



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Tecnología en Electrónica  
Mención Instrumentación y Aviónica**

**Monografía: Previo a la Obtención del Título de  
Tecnólogo en: Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Autor: León Zhune Juan Francisco  
director: Ing. Alpúsig Cuichán, Silvia Emperatriz**

**Latacunga  
2021**





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Implementación de un medidor de pH mediante Arduino  
para determinar la alcalinidad de líquidos”**



# Objetivos

## Objetivo General

Implementar un dispositivo medidor de pH mediante Arduino para determinar la alcalinidad o acidez de líquidos.

# Objetivos

## Objetivos Específicos

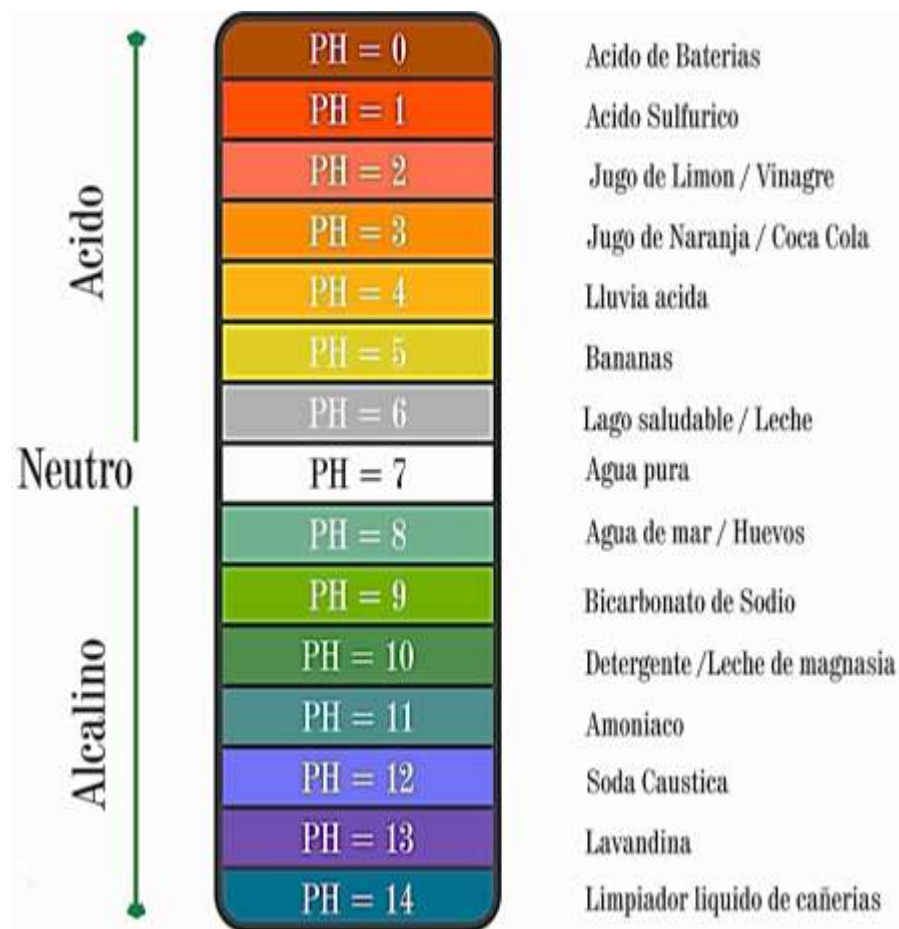
- Investigar las características del sensor PH-4502C mediante hojas técnicas para formar el marco teórico.
- Adquirir las señales del sensor PH-4502C para visualizar la variable física de pH.
- Realizar pruebas de funcionamiento mediante el uso del sensor PH-4502C.

# Resumen

El presente proyecto comprende el desarrollo de un dispositivo para medir el pH, a fin de determinar la acidez o alcalinidad en líquidos. Se detalla paso a paso la elaboración del medidor de pH desde el ensamblaje de los componentes utilizados, destacándose el uso de una placa de conexión Arduino. Así mismo se describe la programación para la ejecución del mecanismo que recibe y procesa la información, hasta la presentación final del dispositivo terminado luego de realizadas las pruebas de funcionamiento.

# Potencial de Hidrógeno - PH

PH es la medida de acidez o alcalinidad que indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en una disolución los cuales van en una escala de 0 a 14 respectivamente (López, 2018).



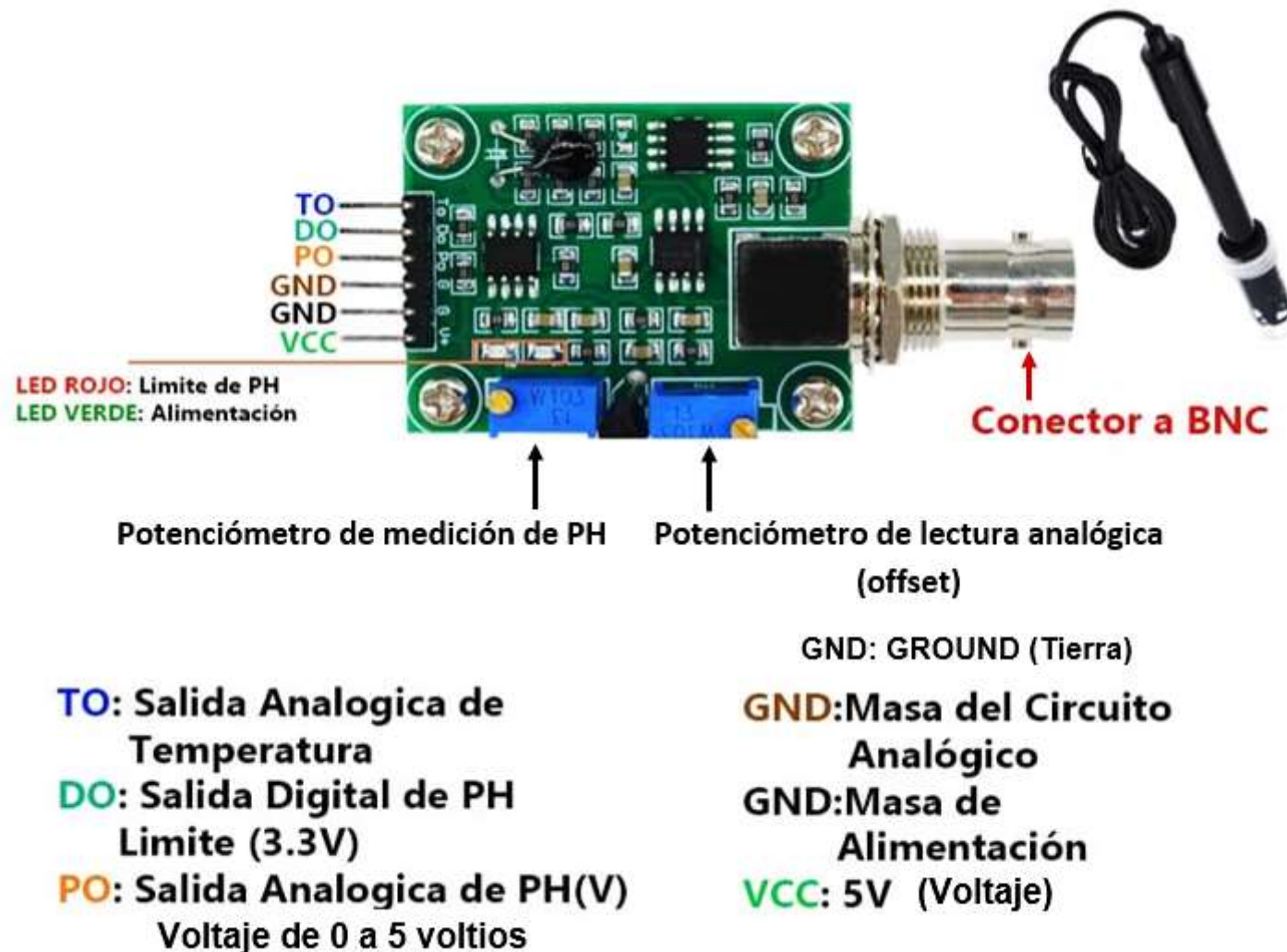
# Sonda o electrodo E-201

Rango de medición pH	0 – 14
Punto cero	7: +/-0.5 pH
Error de alcalinidad	0.2 pH
Porcentaje teórico pendiente	98.5%
Resistencia interna	250 MΩ
Tiempo de respuesta	1 minuto
Temperatura de funcionamiento	0 – 60°C
Bloques de terminales	Conector BNC
Longitud de cable	Aprox. 70 cm
Color de la sonda	Azul o negro



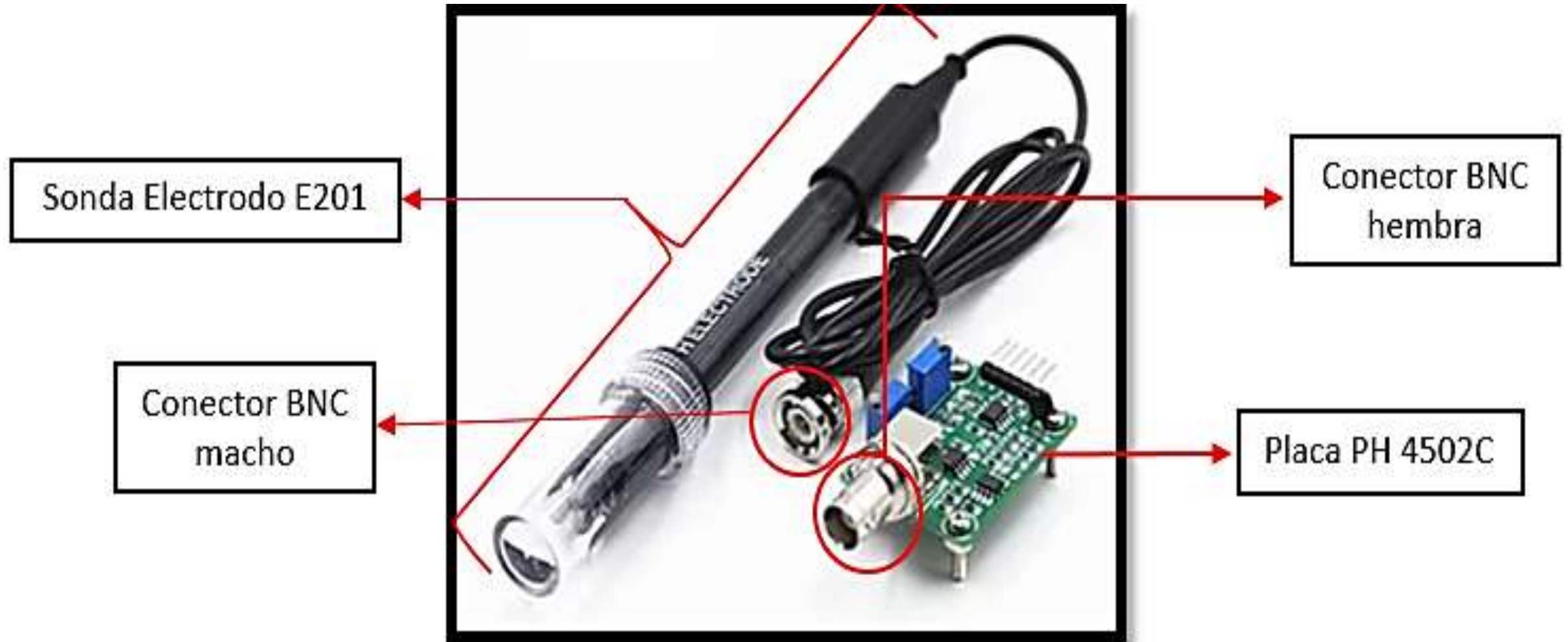
# Placa sensor PH-4502C

Voltaje de operación	5 VDC
Corriente de consumo	5 – 10 mA
Rango de detección pH	0 – 14
Rango de voltaje de salida	0 – 5 V
Temperatura de operación	-10 – 50°C
Tiempo de respuesta	5 segundos
Tiempo de estabilización	60 segundos
Consumo de potencia	0.5 W
Humedad	95% (nominal: 65%)



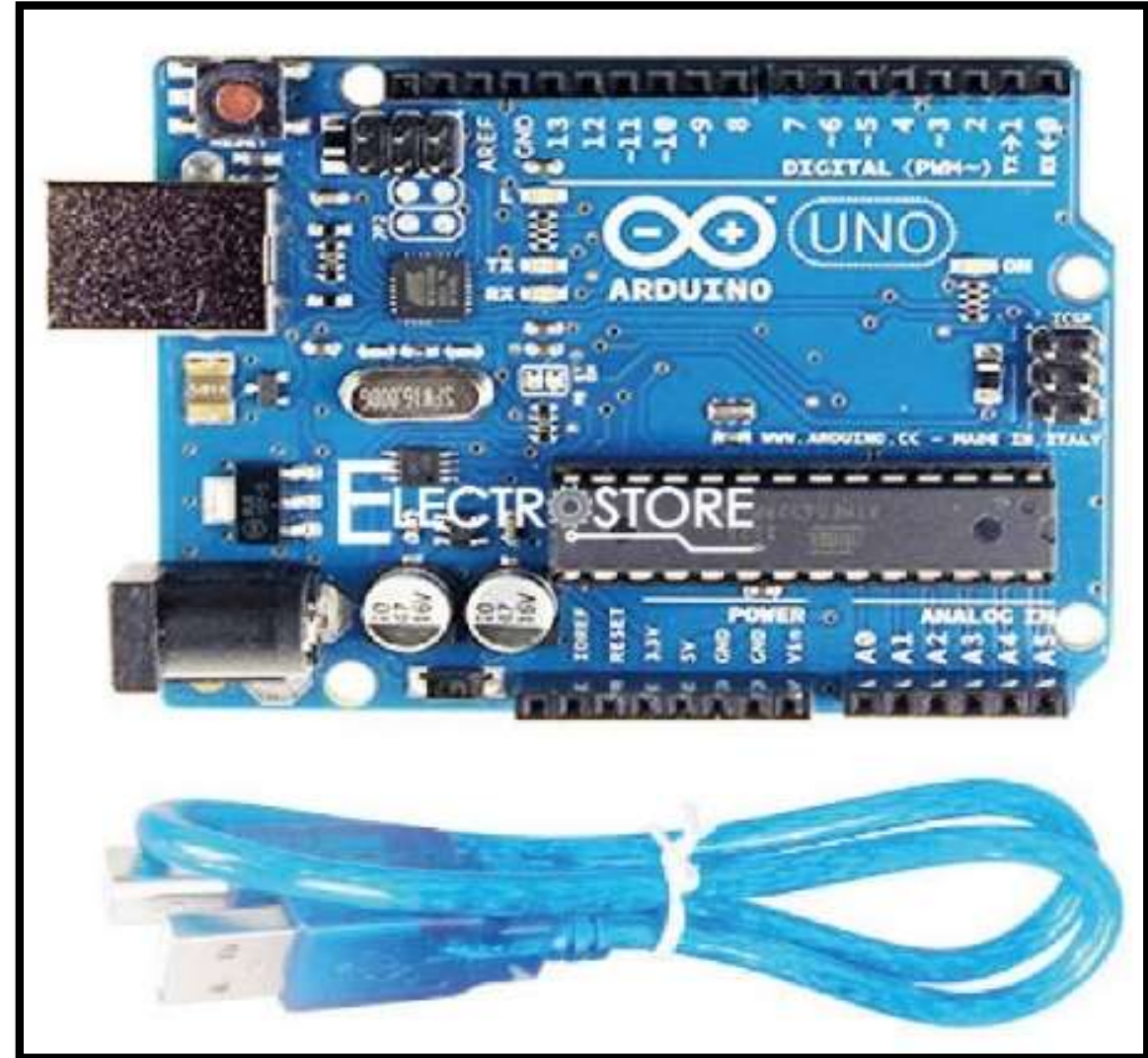


# Sensor PH-4502C con sonda

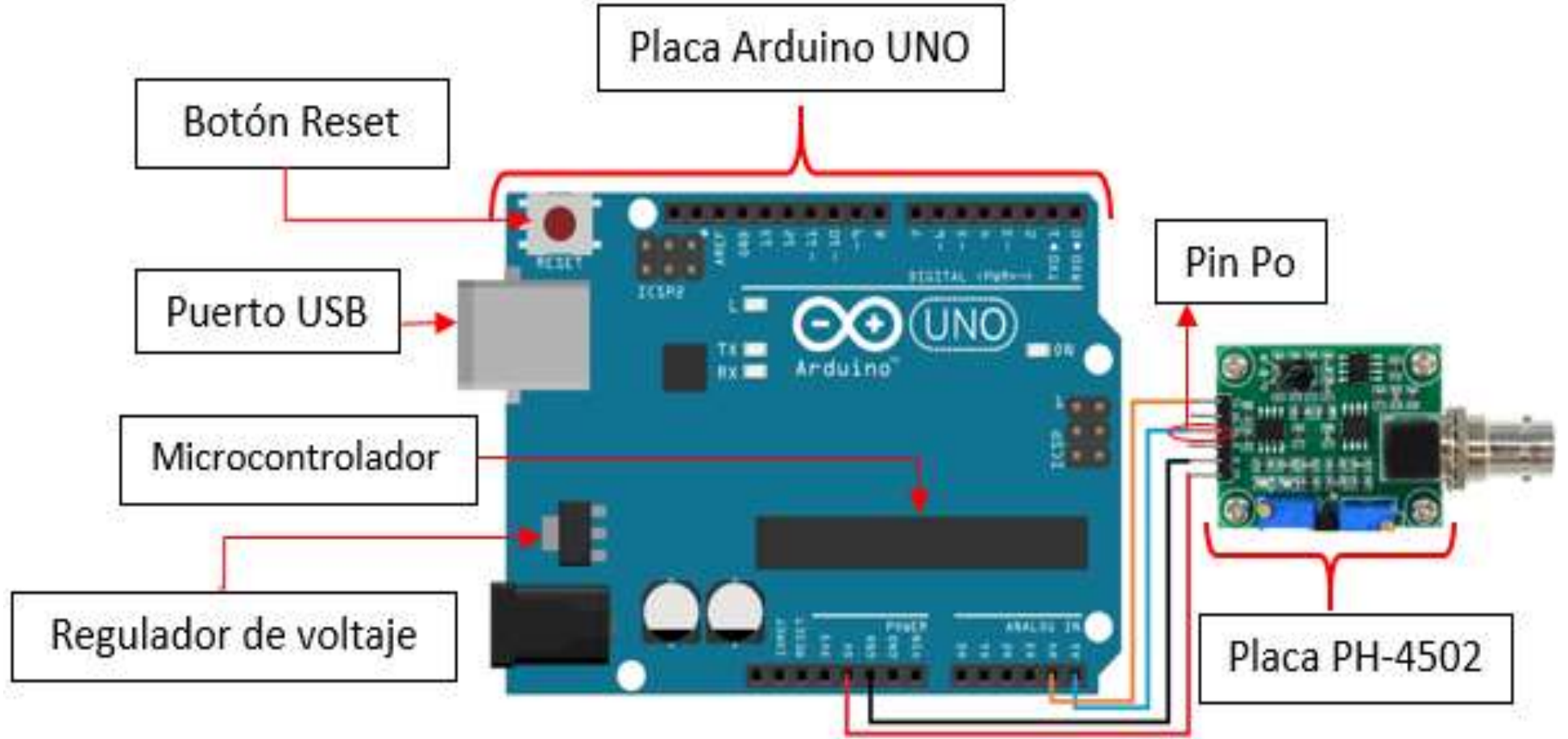


# Placa Arduino UNO

Microcontrolador	Atmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7 – 12VDC
Voltaje de entrada (limite)	6 – 20VDC
Pines de E / S digitales	14 ( 6 salida PWM)
Pines de E / S digitales PWM	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente CC por pin de E / S	20 mA
Corriente CC para pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (Atmega328P)
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Largo	68,6 milímetros
Ancho	53,4 milímetros
Peso	25 gramos



# Conexión Arduino – PH 4502C



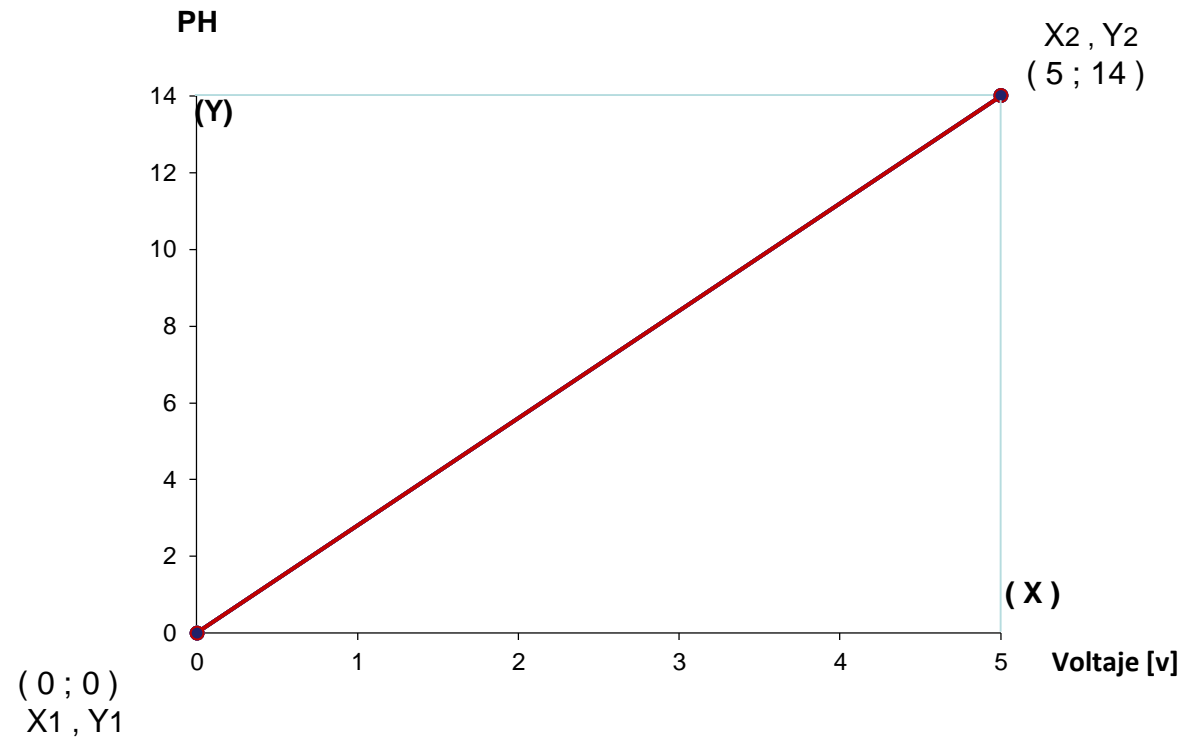
# Escalamiento de señal

Mediante el escalamiento se puede convertir una señal dentro de un rango a otro a fin de relacionar la señal entregada por el sensor con el valor de la variable física medida. Debido a que la mayoría de los transmisores son lineales esta relación se realiza a través de la ecuación de la recta (Bentz, 2015).

Datos de partida:

Rango de valores de PH: 0 – 14

Voltaje de salida (V): 0 – 5 voltios



# Escalamiento de señal

Con los datos de partida y la ayuda de la gráfica de la ecuación de la recta procedemos a realizar el escalamiento de la señal relacionando los datos de voltaje con el valor de pH, se parte de la ecuación de la recta conociendo dos puntos:

$$1) \quad y - y_1 = m(x - x_1)$$

En dónde:

y = Representa el rango del pH (0 - 14)

x = Representa el rango del voltaje de salida del medidor (0 - 5 V)

Encontramos la pendiente (m) aplicando la siguiente fórmula:

$$2) \quad m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$3) \quad m = \frac{14-0}{5-0} = \frac{14}{5} = 2,8$$

Luego reemplazando los valores para obtener la ecuación de la recta tenemos:

$$4) \quad y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$5) \quad \text{pH} - 0 = m ([V] - 0)$$

$$6) \quad \text{pH} = 2,8 [V]$$



# Escalamiento de señal

pH	$V = \frac{pH}{2,8}$	Voltaje (V)
1	$V = \frac{1}{2,8}$	0,35
2	$V = \frac{2}{2,8}$	0,71
3	$V = \frac{3}{2,8}$	1,07
4	$V = \frac{4}{2,8}$	1,4
5	$V = \frac{5}{2,8}$	1,78
6	$V = \frac{6}{2,8}$	2,14
7	$V = \frac{7}{2,8}$	2,5
8	$V = \frac{8}{2,8}$	2,8
9	$V = \frac{9}{2,8}$	3,21
10	$V = \frac{10}{2,8}$	3,57
11	$V = \frac{11}{2,8}$	3,92
12	$V = \frac{12}{2,8}$	4,28
13	$V = \frac{13}{2,8}$	4,64
14	$V = \frac{14}{2,8}$	5

Voltaje (V)	pH = 2,8 [V]	pH	% SPAN
1	pH = 2,8 [1]	2,8	0%
2	pH = 2,8 [2]	5,6	40%
3	pH = 2,8 [3]	8,4	60%
4	pH = 2,8 [4]	11,2	80%
5	pH = 2,8 [5]	14	100%



# Solución tampón o buffer

Una solución tampón es una mezcla de un ácido débil y su base conjugada. Las soluciones tampón sirven para ayudar a mantener un valor estable del pH de otra solución que se mezcla con la solución tampón.



*Solución Tampón Estándar pH 4.00*

*Solución Tampón Estándar pH 7.00*

*Solución Tampón Estándar pH 10.00*



# Calibración Sensor PH-4502C

<p>1) Desconectando la sonda sensor del circuito de control.</p>	<p>2) Introduciendo la sonda en la solución tampón estándar o buffers.</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Al desconectar la sonda sensor del circuito se produce un cortocircuito en la parte interna del conector BNC.</li><li>• Ajustamos el potenciómetro más cercano al conector BNC.</li><li>• Con un multímetro medimos el valor del pin Po y ajustamos el potenciómetro para que el voltaje sea de 2.5V (valor pH neutro).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Una vez introducida la sonda se debe esperar a que se estabilice la lectura del pH de la solución y luego ajustamos el potenciómetro más cercano al conector BNC.</li><li>• El valor de pH que se muestre en la pantalla LCD debe ser aproximadamente igual al indicado en la identificación de las soluciones utilizadas; se debe realizar diferentes mediciones hasta lograr que el valor medido sea igual al valor de la solución.</li></ul>



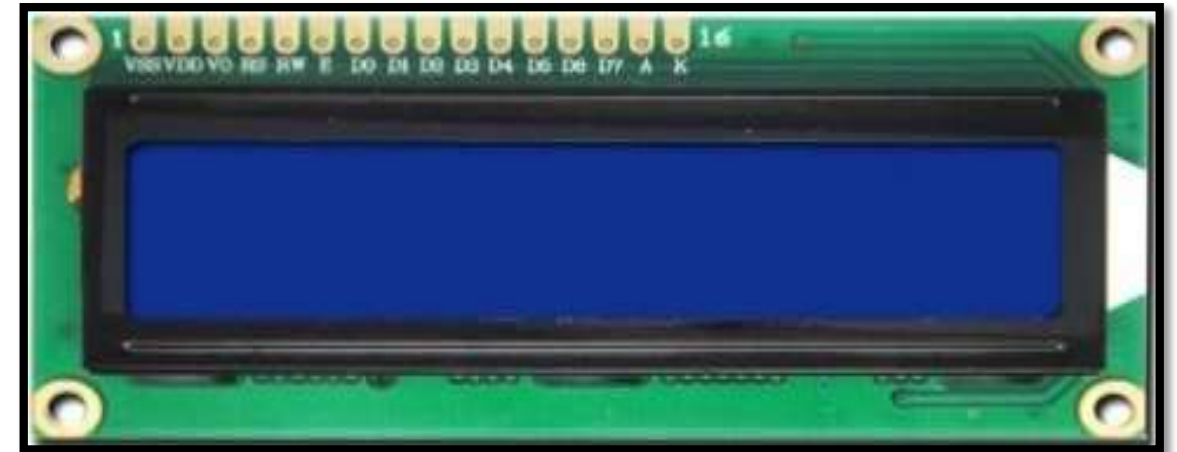
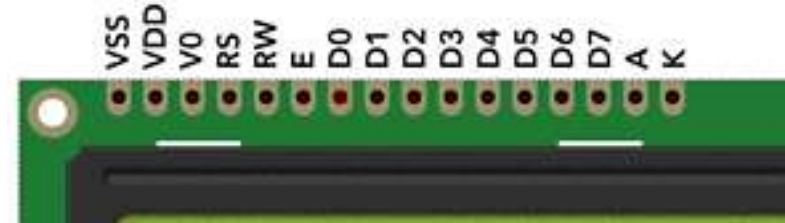


# Software IDE Arduino

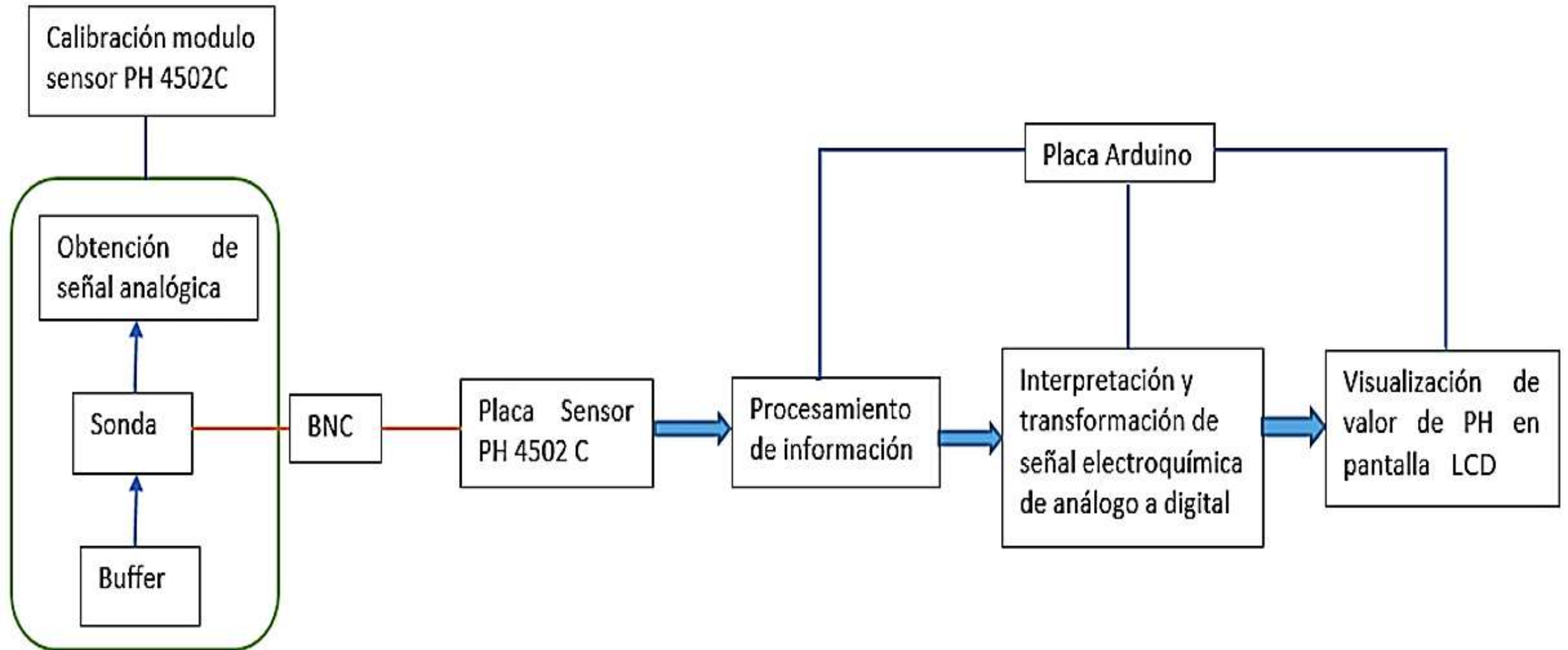


# Pantalla LCD 16\*2 o Display

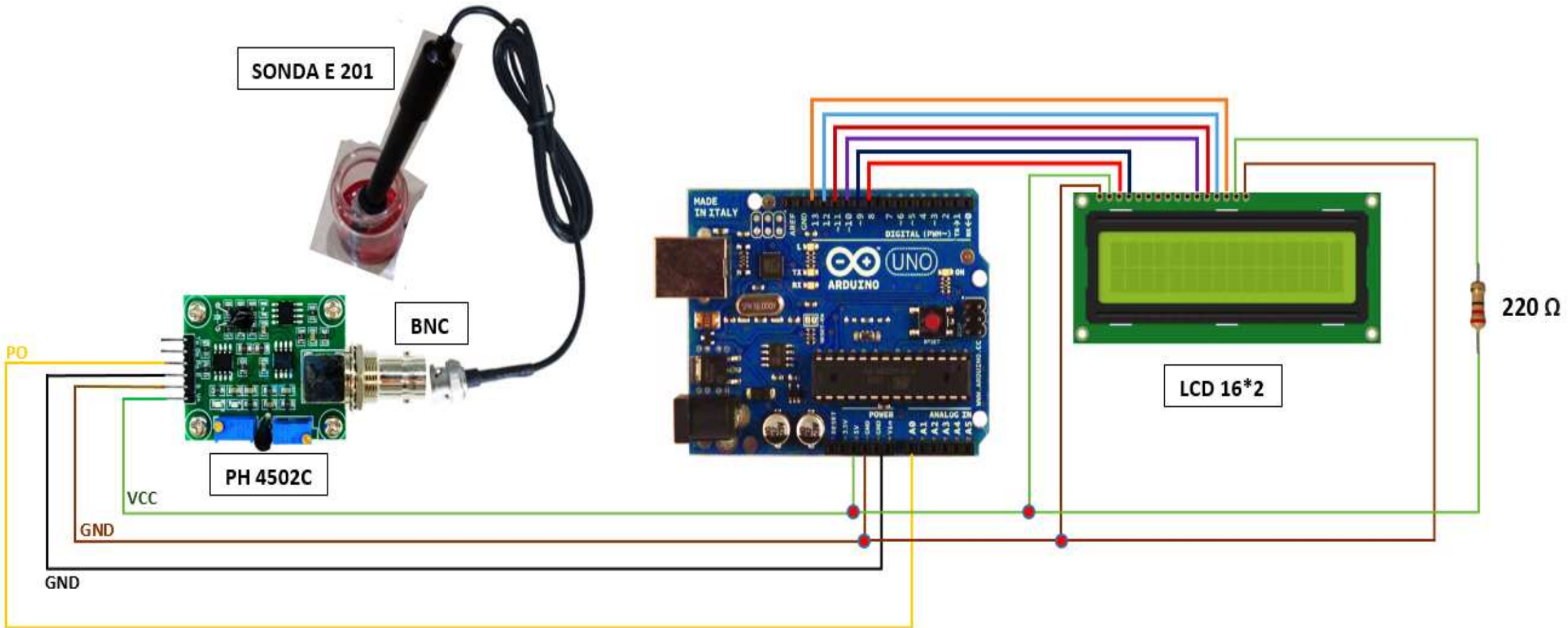
Pin N	Nombre	Descripción
1	Vss	GND
2	Vdd	+5 V
3	Vo	Control de contraste display
4	RS	Selección de registro Escritura/lectura
5	R/W	0 lógico: Escritura LCD 1 lógico: lectura LCD
6	E "Enable"	1 lógico: inicio escritura/lectura
7- 10	D0 – D3	Bus de datos- D0: bit menos significativo
11 – 14	D4 – D7	Bus de datos- D7: bit más significativo
15	Ánodo retroiluminación	R +5 V
16	Cátodo retroiluminación	GND



# Proceso de operación del dispositivo para medir pH



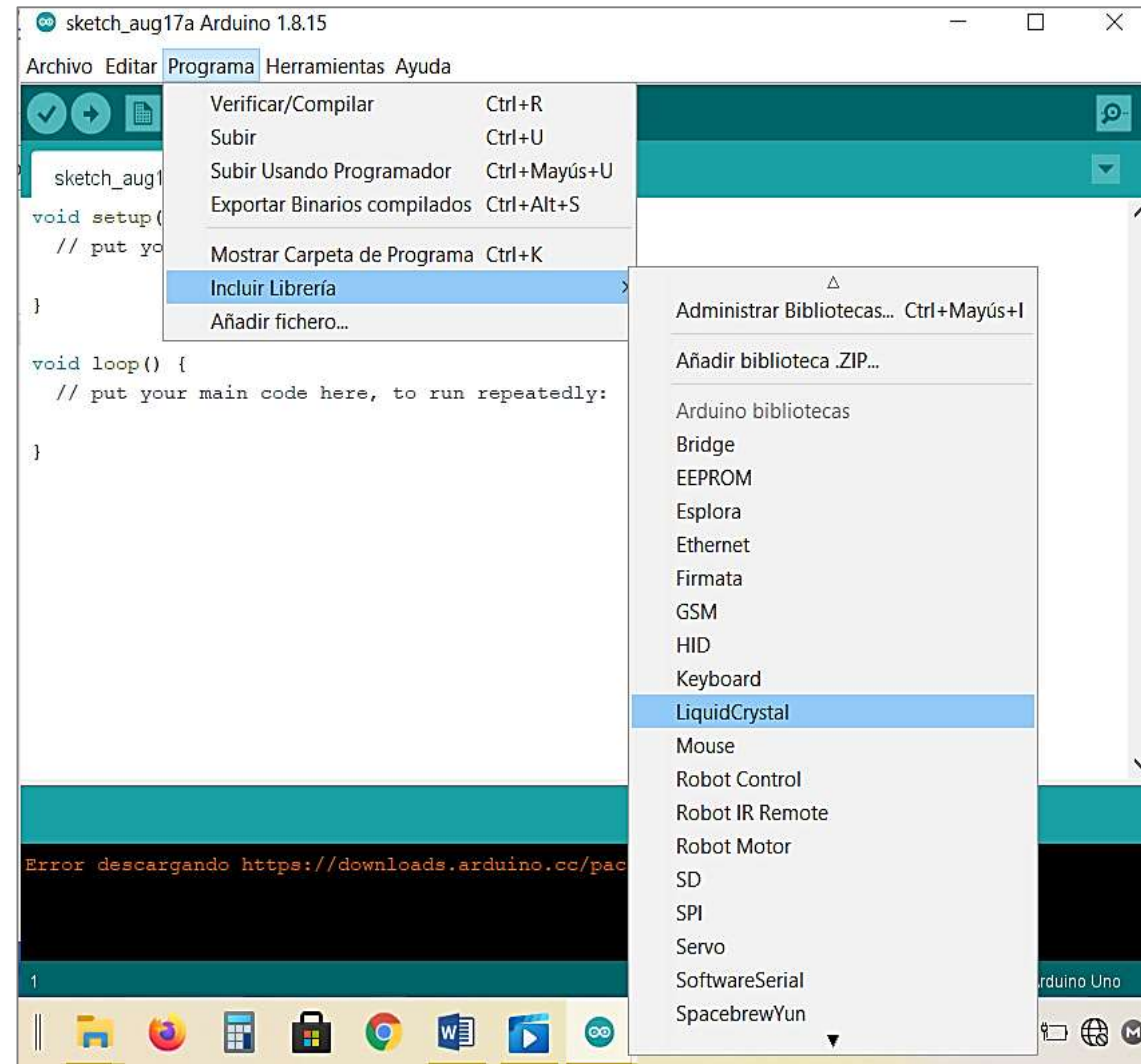
# Diagrama de conexionado



# Programación Software Arduino

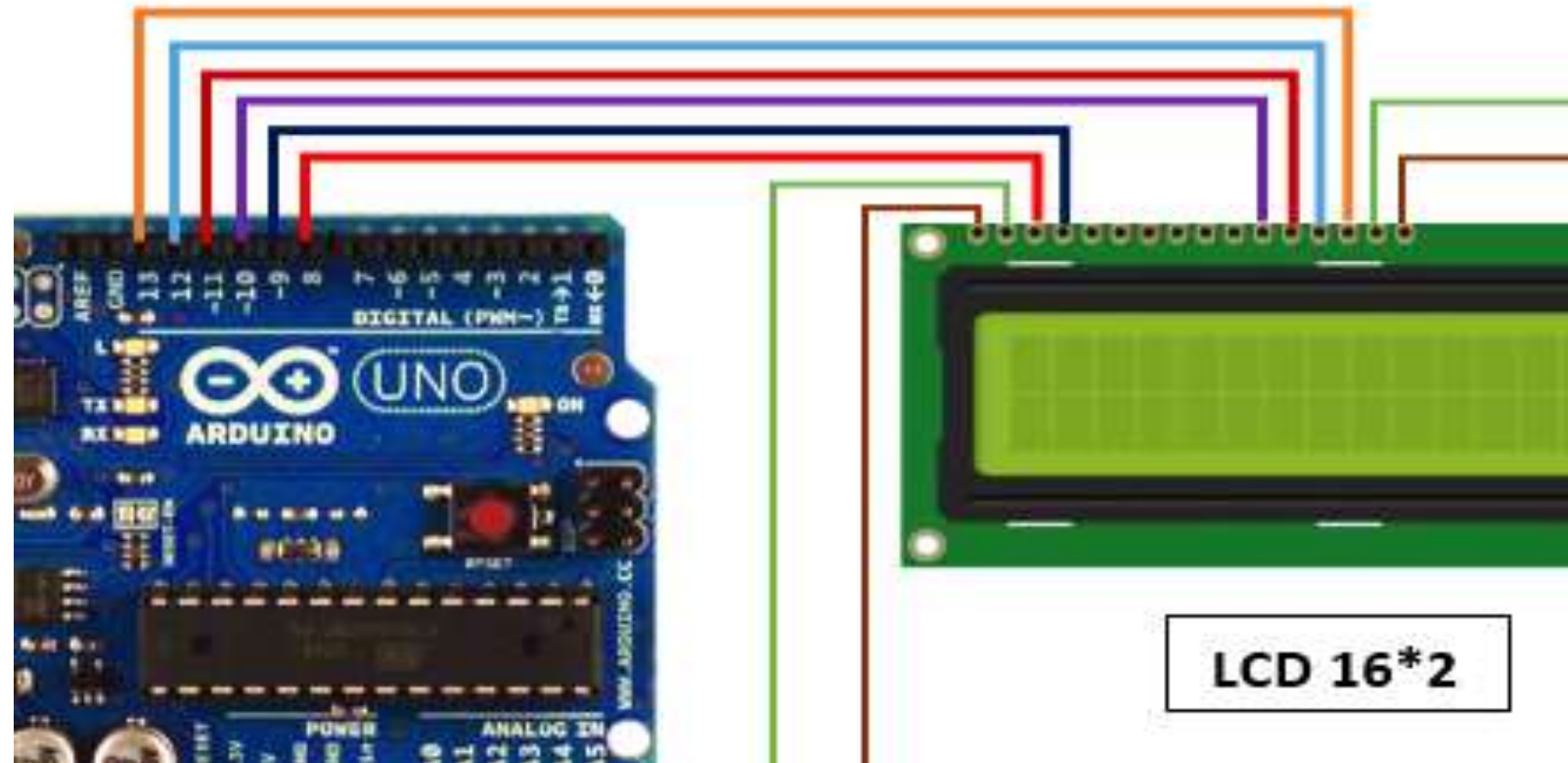
## Librerías

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);
```



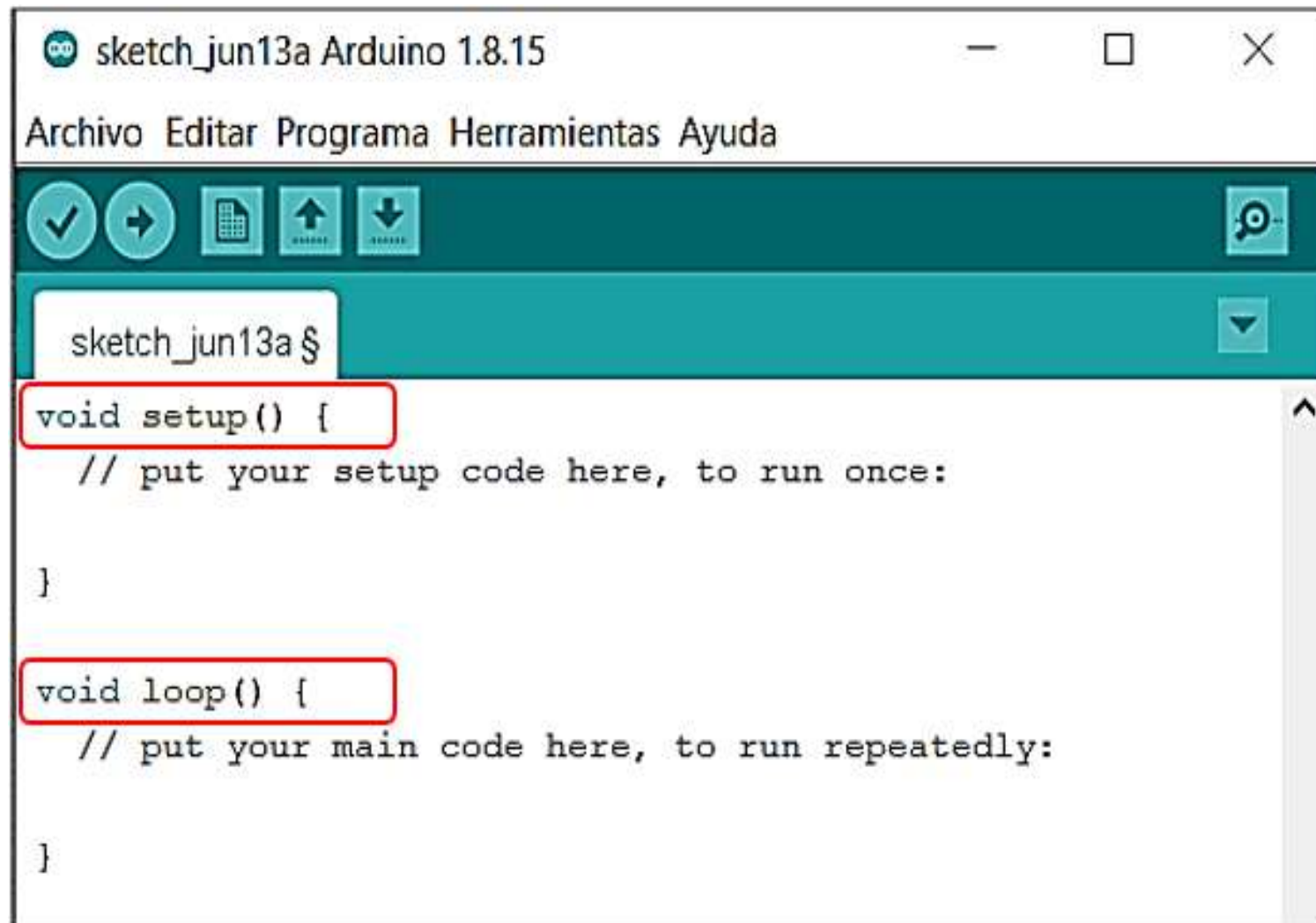
# Pines de conexión Arduino - LCD

Arduino Uno	LCD
Pin 8	Enable (E)
Pin 9	RS
Pines 10 - 13	Datos (D4, D5, D6, D7)



# Programación Software Arduino

Declaración de funciones



The screenshot shows the Arduino IDE window titled "sketch\_jun13a Arduino 1.8.15". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for checkmark, right arrow, grid, up arrow, down arrow, and search. The text area shows the following code:

```
sketch_jun13a $
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

}
```

The opening curly braces of the `void setup() {` and `void loop() {` functions are highlighted with red boxes.

# Programación Software Arduino

Declaración de variables incluidas en la función "Void Setup"

```
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" Bienvenido a ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" Medidor pH ");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
```





# Programación Software Arduino

## Declaración de variables incluidas en la función “Void Loop”

```
void loop()
{
  for (int i = 0; i < 10; i++)
  {
    buffer_arr[i] = analogRead(A0);
    delay(30);
  }
  for (int i = 0; i < 9; i++)
  {
    for (int j = i + 1; j < 10; j++)
    {
      if (buffer_arr[i] > buffer_arr[j])
      {
        temporal = buffer_arr[i];
        buffer_arr[i] = buffer_arr[j];
        buffer_arr[j] = temporal;
      }
    }
  }

  avgvalor = 0;
  for (int i = 2; i < 8; i++)
    avgvalor += buffer_arr[i];
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("pH Val:");
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print(ph_act);
  delay(1000);
}
```



# Calibración en los diferentes rangos.

$$V = \frac{\text{pH}}{2,8}$$



pH = 4

$$V = \frac{4}{2,8}$$

V = 1,4 Voltios



pH = 7

$$V = \frac{7}{2,8}$$

V = 2,5 Voltios



pH = 10

$$V = \frac{10}{2,8}$$

V = 3,57 Voltios



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Pruebas de funcionamiento

Prueba en agua de grifo

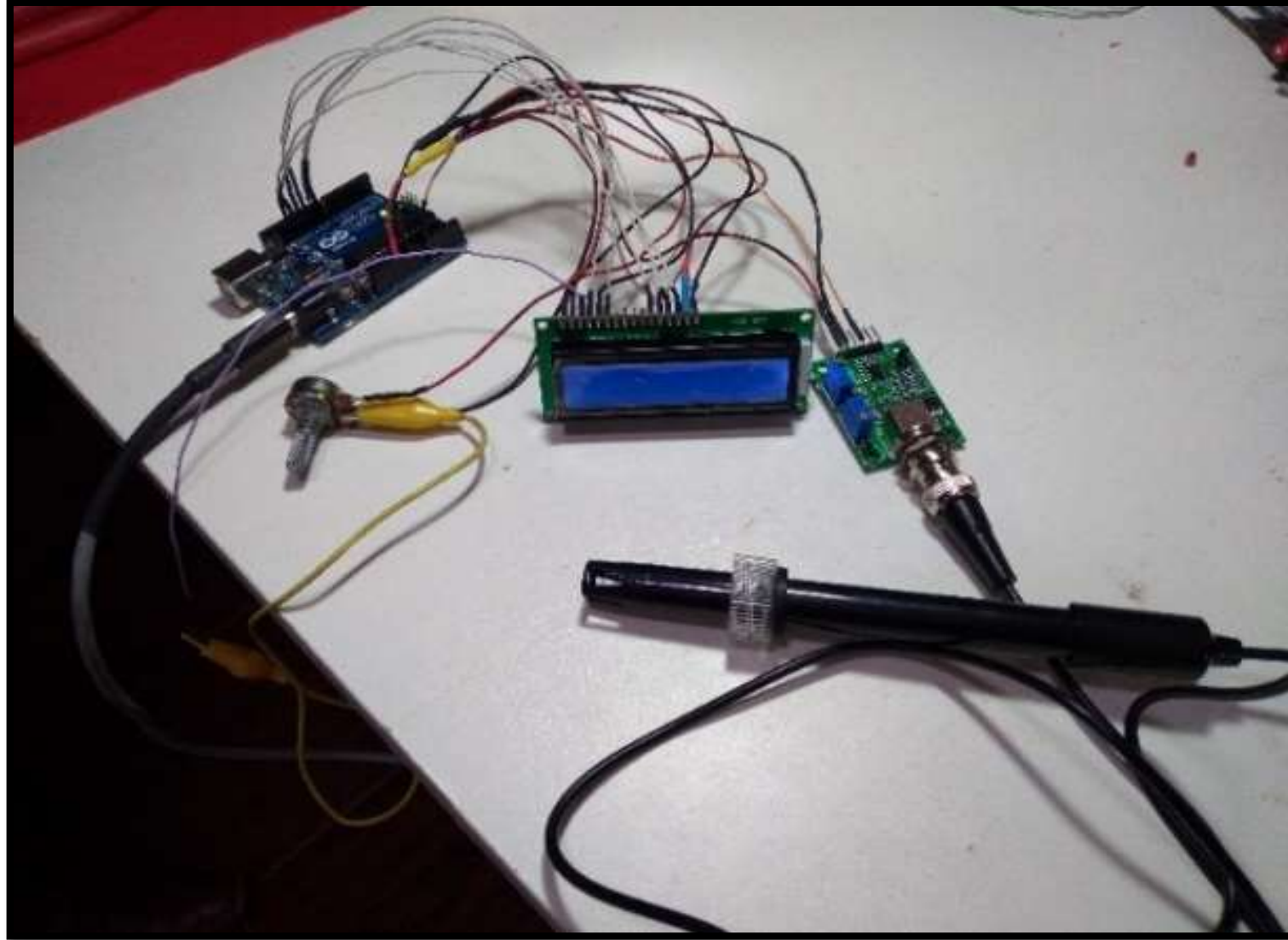


# Pruebas de funcionamiento

Prueba en líquido Acido



# Proyecto culminado



# Proyecto culminado



# Conclusiones

- La implementación del medidor permite conocer el nivel de pH en diferentes líquidos, siendo el elemento base/primordial en el prototipo/proyecto después de su calibración y una vez puesto en marcha, proporciona las medidas fielmente para su interpretación.
- Al realizar la adecuada configuración para el módulo sensor de pH, se logró apreciar el correcto funcionamiento del mismo.

# Recomendaciones

- Mantener las características eléctricas y físicas del medidor para el adecuado funcionamiento del sistema electrónico diseñado, los cuales están detallados en el manual del usuario proporcionado, para así mantener el proyecto estable en las medidas.
- Realizar un mantenimiento y calibración periódica del sensor y la sonda en los tiempos estipulados por el fabricante, así se mantendrá la vida útil del proyecto final y no afectará en gastos innecesarios.
- Evitar golpes y proteger tanto la parte externa del dispositivo así como la sonda electrodo, por ello el medidor ha sido diseñado como un sistema móvil compacto fácil de transportar.





1922  
ECUADOR