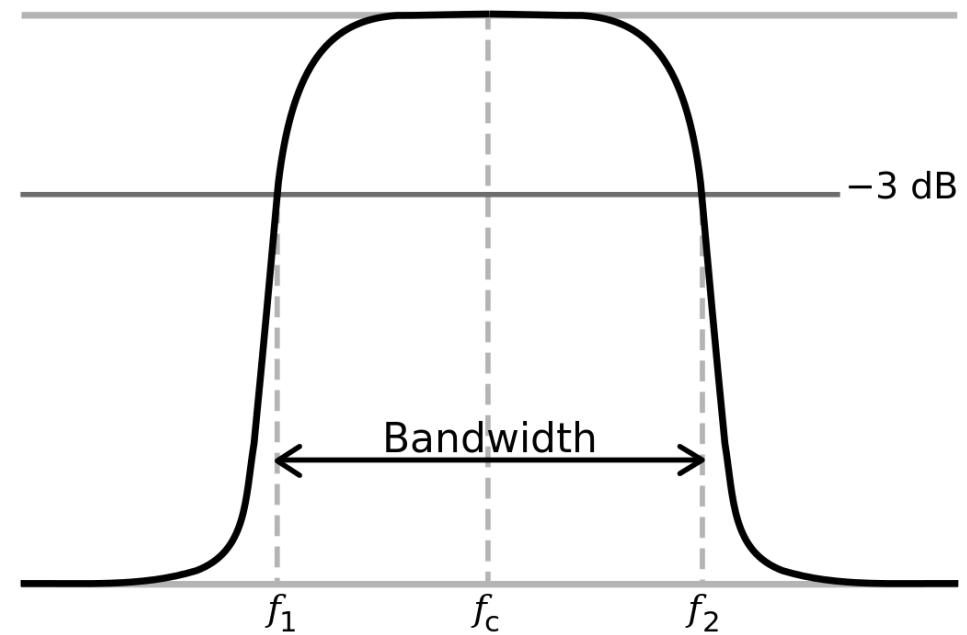
$$\Delta F = F_2 - F_1$$



tal que  $F$  contenga a las componentes espectrales que realizan trabajo útil. Serán, por tanto, las primeras en el espectro de frecuencias hasta un punto arbitrario

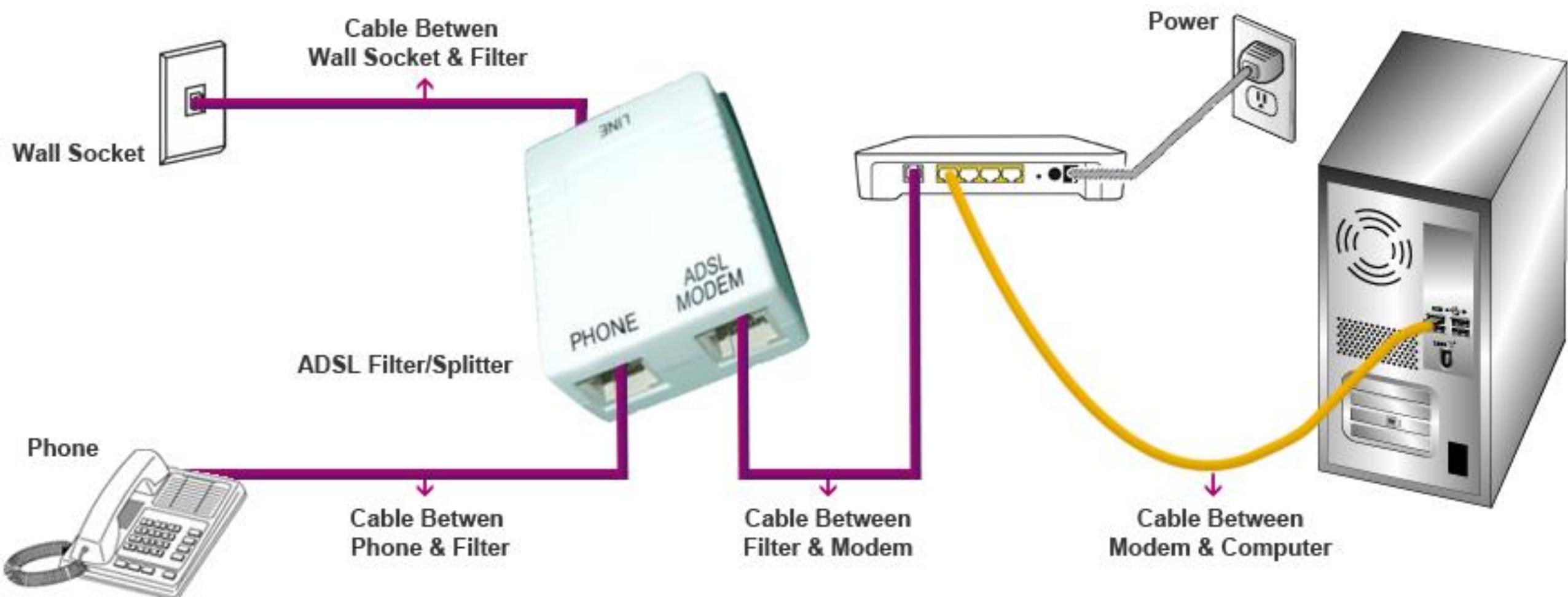
# Ancho de Banda

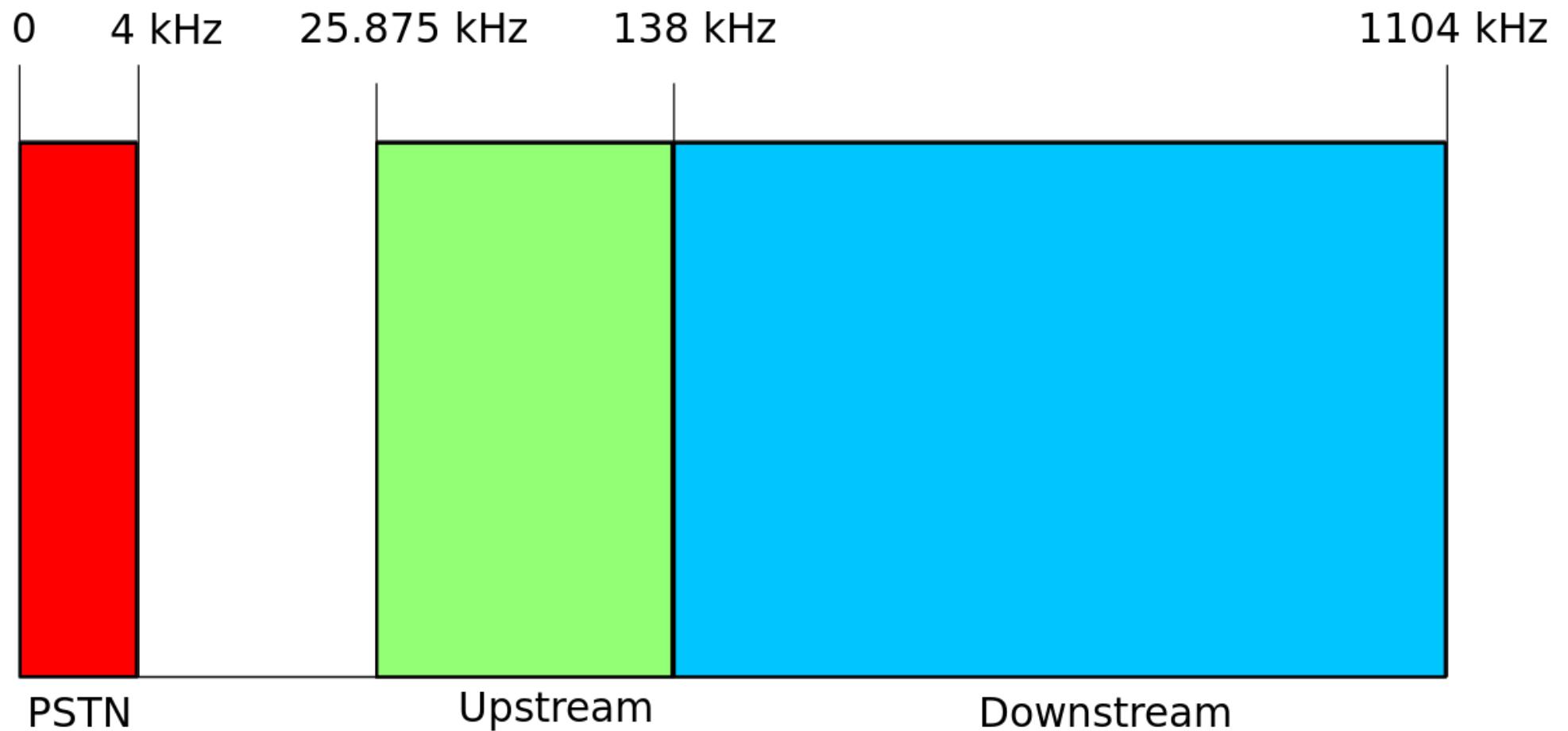
- Para que la forma de la onda sea reconocible, se pueden tomar 2 criterios respecto al AB:
  - Criterio de los 3dB
  - Contener al menos el 1er lóbulo



# Ancho de Banda

- Siendo los canales de comunicaciones reales y no ideales, todos tienen un ancho de banda finito.
- un canal se comportará como un filtro para la señal generada.
- Filtro = elemento que permite pasar sólo un conjunto de frecuencias:
  - Pasa bajos
  - Pasa altos
  - Pasa banda
- Podemos imaginar al canal de comunicación como un filtro pasa bajos que tiene una frecuencia de corte conocida.





# Recursos

- Tanenbaum: Unidad 2: 2.11 y 2.1.2
- Tomasi: Capítulo 1, sección “Análisis de Señales” pag 14.
- Apunte: Fenómenos en la transmisión de Señales. Pag 38.
- <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-signals#ee-fourier-series>
- <https://www.youtube.com/watch?v=spUNpyF58BY>
- [https://www.youtube.com/watch?v=Qg03ksZ\\_oc0&ab\\_channel=Electr%C3%B3nicaFP](https://www.youtube.com/watch?v=Qg03ksZ_oc0&ab_channel=Electr%C3%B3nicaFP)