



# **Análisis y planteamiento de la solución del desafío I**

Faith Alvarado Silva

Carla Zapata Valencia

Profesor: Anibal Guerra

Informática II

Septiembre 14, 2024

## **ÍNDICE**

1. Introducción
2. Marco teórico
3. Análisis del problema y alternativa propuesta
4. Diagrama de flujo del funcionamiento del programa
5. Montaje del Arduino en Tinkercad

## **Introducción**

El presente informe detalla el desarrollo de un sistema de adquisición y análisis de señales utilizando Arduino, como parte del Desafío I de la asignatura Informática II. En este proyecto se busca implementar un algoritmo capaz de capturar y procesar señales, identificando características clave como la forma de onda, amplitud y frecuencia.

La señal es producida a través de un generador de señales conectado al Arduino. La lectura de los datos inicia una vez el pulsador de adquisición es presionado, el usuario debe detener la lectura de datos con el segundo pulsador e inmediatamente se mostrará por medio de una pantalla LCD el resultado de la lectura.

Para realizar el procesamiento de la señal, se implementarán funciones que determinarán la forma de la onda entre tres opciones establecidas, una onda senoidal, triangular o cuadrada, así como su frecuencia y amplitud. En caso de presentarse una forma de onda desconocida se mostrará un mensaje en la pantalla LCD.

A lo largo de este informe se realiza una conceptualización teórica, se describe el análisis realizado y la solución propuesta para el desarrollo del proyecto.

## **Marco teórico**

Una señal es una función de una o más variables que describen un fenómeno físico. Transportan información entre sistemas de comunicación, caracterizándose por tener una frecuencia, amplitud y forma.

La frecuencia indica la cantidad de ciclos que completa por segundo y se mide en Hertz (Hz). Por otro lado, la amplitud de onda es la distancia que existe entre el valor máximo que registra una variable, midiéndose desde el punto medio o de equilibrio. En algunos casos la onda puede estar desfasada (offset) de la línea de equilibrio.

Existen diversas formas que puede tomar una señal, entre ellas, senoidales, triangulares y cuadradas, las cuales se evaluarán y analizarán en este caso. Por ejemplo, en la figura 1 se muestran las características de una onda senoidal, donde su frecuencia se mide en Hertz (Hz), su amplitud en voltios (V) y el desfase u offset en voltios (V).

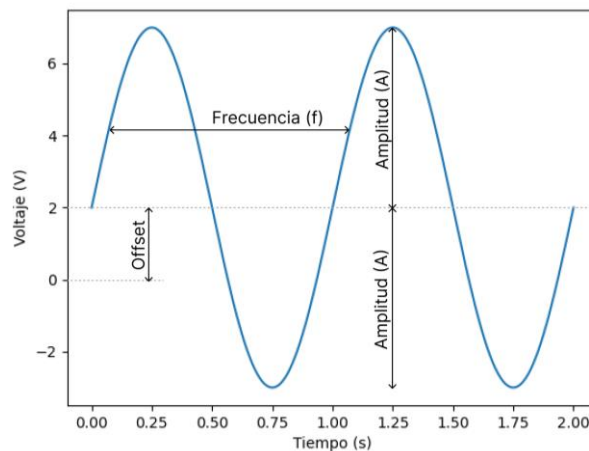
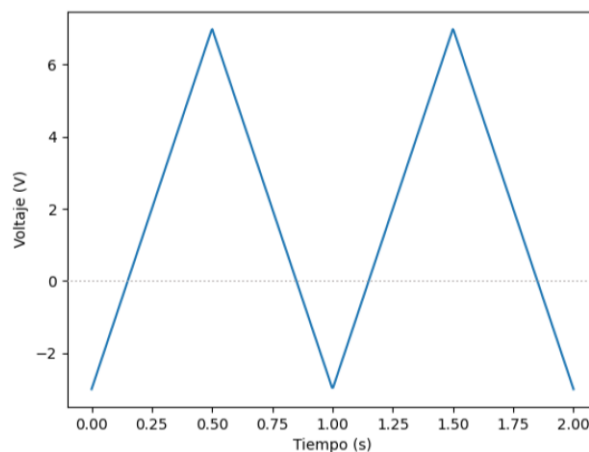


Figura 1. Características de una onda senoidal

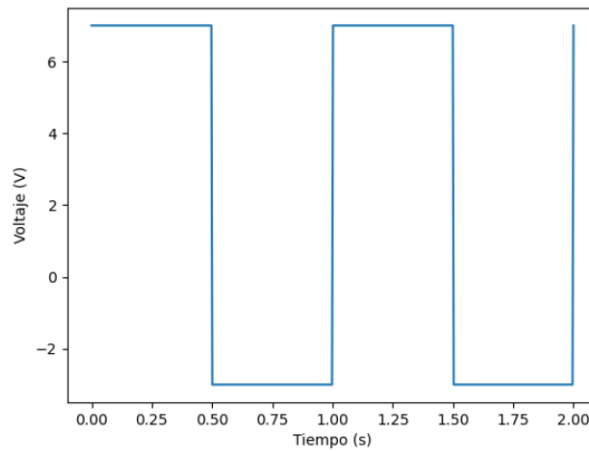
Por otra parte, las ondas triangulares son un tipo de señal periódica, habitualmente son simétricas y las transiciones entre los niveles de voltaje de estas ondas cambian a una tasa constante. Estas transiciones se denominan rampas. En la figura 2 se observa una onda



triangular.

Las ondas cuadradas son aquellas que solo alternan su valor entre dos puntos extremos, a intervalos regulares, en un tiempo muy reducido. Son comúnmente usadas para la generación de pulsos eléctricos, utilizados como señales (1 y 0) que permiten ser manipuladas fácilmente. Un circuito electrónico que genera ondas cuadradas se conoce como generador de pulsos y son la base de la electrónica digital. En la figura 3 se observa una onda cuadrada.

Figura 2. Características de una onda triangular



*Figura 3. Onda cuadrada.*

### **Análisis del problema y alternativa propuesta**

Para resolver el problema se analizaron distintas alternativas; descripción a partir de las pendientes, de los máximos y mínimos, ajustes de curvas o de series de Fourier. Con las dos primeras opciones se observó que las respuestas eran muy sensibles a los puntos considerados para su determinación. Por ejemplo, en el caso de las ondas triangulares, el cálculo de la pendiente presenta pequeñas variaciones que podían confundirse con una onda senoidal o la determinación de los máximos y mínimos se ve afectada por la discontinuidad de la pendiente. De igual manera estas dificultades se observaron con las ondas cuadradas. Para la opción de series de Fourier, un análisis espectral para filtrar el ruido de la onda principal se escapa del objetivo de este trabajo.

De esta forma, dado que los valores de voltaje suministrados por el generador de señales en el Arduino son valores discretos obtenidos para un incremento de tiempo establecido con la función `delay()`, se decidió usar lo que hemos denominado “Criterio del percentil superior e inferior”. El percentil es una medida estadística la cual divide una serie de datos en 100 partes iguales. Este criterio se trata de un indicador que busca la proporción de la serie de datos que corresponden al 5% de las medidas de voltaje más altas y bajas registradas desde el generador de señales. Teóricamente se puede demostrar que cada una de estas señales cuando se tratan como puntos discretos, la proporción dada por el percentil superior e inferior se encuentra acotada dentro de ciertos valores característicos. Ahora procederemos a explicar como se obtuvieron estas proporciones para cada una de las ondas senoidal, triangular y cuadrada.

En la figura 4, se muestra una onda senoidal a partir de puntos discretos. En ésta, se observan las dos regiones de los criterios de los percentiles. Para nuestro caso, se ha dispuesto que los percentiles corresponden al 5% de los valores máximos y mínimos de amplitud. En el primer caso que analizaremos consideramos lo siguiente (1) una onda senoidal normalizada varía entre -1 y 1, (2) el 5% superior o inferior de los valores estaría entre 0.95 y 1.0, y (3) la onda sigue la función  $y = \sin(x)$ .

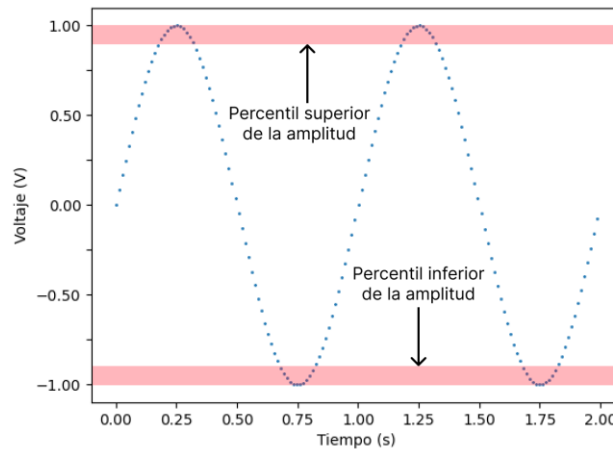


Figura 4. Criterio de percentiles para una onda senoidal discreta

Para encontrar qué porcentaje de los puntos discretos resaltados dentro de las franjas en la figura 4, necesitamos determinar qué fracción del ciclo de la onda está por encima de 0.95. Usando la función arcsen para encontrar el ángulo correspondiente, se tiene:

$$\arcsen(0.95) = 1.25 \text{ rad} = 71.6^\circ$$

Dado que la función senoidal es una función par, este ángulo ocurre cuatro veces en un ciclo, dos veces en la parte superior y dos veces en la parte inferior, como se muestra en la figura 5. Un ciclo completo corresponde a  $360^\circ$ , por lo que el porcentaje de puntos discretos en los percentiles superior e inferior sería

$$(90^\circ - 71.6^\circ) * 4 / 360^\circ * 100\% = \mathbf{20.5\%}$$

Así, para una onda senoidal normalizada respecto a la línea de equilibrio, aproximadamente el 10.25% de los puntos estaría dentro de la región extrema superior y el otro 10.25% de los puntos en la extrema inferior. Si la onda senoidal no está normalizada el resultado en términos de porcentaje de puntos discretos sería el mismo, como una consecuencia de la naturaleza periódica y simétrica de la función seno. La amplitud y el desplazamiento solo trasladan o escalan la onda, pero no cambian la proporción de tiempo que pasan en sus valores extremos.

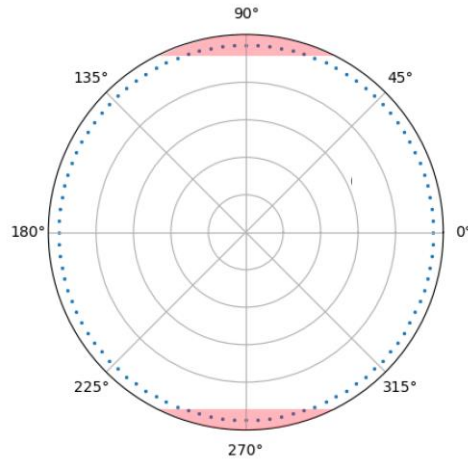


Figura 5. Fases de una onda senoidal normalizada.

Para abordar el caso de una onda triangular discreta como la mostrada en la figura 6, consideramos (1) una onda normalizada oscila entre -1 y 1, (2) que el 5% de los valores se encuentran entre 0.95 y 1, y (3) que la onda tiene una pendiente constante en sus segmentos lineales. Debido a esta relación lineal, podemos observar que el tiempo durante el cual la onda triangular supera el 95% de su amplitud es equivalente a que un 5% de los puntos discretos se encuentren dentro del 5% superior de la amplitud máxima de la onda. Una conclusión similar se puede aplicar a los puntos discretos que corresponden a la amplitud mínima de la onda. De este modo, aproximadamente el **10%** de los puntos discretos estarán dentro de los percentiles superior e inferior.

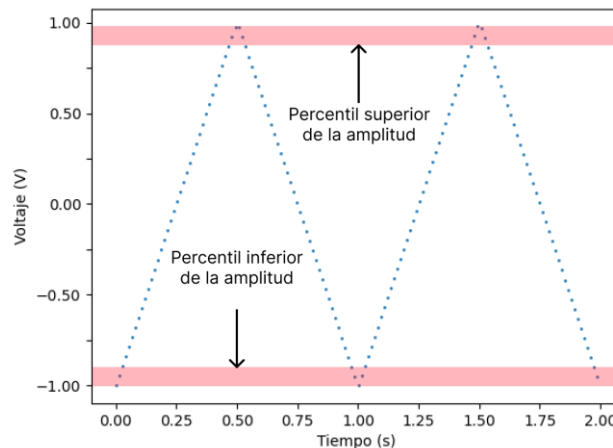


Figura 6. Criterio de percentiles para una onda triangular discreta

Para las ondas cuadradas como la mostrada en la figura 7, éstas alternan instantáneamente entre dos valores fijos que representan como sabemos el valor máximo y mínimo de la amplitud. En una onda cuadrada perfecta, todos los puntos están ya sea en el valor máximo o en el mínimo, no hay valores intermedios. Aplicando nuestro criterio del percentil superior e inferior, el 50% de los puntos están en el valor máximo y el 50% en el valor mínimo.

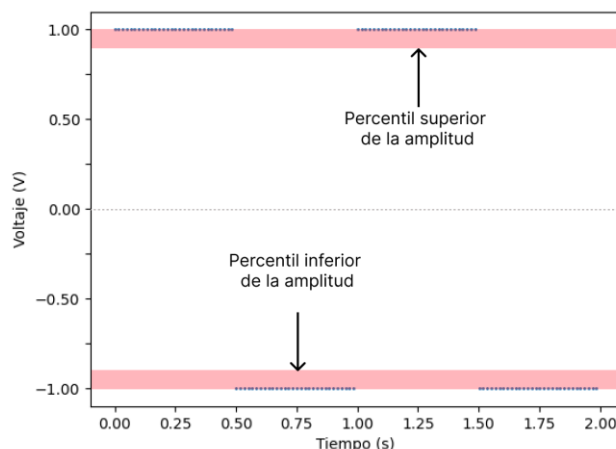


Figura 7. Criterio de percentil de una onda cuadrada discreta

Resumiendo nuestro análisis, podemos caracterizar las ondas senoidales, triangular y cuadrada a partir de la comparación del porcentaje de puntos discretos en las regiones de los percentiles superior o inferior, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación de porcentajes de puntos discretos según la forma de onda

Onda	Puntos discretos (%)
Senoidal	10.25
Triangular	5.0
Cuadrada	50.0

### Cálculo de las amplitudes y frecuencias de las ondas

La amplitud de una onda representa el valor máximo de ésta respecto a la línea de equilibrio. Teniendo una señal simulada como la obtenida en Tinkercad, la amplitud de la onda se puede medir directamente desde los valores de voltaje máximos y mínimos. De este modo, la amplitud se obtiene a partir de la expresión

$$A = 0.5 * (V_{\max} - V_{\min})$$

donde  $V_{\max}$  y  $V_{\min}$  son respectivamente los voltajes máximos y mínimos de la señal.



Una onda senoidal perfecta se modela mediante la siguiente expresión general

$$y(t) = A * \text{sen}(2\pi * f * t + \Phi) + B$$

donde:

A es la amplitud

f es la frecuencia

t el tiempo

$\Phi$  es la fase

B es el desfase

Al despejar la frecuencia de la onda senoidal, se obtiene la siguiente expresión

$$f = \frac{\arcsen\left(\frac{y(t) - B}{A}\right) - \Phi}{2\pi t}$$

La frecuencia de una onda triangular o una cuadrada es similar a la de una onda senoidal, aunque las formas características de estas últimas son diferentes a la de una onda senoidal.

Para estimar la frecuencia de una onda a partir de puntos discretos hemos dispuesto seguir los siguientes pasos suponiendo que tenemos una serie de puntos que representan la onda

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$$

En general la onda puede tener un desfase del voltaje, el cual, de acuerdo con nuestro procedimiento procederemos a eliminarlo, para ello calculamos el valor promedio de los puntos discretos para aproximar el desfase,

$$\text{desfase} = (y_1 + y_2 + \dots + y_n) / n$$

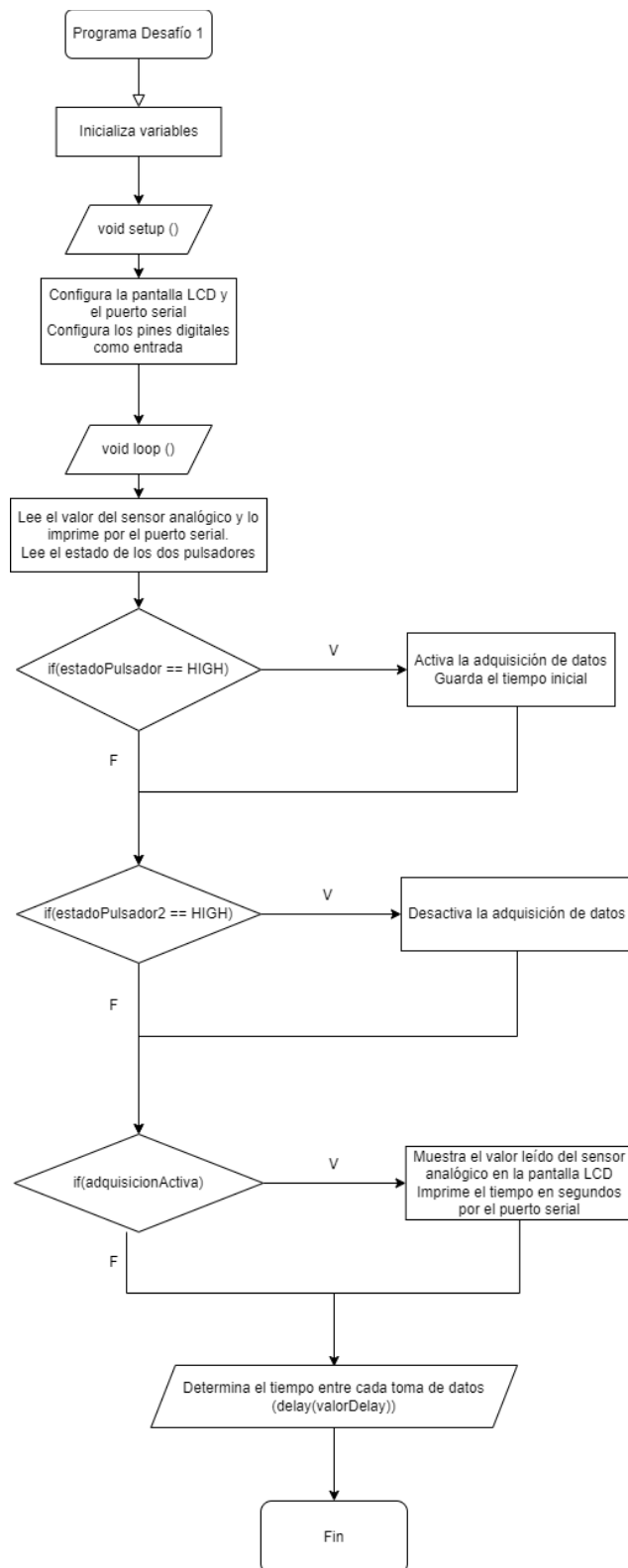
Luego, restamos el desfase a cada punto discreto para centrar la onda en la línea de equilibrio

$$y_i = y_i - \text{desfase}; \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

Para estimar la frecuencia, primero calculamos la diferencia de fase entre cada par de puntos discretos donde ocurre cambio de signo del voltaje. Ahora calculamos la frecuencia usando la formula

$$f = 1 / T$$

## Diagrama de flujo del funcionamiento del programa



## Montaje del Arduino en Tinkercad

