

Laboratorio Transmisión Digital

Cátedra: Introducción a la Ing. en Telecomunicaciones II

Objetivos

Generales

- Abordar y recordar conceptos sobre transmisión digital.
- Afianzar los mismos mediante simulaciones por software e implementación en sistemas embebidos.

Específicos

- Introducir conceptos generales sobre transmisión digital.
 - Reforzar conceptos relevantes respecto a:
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Modulación
 - Afianzar lo anterior exponiendo procedimiento de simulaciones por software así como sus resultados.
 - E implementaciones de transmisión digital en sistemas embebidos.
 - Acompañando con ejercicios prácticos.
-

Introducción

La transmisión digital consiste en el envío de información en forma de **pulsos digitales** de un origen a un destino. Si la señal que se desea enviar es de naturaleza analógica, *como ser una señal de voz*, se requiere de un procesamiento previo a la transmisión en el que se convierte la misma de **analógica a digital**.

Ventajas

- Presenta mayor inmunidad al ruido.
- Se regenera la señal.

- ## Desventajas

- # Conceptos preliminares

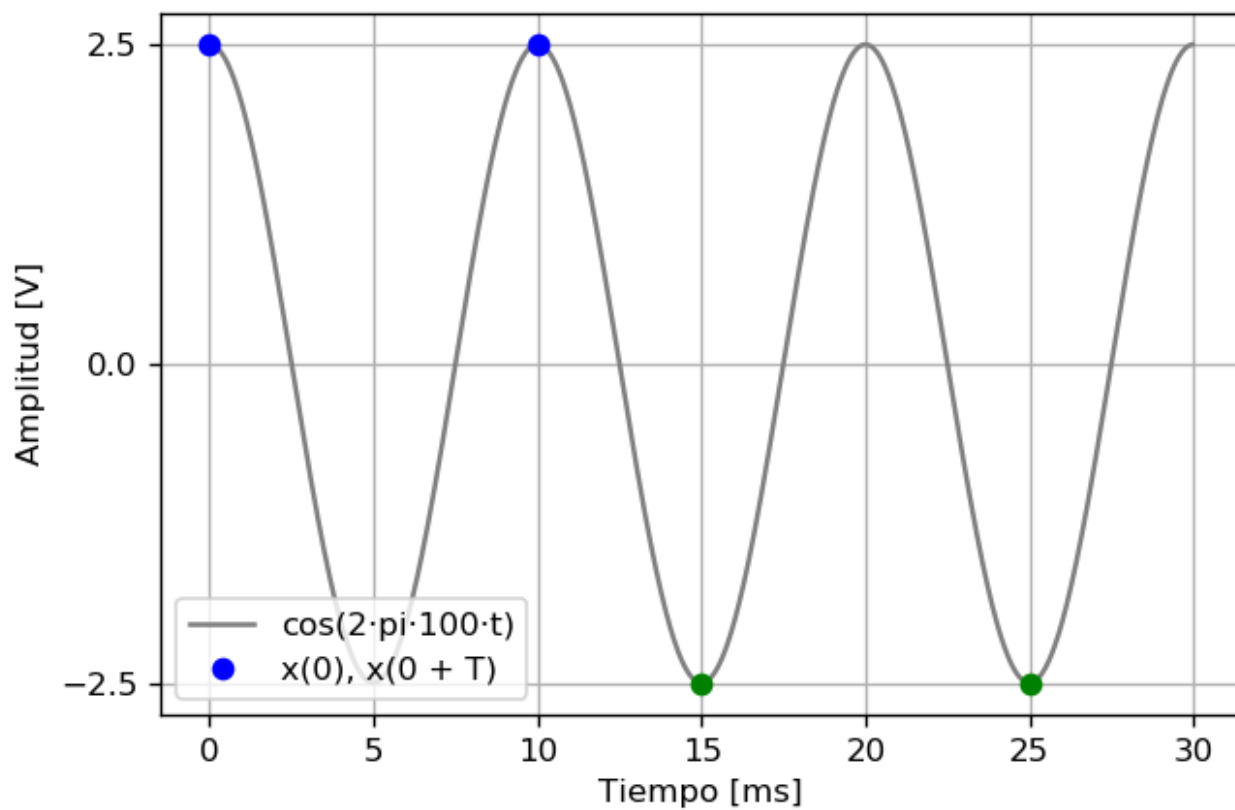
Señales periódicas

$$x(t + T) = x(t)$$

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

$$x(t) = A \cdot \cos(w \cdot t) = A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

Representación en el dominio del tiempo



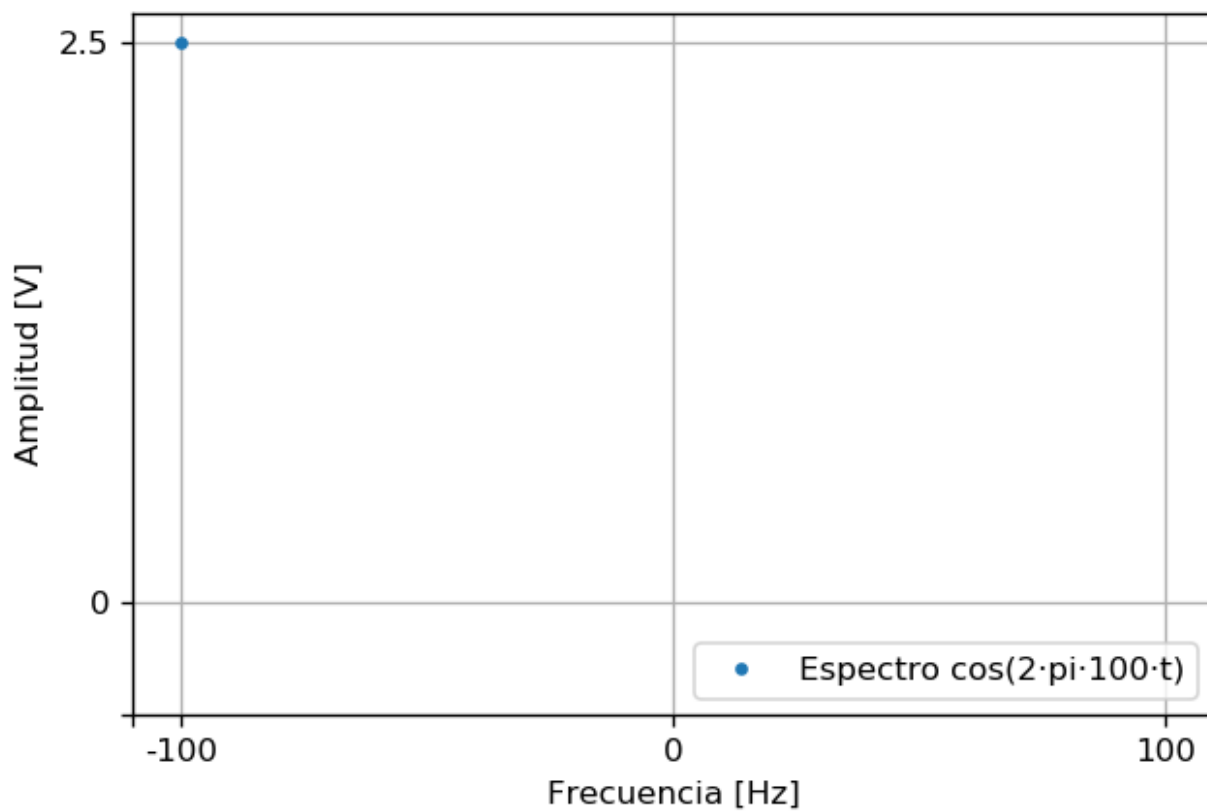
Completar la información faltante

- **Amplitud máxima de la señal:** [V]
- **Período de la señal:** [s]
- **Frecuencia de la señal:** [Hz]

Representación en el dominio de la frecuencia

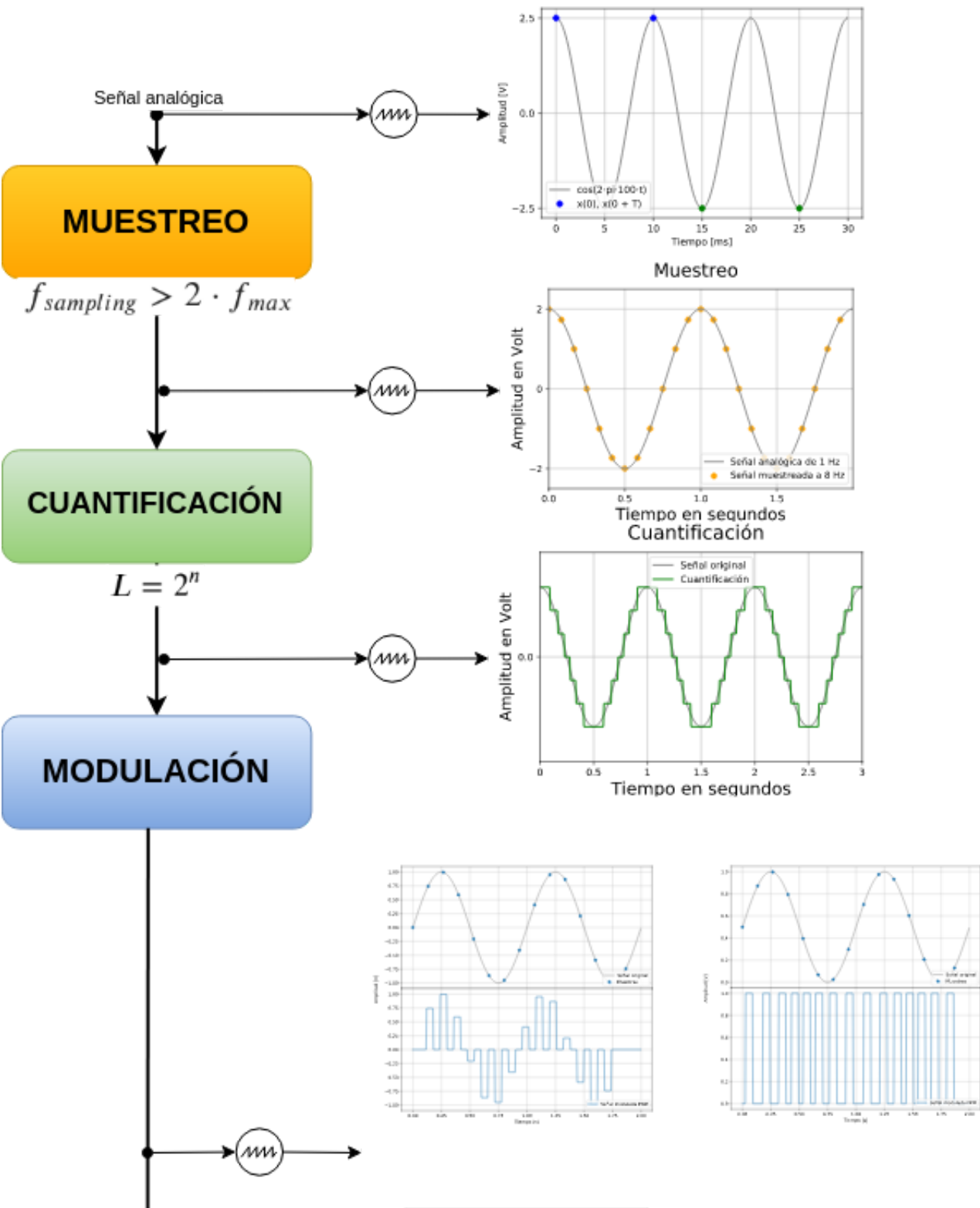
Dibujar en el siguiente eje coordenado el espectro de la señal antes analizada.

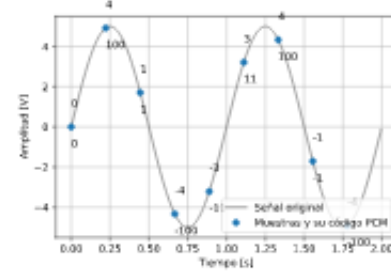
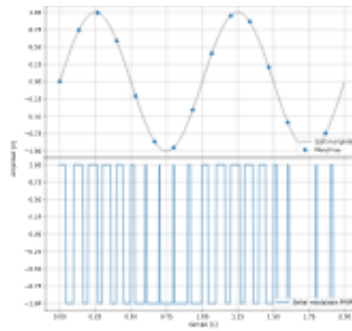
Completar la información faltante



Digitalización

Si se desea enviar una señal de naturaleza analógica a través de un sistema de transmisión digital, debe ser digitalizada, dicho proceso consiste en el **muestreo**, **cuantificación** y **codificación** de la señal, previo a la modulación.





Muestreo

Consiste en obtener una cantidad finita de *muestras* de una señal continua, es decir los valores en amplitud de la señal original a determinados valores en el tiempo, para construir así una señal discreta apta para ser enviada en un sistema de transmisión digital.

Para que la señal pueda ser reconstruida en el sistema receptor, **la frecuencia con la que se toman las muestras debe ser mayor al doble de la máxima frecuencia de la señal original**, esto es:

$$f_s > 2 \cdot f_{max}$$

Teorema de muestreo o teorema de Nyquist-Shannon

Por ejemplo:

Completar la información faltante

- Sea una señal cuya frecuencia es 50 Hz, la *mínima* frecuencia de muestreo que permite recuperar dicha señal está dada por

$$2 \cdot f_{max} = \dots = f_s$$

- Si se desea muestrear la señal

$$\cos(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t)$$

, la frecuencia de muestreo mínima necesaria está dada por

$$2 \cdot f_{max} = \dots = f_s$$

- Para una señal compuesta por la suma de dos señales periódicas con períodos

$$T_1 = 0.015s$$

y

$$T_2 = 0.02s$$

respectivamente, la frecuencia de muestreo queda determinada por la máxima frecuencia de la señal

$$f_{max} = \dots\dots$$

,

$$f_s = 2 \cdot f_{max} = \dots\dots\dots$$

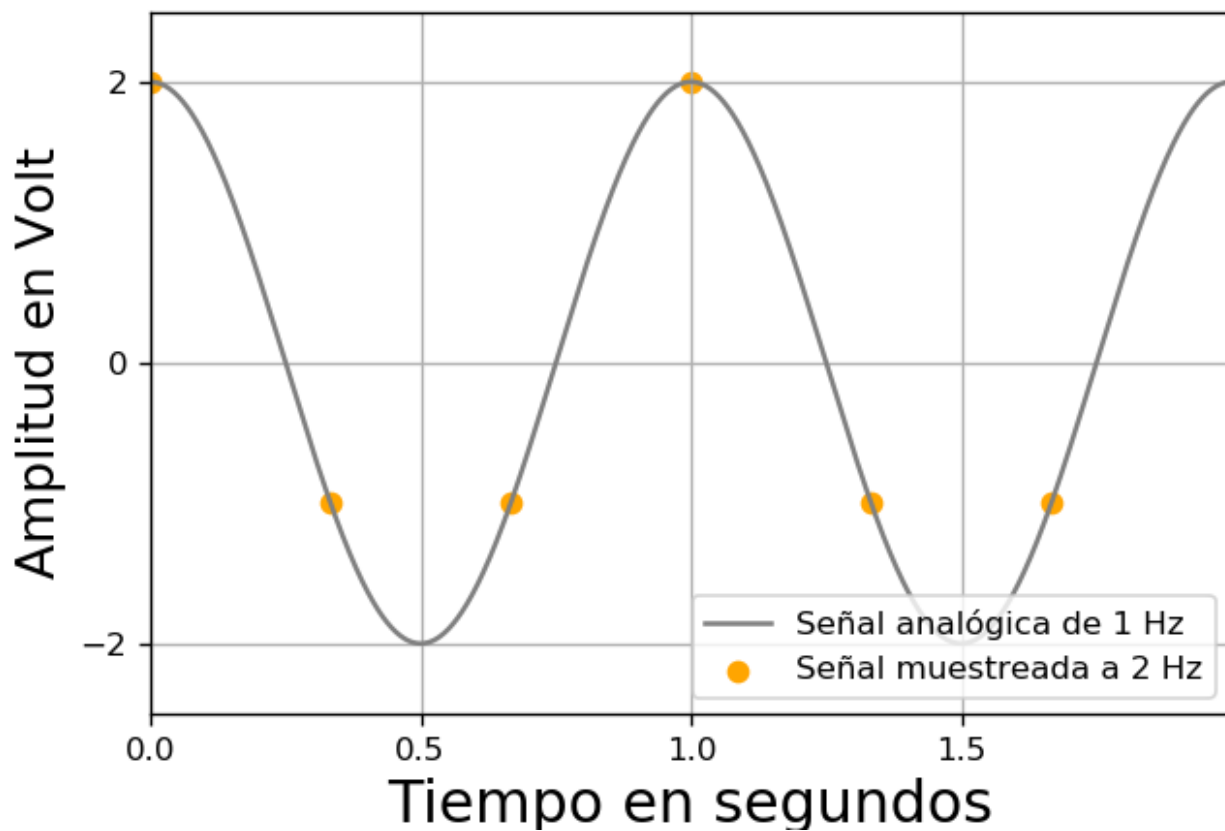
Muestreo señal cosenoidal

Se setea la frecuencia de la señal (*cosenoidal*) a muestrear , y , donde

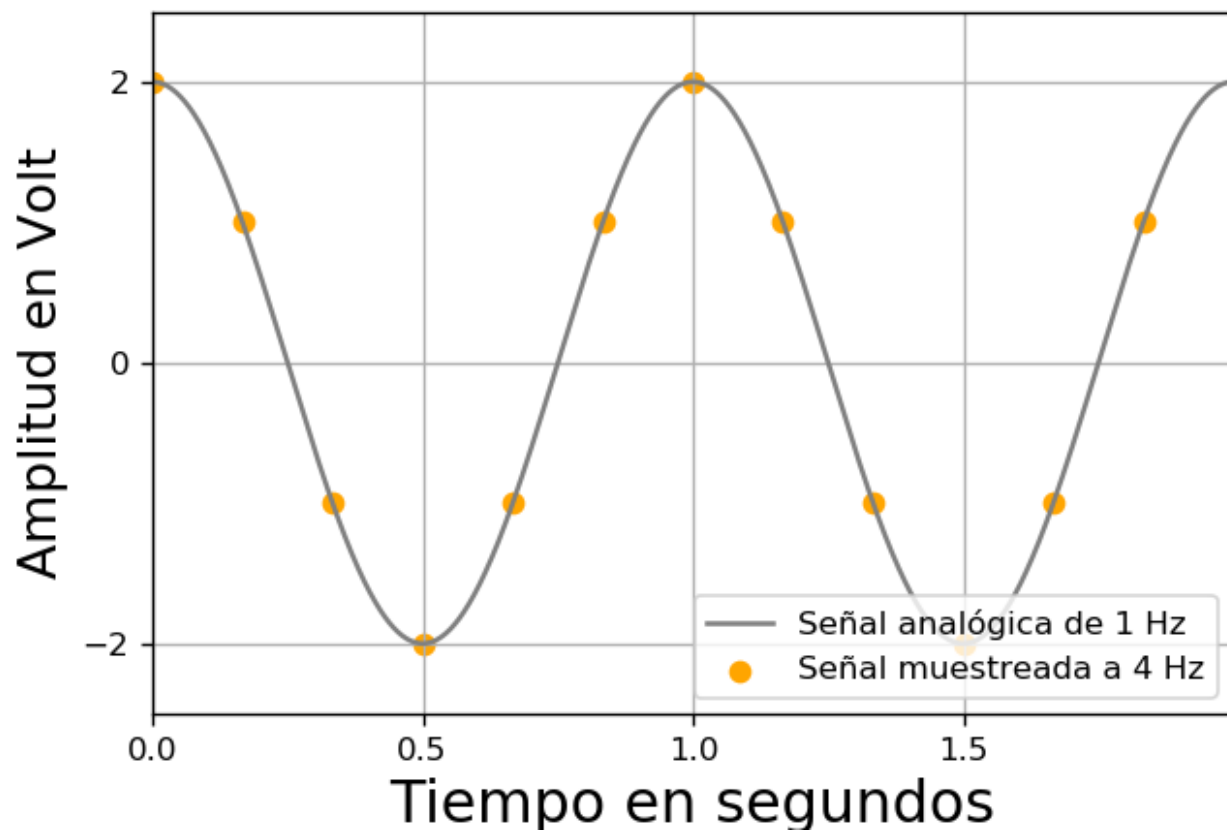
$$f_s = N \cdot f$$

$$x(t) = 2 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

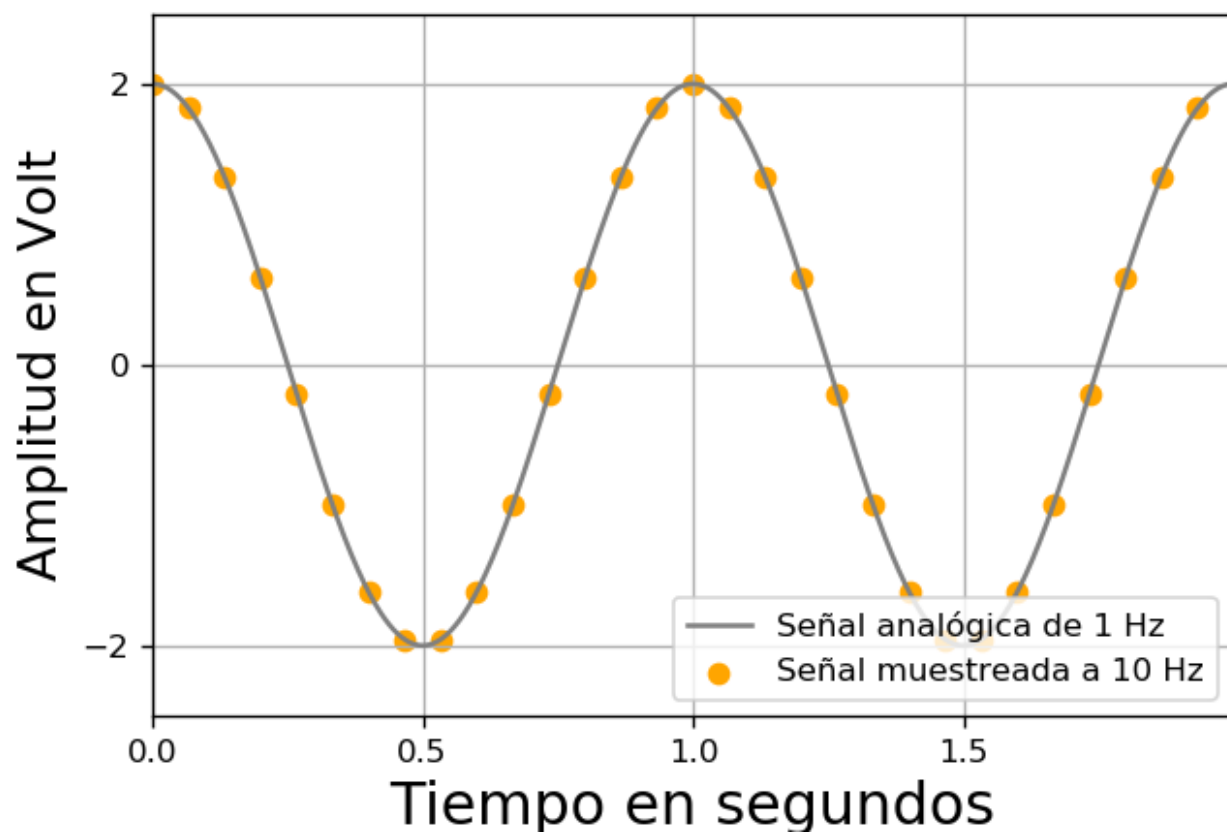
Muestreo



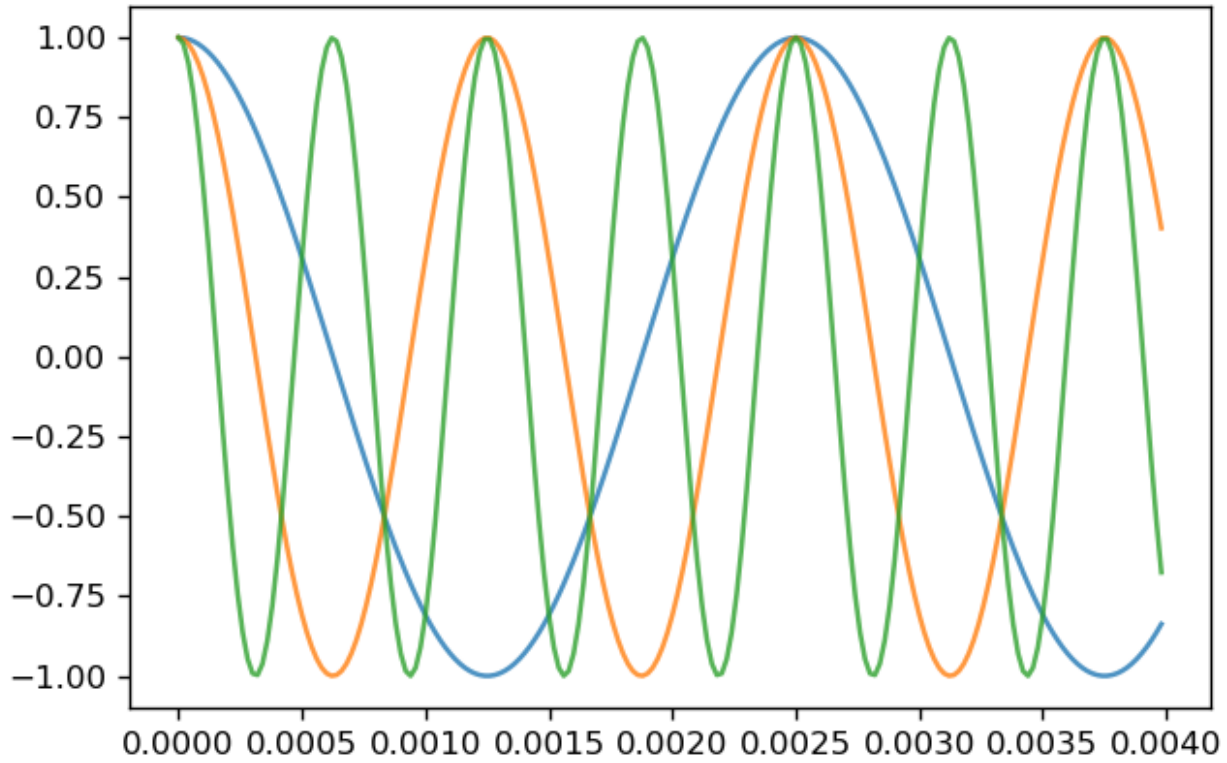
Muestreo



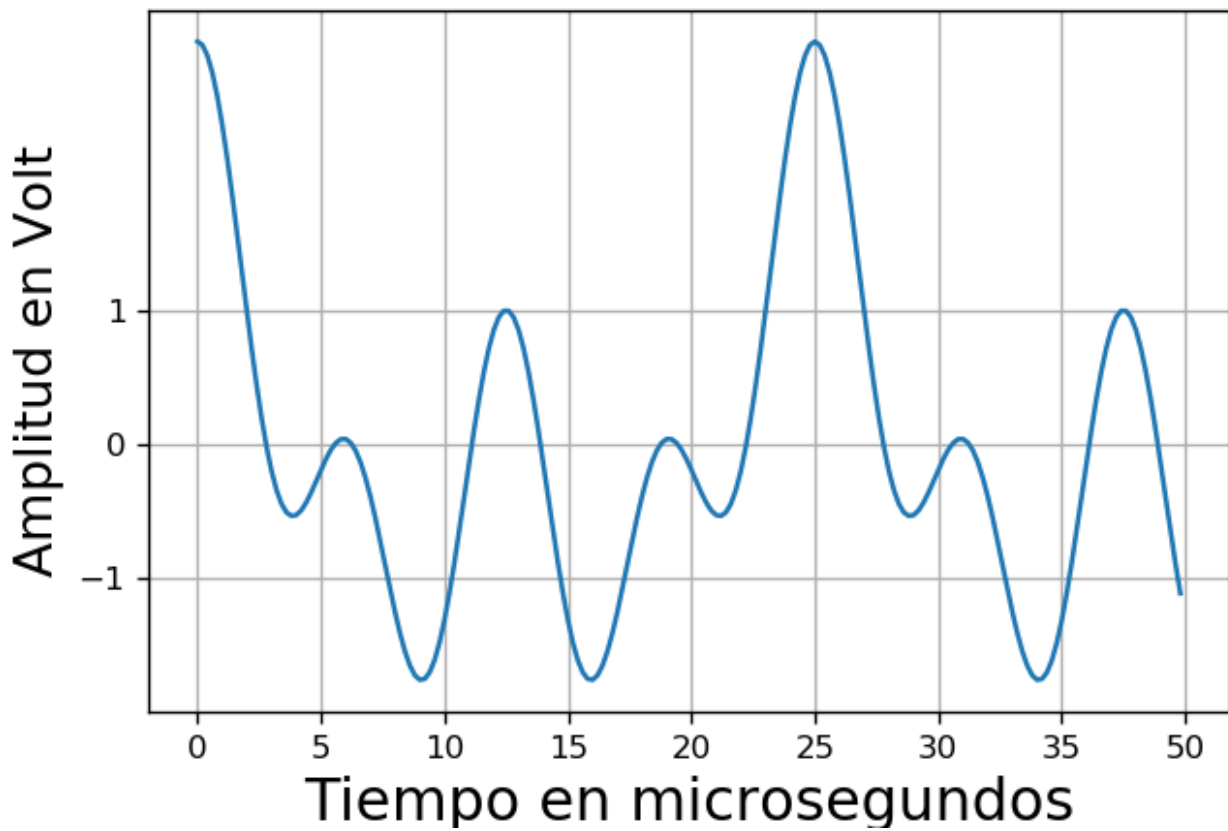
Muestreo

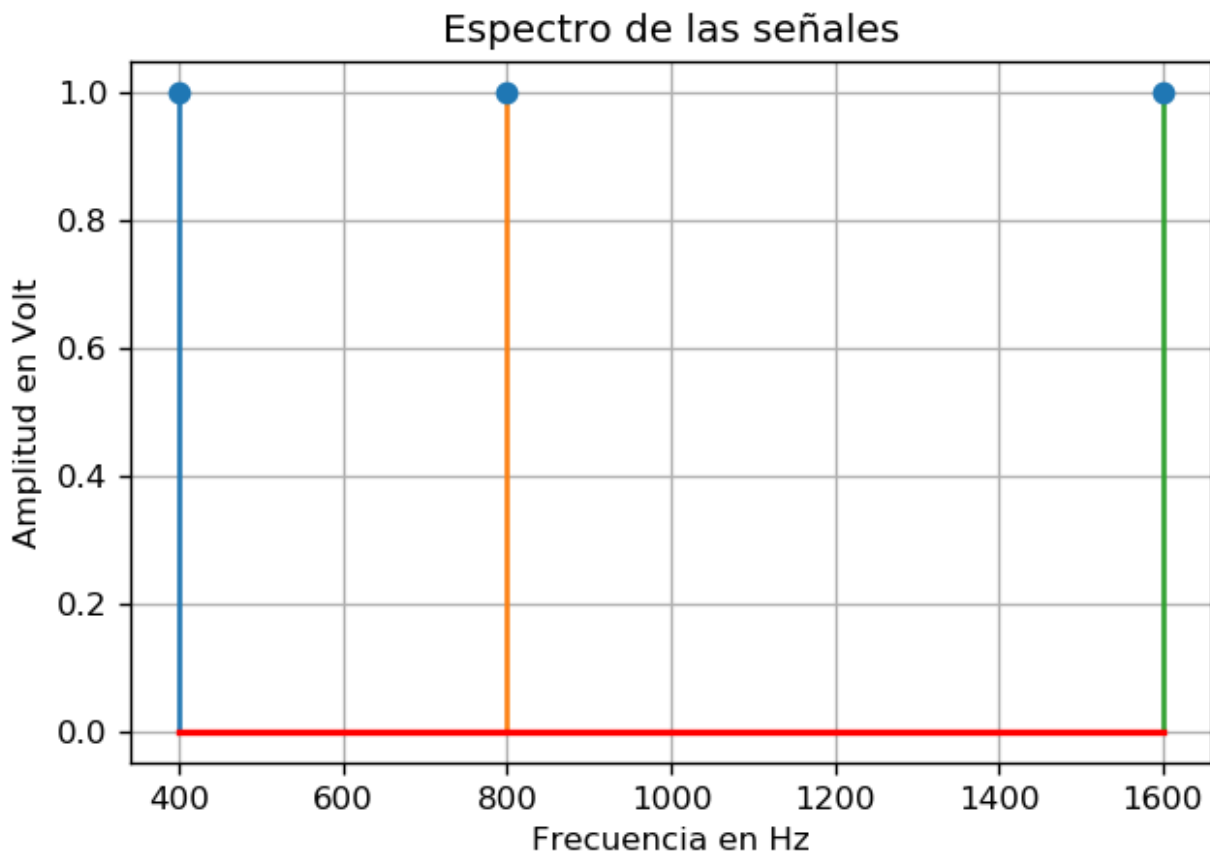


Señales cosenoidales



Suma de señales cosenoidales





Completar la información faltante

Para la señal compuesta que resulta de la suma de señales cosenoidales de 400 , 800 y 1600 Hz , la frecuencia máxima de la señal es Hz , por lo que la frecuencia mínima de muestreo es

$$f_s = 2 \cdot f_{max} =$$

Cuantificación

Este proceso se lleva acabo inmediatamente después del muestreo de una señal analógica.

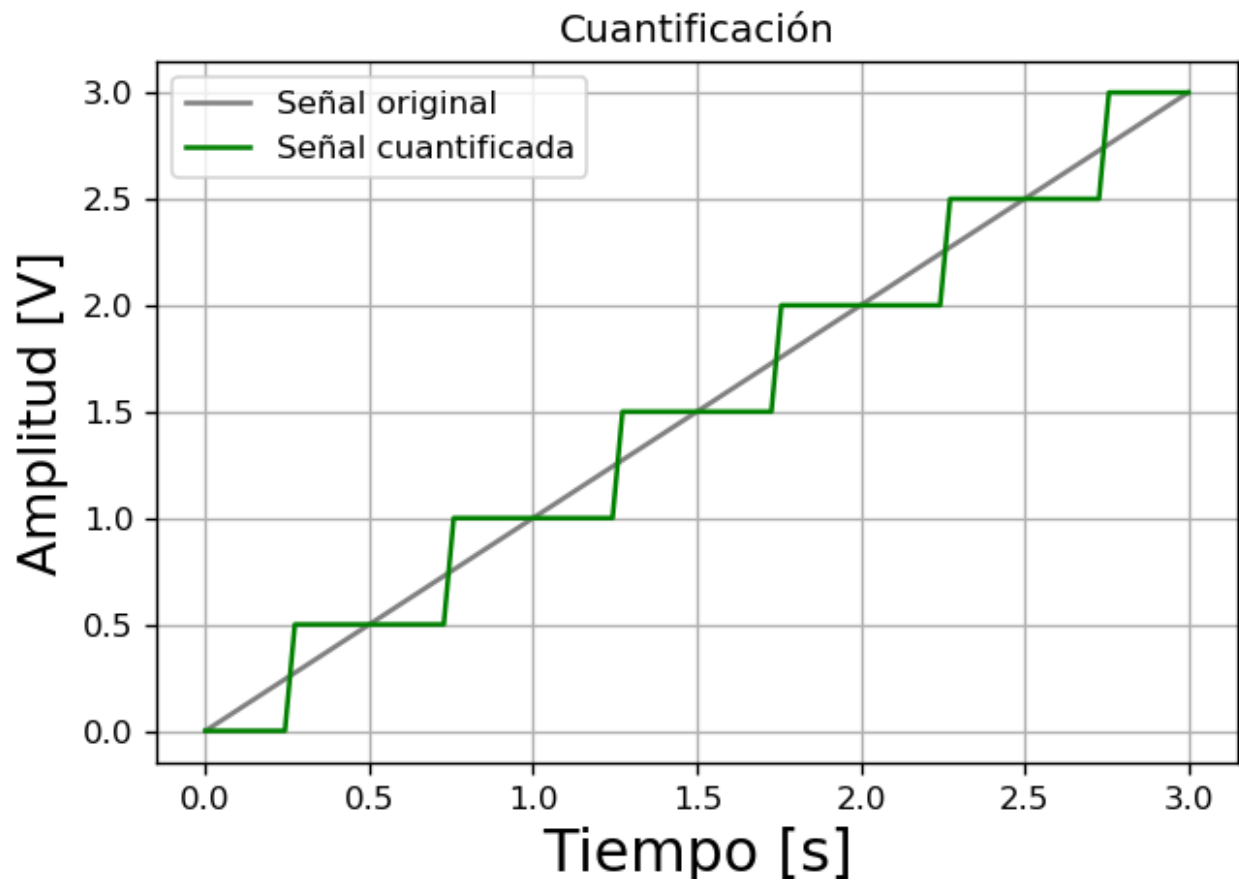
La etapa de cuantificación consta de un conjunto finito de niveles discretos, la cantidad de niveles está dada por potencias de dos:

$$L = 2^n$$

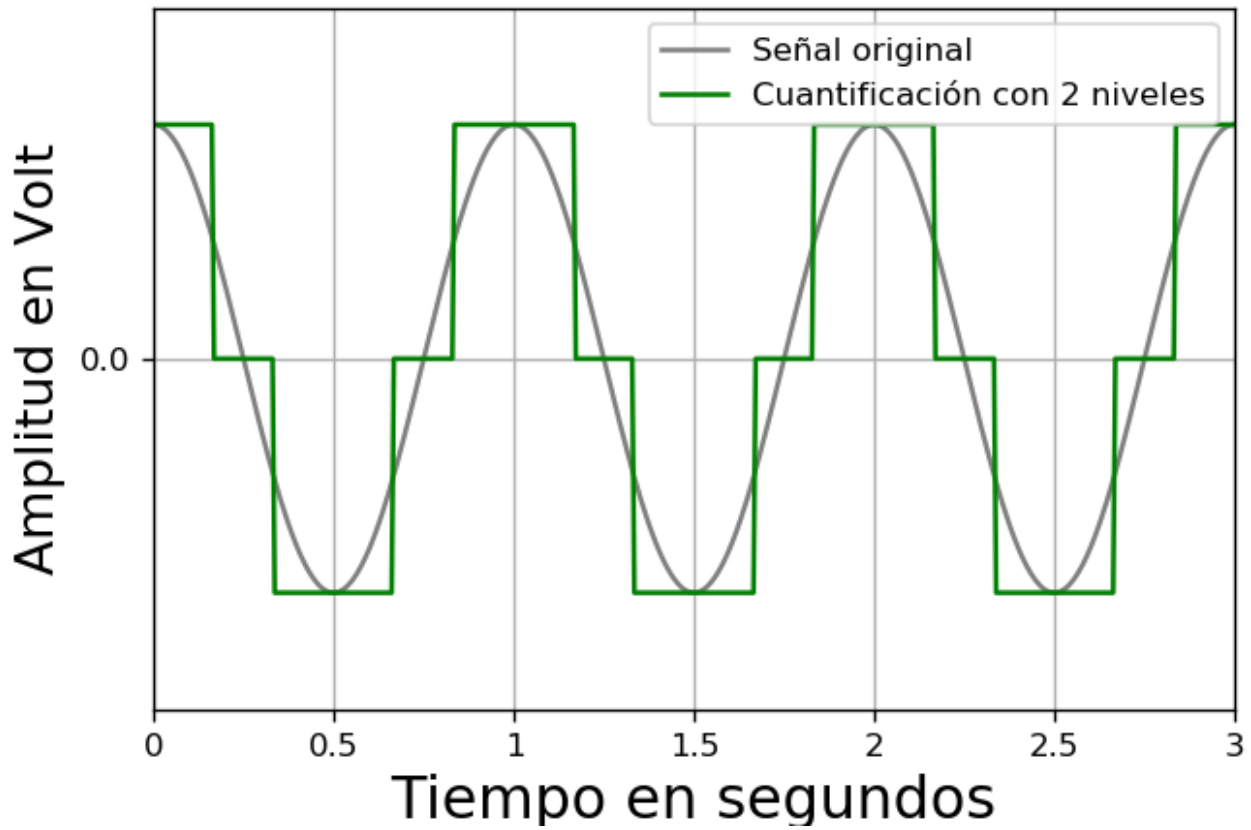
magnitud del tamaño mínimo de escalón define la resolución del sistema

Habiendo obtenido una cantidad finita de valores de tensión de una señal analógica para determinados tiempos, se debe asignar a cada una de ellas un **cuánto**, esto es, se corresponde cada muestra con con el

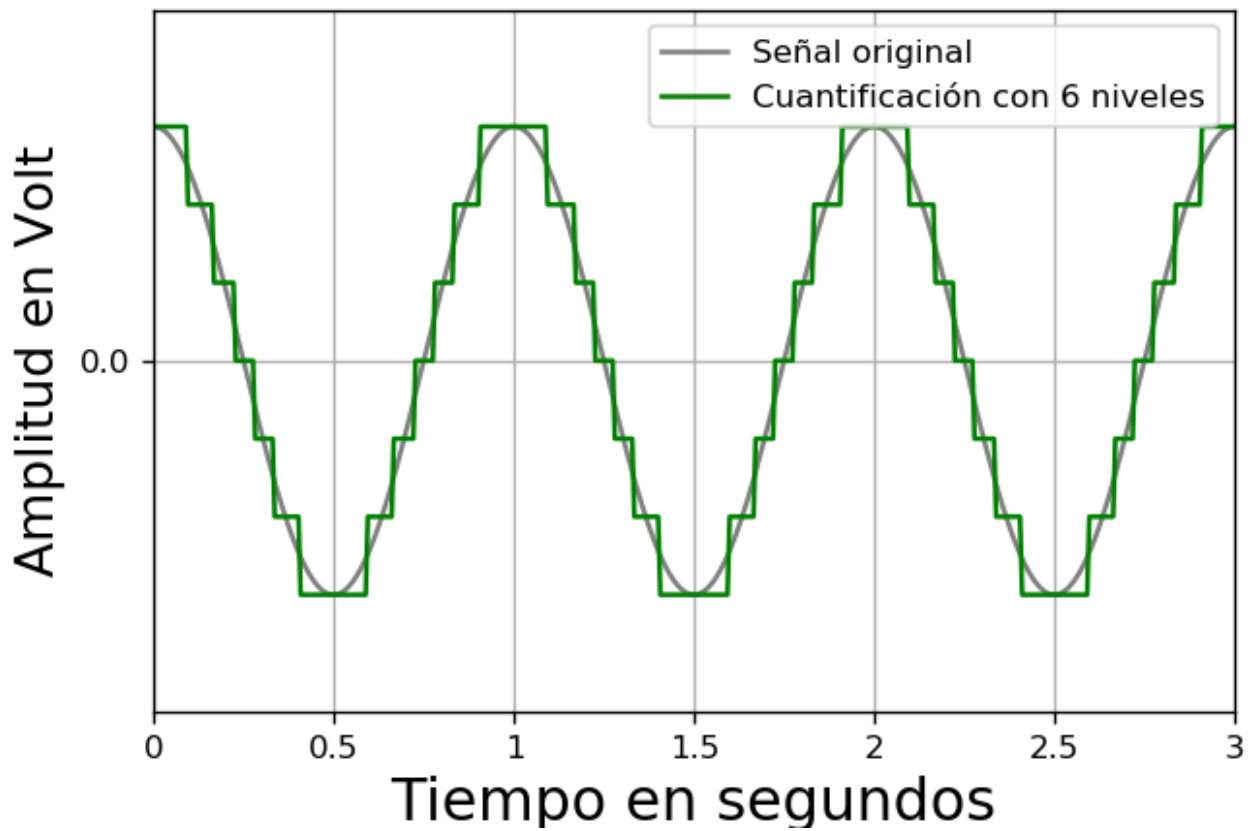
nivel con valor más cercano a dicha muestra.



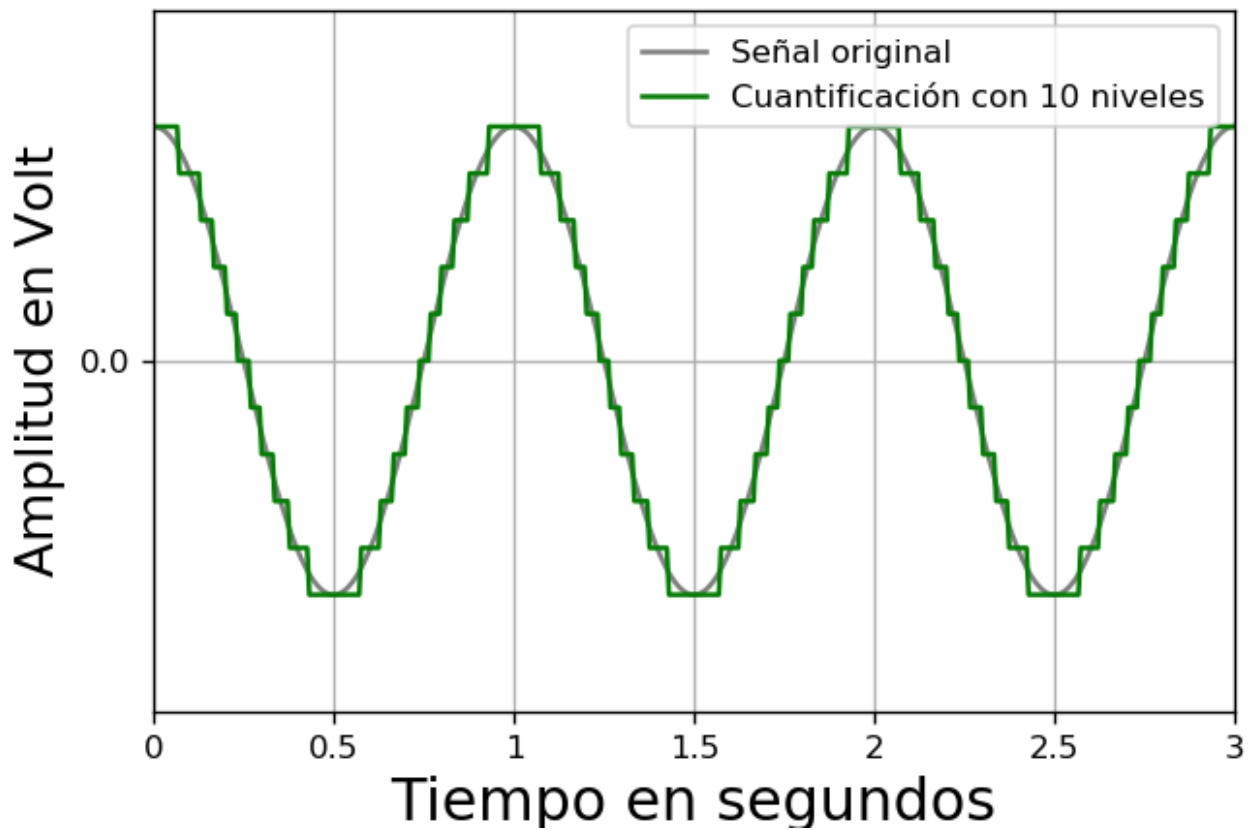
Cuantificación



Cuantificación



Cuantificación

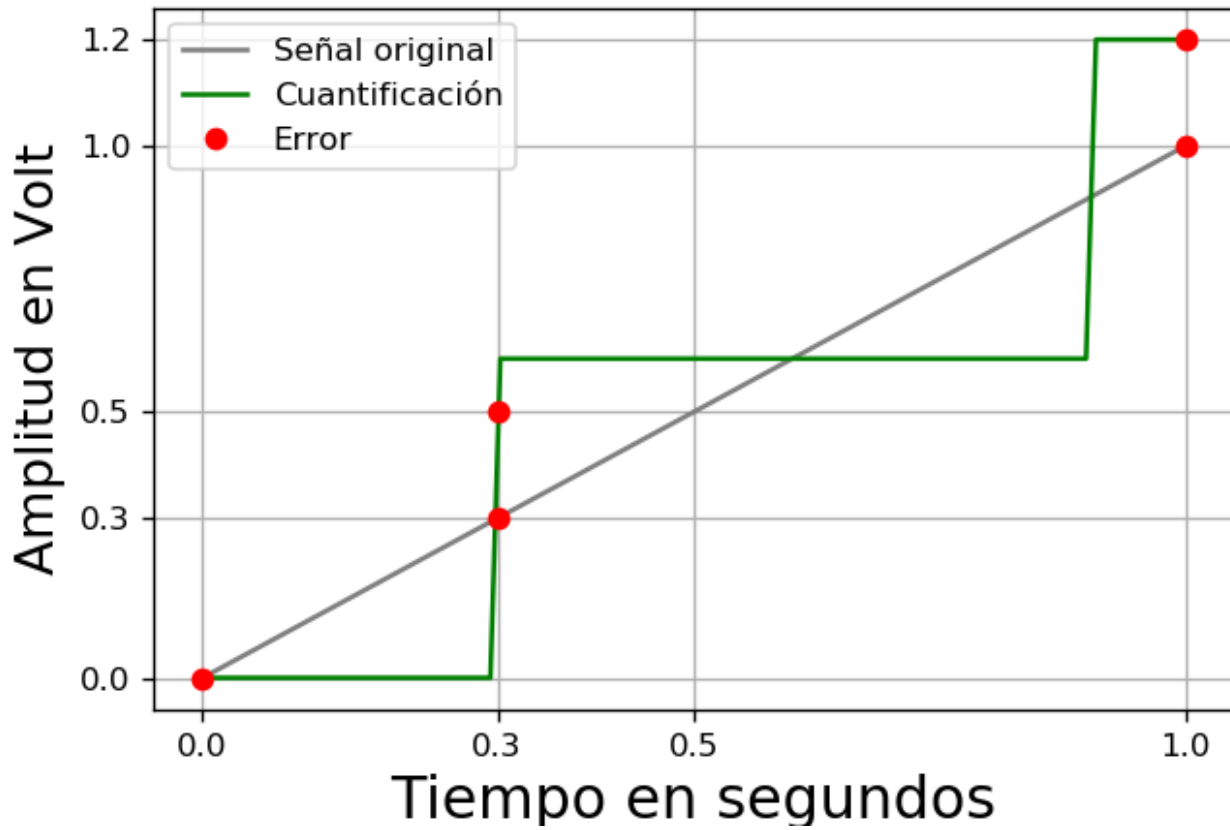


Error de cuantificación

Al asignar nuevos valores a los niveles de tensión muestreados, se produce un **error** dado por la **diferencia entre el valor de tensión de la señal original y el cuánto asignado**.

Para la siguiente señal lineal, los valores de tensión, los cuantos asignados y los errores de cuantificación para tres valores de tiempo son:

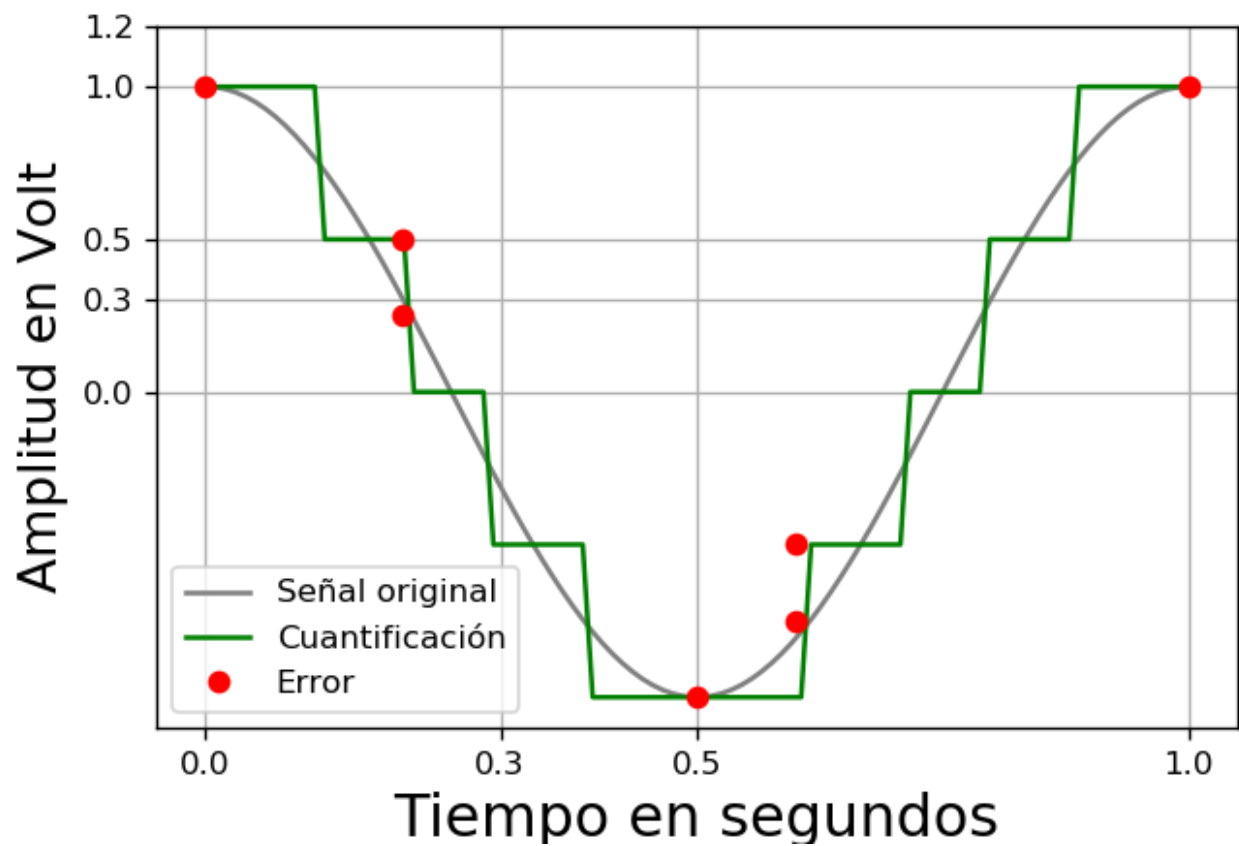
Cuantificación



Cálculo del error de cuantificación

t	$x(t)$	$x_Q(t)$	$x(t) - x_Q(t)$	ϵ_Q
0	0	0	0	0
0.3	0.5	0.3	$0.3 - 0.5$	0.2
1	1	1.2	$1 - 1.2$	0.2

Cuantificación



Completar la información faltante

t	$x(t)$	$x_Q(t)$	$x(t) - x_Q(t)$	ϵ_Q
0	1	1		
0.2	0.25			
0.5	-1			
0.6	-0.75			
1	1	1		

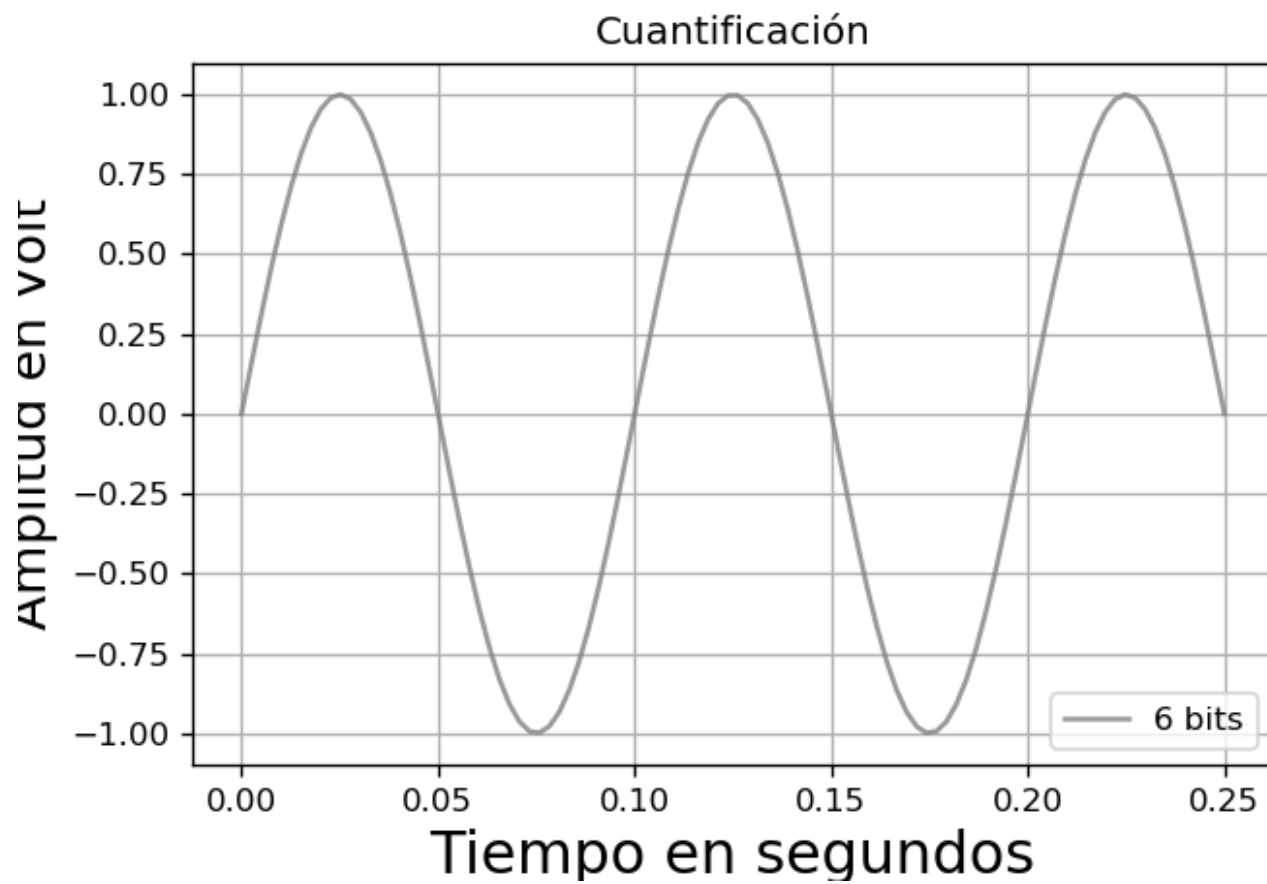
Completar la información faltante

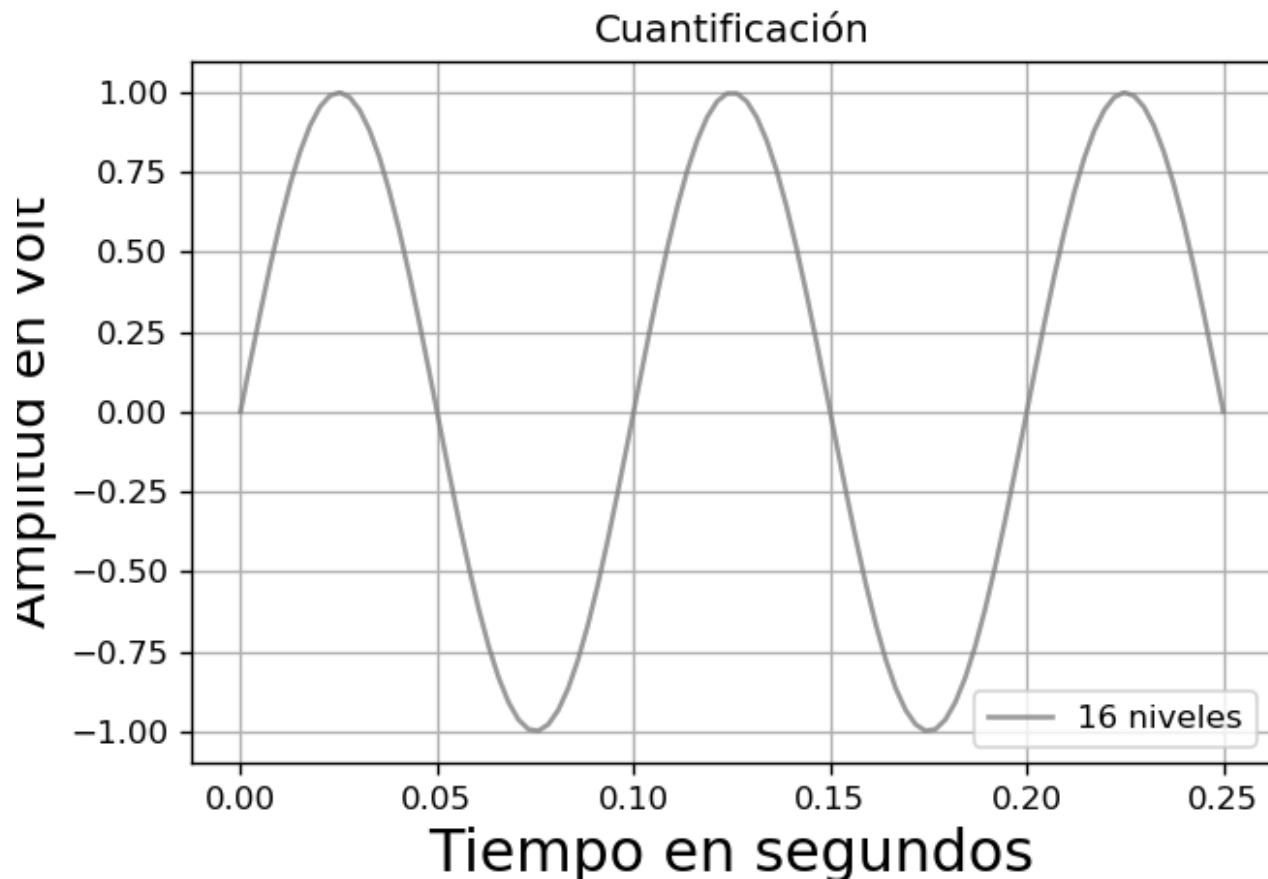
Dada una señal que responde a la forma

$$\text{sen}(2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot t)$$

3 niveles 16 bits

$$L = 2^n$$





Modulación digital

Luego de muestrear y cuantificar la señal, se lleva a cabo el proceso de **modulación**, bien conocido, en el que se **transforma la señal de información** (*de naturaleza digital*) en una forma apta para su transmisión, en este caso, digital.

Como se abordó en sistemas analógicos de modulación, se realiza un producto matemático entre la señal de información y una señal generada localmente. En este caso el resultado o *señal modulada* está conformada por un tren de pulsos.

Remitiendo al concepto de modulación, la información de la señal que se desea enviar resulta "*impresa*" en alguna de las características de la *señal modulada*, según dicha característica, la modulación por pulsos se clasifica como sigue:

- **PAM**

Pulse Amplitude Modulation, **Modulación por amplitud de pulsos**, como su nombre lo indica, la información sobre los niveles de tensión de la señal original se encuentran en la **amplitud** de los pulsos de la señal modulada.

- **PWM o PDM**

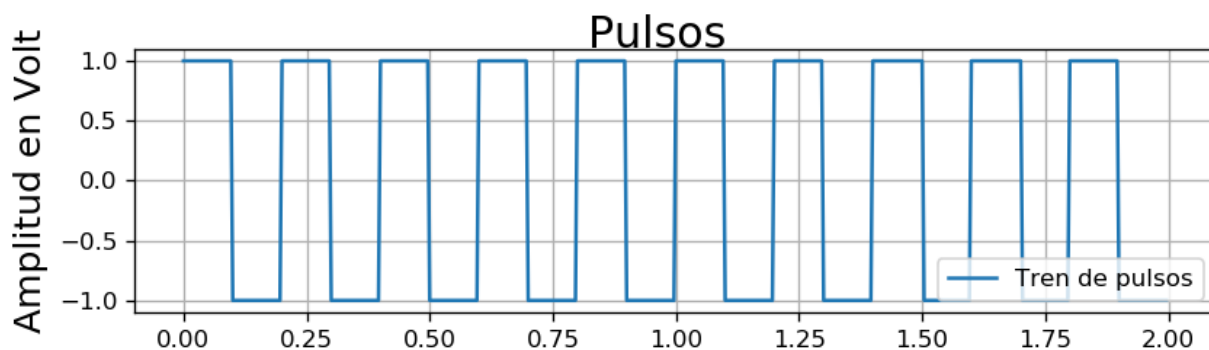
Pulse With/Duration Modulation, **Modulación por ancho/duración de pulsos**, como su nombre lo indica, la información sobre los niveles de tensión de la señal original se encuentran en el **ancho o duración** de los pulsos la señal modulada.

- **PPM**

Pulse Position Modulation, **Modulación por posición de pulsos**, como su nombre lo indica, la información sobre los niveles de tensión de la señal original se encuentran en el **posición** en el eje de tiempo de los pulsos la señal modulada.

- **PCM**

Pulse Code Modulation, **Modulación por código de pulsos**, como su nombre lo indica, la información sobre los niveles de tensión de la señal original se encuentran en el **código** de los pulsos la señal modulada, esto es en el valor decimal que representa cada código binario



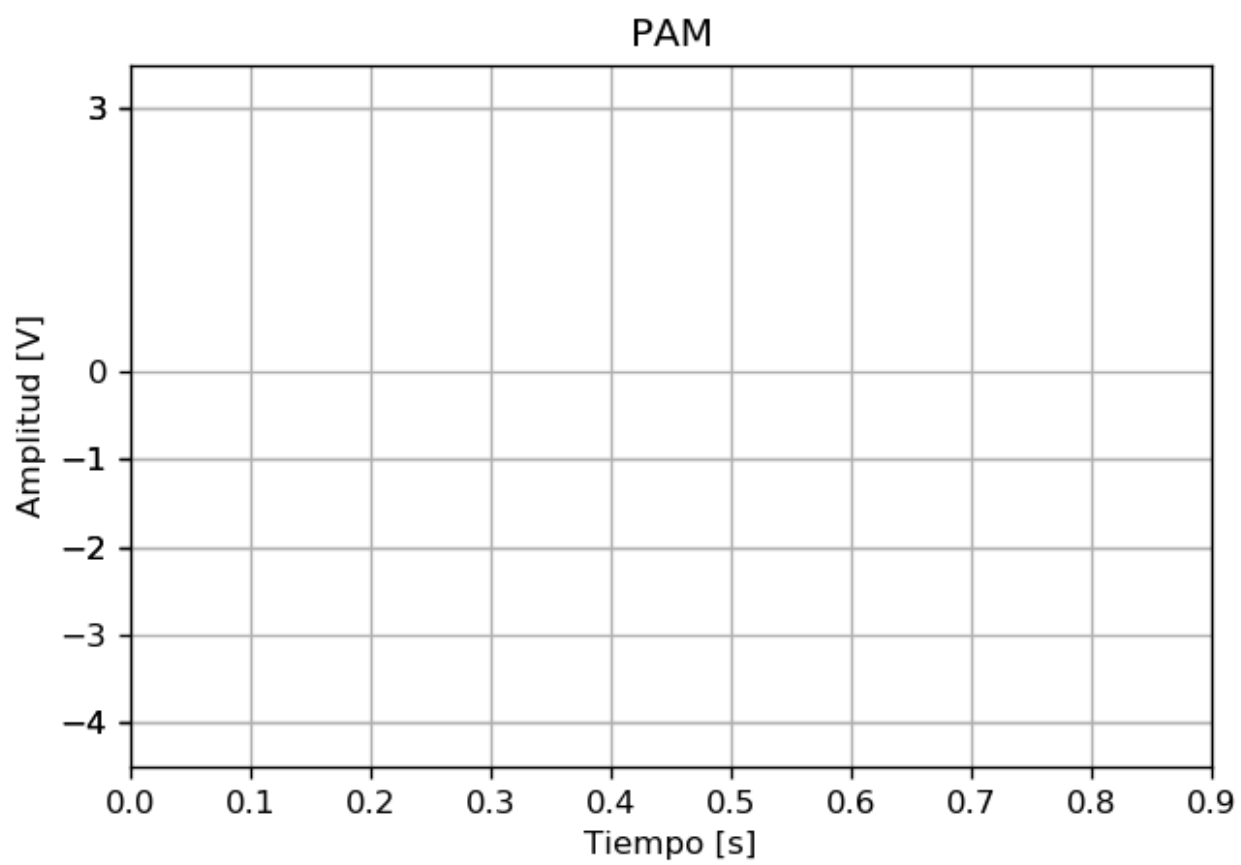
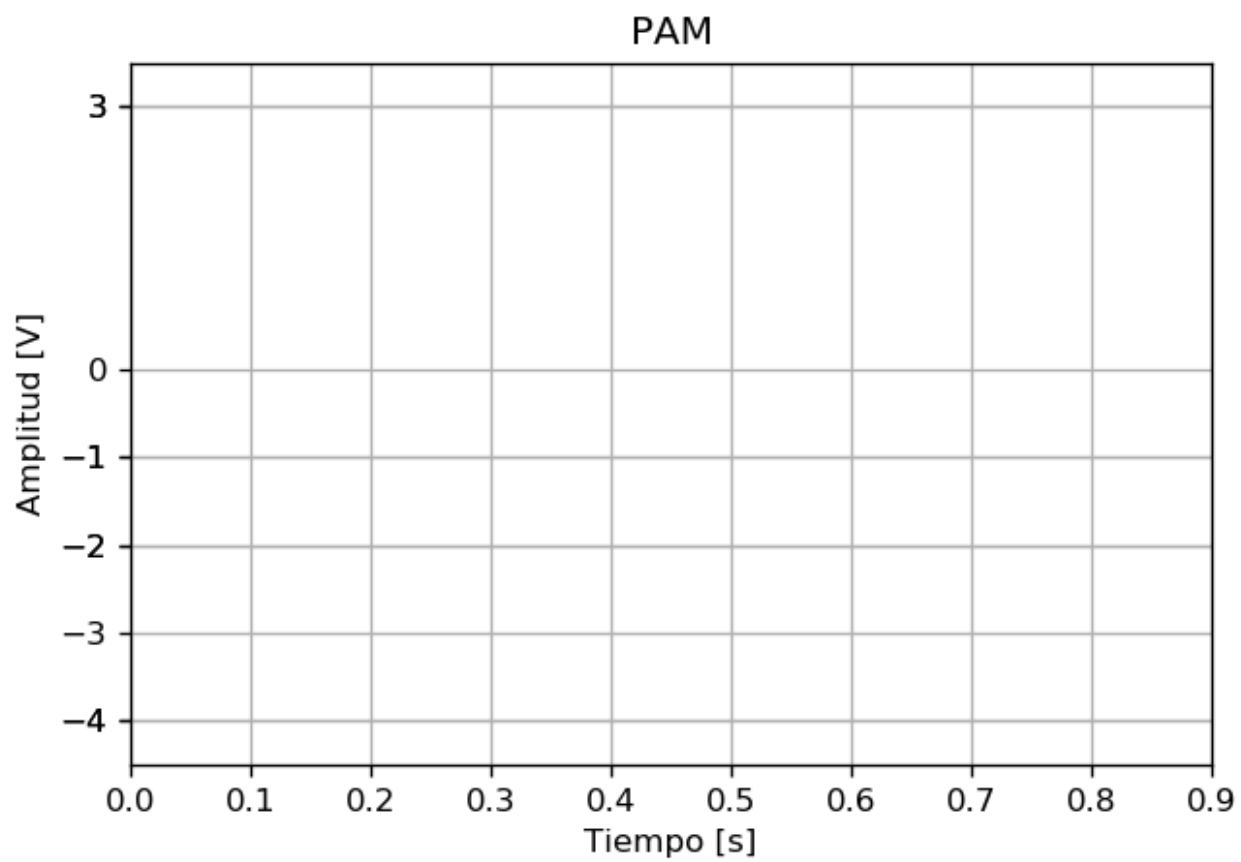
PAM

Modulación por amplitud de pulsos, se exponen a continuación dos señales que responden a las expresiones

$$x(t) = t$$

$$\text{seno}(2 \cdot \pi \cdot t)$$

los niveles de tensión de la señal original se encuentran en la amplitud de la señal modulada



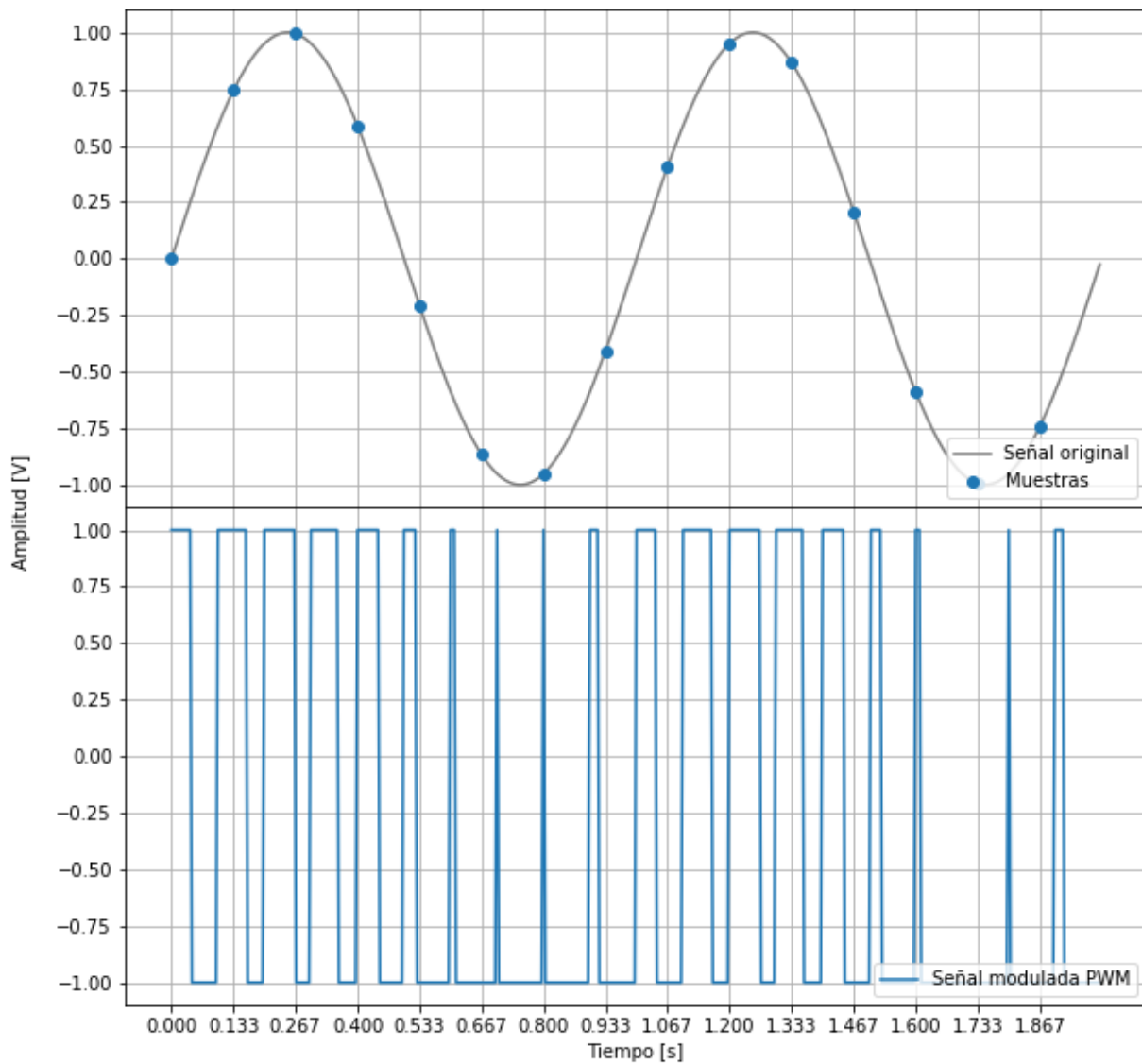
PWM / PDM

Modulación por ancho/duración de pulsos, se exponen a continuación dos señales que responden a las expresiones

$$x(t) = t$$

$$\textit{seno}(2 \cdot \pi \cdot t)$$

los niveles de tensión de la señal original se encuentran en el ancho o duración de los pulsos que conforman la señal modulada



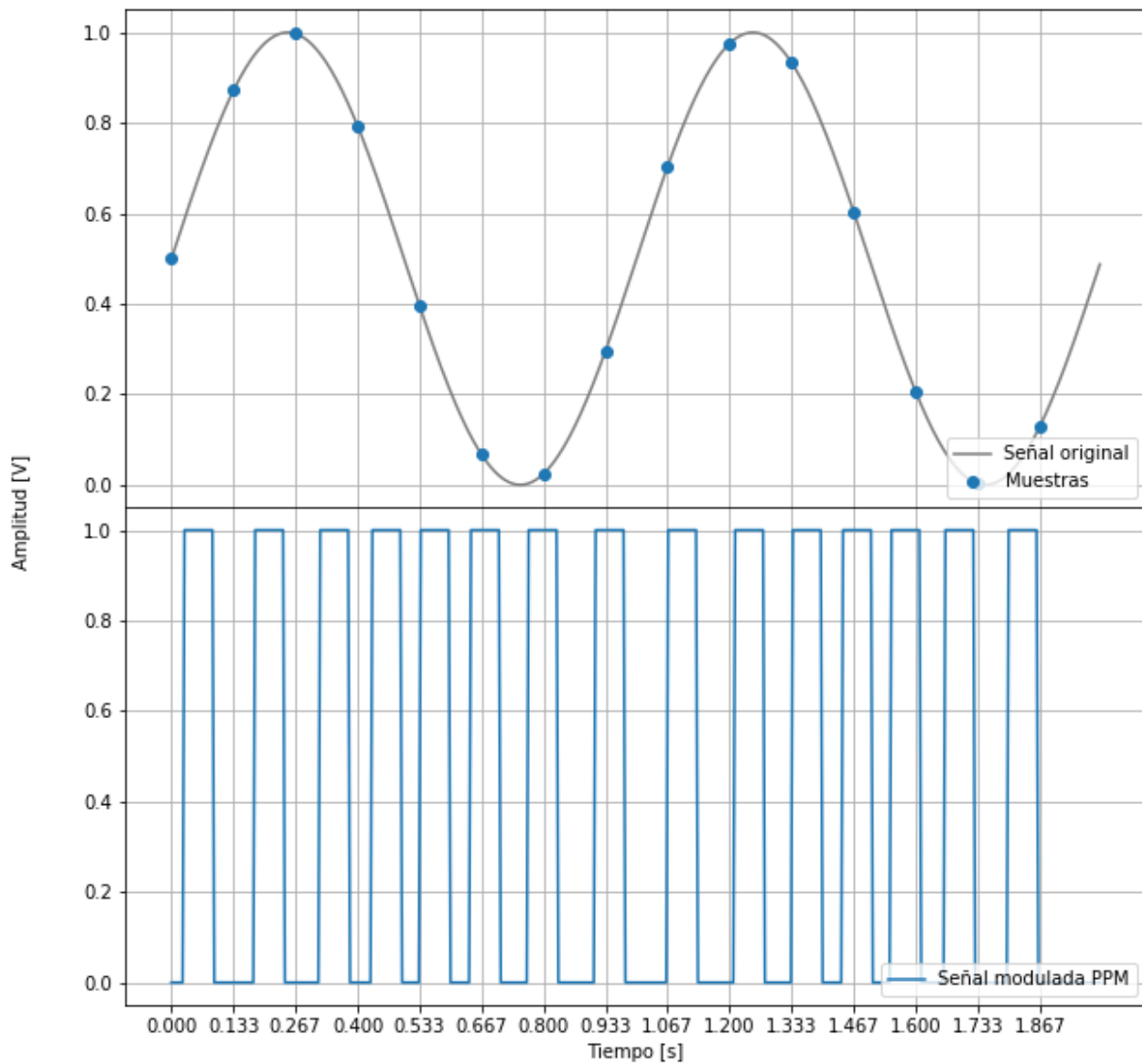
PPM

Modulación por posición de pulsos, se exponen a continuación dos señales que responden a las expresiones

$$x(t) = t$$

$$\text{seno}(2 \cdot \pi \cdot t)$$

los niveles de tensión de la señal original se encuentran en la posición de los pulsos que conforman la señal modulada



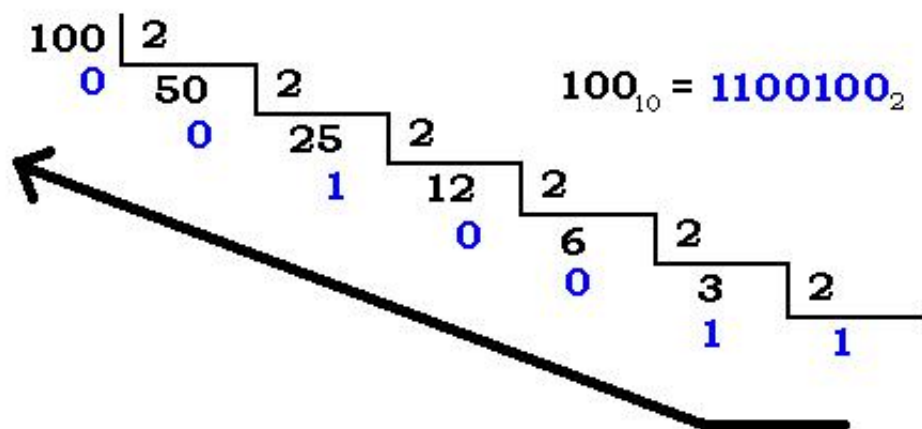
PCM

Modulación por códigos de pulsos, se exponen a continuación dos señales que responden a las expresiones

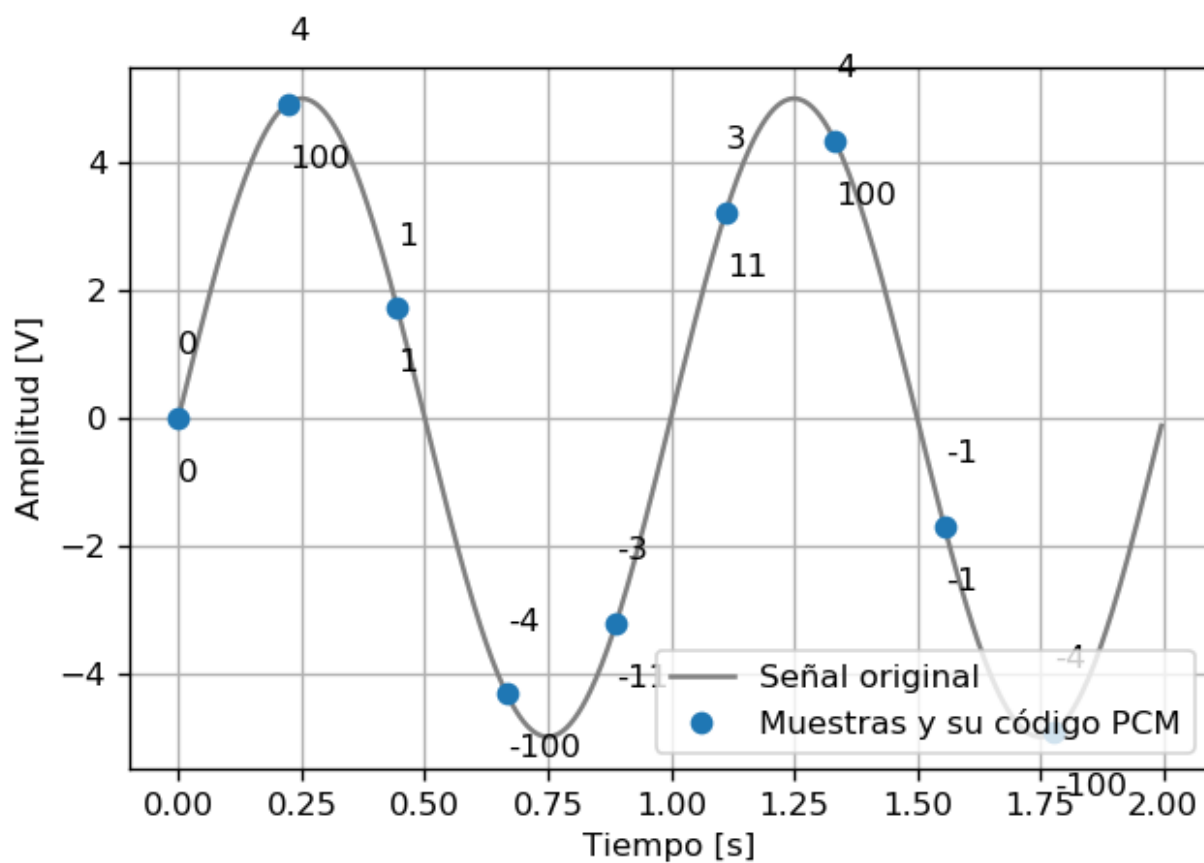
$$x(t) = t$$

$$\text{seno}(2 \cdot \pi \cdot t)$$

los niveles de tensión de la señal original se encuentran en los códigos binarios que conforman la señal modulada



"Conversion" de Zerstreut / Public Domain.

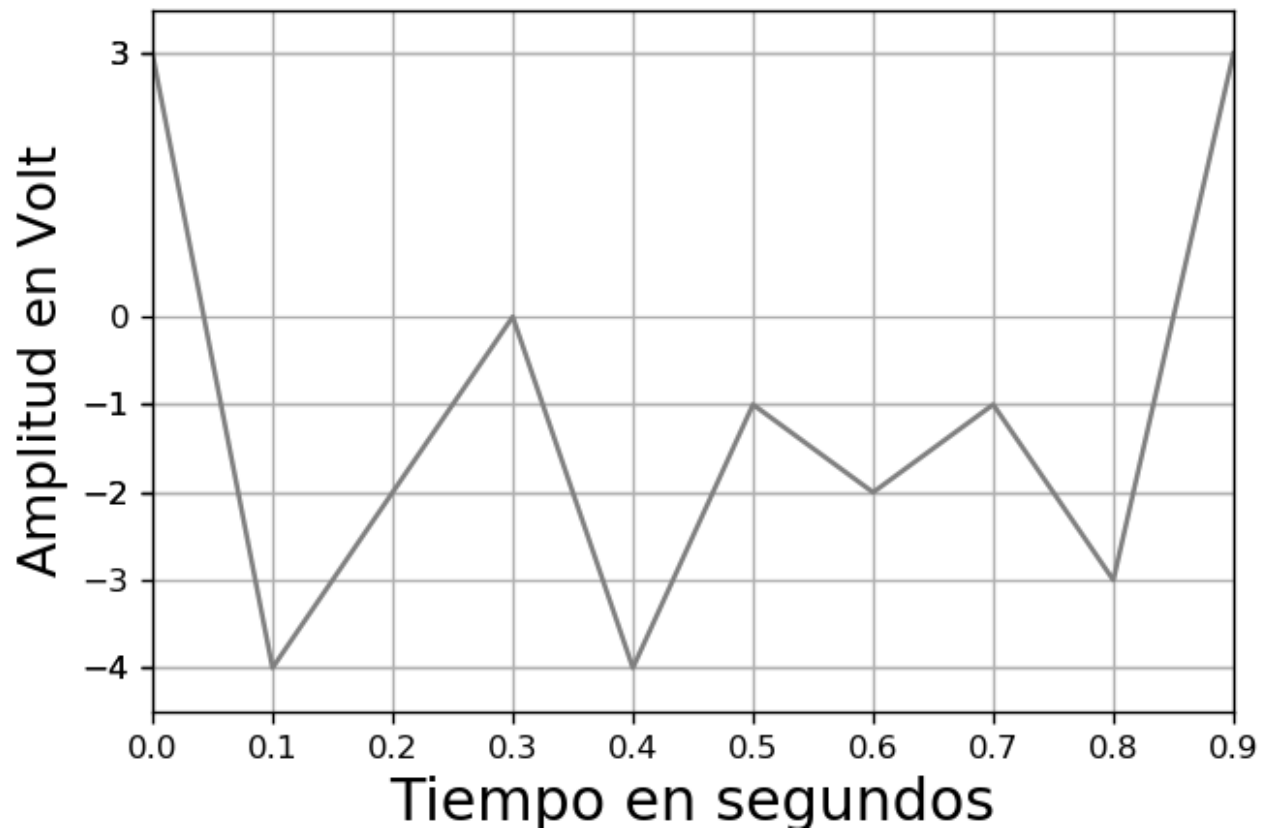


A continuación se muestra una señal variable y sus muestras en el tiempo y los resultados de los cuatro tipos de modulación abordados:

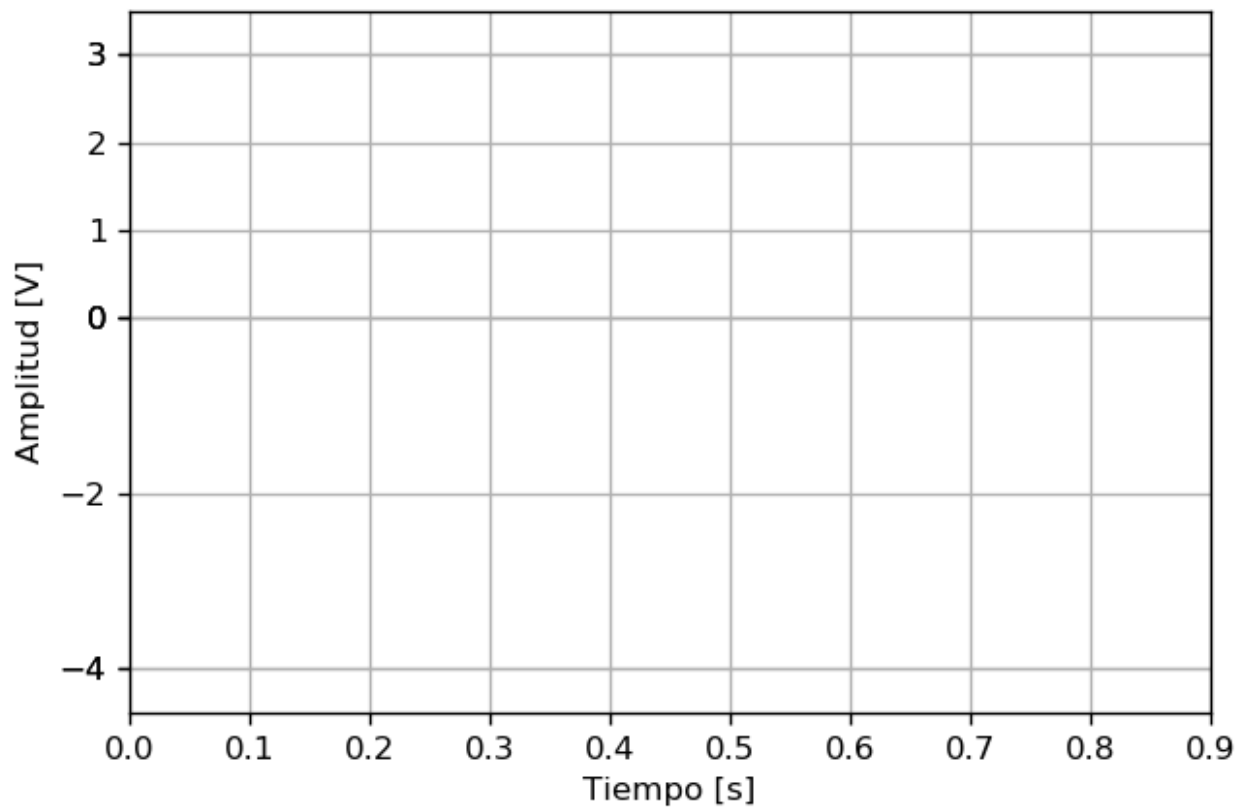
Completar la información faltante

(Ejercicio de parcial)

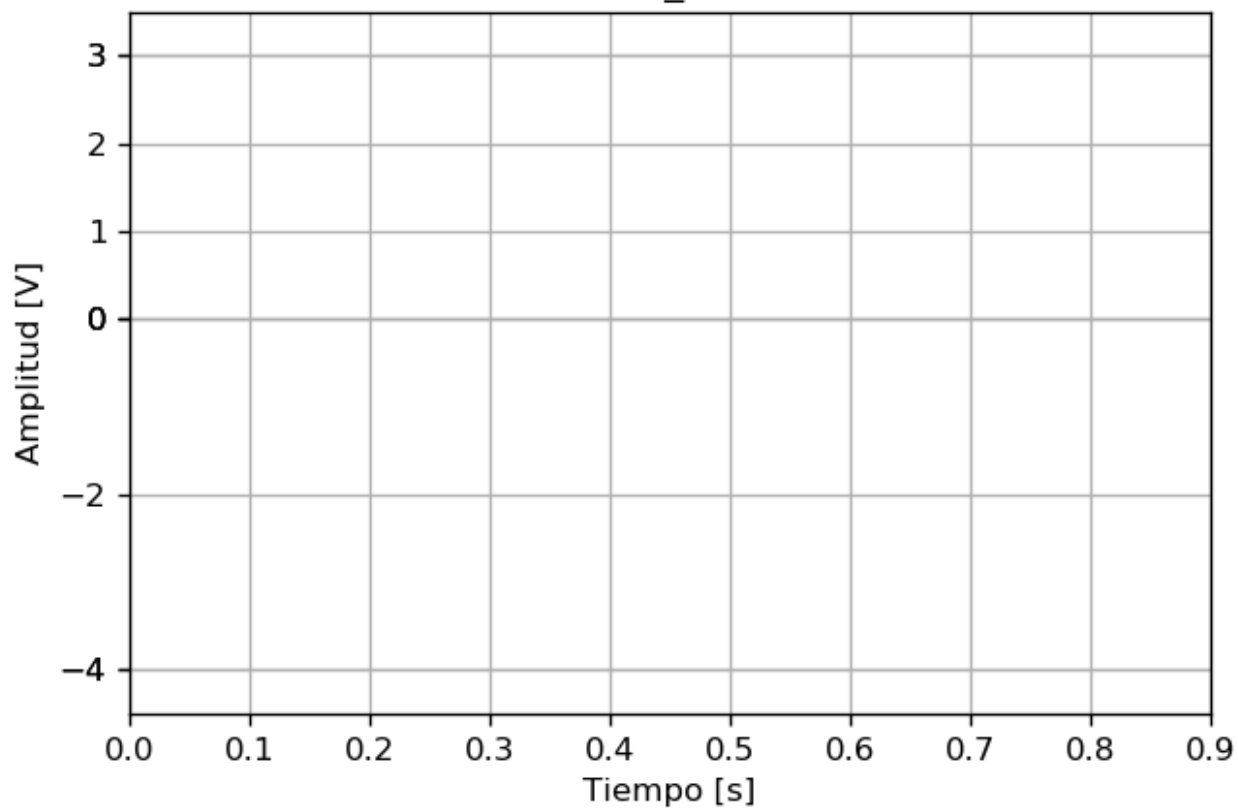
Señal analógica



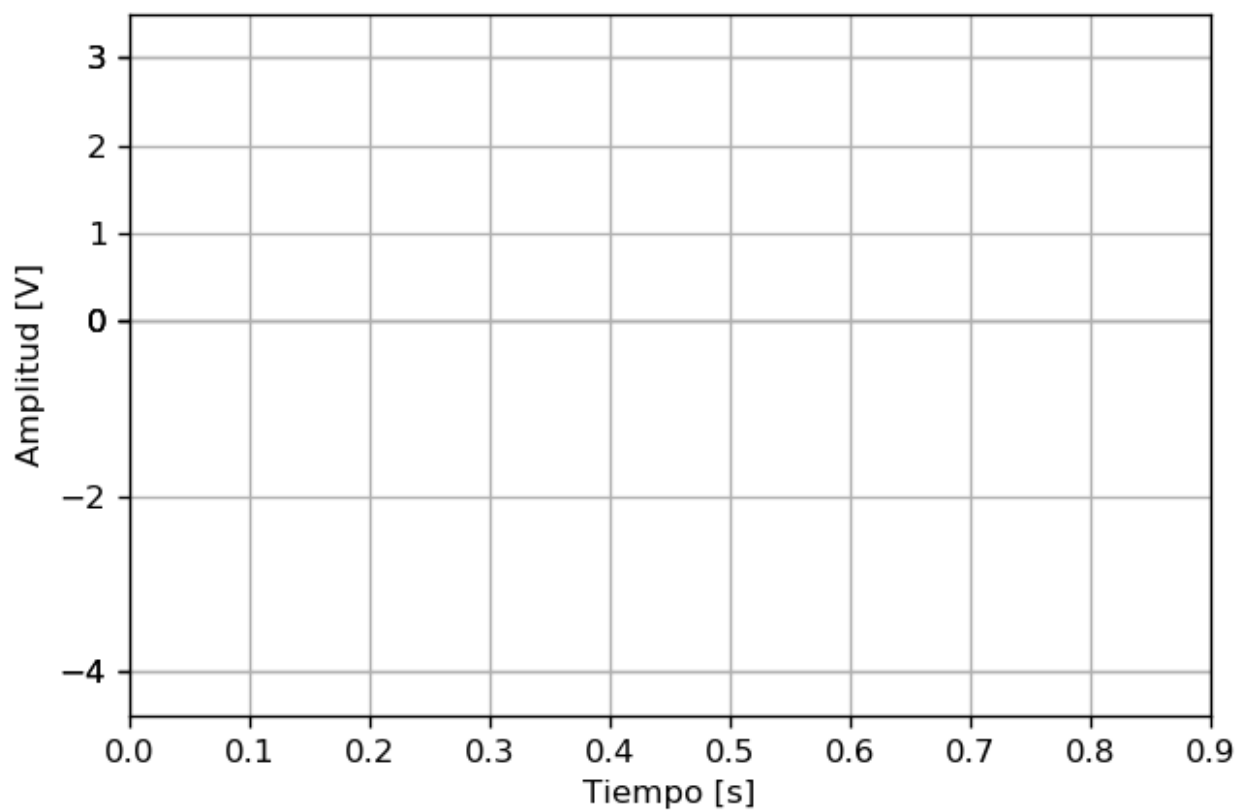
PAM



PWM_PDM



PPM



PCM

