



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**

**EN MECATRÓNICA**

**TEMA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PORTÁTIL PARA  
MEDICIÓN DE pH DEL SUELO IN SITU”**

**AUTOR:**

**LENIN SANTIAGO FARINANGO IMBAQUINGO**

**DIRECTOR:**

**ING. MILTÓN ALEJANDRO GAVILANEZ VILLALOBOS**

**Ibarra – Ecuador**

**2022**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100356196-4		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Farinango Imbaquingo Lenin Santiago		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Barrio Sta. Marianita de La Esperanza Av. Galo Plaza Lasso		
<b>EMAIL:</b>	lsfarinangoi@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 660 324	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	098 8211 478

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PORTÁTIL PARA MEDICIÓN DE pH DEL SUELO IN SITU"
<b>AUTOR (ES):</b>	Farinango Imbaquingo Lenin Santiago
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	22/07/2022
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Milton Gavilanez

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de agosto de 2022



Farinango Imbaquingo Lenin Santiago  
C.I. 100356196-4



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado " "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PORTÁTIL PARA MEDICIÓN DE pH DEL SUELO IN SITU" ", presentado por el egresado Farinango Imbaquingo Lenin Santiago, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, agosto de 2022

Ing. Milton Gavilanez  
TUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

**AGRADECIMIENTO**

A mi madre por darme la vida y cuidarme desde el firmamento, a mi padre por brindarme el apoyo incondicional, a mi esposa Dennis quién me brindó la oportunidad de formar mi pequeña familia con mi hijo Gabriel y darme fuerza cuando más lo necesité, y por último a toda mi familia de consanguinidad y mi familia de afinidad.

*Lenin Santiago Farinango I.*

**DEDICATORIA**

A todos quienes hicieron posible terminar este proceso; la vida no ha sido fácil, desde la escuela, el colegio y en la universidad me apoyaron, familiares, amigos y compañeros.

*Lenin Santiago Farinango I.*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo del diseño e implementación de un dispositivo electrónico portátil para medición de pH del suelo in situ, se consideró realizar este trabajo debido al análisis que se hizo de la situación de los pequeños y medianos productores que no cuentan con herramientas tecnológicas para toma de decisiones siendo sus trabajos de forma empírica mayoritariamente, además que se debió realizar una revisión bibliográfica que fundamente el desarrollo del proyecto. En este trabajo se consideró implementar un dispositivo de bajo costo por lo que se utilizó para la parte electrónica un microcontrolador de la familia Arduino (ARDUINO NANO) por su lenguaje de código abierto y un electrodo o sensor de la misma familia para adquisición de datos (ELECTRODO BNC PARA ARDUINO) y un visualizador (LCD 2X16), mientras que la carcasa del dispositivo se imprimió mediante impresión 3D. El dispositivo será utilizado en campo por lo que debió ser diseñado para bajo consumo energético por lo que estará alimentado mediante 4 pilas AA convencionales, tamaño reducido y peso liviano. El medidor de pH diseñado permite que el usuario no tenga ningún inconveniente al momento de ser usado ya que cuenta con un proceso de calibración sencillo para este proyecto se utilizó BUFFER 4.1 pH y 7.0 pH certificados, y en consecuencia las mediciones de pH serán de igual manera sencillas. Para finalizar el dispositivo fue puesto a prueba con mediciones de dos huertos diferentes, estas mediciones fueron comparadas con un dispositivo comercial dando como resultando ligera diferencia tiendo un error entre 0,51% y 0,76%.

## ABSTRACT

The objective of this research project is to design and implement a portable electronic device to measure the pH of the soil in situ. The analysis of the situation of small and medium-scale producers, who lack access to technological decision-making tools and instead perform their duties empirically, served as the impetus for conducting this research. Additionally, a review of the literature aids in the project's development. This work seeks to implement a low-cost device, as a result; A microcontroller of the Arduino family (ARDUINO NANO) for the electronic part was used due to its open-source language; as well as an electrode or sensor of the same family for data acquisition (BNC ELECTRODE FOR ARDUINO) and a display (LCD 2X16). Likewise, the housing of the device was printed using 3D printing. The device will be used in the field, so it had to be designed for low energy consumption, so it will be powered by 4 conventional AA batteries, small size, and lightweight. The designed pH meter allows the user to have no inconvenience at the time of being used since it has a simple calibration process for this project, a certified BUFFER 4.1 pH and 7.0 pH were used, and consequently, the pH measurements will be the same simple way. The device was tested with measurements from two different orchards. These measurements were compared with a commercial device, resulting in a slight difference, with an error between 0.51% and 0.76%.

## ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	I
IDENTIFICACIÓN Y CONSTANCIA DE LA OBRA.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
CAPÍTULO II .....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Introducción.....	5

2.2. Suelo .....	5
2.3. Propiedades del Suelo .....	6
2.3.1. Propiedades Físicas.....	6
2.3.2. Propiedades Químicas .....	10
2.3.2.1. Materia Orgánica .....	10
2.3.2.2. Conductividad Eléctrica.....	11
2.3.2.3. pH.....	11
2.4. Métodos para medir el pH.....	13
2.5. Descripción dispositivos de medición de pH .....	16
CAPÍTULO III .....	18
3. DISEÑO DEL DISPOSITIVO.....	18
3.1. Diseño y selección de componentes .....	18
3.2. Requerimientos para el Diseño .....	18
3.2.1. Diagrama funcional.....	18
3.2.2. Composición funcional del Sistema.....	19
3.2.3. Matriz Morfológica .....	20
3.2.4. Matriz de Evaluación .....	22
3.2.5. Diseño del sistema de medición de pH .....	24
3.2.6. Diseño PCB.....	26
3.2.7. Diseño de la Carcasa del Dispositivo .....	26
3.2.8. Módulo conversor de voltaje DC – DC.....	29
3.3. Ajuste y Calibración .....	29
3.4. Diseño del Software.....	30
CAPÍTULO IV .....	33
4. RESULTADOS .....	33

4.1. Lecturas del nivel de pH en San Francisco del Tejar .....	35
4.1.1. Incertidumbre de medida basada en pruebas de calibración .....	37
4.2. Lecturas del nivel de pH en Santa Rosa .....	38
4.2.1. Incertidumbre de medida basada en pruebas de calibración .....	40
4.3. Análisis del Costo del Dispositivo .....	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
Conclusiones .....	43
Recomendaciones .....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXOS .....	47
1. Anexo. Medidor de pH Diseñado .....	47
2. Anexo. Muestras Tamizadas .....	47
3. Anexo. Muestras disueltas en agua destilada en proporción 1:2 .....	48
4. Anexo. Calibración del dispositivo diseñado con Buffer 4.01 .....	48
5. Anexo. Medición con el dispositivo diseñado .....	49
6. Anexo. Medición con dispositivo HANNA en una solución conocida .....	49
7. Anexo. Ficha técnica del Buffer 4.01 .....	50
8. Anexo. Ficha técnica Buffer 7.00 .....	58
9. Anexo. DataSheet Conversor DC-DC .....	66
10. Anexo. DataSheet Arduino Nano .....	74
11. Anexo. DataSheet HI9813-6 HANNA INSTRUMENTS .....	80
12. Anexo. Planos de Carcasa .....	84
13. Anexo. Manual de Calibración .....	88
14. Anexo. Manual de Medición .....	91
APÉNDICE .....	94

1. Apéndice. Código del Software .....	94
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Muestra de suelo .....	5
FIGURA 2. Densidad Real del Suelo .....	6
FIGURA 3. Densidad Aparente del Suelo.....	7
FIGURA 4. Textura del Suelo .....	8
FIGURA 5. Estructura del Suelo .....	8
FIGURA 6. Composición del Suelo con Materia Orgánica .....	10
FIGURA 7. pH del Suelo para Cultivo de Césped .....	11
FIGURA 8. Tiras Indicadora con Color para pH.....	13
FIGURA 9. Dispositivo mediante el Principio de Célula Electroquímica.....	14
FIGURA 10. pH Metro Comercial.....	15
FIGURA 11. Diagrama Funcional .....	18
FIGURA 12. Descomposición Funcional .....	19
FIGURA 13. Esquema Electrónico del Dispositivo .....	25
FIGURA 14. PCB del Dispositivo.....	26
FIGURA 15. Base del Dispositivo .....	27
FIGURA 16. Tapa de la Base del Dispositivo .....	27
FIGURA 17. Base porta pilas (AAx4) .....	28
FIGURA 18. Tapa del Porta pilas.....	28

FIGURA 19. Esquema electrónico del Conversor XL6009.....	29
FIGURA 20. Máquina de Estados para el Dispositivo .....	30
FIGURA 21. DIAGRAMA DE FLUJO DE SOFTWARE .....	31
FIGURA 22. Recolección de Muestras para Medir el Nivel de pH.....	33
FIGURA 23. Medidor portátil de temperatura y pH/EC/TDS HI9813-6.....	34
FIGURA 24. Muestras tomadas en San Francisco del Tejar (Ibarra) .....	35
FIGURA 25. Datos Obtenidos de la Medición en San Francisco del Tejar .....	36
FIGURA 26. Muestras obtenidas en Santa Rosa del Tejar.....	39
FIGURA 27. Datos Obtenidos de la Medición en Santa Rosa del Tejar .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Tipo de Suelo según su Color .....	9
TABLA 2. Tipos de Suelo por Nivel de pH .....	12
TABLA 3. Detalle de las Sub Funciones.....	20
TABLA 4. Matriz Morfológica para microcontrolador .....	20
TABLA 5. Matriz Morfológica para Visualizadores .....	21
TABLA 6. Matriz Morfológica para Sensor .....	22
TABLA 7. Criterios a Evaluar .....	23
TABLA 8. Matriz Morfológica Desarrollada .....	23
TABLA 9. Consumo Energético del Dispositivo .....	24
TABLA 10. Descripción de los Estados del Diseño del Software del Dispositivo .....	31
TABLA 11. Muestra de Suelo San Francisco del Tejar (Ibarra) .....	35
TABLA 12. Muestra de Suelo Santa Rosa del Tejar (Ibarra) .....	38
TABLA 13. Detalle de Costos del Dispositivo .....	42

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1.- Antecedentes

Los seres humanos hemos vivido una serie de cambios en el estilo de vida, desde la invención del fuego y la invención de la rueda, siempre se ha tratado de desarrollar técnicas que ayuden y faciliten los trabajos cotidianos.

Es así que la agricultura no ha tenido mucho cambio desde hace mucho tiempo, sobre todo en países en vías de desarrollo donde aún se sigue utilizando instrumentos o herramientas manuales de fabricación empírica, no siendo este el caso de los grandes países donde ya se está aplicando todas las herramientas, equipos y maquinarias de vanguardia.

En el mundo no se ha podido abastecer con alimentos y esa es la razón por la que en algunos lugares del mundo existe desnutrición.

Actualmente con la última revolución industrial, se ha tratado de incluir este término a todos los campos y la agricultura no es la excepción, denominándola Agricultura 4.0, pero también se le ha dado el nombre de Agricultura de Precisión a el conjunto de herramientas tecnológicas que ayudan a obtener datos mediante redes de sensores para poder tener un control minucioso del cultivo en todas sus fases (Dagar et al., 2018)(Archbold et al., 2019).

Por su parte la Universidad Técnica del Norte viene impulsando el desarrollo de proyectos de investigación e implementación de sistemas utilizando tecnología de vanguardia que ayudan al fortalecimiento de la agricultura local generando nuevas formas de producción garantizando la seguridad y soberanía alimentaria.

Con el dispositivo propuesto se tiene pensado apoyar a los pequeños y medianos productores que por falta de recursos no pueden hacer los análisis de suelos y los tratamientos

que realizan a los suelos son de forma empírica, incurriendo muchas veces en gastos infructuosos.

Para los pequeños y medianos productores de nuestro país, tener cualquier tipo de información del suelo mediante cualquier método será de mucha ayuda ya que se verán beneficiados con la mejora en su producción, cosechando mejores productos de calidad y en cantidad, y de esa manera se mejora su situación económica y su calidad de vida.

### **1.2.- Planteamiento del Problema**

En la actualidad el crecimiento poblacional del mundo viene de manera exagerada según las Naciones Unidas en 1950 se estimaba que la población mundial era 2600 millones de personas, en 1990 se estimaba 5300 millones de personas y en 2015 se estimaba 7300 millones de personas(York, 2019), las grandes ciudades se nota una sobrepoblación por lo que el consumo, de alimentos se vuelve un gran problema a solucionar ya que la escasa producción no puede solventar el requerimiento de las grandes ciudades, a todo esto se debe añadir la falta de políticas públicas por parte de los gobiernos y también al eminente cambio climático debido a la contaminación que es producida por los seres humanos.

Desde la industrialización de los alimentos se ha producido un gran impacto en la sociedad por el consumo de los mismos, estos productos deben ser producidos en mayores cantidades para satisfacer la demanda. Por lo que es importante introducir la revolución industrial en la agricultura, ese proceso actualmente se denomina Agricultura de Precisión debido a que se puede configurar sistemas en los cuales se pueda obtener datos mediante sensores, acondicionar las señales obtenidas y analizar los resultados obtenidos(Duarte, 2018)(Goap et al., 2018)(Zaragoza & Lizeth, n.d.)(Guerrero-ibañez et al., 2017).

Es importante también mencionar que las propiedades físicas del suelo como la densidad, textura, estructura y color; y las propiedades químicas como la humedad, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico(Ramírez, 1997) deben tener un

control para mejorar la producción y la calidad del producto cultivados, estos por lo general son frutas, hortalizas y verduras. Una de estas propiedades es el pH del suelo ya que esta propiedad nos ayuda a determinar la acidez o alcalinidad del suelo según el rango en el que se encuentre de 0 a 14(Rodríguez & Aramendía, n.d.)(TOLEDO, 2016)(Scholar, 2019).

La medición de pH es un proceso que puede tomar varios días cuando se los lleva a laboratorio y adicionalmente tiene un costo elevado, que en el caso de los agricultores no puede ser cubierto, lo que hace que en muchos de los casos no se considere hacer estos procesos previos al cultivo de cualquiera producto. Por lo que es importante desarrollar un dispositivo de medición de pH de bajo costo para que sea utilizado principalmente por los pequeños agricultores.

### **1.3.- Alcance**

El dispositivo de medición de pH electrónico será diseñado y desarrollado en hardware y software libre, con el uso de sensores óptimos que no sean vulnerables a las condiciones climáticas a las que este sea sometido y debe tener autonomía mínimo de 5 horas.

El dispositivo debe ser capaz de medir el nivel de pH de forma instantánea en un tiempo estimado de 30 a 60 segundos en el mismo sitio donde se toma las muestras, además que las muestras no deben tomarse en el rango de tiempo de 1 a 3 minutos por motivos de confiabilidad. Esta medición se la debe visualizar en una pantalla LCD. La calibración debe ser de forma fácil de manera que cualquier persona pueda ser capaz de hacerlo correctamente sin ningún tipo de inconveniente.

### **1.4.- Objetivos**

Para el desarrollo del presente proyecto se debe considerar varios aspectos por lo que se deben definir los siguientes objetivos.

#### **1.4.1.- General**

Construir un dispositivo electrónico portátil de bajo costo que mida el nivel de pH del suelo in situ con un margen mínimo de error a los medidores comerciales.

#### **1.4.2.- Objetivos Específicos**

- Determinar el requerimiento de dispositivos tecnológicos por parte de los productores para su diseño.
- Diseñar el sistema de medición de pH óptimo
- Implementar el dispositivo
- Probar y validar los resultados con un pH-metro comercial

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- Introducción

La medición de pH es una herramienta que ayuda a los agricultores a tener una lectura de las del suelo donde cultivan. Tener conocimiento de la situación del suelo es de mucha importancia ya que el agricultor puede tomar decisiones en torno a la aplicación de minerales en el caso de ser necesario.

En el presente capítulo se describe todo lo relacionado al suelo y todas sus propiedades físicas-químicas con especial énfasis al pH, dispositivos para la medición de pH y toda la información requerida para el desarrollo de este trabajo.

#### 2.2.- Suelo

Es una colección de cuerpos naturales; está compuesto por el material orgánico y mineral que cubre la mayoría de la superficie terrestre; contiene materia viva y sirve de soporte para la vegetación en campo abierto y en lugares transformados por la actividad humana, en la Figura1 podemos observar una muestra de suelo. Es un sistema abierto, trifásico y tridimensional. (Science & Staff, n.d.)(Ramírez, 1997).

#### Figura 1

*Muestra de suelo*



[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: Granjero, Tenencia, Pila, De, Suelo Cultivable, Hembra, Agrónomo, Examinar, Calidad, De, Fértil, Tierra Agrícola Fotos, Retratos, Imágenes Y Fotografía De Archivo Libres De Derecho. Image 75139315. \(123rf.com\)](#)

### **2.3.- Propiedades del Suelo**

Las propiedades del suelo son aquellas que definen las características específicas para la respectiva clasificación de los diferentes tipos de suelo, aquí se encuentran las propiedades físicas y químicas.

#### **2.3.1.- Propiedades Físicas**

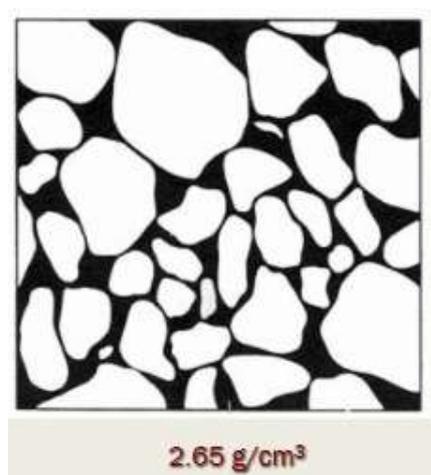
Son aquellas que determinan la cantidad y tamaño de minerales que contiene el suelo, con estas propiedades se puede determinar tres tipos de suelo: arena, arcilla y limo.

##### **2.3.1.1.- Densidad Real**

La densidad es el peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo, en la Figura2 se puede observar la distribución de las partículas minerales en el suelo.

#### **Figura 2**

*Densidad Real del Suelo*



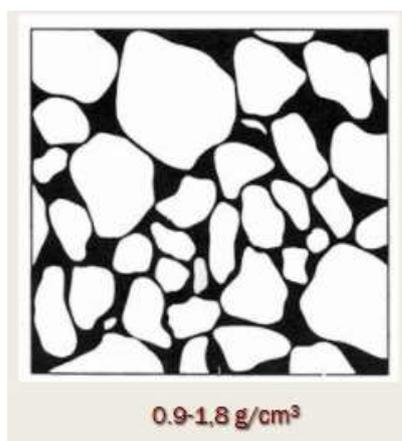
[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: FISICA DEL SUELO UNIDAD 3. Textura del suelo Proporción en la que se encuentran la arena, limo y arcilla del suelo. - ppt descargar \(slideplayer.es\)](#)

### 2.3.1.2.- Densidad Aparente

Peso de la unidad de volumen del suelo. Incluye espacio poroso y sólidos. En la Figura3 se puede observar la distribución de las partículas en el suelo.

#### Figura 3

*Densidad Aparente del Suelo*



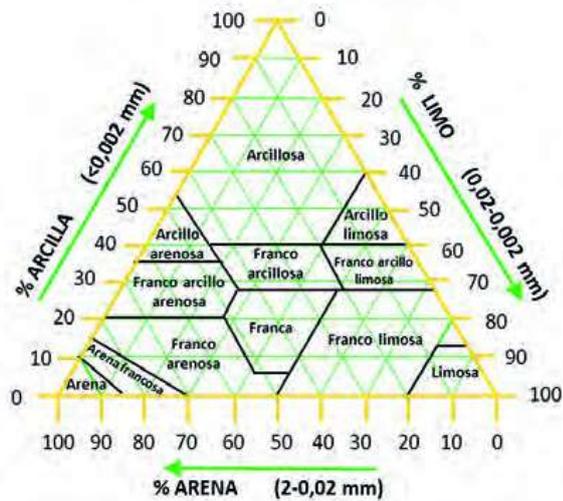
[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: FISICA DEL SUELO UNIDAD 3. Textura del suelo Proporción en la que se encuentran la arena, limo y arcilla del suelo. - ppt descargar \(slideplayer.es\)](#)

### 2.3.1.3.- Textura

La textura se define mediante el tamaño de las partículas sólidas del suelo y su distribución, esto permite determinar las capacidades que tienen los suelos. En la Figura 4 se puede observar la distribución de los minerales de acuerdo a los diferentes tipos de suelos.

#### Figura 4

### Textura del Suelo



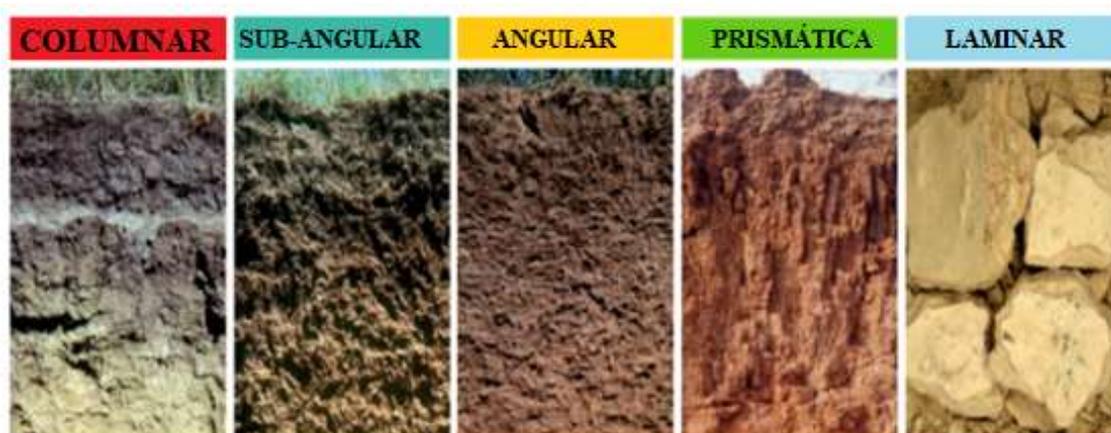
*Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: [Propiedades físicas del suelo | Noticias Agropecuarias \(elproductor.com\)](http://Propiedades físicas del suelo | Noticias Agropecuarias (elproductor.com))*

#### 2.3.1.4.- Estructura

La estructura se refiere a la cantidad de arcillas, limo y arenas que se encuentran en el suelo y como están distribuidas, todo lo detallado se puede observar en la Figura 5. Esta propiedad tiene la condición de cambiar con la influencia del clima, manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

**Figura 5**

*Estructura del Suelo*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: Propiedades físicas del suelo | Noticias Agropecuarias \(elproductor.com\)](#)*

### 2.3.1.5.- Color

Esta característica se define por la materia orgánica, los carbonatos de calcio y magnesio u otras sales más solubles, óxidos de hierro hidratados, falta de oxígeno, además de la capacidad de drenaje y temperatura del suelo. En la Tabla 1 se presenta algunos colores que se pueden encontrar de acuerdo a la cantidad de materia orgánica contenida.

**Tabla 1**

*Tipo de Suelo según su Color*

Color	Descripción
Gris pizarra	Acumulación de materia orgánica (humus) descompuesta
Amarillo Naranja	Arcillas ricas en óxido de silicio
Rojo ladrillo	Arcillas ricas en óxido de hierro
Anaranjado	Arcillas ricas en óxido de aluminio y óxido de hierro
Amarillo claro	Arena, pobre en nutrientes
Gris pardo claro	Mezcla de grava y arena
Gris ratón	Mezcla de arena, arcilla y materia orgánica sin descomponer

Terracota	Mezcla de arena, arcilla y materia orgánica descompuestas
Pardo oscuro	Arcilla rica en nutrientes
Verde oscuro	Abundante vegetación y materia orgánica

---

[Nota. Esta tabla se reprodujo de la página web: El suelo - Ciencias de la Tierra GRU \(google.com\)](#)

### **2.3.2- Propiedades Químicas**

Las propiedades químicas son aquellas que aportan los respectivos nutrientes al suelo, además de ello estas propiedades determinan las condiciones de vida para microorganismos, flora y fauna.

#### **2.3.2.1.-Materia orgánica (MO)**

Se refiere a la cantidad de residuos obtenidos a partir de organismos que algún día tuvieron vida como plantas, animales que se encuentran en el suelo como se puede apreciar en la Figura 6.

#### **Figura 6**

*Composición del Suelo con Materia Orgánica*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: Indagan la composición de la materia orgánica del suelo - Gaceta UNAM](#)*

### **2.3.2.2.- Conductividad eléctrica (CE)**

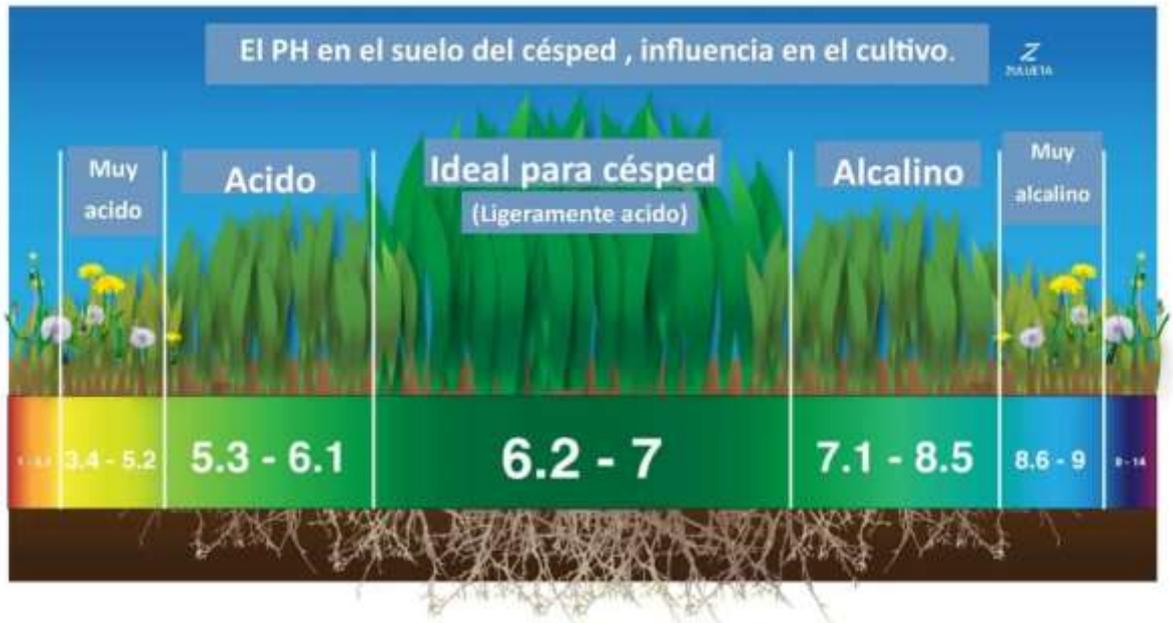
Es la capacidad para conducir la electricidad, esto va a depender de los minerales con los que esté constituido el suelo además de las condiciones de humedad y la cantidad de agua contenida en el suelo.

### **2.3.2.3.- pH**

En química, el pH es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno (Vázquez, EDGAR & Rojas, 2016). En la Figura 7 se puede observar un ejemplo de los niveles de pH del suelo para el cultivo de césped así como el pH óptimo para el cultivo del mismo.

### **Figura 7**

*pH del Suelo para Cultivo de Césped*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: El PH en el suelo del césped, el gran ignorado. - Zulueta Corporación](#)*

El pH es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion hidronio solvatado, ( $H_3O^+$ ), pero a menudo (aunque algo imprecisa) el pH se expresa como la medida de la concentración de iones hidronio en una solución (Baucke et al., 2002).

El pH indica la concentración de iones hidronio [ $H_3O^+$ ] presente en determinadas disoluciones y se calcula con la siguiente ecuación:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

El pH del suelo se puede decir que es la propiedad más importante de los suelos que sirven para la producción de diferentes productos agrícolas desde las hortalizas-vegetales hasta las carnes y derivados lácteos debido a que el pH permite conocer la disponibilidad de nutrientes y capacidad de absorción. Podemos encontrar suelos: alcalinos, neutros y ácidos. El pH del suelo también puede incidir en la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización.

La escala de pH es logarítmica y por lo tanto el pH es una cantidad adimensional. En la Tabla 2 se observa los niveles de pH de los distintos tipos de suelos que se puede encontrar.

**Tabla 2**

*Tipos de Suelo por Nivel de pH*

<b>pH de solución del suelo</b>	<b>Categoría</b>
Menor de 4	Suelo extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Suelos muy fuertemente ácidos
5.1 – 5.5	Suelos fuertemente ácidos
5.6 – 6.0	Suelos medianamente ácidos
6.1 – 6.5	Suelos ligeramente ácidos
6.6 – 7.3	Suelos neutros
7.4 – 7.8	Suelos medianamente básicos
7.9 – 8.4	Suelos moderadamente básicos
8.5 – 9.0	Suelos fuertemente básicos
Mayor de 9.1	Suelos muy fuertemente básicos

#### **2.4.- Métodos para medir el pH**

Los medidores de pH vienen evolucionando conforme la tecnología avanza, se tiene medidores artesanales que usan plantas como col morada, cintas medidoras y actualmente dispositivos electrónicos de gran precisión.

##### **2.4.1. Colorimétrico**

Este método es comparativo, ya que las cintas se sumergen en la soluciones y cambian su color de acuerdo a la acidez, se verifica en tablas estándares. Este valor nos da

valores aproximados. En la Figura 8 se tiene un ejemplo de tiras que se puede usar para la medición de los niveles de pH.

**Figura 8**

*Tiras Indicadora con Color para pH*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: Pruebas para Determinar pH en Tiras](#)*

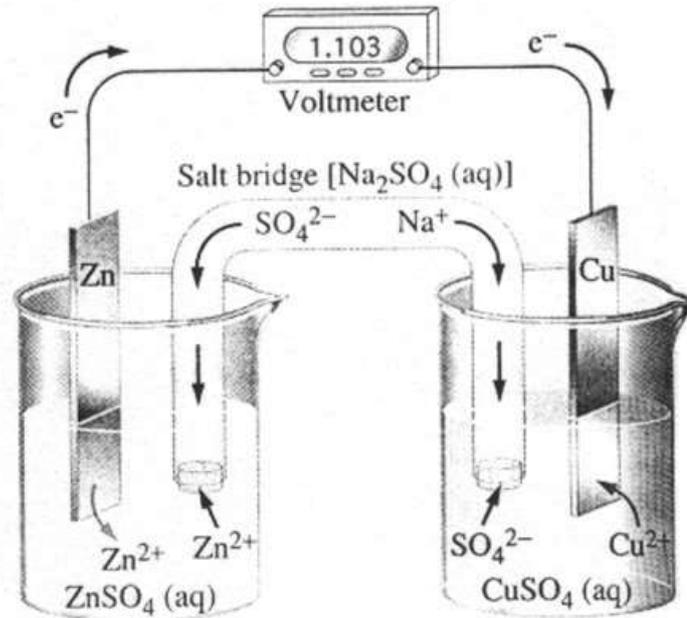
[| Probak BC](#)

#### **2.4.2. Células Electroquímicas**

Una célula electro-química es un dispositivo capaz de obtener energía eléctrica a partir de reacciones químicas (o bien, de producir reacciones químicas a través de la introducción de energía eléctrica, cuando se esté cargando la celda) Analítica. (2021), tal como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9**

*Dispositivo para Medición de pH mediante el Principio de Célula Electroquímica*



*Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: [CELDAS ELECTROQUIMICAS - ppt descargar \(slideplayer.es\)](http://CELDAS ELECTROQUIMICAS - ppt descargar (slideplayer.es))*

### 2.4.3. pH-metro o potenciómetro

Son dispositivos que tomaron como referencia a las células electroquímicas para mejorarlas. Mide la diferencia de potencial entre dos electrodos de ahí su nombre potenciómetro. Se mide desde un electrodo sensible a la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) y un electrodo de referencia con un potencial constante inmune a la concentración de iones hidrogeno. Este medidor nos da valores precisos y exactos. En la Figura 10 se tiene un potenciómetro comercial.

**Figura 10**

*pH Metro Comercial*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo de la página web: pH-metro PCE-228P para cosméticos](#)*

*[| PCE Instruments \(pce-instruments.com\)](#)*

## **2.5.- Descripción dispositivos de medición de pH**

Lo dispositivos de medición de pH que se usan actualmente están compuestos por 3 componentes claramente definidos; el microcontrolador hace todo el proceso lógico, cuenta con periféricos que pueden ser entradas y salidas, analógicas y digitales; las entradas son las encargadas de adquisición de datos externas hacia el microcontrolador y por último se tiene las salidas que va depender del dispositivo, en algunos casos pueden ser pantallas para visualizar los datos medidos y en otros casos pueden ser elementos de control como electroválvulas para controlar sistemas.

### **2.5.1.- Microcontrolador**

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (embedded controller).

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada (Angulo, 2003).

#### **2.5.2.- Entradas de microcontrolador**

Las entradas de los microcontroladores permiten acceder a información externa que puede ser adquirida, estos eventos se pueden captar al accionar interruptores, pulsos de pulsadores, señales de sensores, entre otros, estas entradas pueden ser analógicas o digitales todo dependerá de los requerimientos planteados por el usuario.

#### **2.5.3.- Salidas de microcontrolador**

Las salidas son las acciones que el microcontrolador le encomienda de acuerdo a lo programado con la información adquirida desde de las entradas. Se puede controlar Leds, pantallas, motores, etc.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe los métodos que ayuden a realizar el diseño del dispositivo electrónico medidor de pH del suelo.

#### **3.1.- Diseño del dispositivo**

El diseño del dispositivo de medición de pH portátil se realizará en base a los requerimientos definidos garantizando que el dispositivo permita su calibración, facilidad de uso y de autonomía prolongada debido a que se va a ocupar en los campos de producción agrícola.

#### **3.2.- Requerimientos para el diseño**

Los requerimientos para el diseño del dispositivo de medición de pH se consideraron luego de la revisión del estado del arte e información recabada de pequeños productores locales en especial de aquellos que cultivan bajo invernadero, considerando para que el dispositivo tenga un buen desempeño se determina los siguientes requerimientos:

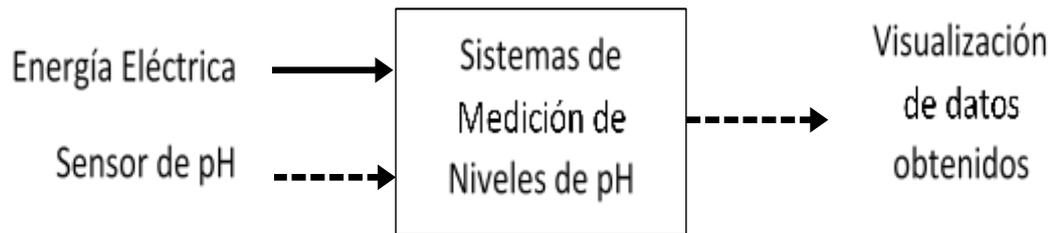
- Facilidad de calibración y uso
- Portable, liviano y versátil
- Bajo consumo energético

##### **3.2.1.- Diagrama funcional**

En el diagrama funcional se detalla las entradas y salida, además del proceso interno que se debe desarrollar para cumplir la tarea del dispositivo, como se muestra en la Figura 11 a continuación.

#### **Figura 11**

*Diagrama Funcional*



La energía eléctrica es el requerimiento fundamental para que los dispositivos electrónicos funcionen y puedan ser operativos.

El sensor de pH es el dispositivo que permite captar las señales del suelo para que pueda ser transferido a la unidad de procesamiento.

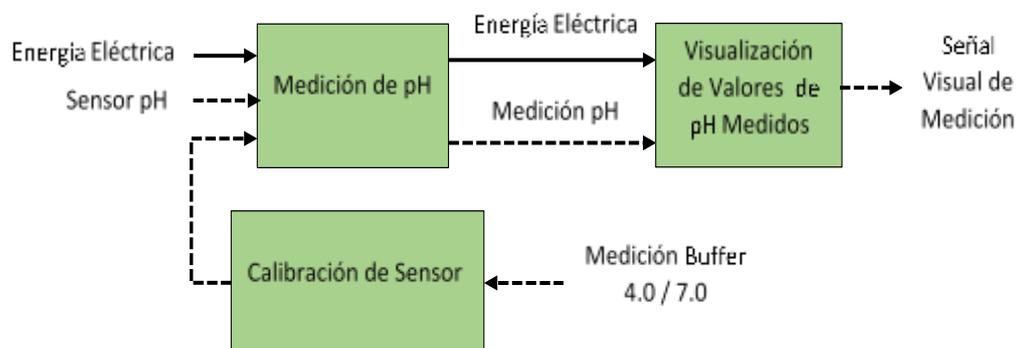
La visualización de los datos es el resultado del procesamiento de la señal obtenida por el sensor, los datos son convertidos en alfanuméricos para que puedan ser leídos por los usuarios.

### 3.2.2.- Descomposición funcional del sistema

A continuación se detalla la descomposición funcional en la Figura 12 y el detalle de cada una de las sub funciones en la TABLA 3. Esto ayuda a entender el funcionamiento del dispositivo para poder determinar su diseño práctico.

**Figura 12**

*Descomposición Funcional*



**Tabla 3**

*Detalle de las Sub Funciones*

<b>Función</b>	<b>Descripción</b>
Calibración	En esta función se calibra el sensor con dos puntos de referencia, Buffer 4.1 y 7.0
Medición	En esta función el dispositivo procede a realizar las mediciones de pH de acuerdo a las señales receptadas
Visualización	En esta función se procede a mostrar de forma numérica los valores medidos.

### **3.2.3.- Matriz Morfológica**

En esta parte encontraremos una matriz donde hará comparaciones de las opciones de los diferentes elementos para el diseño del dispositivo. Con esta herramienta se puede analizar las ventajas y desventajas de cada opción y permite seleccionar los componentes adecuados.

#### **3.2.3.1.- Matriz Morfológica para Microcontrolador**

En la Tabla 4 se encuentra la comparación de las diferentes opciones para el diseño del dispositivo medidor de pH.

**Tabla 4**

*Matriz Morfológica para microcontrolador*

<b>Aspecto</b>	<b>Microcontrolador</b>		
Alternativas	Arduino Nano (13USD)	Arduino Uno (18USD)	Arduino Mega(25USD)

	Ocupa poco espacio	Costo bajo	Costo bajo
Ventajas	Costo bajo	Chip y memoria de buena capacidad	Chip y memoria de alta capacidad
		Ocupa mucho espacio	Ocupa mucho espacio
Desventajas	Ninguna	Pesado	Pesado

### 3.2.3.2.- Matriz Morfológica para Visualizadores

En la Tabla 5 se encuentra la comparación de las diferentes opciones para el diseño del dispositivo medidor de pH.

**Tabla 5**

*Matriz Morfológica para Visualizadores*

Aspecto	Visualizadores		
Alternativas	LCD 2x16(6,90USD)	LCD 4x16(8,50USD)	OLED (8USD)
Ventajas	Fácil aplicación	Fácil aplicación	Fácil aplicación
	Poco consumo energético	Poco consumo energético	Poco consumo energético
	Costo bajo	Costo bajo	Costo bajo
	Acceso en mercado local	Acceso en mercado local	Acceso en mercado local
Desventajas	Ninguna	Ninguna	Ninguna

### 3.2.3.3.- Matriz Morfológica para Sensor medidor pH

En la Tabla 6 se encuentra la comparación de las diferentes opciones para el diseño del dispositivo medidor de pH.

**Tabla 6**

*Matriz Morfológica para Sensor*

<b>Aspecto</b>	<b>Sensor medición pH</b>		
Alternativas	Electrodo LE pH LE427-IP67 METTER TOLEDO (450USD)	Electrodo INLABSOLIDS METTER TOLEDO(250USD)	ELECTRODO BNC PARA ARDUINO (60USD)
Ventajas	Sensor profesional de alta gama	Sensor profesional de alta gama	Se encuentra en mercado nacional Fácil uso Costo accesible
Desventajas	Cuidados delicados Alto costo Requiere importación	Cuidados delicados Alto costo Requiere importación	Ninguna

**3.2.4.- Matriz de Evaluación**

En la matriz de evaluación se incluirán todas las opciones consideradas para los cuales se les asignará un valor determinado, estos valores al final nos dirán cuál es la mejor opción.

Dentro de la matriz a cada opción se le asigna un valor el cuál se proporcionara según el grado de importancia. Para este trabajo de selección el valor mínimo será de 0.5 de acuerdo a cada y al final deberá sumar 6 como indica la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Criterios a Evaluar*

<b>Criterio</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Costo	C	2
Tamaño	T	2
Peso	P	2
Acceso	A	2
Mantenimiento	M	2

En la Tabla 8 se realiza la evaluación de una opción para cada elemento del diseño, obteniendo los resultados de acuerdo a los requerimientos.

**Tabla 8**

*Matriz Morfológica Desarrollada*

<b>Aspecto</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>					<b>Total</b>
		C(2)	T(2)	P(2)	A(2)	M(2)	
Microcontrolador	Arduino Nano (13USD)	2	2	2	2	2	10
	Arduino Uno (18USD)	1.5	1	1.5	2	2	8
	Arduino Mega(25USD)	1	0.5	1	2	2	6.5
Visualización	LCD 2x16(6,90USD)	2	2	2	2	2	10
	LCD 4x16(8,50USD)	1.5	2	2	2	2	9.5
	OLED (8USD)	1.5	1.5	2	2	2	9

Sensor	Electrodo LE pH LE427-IP67 METTER TOLEDO (450USD)	0.5	2	2	0.5	2	7
	Electrodo INLABSOLIDS METTER TOLEDO(250USD)	0.5	2	2	0.5	2	7
	ELECTRODO BNC PARA ARDUINO (60USD)	2	2	2	2	2	10

Luego de hacer la ponderación de las diferentes matrices de acuerdo a cada elemento se obtiene como resultado final para el diseño: Arduino Nano, LCD 2x16 y Electrodo BNC para Arduino, considerando estos 3 elementos como indispensables para el dispositivo.

### 3.2.5 Diseño del sistema de medición de pH

El sistema de medición de pH se diseñó de acuerdo a la Figura 13 en donde se puede observar el esquema electrónico. La conexión del sensor se basa en la conexión BNC (Bayonet Neill-Concelman) que a su vez se conecta a un acondicionador de señal, la pantalla led se comunica mediante el protocolo de comunicación I2C, los demás componentes se conectan en los diferentes pines dependiendo de cada necesidad. El dispositivo se alimenta con 4 baterías tipo pila AA de acuerdo al consumo energético que se presenta en la Tabla 9.

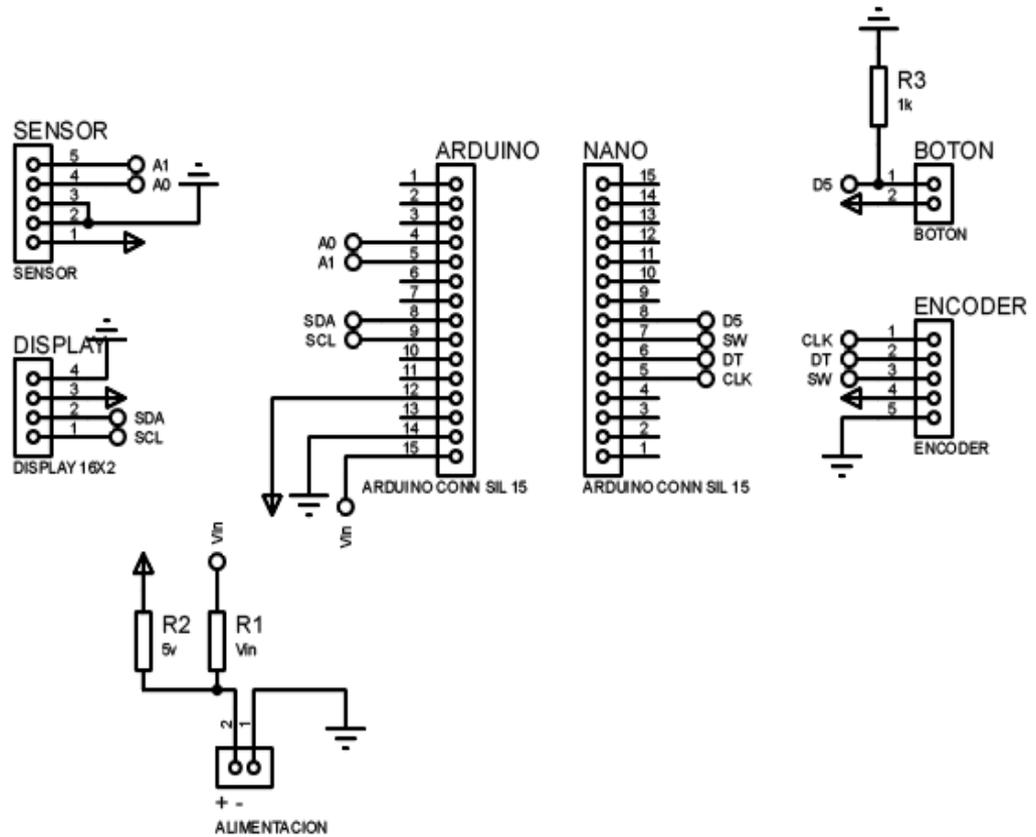
**Tabla 9**

*Consumo Energético del Dispositivo*

Componente	Consumo (mA)
Arduino Nano	15
LCD	20
Sensor	8
Otros	2

**Figura 13**

*Esquema Electrónico del Dispositivo*

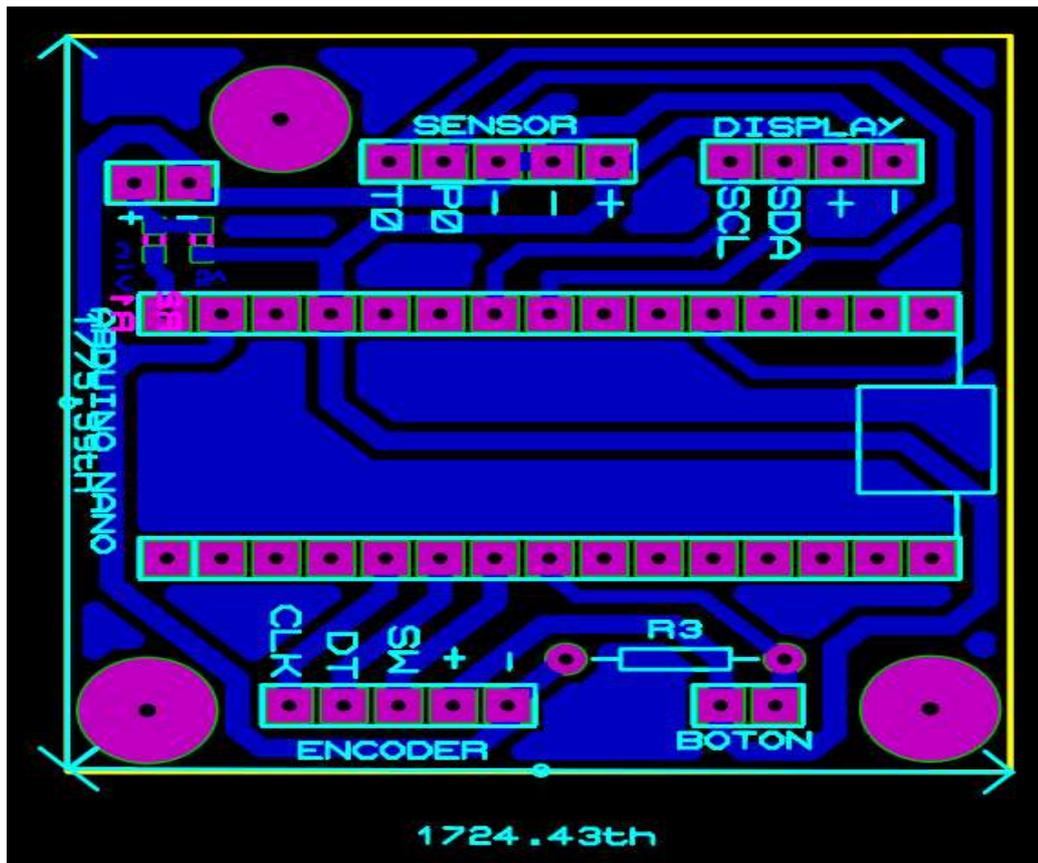


### 3.2.6 Diseño PCB

El diseño PCB se realiza considerando todos los elementos utilizados los cuales deben ser de fácil ordenamiento, conexión y desconexión, distribuyendo de forma adecuada para el diseño final cumpla con los requerimientos iniciales tal como se indica en la Figura 14.

**Figura 14**

*PCB del Dispositivo*

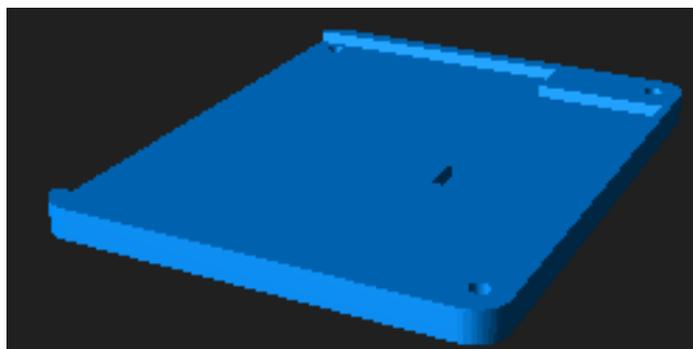


### 3.2.7 Diseño de la carcasa del dispositivo

La carcasa del dispositivo se diseñó con 4 elementos:

- Base: estructura en la que se coloca todo el circuito electrónico del dispositivo garantizando el fácil acceso, conexión y desconexión de los elementos usados, se muestra en la Figura 15.

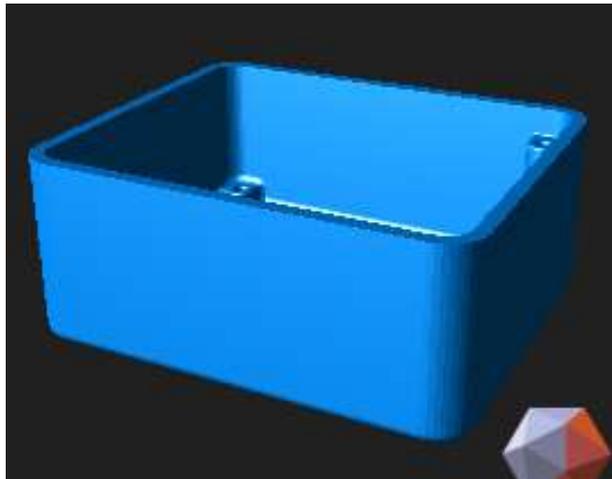
**Figura 15**  
*Base del Dispositivo*



*Nota. En anexo se encuentra los planos.*

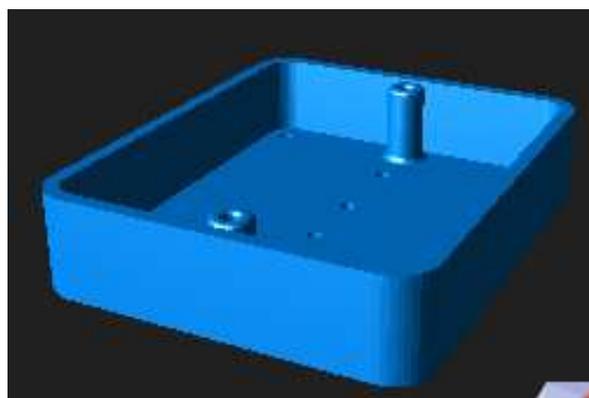
- Tapa: estructura que permite cubrir la base, permitiendo colocar la pantalla LCD, el encoder (PERILLA PULSADOR), conector BNC y el Swicht ON-OFF como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16**  
*Tapa de la Base del Dispositivo*



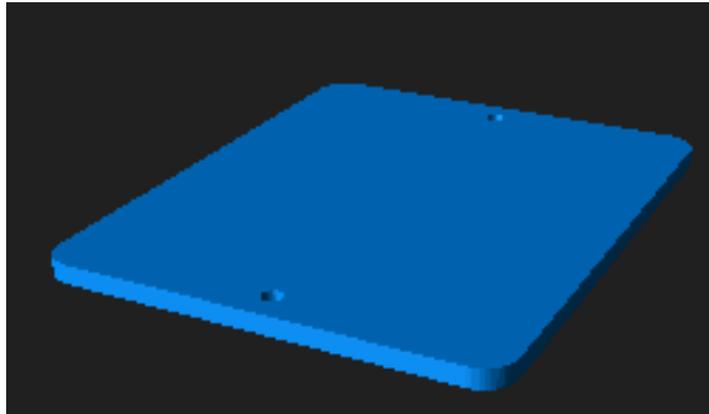
- Base Pilas: estructura donde se coloca las 4 pilas de manera segura, evitando el contacto con el sistema electrónico y garantizando firmeza y evitar fallos por falta de corriente como se muestra en la Figura 17.

**Figura 17**  
*Base porta pilas (AAx4)*



- Tapa pilas: esta parte de la carcasa permite cubrir las pilas como se detalla en la Figura 18.

**Figura 18**  
*Tapa del Porta pilas*

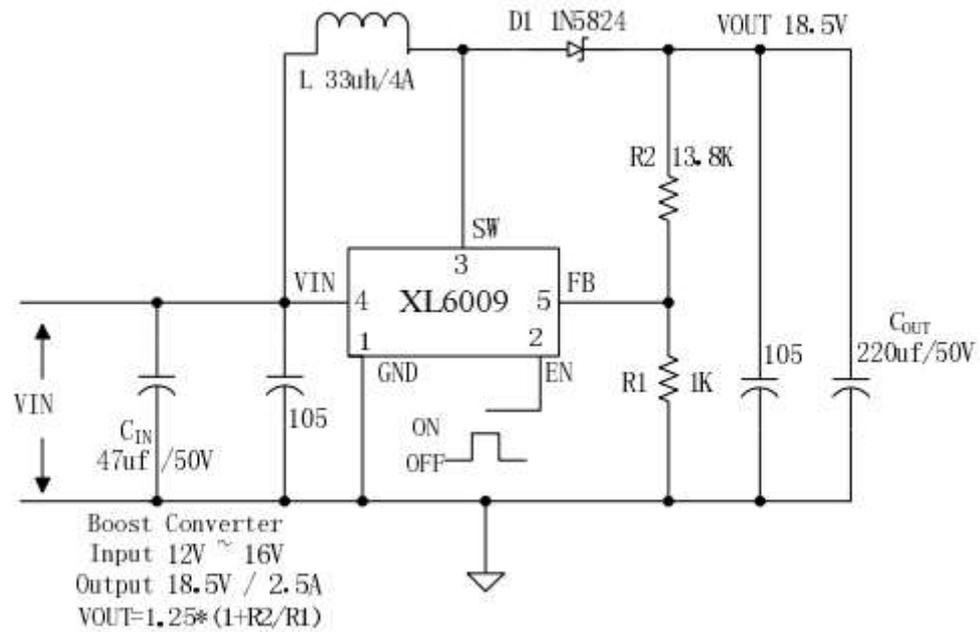


### **3.2.8 Módulo conversor de voltaje DC – DC**

El módulo conversor de voltaje DC-DC Step-Up 2,5A tiene la finalidad de entregar un voltaje superior al voltaje de ingreso, se puede alimentar desde 5 voltios hasta 32 voltios soportando una corrientes máxima de 2,5 amperios. En la Figura 19 se puede apreciar un esquema electrónico del conversor.

**Figura 19**

*Esquema electrónico del Conversor XL6009*



*[Nota. Esta Figura se reprodujo del DataSheet del Conversor](#)*

### 3.3 Ajuste y Calibración

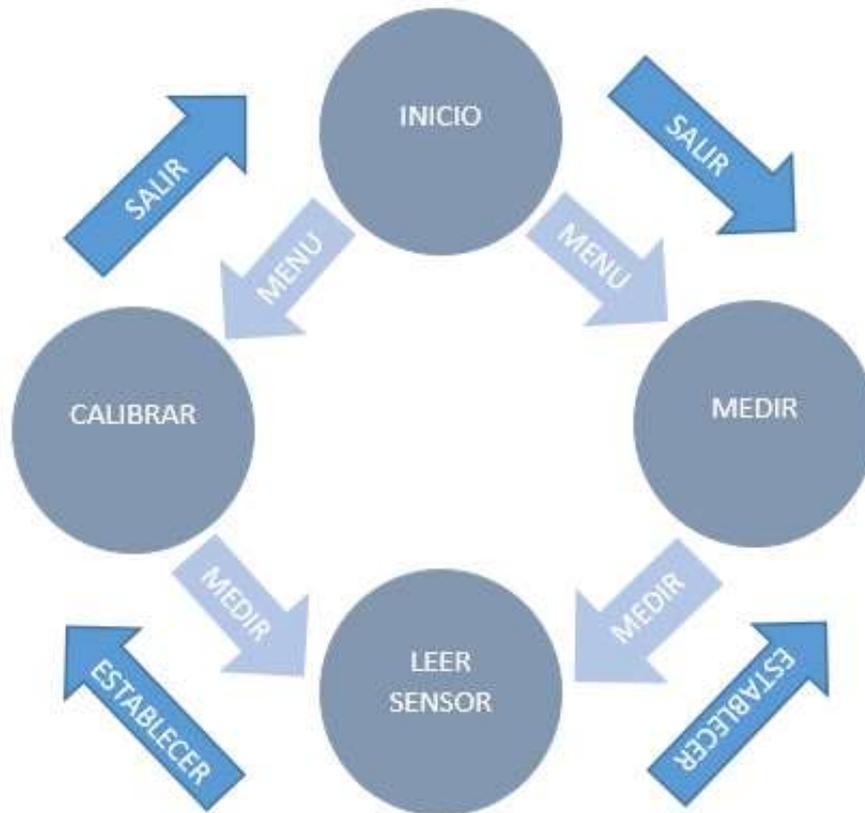
Para los ajustes y calibración del sensor de medición de pH se utiliza solución BUFFER de 4,01 y 7,0 del fabricante Mettler Toledo, estas soluciones son certificadas por lo que se puede garantizar los ajustes.

### 3.4 Diseño del Software

El diseño del software se lo define con el IDE de Arduino que se caracteriza por ser de código abierto. El software tiene un diseño estructurado para que el dispositivo pueda cumplir con las funciones encomendadas de una manera eficiente, reduciendo el consumo de memoria y energía. En la Figura 20 se muestra la máquina de estados que se requirió de acuerdo a las necesidades.

**Figura 20**

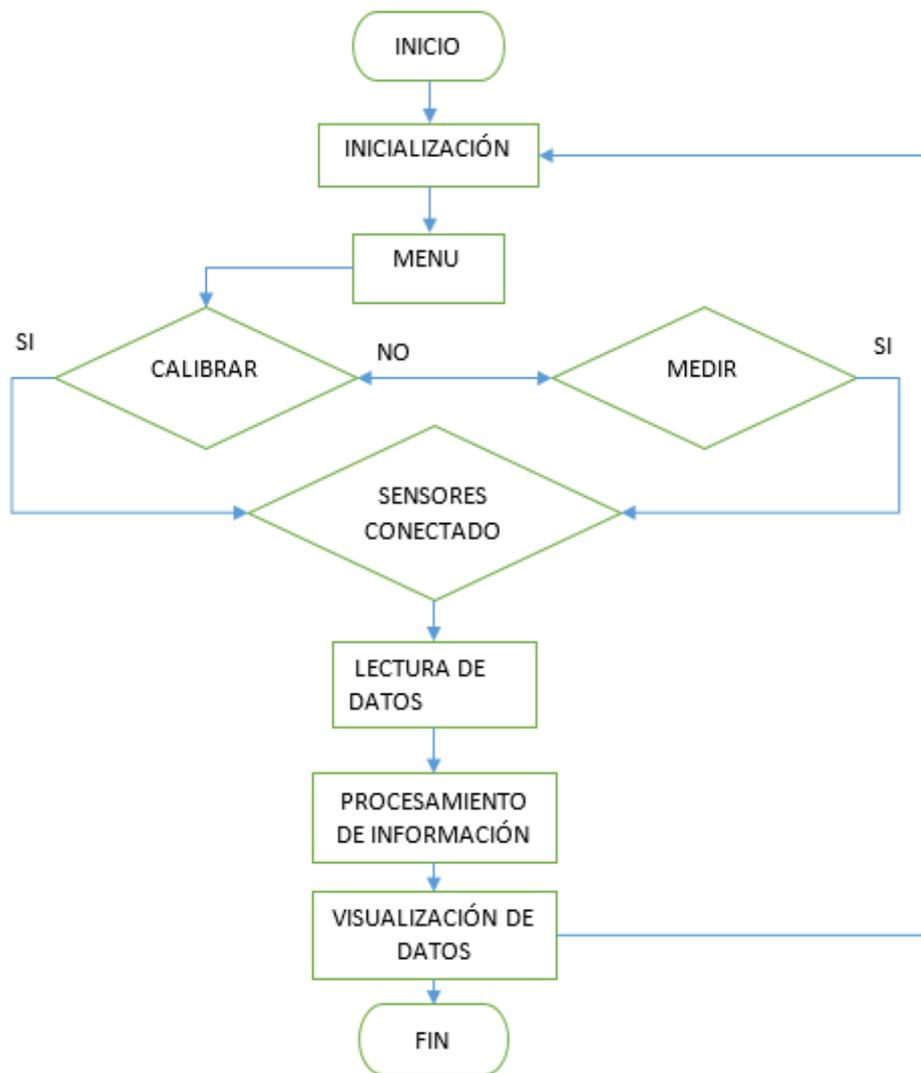
*Máquina de Estados para el Dispositivo*



En la Figura 21 se muestra el diagrama de flujo del software que en concordancia de la máquina de estados proporciona el desarrollo de las sub funciones del código estructurado para este proyecto.

**Figura 21**

*Diagrama de Flujo de Software*



En la Tabla 10 que sigue a continuación se detalla cada uno de los estados que se cuenta para el diseño del dispositivo medidor de pH.

**Tabla 10**

*Descripción de los Estados del Diseño del Software del Dispositivo.*

Sub función	Detalle
Inicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables declaradas en microcontrolador</li> <li>- Encendido de pantalla LCD</li> <li>- Sensor listo para medición</li> </ul>
Calibración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realiza lecturas de los valores de muestras del primer BUFFER 4.1 pH</li> </ul>

- Muestra el valor del promedio de las muestras tomadas en la pantalla LCD
  - Realiza lecturas de los valores de muestras del primer BUFFER 7.0 pH
  - Muestra el valor del promedio de las muestras tomadas en la pantalla LCD
- Medir
- Ayuda a la transición de la sub función Calibrar a la función lectura del sensor
- Lectura del  
valores del  
Sensor
- Realiza lecturas de los valores obtenidos
  - Descarta valores mínimos y máximos
  - Realiza promedio de los valores de las lecturas realizadas
  - Muestra valores en la pantalla LCD
-

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En este capítulo se hace un análisis del funcionamiento del dispositivo mediante la toma de muestras para determinar el correcto funcionamiento del dispositivo. Para la realización del análisis de resultados se obtuvieron 3 muestras de 2 diferentes huertos como se indica en la Figura 22, la una fue en el barrio Santa Rosa del Tejar (Ibarra) en donde se encontraban sembradas plantas de babaco y la otra fue en el barrio San Francisco del Tejar (Ibarra) en donde se encontraba sembrado naranjilla. En la Figura 22 se puede observar la toma de muestra. Para la recolección de muestras tomamos como guía el Instructivo de Muestreo para Análisis Nematológico elaborado por AGROCALIDAD y actualizado en 2018 (AGROCALIDAD, 2018).

**Figura 22**

*Recolección de Muestras para Medir el Nivel de pH*



La mediciones de las propiedades químicas del suelo no se acostumbran a realizar en nuestro territorio por lo que no hay información relevante para validar los datos obtenidos con

el medidor diseñado, por lo que fue necesario validar los resultados con un dispositivo comercial como se plantea en uno de los objetivos específicos, el dispositivo que se usa es de una marca reconocida para equipos de laboratorios a nivel mundial, en este caso se utiliza el dispositivo de HANNA INSTRUMENTS Medidor portátil de temperatura y pH/EC/TDS HI9813-6 como el que se indica en la Figura 23. Cabe mencionar que este dispositivo es de uso industrial y presta las garantías para validar el dispositivo diseñado (Manual, n.d.).

**Figura 23**

*Medidor portátil de temperatura y pH/EC/TDS HI9813-6*



[Nota. Esta Figura se reprodujo de la Ficha Técnica del Producto Medidor portátil de temperatura y pH/EC/TDS](#)

#### **4.1. Lecturas del nivel de pH en San Francisco del Tejar**

En la Figura 24 se la muestra tomada en el barrio San Francisco del Tejar, a su vez en la Tabla 11 se observa los valores de las mediciones realizadas para medir el nivel de pH en la muestra obtenida en San Francisco del Tejar.

**Tabla 11**

*Muestra de Suelo San Francisco del Tejar (Ibarra)*

<b>MUESTRA DE SUELO SAN FRANCISCO</b>				
<b>Nro.</b>	<b>DISPOSITIVO</b>	<b>HANNA</b>	<b>ERROR ABSOLUTO</b>	<b>ERROR RELATIVO (%)</b>
1	6,5	6,5	0,00	0,00
2	6,5	6,6	0,10	1,52
3	6,5	6,5	0,00	0,00
4	6,4	6,6	0,20	3,03
5	6,4	6,4	0,00	0,00
6	6,4	6,5	0,10	1,54
7	6,5	6,5	0,00	0,00
8	6,4	6,4	0,00	0,00
9	6,4	6,5	0,10	1,54
10	6,4	6,4	0,00	0,00
<b>PROMEDIO</b>	6,4	6,5	0,05	0,76

**Figura 24**

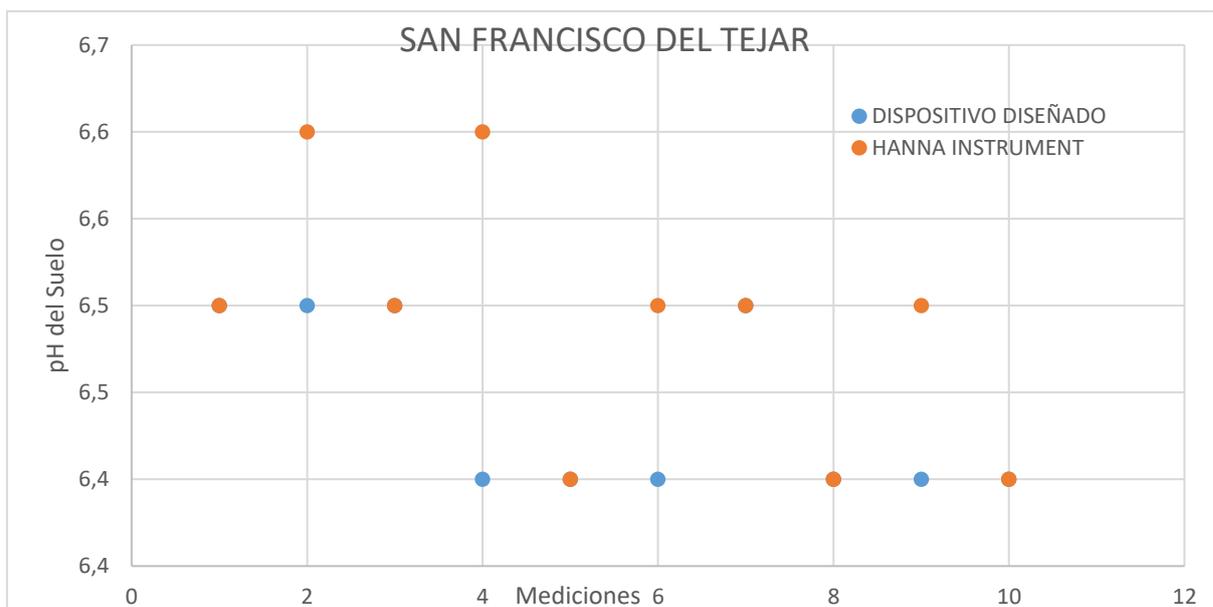
*Muestras tomadas en San Francisco del Tejar (Ibarra)*



En la Figura 25 se observa la dispersión de las mediciones del dispositivo diseñado y del dispositivo comercial HANNA INSTRUMENTS.

**Figura 25**

*Dispersión de la Medición en San Francisco del Tejar*



*Nota. Esta Figura muestra las mediciones realizadas con el dispositivo diseñado que se encuentra de color azul y se muestra de color naranja las mediciones con HANNA teniendo una relación entre los dos dispositivos.*

#### **4.1.1. Incertidumbre de medida basada en pruebas de calibración**

A continuación se encuentra el cálculo de la incertidumbre utilizando las 10 mediciones realizadas, que busca caracterizar la dispersión de los valores.

**Ecuación 1:** Ecuación de la Incertidumbre del Equipo

$$pH_r = pH_v + E_r + E_M + E_C$$

Donde:

$pH_r$  = Resultado de la medida

$pH_v$  = pH que se mide

$E_r$  = Errores en el pH de la muestra

$E_M$  = Errores en la medida de la muestra

$E_C$  = Errores en el display

**Ecuación 2:** Ecuación de la Desviación Típica

$$U_T = \frac{\text{Incertidumbre Certificada}}{k} = \frac{0.1}{2} = 0.05$$

Donde:

$U_T$  = Desviación típica del Dispositivo Comercial

Incertidumbre Certificada = Dato referenciado del fabricante

$k$  = Nivel de Confianza del Dispositivo Comercial

**Ecuación 3:** Ecuación de la Acotación Superior de la Desviación Típica de los Errores del Sistema de Medida.

$$\overline{pH}_m = \frac{1}{10} (6.5 + 6.5 + 6.5 + 6.4 + 6.4 + 6.4 + 6.5 + 6.4 + 6.4 + 6.4) = 6.4$$

$$S^2 = \frac{1}{(n - 1)} \Sigma (\overline{pH}_m - pH_{mi})^2 = 0.013$$

$$U_m = w * s = 1.2 * \sqrt{0.013} = 0.14$$

**Ecuación 4:** Componente de Incertidumbre debida a la Resolución del Display

$$U_d = \frac{\text{Resolución}}{\sqrt{3}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03$$

**Ecuación 5:** Ecuación de la Desviación Estándar Equivalente Global

$$U = \sqrt{U_T^2 + U_m^2 + U_d^2} = 0.15$$

**Ecuación 6:** Ecuación de la Incertidumbre para un nivel de confianza de 95%(k=2)

$$I = k * U = 2 * 0.15 = 0.3$$

#### 4.2. Lecturas del nivel de pH del suelo en Santa Rosa del Tejar

En la Figura 26 se tiene la muestra tomada en el barrio Santa Rosa del Tejar, a su vez en la Tabla 12 se puede observar los valores de las mediciones realizadas para medir el nivel de pH en la muestra obtenida en San Francisco del Tejar.

**Tabla 12**

*Muestra de Suelo Santa Rosa del Tejar (Ibarra)*

<b>MUESTRA DE SUELO SANTA ROSA</b>				
<b>Nro.</b>	<b>DISPOSITIVO</b>	<b>HANNA</b>	<b>ERROR ABSOLUTO</b>	<b>ERROR RELATIVO</b>
1	5,9	6,0	0,10	1,67%
2	6,0	6,0	0,00	0,00%
3	6,0	6,0	0,00	0,00%
4	5,9	5,9	0,00	0,00%
5	5,9	5,9	0,00	0,00%
6	5,9	6,0	0,10	1,67%
7	5,9	5,9	0,00	0,00%
8	5,9	5,9	0,00	0,00%
9	5,9	5,8	0,10	1,72%
10	5,9	5,9	0,00	0,00%
<b>PROMEDIO</b>	5,9	5,9	0,03	0,51%

**Figura 26**

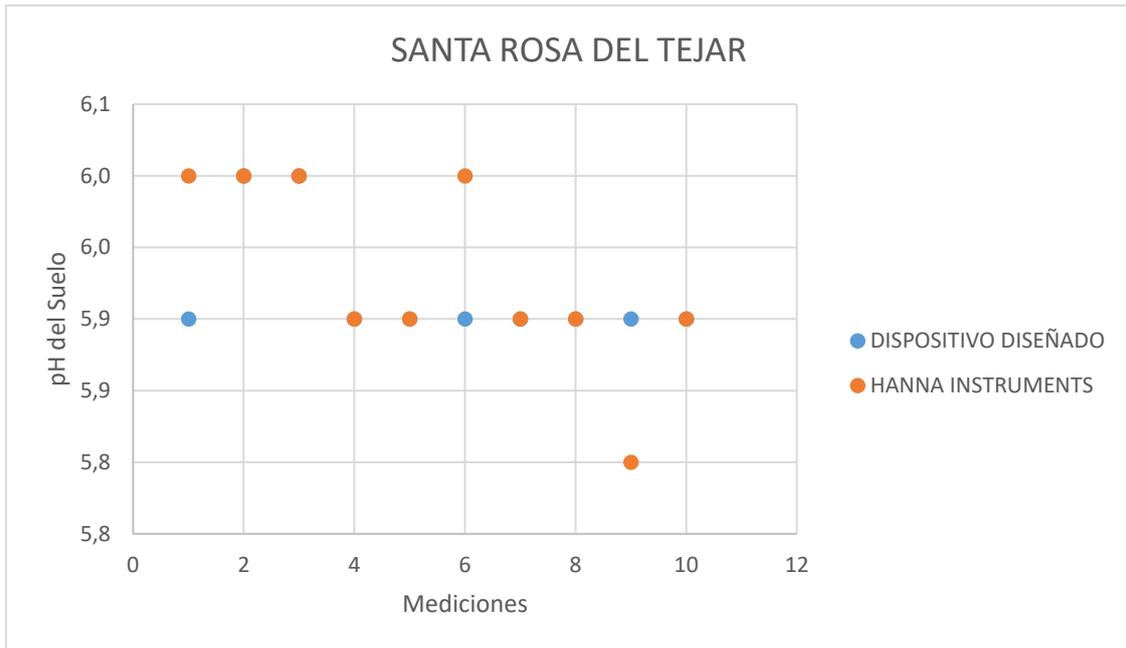
*Muestras obtenidas en Santa Rosa del Tejar*



En la Figura 27 se observa la dispersión de las mediciones del dispositivo diseñado y del dispositivo comercial HANNA INSTRUMENTS.

**Figura 27**

*Dispersión de la Medición en Santa Rosa del Tejar*



*Nota. Esta Figura muestra las mediciones realizadas con el dispositivo diseñado que se encuentra de color azul y se muestra de color naranja las mediciones con HANNA teniendo una relación entre los dos dispositivos.*

#### 4.2.1. Incertidumbre de medida basada en pruebas de calibración

A continuación se realiza el cálculo de la incertidumbre utilizando las 10 mediciones realizadas, que busca caracterizar la dispersión de los valores.

**Ecuación 7:** Ecuación de la Incertidumbre del Equipo

$$pH_r = pH_v + E_r + E_M + E_C$$

Donde:

$pH_r$  = Resultado de la medida

$pH_v$  = pH que se mide

$E_r$  = Errores en el pH de la muestra

$E_M$  = Errores en la medida de la muestra

$E_C$  = Errores en el display

**Ecuación 8:** Ecuación de la Desviación Típica

$$U_T = \frac{\text{Incertidumbre Certificada}}{k} = \frac{0.1}{2} = 0.05$$

Donde:

$U_T =$  Desviación típica del Dispositivo Comercial

Incertidumbre Certificada = Dato referenciado del fabricante

$k =$  Nivel de Confianza del Dispositivo Comercial

**Ecuación 9:** Ecuación de la Acotación Superior de la Desviación Típica de los Errores del Sistema de Medida.

$$\overline{pH}_m = \frac{1}{10} (5.9 + 6.0 + 6.0 + 5.9 + 5.9 + 5.9 + 5.9 + 5.9 + 5.9 + 5.9) = 5.9$$

$$S^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum (\overline{pH}_m - pH_{mi})^2 = 0.007$$

$$U_m = w * s = 1.2 * \sqrt{0.007} = 0.10$$

**Ecuación 10:** Componente de Incertidumbre debida a la Resolución del Display

$$U_d = \frac{\text{Resolución}}{\sqrt{3}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03$$

**Ecuación 11:** Ecuación de la Desviación Estándar Equivalente Global

$$U = \sqrt{U_T^2 + U_m^2 + U_d^2} = 0.12$$

**Ecuación 12:** Ecuación de la Incertidumbre para un nivel de confianza de 95% ( $k=2$ )

$$I = k * U = 2 * 0.12 = 0.24$$

#### 4.3. Análisis del Costo del dispositivo

En la Tabla 13 se detalla el costo de todos los elementos requeridos para la implementación del dispositivo medidor de pH. Cabe destacar que solamente se incluye costo

de los materiales usados. Para la implementación del dispositivo se necesita 140 USD (ciento cuarenta dólares americanos).

**Tabla 13**

*Detalle de Costos del Dispositivo*

<b>Componente</b>	<b>Costo (USD)</b>
Sensor	45,00
Arduino Nano	13,30
LCD 1602 + I2C	6,90
Convertor DC-DC	7,60
Base pilas AAx4	1,20
BUFFER 4.0 - 7.0 Ph	38,08
ENCODER (Pulsador)	5,00
Carcasa	10,00
PCB	5,00
Otros	7,92
<b>TOTAL</b>	<b>140,00</b>

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el presente CAPÍTULO se detallan las conclusiones a las que se puede llegar luego de finalizar la implementación del dispositivo medidor de pH y realizar las pruebas

correspondientes. De igual manera se pone a consideración las recomendaciones basadas en el proceso de implementación del dispositivo.

### **CONCLUSIONES**

- Se construye un dispositivo que mide el pH del suelo de acuerdo a los requerimientos planteados, portátil, bajo consumo energético y bajo costo.
- El dispositivo mediante la validación realizada tiene un error de entre 0,51% y 0,76%, como se puede observar en las Figuras 25 y 26 los datos obtenidos con el dispositivo diseñado tiene relación con las mediciones obtenidas con el instrumento comercial dando así margen de error mínimo.
- Mediante los Cálculos de la Incertidumbre de medidas basadas en pruebas de calibración se puede manifestar que la Desviación Estándar está entre 0.12 y 0.15 puntos de nivel de pH respectivamente, por lo que las mediciones con el dispositivo tienen una incertidumbre que puede variar entre 0.24 y 0.30 puntos de nivel de pH.
- De acuerdo a la revisión del Estado del Arte se considera que el medidor de pH no requiere una medición precisa, por lo que la visualización en el Display se puede observar dos cifra significativas. Esta valoración se hace ya que el nivel de pH del suelo se lo clasifica por rangos no menores a 0.5.
- Se determina los requerimientos basados en datos obtenidos de productores de la provincia de Imbabura.
- Los requerimientos establecidos ayudan a poder diseñar los 3 parámetros para este trabajo, programación, circuito electrónico y la carcasa.
- Para la implementación del dispositivo se utiliza elementos de alcance local y nacional por lo que no se tiene inconvenientes en el proceso de implementación.
- La calibración y validación de los datos obtenidos con el dispositivo construido se realiza con líquidos certificados con índices pH 4,1 y pH 7,0, debido a que la variable

de pH tienen una curva lineal es necesario validar las mediciones con un pH-metro comercial por lo que se utiliza el Medidor Portátil de Temperatura y pH/EC/TDS HI9813-6 ya que la calibración siempre va a depender de los líquidos certificados con los que se haga el procedimiento de calibración.

### **RECOMENDACIONES**

- Las mediciones de los niveles de pH son números muy pequeños por lo que si necesita reducir el error relativo actual será conveniente implementar un sistema de filtro digital para atenuar dicho error.
- Para realizar la toma de datos con el dispositivo se recomienda calibrar la mayor frecuencia posible tal como lo recomienda el fabricante del Dispositivo HANNA, para garantizar resultados óptimos. Así mismo el cuidado del sensor es otro factor determinante para buenos resultados.
- La medición del pH del suelo no es algo frecuente en cultivos que lo hacen directamente en el suelo, por lo que se recomienda analizar el nivel de pH antes de la siembra y después de la cosecha, por lo que es importante complementar este dispositivo con sensores de temperatura, de conductividad eléctrica y de otras variables para que el dispositivo sea integral y poder dotar de herramientas tecnológicas a los agricultores.
- Para abaratar los costos en la implementación de este dispositivo se recomienda comprar los componentes al por mayor, ya que el costo puede reducir considerablemente

### **BIBLIOGRAFÍA**

AGROCALIDAD. (2018). *INSTRUCTIVO DE MUESTREO PARA ANÁLISIS NEMATOLÓGICO*. 17.

Archbold, G., Member, S., Beltrán, A., Ruiz, F., Member, S., Narducci, M., Méndez, D., Trujillo,

- L., Parra, C., Ieee, M., Ieee, M., & Mouazen, A. (2019). *pH Measurement IoT System for Precision Agriculture Applications*. 17(5).
- Baucke, F. G. K., Brett, C. M. A., Milton, M. J. T., Mussini, T., Naumann, R., Pratt, K. W., Spitzer, P., & Wilson, G. S. (2002). *MEASUREMENT OF pH . DEFINITION , STANDARDS , AND PROCEDURES ( IUPAC Recommendations 2002 ) Measurement of pH . Definition , standards , and procedures ( IUPAC Recommendations 2002 )*. 74(11), 2169–2200.
- Dagar, R., Som, S., & Khatri, S. K. (2018). Smart Farming – IoT in Agriculture. *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, Icirca, 1052–1056.
- Duarte, A. O. (2018). *Prototipo de Sistema de Medición de Variables Físicas del Suelo y Modelo de Sistema de Información Geográfica para Agricultura de Precisión Libia Denisse Cangrejo Fabio R . Leiva I-2010. April*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28829.61929>
- Goap, A., Sharma, D., Shukla, A. K., & Krishna, C. R. (2018). An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155(May), 41–49.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040>
- Guerrero-ibañez, J. A., Estrada-gonzalez, F. P., Medina-tejeda, M. A., Universidad, C. A., Víboras, C. Las, Rivera-gutierrez, M. G., Alcaraz-aguirre, J. M., Maldonado-mendoza, C. A., Toledo-, D., Lopez-gonzalez, V. I., & V, E. I. T. S. A. D. C. (2017). *SGreenH-IoT : Plataforma IoT para Agricultura de Precisión* . 53–58.
- Manual, I. (n.d.). *Portable pH / EC / TDS / ° C Meters*.
- Ramírez, R. (1997). *CONVENIO y BIOLÓGICAS*.
- Rodríguez, M. A., & Aramendía, A. M. (n.d.). *Prácticas de edafología : métodos didácticos para análisis de suelos*.

Scholar, R. (2019). System Development for Simultaneous Measurement and Control of pH and Moisture of Soil. *2019 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE), IcnTE*, 1–5.

Science, S., & Staff, D. (n.d.). *Soil Survey Manual*. 18.

TOLEDO, M. (2016). *Guía Teórica de pH*.

Vázquez, EDGAR & Rojas, T. A. M. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas* (Primera).

York, N. (2019). *Creciendo a un ritmo menor , se espera que la población mundial alcanzará 9 . 700 millones en 2050 y un máximo de casi 11 . 000 millones alrededor de 2100 : Informe de la ONU. 2050*.

Zaragoza, R., & Lizeth, M. (n.d.). *Prototipo de control de cultivos para la agricultura de precisión utilizando tecnología Arduino*. 6(2019), 1–5.

[https://forms.office.com/Pages/AnalysisPage.aspx?id=aRSjZzHIU6dQ8pl2enEdWTuW5gtuxRHvZwoWAgHZ\\_1UM0JZODQwVEU1M1ZPSEpUWUIIRTBNSkRQVS4u&AnalyzerToken=1Lf4vM8c7QGeb4pxGjAqyc6Yk4daahha](https://forms.office.com/Pages/AnalysisPage.aspx?id=aRSjZzHIU6dQ8pl2enEdWTuW5gtuxRHvZwoWAgHZ_1UM0JZODQwVEU1M1ZPSEpUWUIIRTBNSkRQVS4u&AnalyzerToken=1Lf4vM8c7QGeb4pxGjAqyc6Yk4daahha)

## ANEXOS

### Anexo 1. Medidor de pH Diseñado



### Anexo 2. Muestras Tamizadas



**Anexo 3.** Muestras disueltas en agua destilada en proporción 1:2.



**Anexo 4.** Calibración del dispositivo diseñado con Buffer 4.01



**Anexo 5.** Medición con el dispositivo diseñado



**Anexo 6.** Medición con dispositivo HANNA en una solución conocida



**Anexo 7.** Ficha técnica del Buffer 4.01

# METTLER TOLEDO FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Sistema Global Armonizado

## Buffer solution pH 4.01

---

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1. Identificador del producto

**Nombre del producto** Buffer solution pH 4.01  
**Código del producto** 52118020, 51302069, 51302083, 51350004, 51350018, 51350032, 51350042

#### 1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

**Empleo de la sustancia/la mezcla** Reactivos para laboratorio

#### 1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

**Identificación de la sociedad o empresa** Mettler-Toledo GmbH  
Im Langacher 44  
CH-8606 Greifensee  
Switzerland  
Tel: +41 22 567 53 22  
Fax: +41 22 567 53 23  
Email: ph.lab.support@mt.com

**1.4. Teléfono de emergencia** (24-Hour-Number): GBK GmbH +49 6132 84463

**Fecha de emisión** 29.11.2017

**Versión** GHS 2

---

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

#### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

**Clasificación de acuerdo con Reglamento (CE) No. 1272/2008** La sustancia o mezcla no esta clasificada.

Conforme el Reglamento (CE) No. 1272/2008, el producto no necesita ser ni clasificado, ni etiquetado.

**Información adicional** El texto completo de las frases mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

#### 2.2. Elementos de la etiqueta

**Palabra de advertencia** -

Buffer solution pH 4.01  
V. GHS 2 / 29.11.2017  
Fecha de impresión 29.11.2017  
Pagina 1/8



METTLER TOLEDO

<b>Indicaciones de peligro</b>	Ninguno(a).
<b>Consejos de prudencia</b>	Ninguno(a).
<b>Información suplementaria</b>	Ninguno(a).
<b>Identificador del producto</b>	Ninguno(a).
<b>2.3. Otros peligros</b>	Sin peligros a mencionar especialmente.

---

### SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

#### 3.2. Mezclas

Solución tampón.

Componentes		Clasificación CLP	Identificador del producto
Agua desionizada	95% - 99%		No. CAS.: 7732-18-5 No. CE.: 231-791-2
Hidrogenofalato de potasio	1% - 2.5%		No. CAS.: 877-24-7 No. CE.: 212-889-4

El texto completo de las frases mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

**Impurezas peligrosas** Ninguna conocida.

---

### SECCIÓN 4: Primeros auxilios

#### 4.1. Descripción de los primeros auxilios

<b>Inhalación</b>	Sacar al aire libre en caso de inhalación accidental de los vapores o productos de descomposición. Consultar al médico en los casos graves.
<b>Contacto con la piel</b>	Eliminar inmediatamente lavando con jabón y mucha agua desprendiéndose del calzado y de todas las ropas contaminadas. Si continúa la irritación de la piel, llamar al médico.
<b>Contacto con los ojos</b>	Enjuagar cuidadosamente con abundante agua, también debajo de los párpados. Si persiste la irritación de los ojos, consultar a un especialista.
<b>Ingestión</b>	Enjuáguese la boca. Consultar al médico en los casos graves.
<b>4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados</b>	En caso de malestar, acuda al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).



**4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente** Ninguna conocida.

---

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1. Medios de extinción

**Medios de extinción apropiados** Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

**Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad** Ninguno(a).

**5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla** El producto no es inflamable. Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. El agua de extinción debe recogerse por separado, no debe penetrar en el alcantarillado.

### 5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

**Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios** Procedimiento standard para fuegos químicos. En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo. Usar traje de protección.

**Métodos específicos** El agua pulverizada puede ser utilizada para enfriar los contenedores cerrados.

---

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

**Consejos para el personal que no es de emergencia** Asegúrese una ventilación apropiada. Utilícese equipo de protección individual. Limpie el suelo para evitar el riesgo de resbalones. Evitar contacto con piel y ojos. No respirar vapores/polvo.

**Consejos para los respondedores de emergencia** Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Utilícese equipo de protección personal. Limpie el suelo para evitar el riesgo de resbalones.

**6.2. Precauciones relativas al medio ambiente** No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

**6.3. Métodos y material de contención y de limpieza** Empapar con material absorbente inerte. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

**6.4. Referencia a otras secciones** Ver la sección 8 y 13.



---

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

<b>7.1. Precauciones para una manipulación segura</b>	Llevar equipo de protección individual. Evitar contacto con piel y ojos.
<b>7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	Almacenar a temperatura ambiente en el envase original.
<b>7.3. Usos específicos finales</b>	No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

### 8.1. Parámetros de control

<b>Limite(s) de exposición</b>	No hay datos disponibles sobre este producto.
--------------------------------	---

### 8.2. Controles de la exposición

<b>Controles técnicos apropiados</b>	Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa.
<b>Protección personal</b>	
<b>Protección respiratoria</b>	En caso de buena ventilación, no se necesita normalmente equipo de protección personal respiratorio.
<b>Protección de las manos</b>	Guantes de látex. Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y de la norma EN 374 derivado de ello. Tomar nota de la información dada por el fabricante acerca de la permeabilidad y de los tiempos de perforación, y de las condiciones especiales en el lugar de trabajo (deformación mecánica, tiempo de contacto).
<b>Protección de los ojos</b>	Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166.
<b>Protección de la piel y del cuerpo</b>	Ropa de manga larga.
<b>Peligros térmicos</b>	No se requieren precauciones especiales.
<b>Controles de la exposición del medio ambiente</b>	No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

---

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

### 9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

<b>Aspecto</b>	Líquido.
<b>Color</b>	Rojo.

Buffer solution pH 4.01  
 V. GHS 2 / 29.11.2017  
 Fecha de impresión 29.11.2017  
 Pagina 4/8



<b>Olor</b>	Ninguno(a).
<b>Límite umbral de olor</b>	(valor) no determinado.
<b>pH:</b>	4
<b>Temperatura de fusión/rango:</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de ebullición/rango:</b>	(valor) no determinado.
<b>Punto de inflamación:</b>	(valor) no determinado.
<b>Índice de evaporación:</b>	(valor) no determinado.
<b>Inflamabilidad:</b>	(valor) no determinado.
<b>Límites de explosión:</b>	(valor) no determinado.
<b>Presión de vapor:</b>	(valor) no determinado.
<b>Densidad de vapor:</b>	(valor) no determinado.
<b>Densidad relativa:</b>	(valor) no determinado.
<b>Solubilidad en agua:</b>	totalmente miscible
<b>Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de autoignición:</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de descomposición:</b>	(valor) no determinado.
<b>Viscosidad:</b>	(valor) no determinado.
<b>Propiedades explosivas:</b>	no peligroso
<b>Propiedades comburantes:</b>	Ninguno(a)

## 9.2. Información adicional

<b>Características Generales del Producto</b>	No hay información disponible.
---	--------------------------------

---

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

<b>10.1. Reactividad</b>	No hay información disponible.
<b>10.2. Estabilidad química</b>	Estable en condiciones normales.
<b>10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas</b>	No hay información disponible.
<b>10.4. Condiciones que deben evitarse</b>	No requerido.
<b>10.5. Materiales incompatibles</b>	Ninguno(a).
<b>10.6. Productos de descomposición peligrosos</b>	No previsible en condiciones normales.

---

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

### 11.1. Información sobre los efectos toxicológicos



<b>Toxicidad aguda</b>	No hay datos disponibles sobre este producto. <b>Agua desionizada (CAS 7732-18-5)</b> Oral LD50 Rat > 90 mL/kg (FOOD_JOURN) <b>Hidrogenoftalato de potasio (CAS 877-24-7)</b> Oral LD50 Rat > 3200 mg/kg (NLM_CiP)
<b>Corrosión o irritación cutáneas</b>	No irrita la piel.
<b>Lesiones oculares graves/ irritación ocular</b>	No irrita los ojos.
<b>Sensibilizantes respiratorios/cutáneos</b>	Ninguno(a).
<b>Carcinogenicidad</b>	Sin datos disponibles.
<b>Mutagenicidad en células germinales</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad para la reproducción</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas</b>	Sin datos disponibles.
<b>Peligro por aspiración</b>	Sin datos disponibles.
<b>Experiencia humana</b>	Sin datos disponibles.
<b>Información sobre posibles vías de exposición</b>	dérmica
<b>Otra información</b>	El producto no contiene sustancias que a las concentraciones dadas sean consideradas peligrosas para la salud.

---

## SECCIÓN 12: Información ecológica

<b>12.1. Toxicidad</b>	No hay datos disponibles sobre este producto.
<b>12.2. Persistencia y degradabilidad</b>	Supuestamente biodegradable.
<b>12.3. Potencial de bioacumulación</b>	La bioacumulación es improbable.
<b>12.4. Movilidad en el suelo</b>	Sin datos disponibles.
<b>12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB</b>	Esta preparación no contiene ninguna sustancia considerada ser persistente, bioacumulable ni tóxica (PBT).



12.6. Otros efectos adversos No hay información disponible.

---

### SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

#### 13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Desechos de residuos / producto no utilizado Eliminar, observando las normas locales en vigor.

Envases contaminados Eliminar como producto no usado.

---

### SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

ADR/RID No regulado.

IMDG No regulado.

IATA No regulado.

Información Adicional Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

---

### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

#### 15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Información reglamentaria Conforme el Reglamento (CE) No. 1272/2008, el producto no necesita ser ni clasificado, ni etiquetado.

Hidrogenoftalato de potasio (CAS 877-24-7)	
EU - REACH (1907/2006) - List of Registered Substances	Present

15.2. Evaluación de la seguridad química No requerido.

---

### SECCIÓN 16: Otra información

Explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad. CLP: Clasificación de acuerdo con Reglamento (CE) No. 1272/2008 (GHS)

Las principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos. Información procedente de los trabajos de referencia y de la literatura.



<b>Procedimiento de clasificación</b>	Método de cálculo.
<b>El texto completo de las frases referidas en los puntos 2 y 3</b>	Ninguno(a).
<b>De responsabilidad</b>	La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga. Y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad.



# METTLER TOLEDO FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Sistema Global Armonizado

## Buffer solution pH 7.00

---

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1. Identificador del producto

**Nombre del producto** Buffer solution pH 7.00  
**Código del producto** 52118023, 51350006, 51350020, 51302047, 51302084, 51350034, 51350044

#### 1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

**Empleo de la sustancia/la mezcla** Reactivos para laboratorio

#### 1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

**Identificación de la sociedad o empresa** Mettler-Toledo GmbH  
Im Langacher 44  
CH-8606 Greifensee  
Switzerland  
Tel: +41 22 567 53 22  
Fax: +41 22 567 53 23  
Email: ph.lab.support@mt.com

**1.4. Teléfono de emergencia** (24-Hour-Number): GBK GmbH +49 6132 84463

**Fecha de emisión** 29.11.2017

**Versión** GHS 2

---

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

#### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

**Clasificación de acuerdo con Reglamento (CE) No. 1272/2008** La sustancia o mezcla no esta clasificada.

Conforme el Reglamento (CE) No. 1272/2008, el producto no necesita ser ni clasificado, ni etiquetado.

**Información adicional** El texto completo de las frases mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

#### 2.2. Elementos de la etiqueta

**Palabra de advertencia** -

Buffer solution pH 7.00  
V. GHS 2 / 29.11.2017  
Fecha de impresión 29.11.2017  
Pagina 1/8



<b>Indicaciones de peligro</b>	Ninguno(a).
<b>Consejos de prudencia</b>	Ninguno(a).
<b>Información suplementaria</b>	Ninguno(a).
<b>Identificador del producto</b>	Ninguno(a).
<b>2.3. Otros peligros</b>	Sin peligros a mencionar especialmente.

### SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

#### 3.2. Mezclas

Solución tampón.

Componentes		Clasificación CLP	Identificador del producto
Agua desionizada	99% - 100%		No. CAS.: 7732-18-5 No. CE.: 231-791-2
Fosfato disódico dihidrato	0.1% - 1%	Eye Irrit. 2 H319	No. CAS.: 10028-24-7 No. CE.: 231-448-7
Dihidrogenoortofosfato de potasio	0.1% - 1%		No. CAS.: 7778-77-0 No. CE.: 231-913-4 REACH No.: 01-2119490224-41

El texto completo de las frases mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

**Impurezas peligrosas** Ninguna conocida.

### SECCIÓN 4: Primeros auxilios

#### 4.1. Descripción de los primeros auxilios

<b>Inhalación</b>	Sacar al aire libre en caso de inhalación accidental de los vapores o productos de descomposición. Consultar al médico en los casos graves.
<b>Contacto con la piel</b>	Eliminar inmediatamente lavando con jabón y mucha agua desprendiéndose del calzado y de todas las ropas contaminadas. Si continúa la irritación de la piel, llamar al médico.
<b>Contacto con los ojos</b>	Enjuagar cuidadosamente con abundante agua, también debajo de los párpados. Si persiste la irritación de los ojos, consultar a un especialista.
<b>Ingestión</b>	Enjuáguese la boca. Consultar al médico en los casos graves.



<b>4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados</b>	En caso de malestar, acuda al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).
<b>4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente</b>	Ninguna conocida.

---

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1. Medios de extinción

**Medios de extinción apropiados** Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

**Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad** Ninguno(a).

**5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla** El producto no es inflamable. Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. El agua de extinción debe recogerse por separado, no debe penetrar en el alcantarillado.

### 5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

**Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios** Procedimiento standard para fuegos químicos. En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo. Usar traje de protección.

**Métodos específicos** El agua pulverizada puede ser utilizada para enfriar los contenedores cerrados.

---

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

**Consejos para el personal que no es de emergencia** Asegúrese una ventilación apropiada. Utilícese equipo de protección individual. Limpie el suelo para evitar el riesgo de resbalones. Evitar contacto con piel y ojos. No respirar vapores/polvo.

**Consejos para los respondedores de emergencia** Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Utilícese equipo de protección personal. Limpie el suelo para evitar el riesgo de resbalones.

**6.2. Precauciones relativas al medio ambiente** No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.



<b>6.3. Métodos y material de contención y de limpieza</b>	Empapar con material absorbente inerte. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.
<b>6.4. Referencia a otras secciones</b>	Ver la sección 8 y 13.

---

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

<b>7.1. Precauciones para una manipulación segura</b>	Llevar equipo de protección individual. Evitar contacto con piel y ojos.
<b>7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	Almacenar a temperatura ambiente en el envase original.
<b>7.3. Usos específicos finales</b>	No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

### 8.1. Parámetros de control

<b>Limite(s) de exposición</b>	No hay datos disponibles sobre este producto.
--------------------------------	---

---

### 8.2. Controles de la exposición

<b>Controles técnicos apropiados</b>	Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa.
<b>Protección personal</b>	
<b>Protección respiratoria</b>	En caso de buena ventilación, no se necesita normalmente equipo de protección personal respiratorio.
<b>Protección de las manos</b>	Guantes de látex. Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y de la norma EN 374 derivado de ello. Tomar nota de la información dada por el fabricante acerca de la permeabilidad y de los tiempos de perforación, y de las condiciones especiales en el lugar de trabajo (deformación mecánica, tiempo de contacto).
<b>Protección de los ojos</b>	Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166.
<b>Protección de la piel y del cuerpo</b>	Ropa de manga larga.
<b>Peligros térmicos</b>	No se requieren precauciones especiales.
<b>Controles de la exposición del medio ambiente</b>	No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.



---

**SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas**
**9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

<b>Aspecto</b>	Líquido.
<b>Color</b>	Verde.
<b>Olor</b>	Ninguno(a).
<b>Límite umbral de olor</b>	(valor) no determinado.
<b>pH:</b>	7
<b>Temperatura de fusión/rango:</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de ebullición/rango:</b>	(valor) no determinado.
<b>Punto de inflamación:</b>	(valor) no determinado.
<b>Índice de evaporación:</b>	(valor) no determinado.
<b>Inflamabilidad:</b>	(valor) no determinado.
<b>Límites de explosión:</b>	(valor) no determinado.
<b>Presión de vapor:</b>	(valor) no determinado.
<b>Densidad de vapor:</b>	(valor) no determinado.
<b>Densidad relativa:</b>	(valor) no determinado.
<b>Solubilidad en agua:</b>	totalmente miscible
<b>Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de autoignición:</b>	(valor) no determinado.
<b>Temperatura de descomposición:</b>	(valor) no determinado.
<b>Viscosidad:</b>	(valor) no determinado.
<b>Propiedades explosivas:</b>	no peligroso
<b>Propiedades comburantes:</b>	Ninguno(a)

**9.2. Información adicional**

<b>Características Generales del Producto</b>	No hay información disponible.
---	--------------------------------

---

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad**

<b>10.1. Reactividad</b>	No hay información disponible.
<b>10.2. Estabilidad química</b>	Estable en condiciones normales.
<b>10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas</b>	No hay información disponible.
<b>10.4. Condiciones que deben evitarse</b>	No requerido.
<b>10.5. Materiales incompatibles</b>	Ninguno(a).
<b>10.6. Productos de descomposición peligrosos</b>	No previsible en condiciones normales.



---

**SECCIÓN 11: Información toxicológica**
**11.1. Información sobre los efectos toxicológicos**

<b>Toxicidad aguda</b>	No hay datos disponibles sobre este producto. <b>Agua desionizada (CAS 7732-18-5)</b> Oral LD50 Rat > 90 mL/kg (FOOD_JOURN) <b>Dihidrogenoortofosfato de potasio (CAS 7778-77-0)</b> Oral LD50 Mouse = 1700 mg/kg (IUCLID)
<b>Corrosión o irritación cutáneas</b>	No irrita la piel.
<b>Lesiones oculares graves/ irritación ocular</b>	No irrita los ojos.
<b>Sensibilizantes respiratorios/cutáneos</b>	Ninguno(a).
<b>Carcinogenicidad</b>	Sin datos disponibles.
<b>Mutagenicidad en células germinales</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad para la reproducción</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única</b>	Sin datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas</b>	Sin datos disponibles.
<b>Peligro por aspiración</b>	Sin datos disponibles.
<b>Experiencia humana</b>	Sin datos disponibles.
<b>Información sobre posibles vías de exposición</b>	dérmica
<b>Otra información</b>	El producto no contiene sustancias que a las concentraciones dadas sean consideradas peligrosas para la salud.

---

**SECCIÓN 12: Información ecológica**

<b>12.1. Toxicidad</b>	No hay datos disponibles sobre este producto.
<b>12.2. Persistencia y degradabilidad</b>	Supuestamente biodegradable.
<b>12.3. Potencial de bioacumulación</b>	La bioacumulación es improbable.



<b>12.4. Movilidad en el suelo</b>	Sin datos disponibles.
<b>12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB</b>	Esta preparación no contiene ninguna sustancia considerada ser persistente, bioacumulable ni tóxica (PBT).
<b>12.6. Otros efectos adversos</b>	No hay información disponible.

---

### SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

#### 13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

<b>Desechos de residuos / producto no utilizado</b>	Eliminar, observando las normas locales en vigor.
<b>Envases contaminados</b>	Eliminar como producto no usado.

---

### SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

<b>ADR/RID</b>	No regulado.
<b>IMDG</b>	No regulado.
<b>IATA</b>	No regulado.
<b>Información Adicional</b>	Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

---

### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

#### 15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

<b>Información reglamentaria</b>	Conforme el Reglamento (CE) No. 1272/2008, el producto no necesita ser ni clasificado, ni etiquetado.
----------------------------------	---

<b>Dihidrogenoortofosfato de potasio (CAS 7778-77-0)</b>	
EU - REACH (1907/2006) - List of Registered Substances	Present

<b>15.2. Evaluación de la seguridad química</b>	No requerido.
---	---------------



---

## SECCIÓN 16: Otra información

<b>Explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad.</b>	CLP: Clasificación de acuerdo con Reglamento (CE) No. 1272/2008 (GHS)
<b>Las principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos.</b>	Información procedente de los trabajos de referencia y de la literatura.
<b>Procedimiento de clasificación</b>	Método de cálculo.
<b>El texto completo de las frases referidas en los puntos 2 y 3</b>	H319: Provoca irritación ocular grave.
<b>De responsabilidad</b>	La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga. Y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad.



**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Features**

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 400KHz Switching Frequency
- Maximum 4A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

**General Description**

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.

**Applications**

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment



**TO263-5L**

Figure1. Package Type of XL6009

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Pin Configurations**

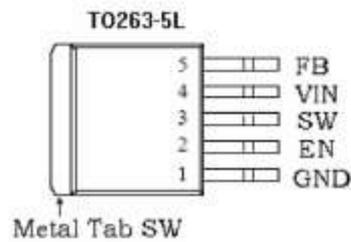


Figure2. Pin Configuration of XL6009 (Top View)

Table 1 Pin Description

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6009 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Function Block**

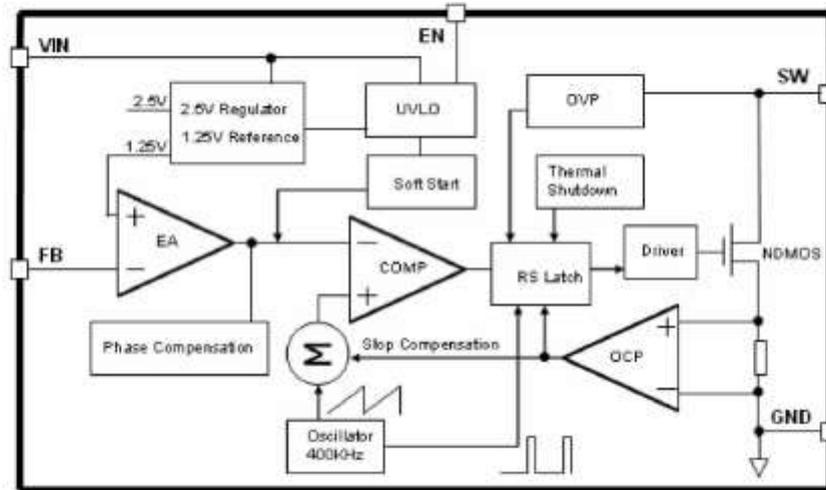


Figure3. Function Block Diagram of XL6009

**Typical Application Circuit**

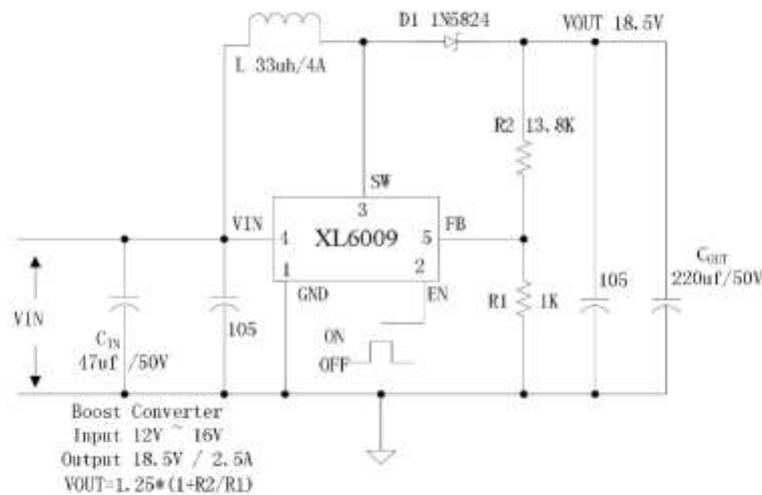


Figure4. XL6009 Typical Application Circuit (Boost Converter)



XL6009

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**
**Ordering Information**

Package	Temperature Range	Part Number	Marking ID	Packing Type
		Lead Free	Lead Free	
		XL6009E1	XL6009E1	Tube
		XL6009TRE1	XL6009E1	Tape & Reel

XLSEMI Pb-free products, as designated with "E1" suffix in the par number, are RoHS compliant.

**Absolute Maximum Ratings (Note1)**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V <sub>in</sub>	-0.3 to 36	V
Feedback Pin Voltage	V <sub>FB</sub>	-0.3 to V <sub>in</sub>	V
EN Pin Voltage	V <sub>EN</sub>	-0.3 to V <sub>in</sub>	V
Output Switch Pin Voltage	V <sub>Output</sub>	-0.3 to 60	V
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	Internally limited	mW
Thermal Resistance (TO263-5L) (Junction to Ambient, No Heatsink, Free Air)	R <sub>JA</sub>	30	°C/W
Operating Junction Temperature	T <sub>J</sub>	-40 to 125	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-65 to 150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	T <sub>LEAD</sub>	260	°C
ESD (HBM)		>2000	V

**Note1:** Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**
**XL6009 Electrical Characteristics**
 $T_a = 25^\circ\text{C}$ ; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
<i>System parameters test circuit figure4</i>						
VFB	Feedback Voltage	$V_{in} = 12\text{V to } 16\text{V}$ , $V_{out}=18\text{V}$ $I_{load}=0.1\text{A to } 2\text{A}$	1.213	1.25	1.287	V
Efficiency	$\eta$	$V_{in}=12\text{V}$ , $V_{out}=18.5\text{V}$ $I_{out}=2\text{A}$	-	92	-	%

**Electrical Characteristics (DC Parameters)**
 $V_{in} = 12\text{V}$ ,  $GND=0\text{V}$ ,  $V_{in}$  &  $GND$  parallel connect a 220uf/50V capacitor;  $I_{out}=0.5\text{A}$ ,  $T_a = 25^\circ\text{C}$ ; the others floating unless otherwise specified.

Parameters	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input operation voltage	$V_{in}$		5		32	V
Shutdown Supply Current	$I_{STBY}$	$V_{EN}=0\text{V}$		70	100	$\mu\text{A}$
Quiescent Supply Current	$I_q$	$V_{EN}=2\text{V}$ , $V_{FB}=V_{in}$		2.5	5	$\text{mA}$
Oscillator Frequency	$F_{osc}$		320	400	480	$\text{KHz}$
Switch Current Limit	$I_L$	$V_{FB}=0$		4		A
Output Power NMOS	$R_{dson}$	$V_{in}=12\text{V}$ , $I_{sw}=4\text{A}$		110	120	mohm
EN Pin Threshold	$V_{EN}$	High (Regulator ON) Low (Regulator OFF)		1.4 0.8		V
EN Pin Input Leakage Current	$I_H$	$V_{EN}=2\text{V (ON)}$		3	10	$\mu\text{A}$
	$I_L$	$V_{EN}=0\text{V (OFF)}$		3	10	$\mu\text{A}$
Max. Duty Cycle	$D_{MAX}$	$V_{FB}=0\text{V}$		90		%

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Schottky Diode Selection Table**

Current	Surface Mount	Through Hole	VR (The same as system maximum input voltage)				
			20V	30V	40V	50V	60V
1A		✓	1N5817	1N5818	1N5819		
3A		✓	1N5820	1N5821	1N5822		
		✓	MBR320	MBR330	MBR340	MBR350	MBR360
	✓		SK32	SK33	SK34	SK35	SK36
	✓			30WQ03	30WQ04	30WQ05	
		✓		31DQ03	31DQ04	31DQ05	
		✓		SR302	SR303	SR304	SR305
5A		✓	1N5823	1N5824	1N5825		
		✓	SR502	SR503	SR504	SR505	SR506
		✓	SB520	SB530	SB540	SB550	SB560
	✓			50WQ03	50WQ04	50WQ05	

**Typical System Application for EPC/Notebook Car Adapter – Boost (Output 18.5V/2.5A)**

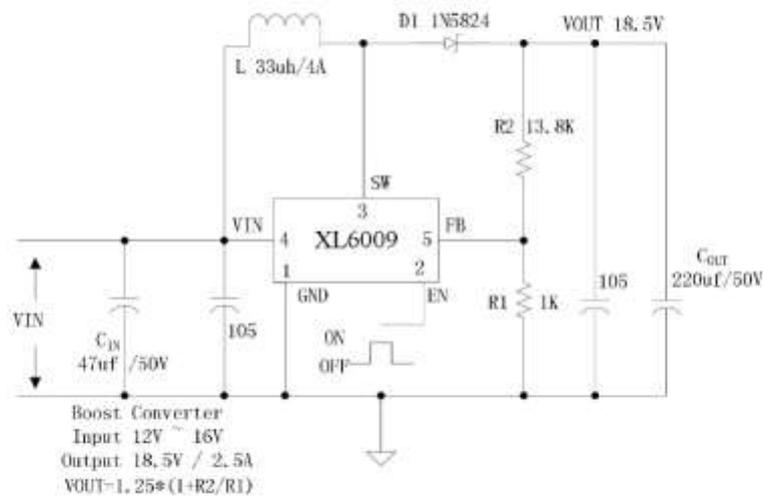


Figure5. XL6009 Typical System Application (Boost Converter)

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Typical System Application for Portable Notebook Car Adapter**  
**- SEPIC Buck-Boost Topology (Input 10V~30V, Output 12V/2A)**

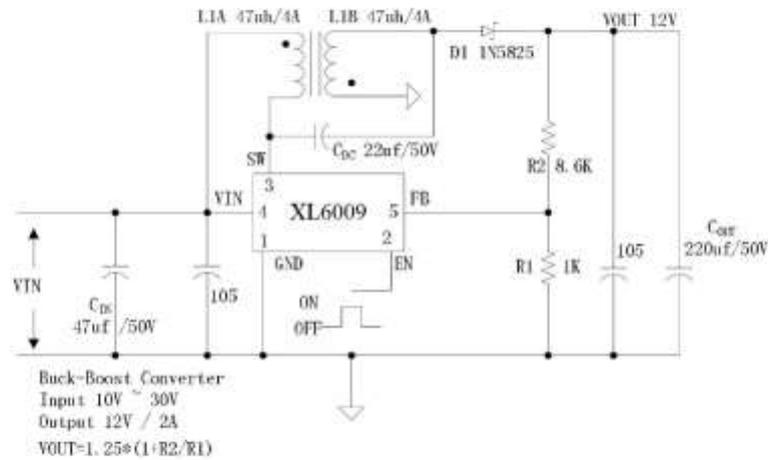


Figure6. XL6009 Typical System Application (SEPIC Buck-Boost Converter)

**Typical System Application for Inverting Converter**  
**- SEPIC Inverting Topology (Input 10V~30V, Output +-12V/1A)**

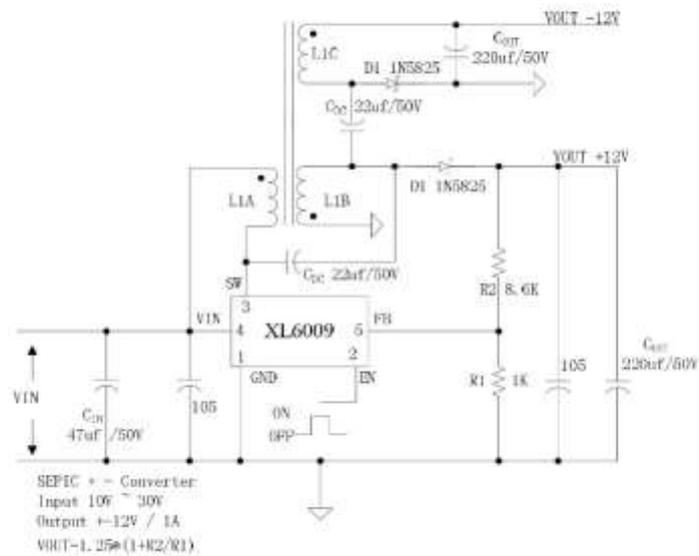
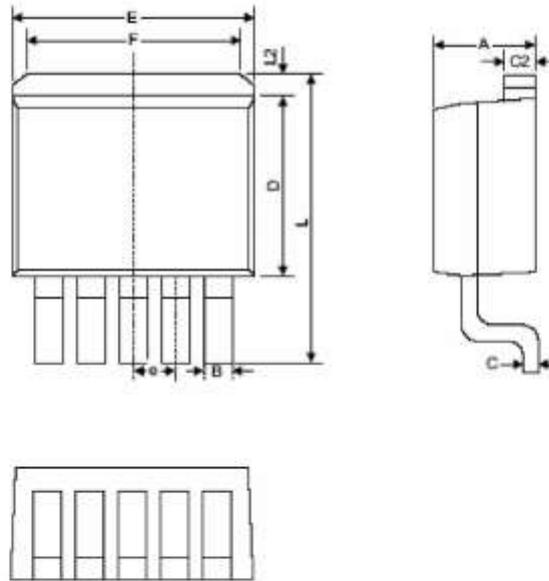


Figure7. XL6009 Typical System Application (SEPIC Inverting Converter)

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**

**Package Information**

TO263-5L



Symbol	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	4.06	4.83	0.160	0.190
B	0.76	1.02	0.030	0.040
C	0.36	0.64	0.014	0.025
C2	1.14	1.40	0.045	0.055
D	8.64	9.65	0.340	0.380
E	9.78	10.54	0.385	0.415
e	1.57	1.85	0.062	0.073
F	6.60	7.11	0.260	0.280
L	15.11	15.37	0.595	0.605
L2	-	1.40	-	0.055

**Anexo 10.** DataSheet Arduino Nano

# *Arduino Nano (V2.3)*

## *User Manual*



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

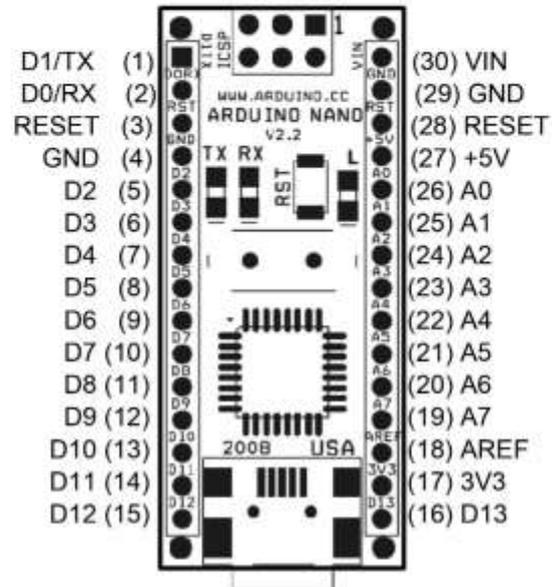
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

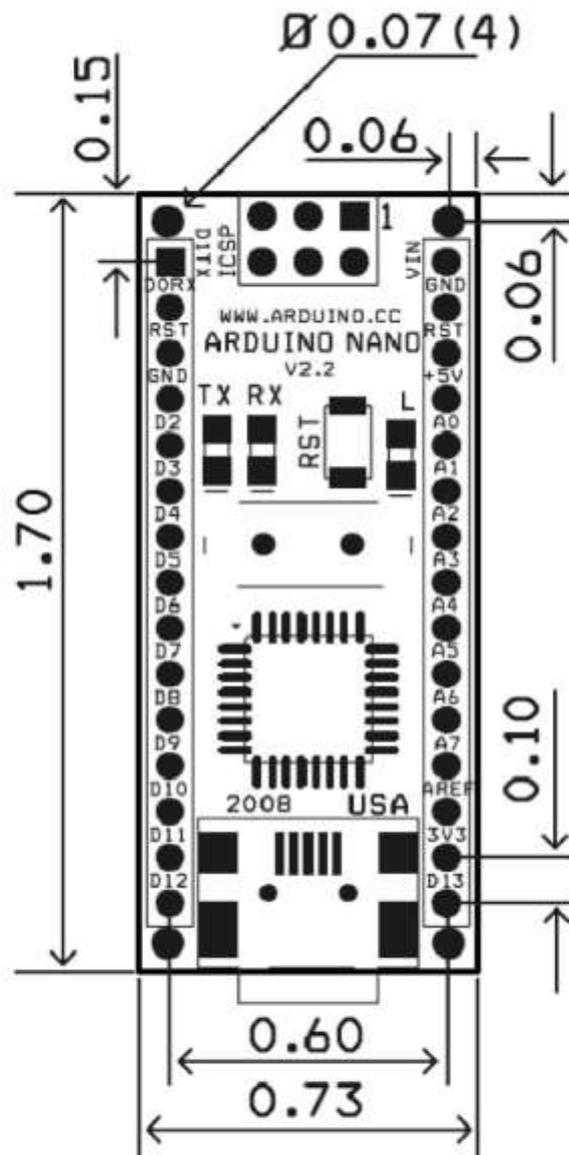
Rev. 2.3

## Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

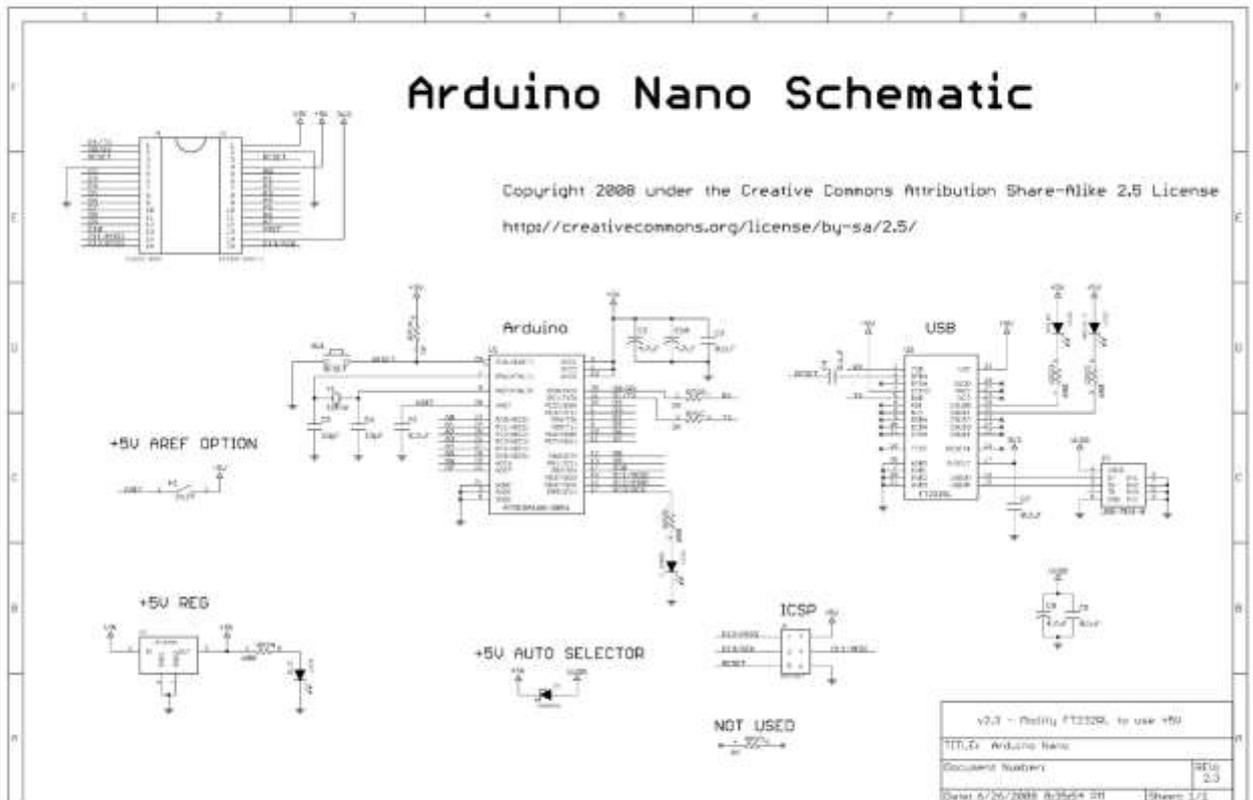
**Arduino Nano Mechanical Drawing**

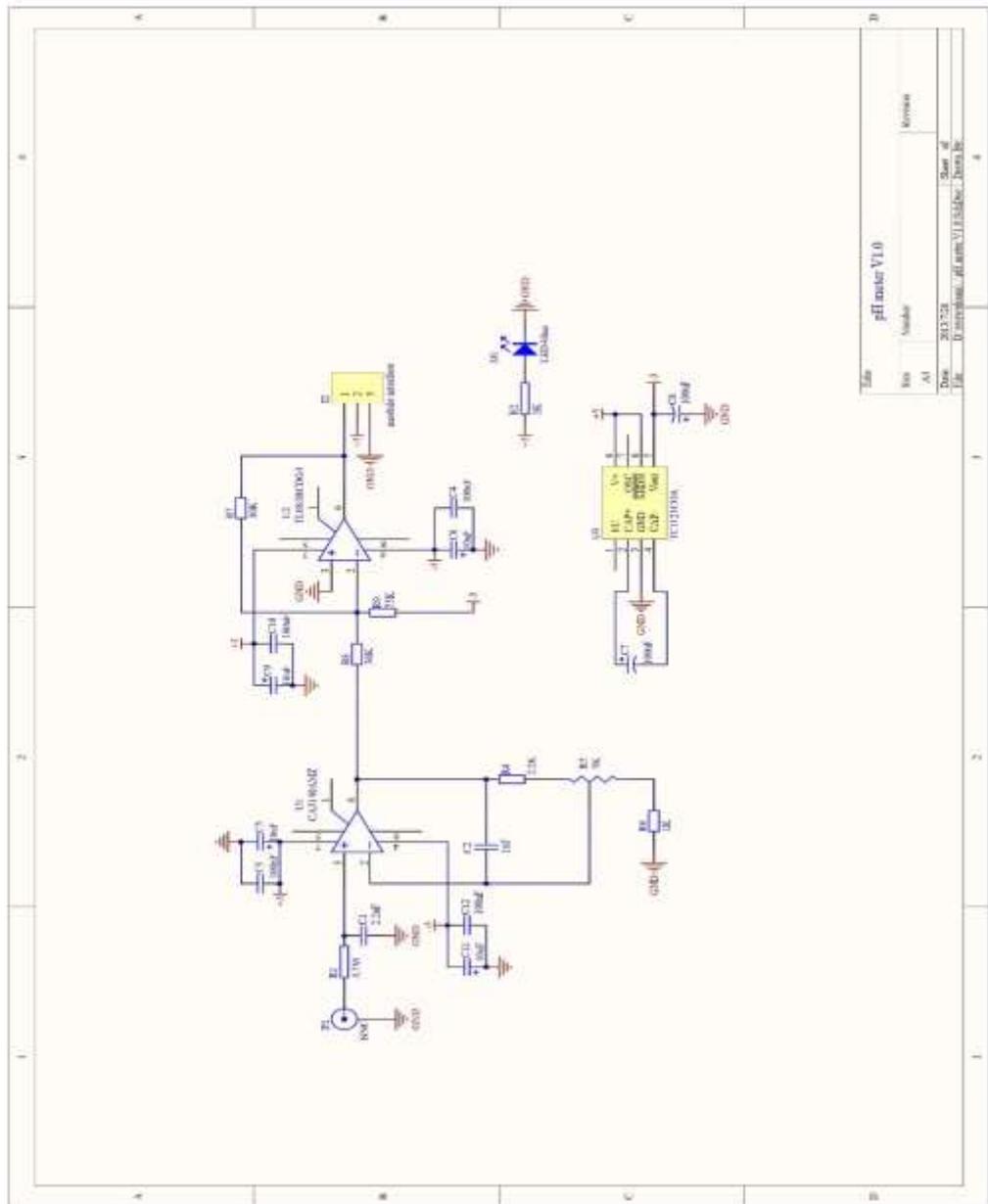


ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES

**Arduino Nano Bill of Material**

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-CD805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONSem	853-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row Connector, Mini-B Recept	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Headers, 72PS 2 Rows Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-IR-071KL	Yageo	YC164I-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-IR-07680RL	Yageo	YC164I-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins 550P	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Cystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser





Anexo 11. Datasheet HI9813-6 HANNA INSTRUMENTS

## Medidor portátil de temperatura y pH/EC/TDS HI 9813-6



### Descripción

Los HI 9813-6 son versátiles, resistentes al agua, instrumentos multiparamétricos portátiles diseñados específicamente para aplicaciones agrícolas, tales como hidroponía, invernaderos, granjas y viveros. Esta serie de instrumentos cuentan con una gran pantalla LCD que muestra claramente el parámetro que se mide, así como las instrucciones de calibración. La calibración es rápida y fácil con los botones situados en el panel frontal del instrumento.

HI 9813-6 incluye todas las características del HI 9813-5, mientras que la incorpora nuestro exclusivo CAL CHECK™. CAL CHECK™ permite al usuario comprobar fácilmente el estado de calibración de la sonda de pH en cualquier momento.

Ambos instrumentos utilizan la serie HI 1285 de pH / CE / TDS / sonda de temperatura. Esta sonda dispone de un diafragma de fibra y electrolito de gel que lo hace ideal para soluciones de fertilizantes.

### Especificaciones

Rango pH	0.0 a 14.0 pH
Rango EC	0.00 a 4.00 mS/cm
Rango TDS	0 a 1999 ppm (mg/L)

<b>Rango Temperatura</b>	0.0 a 60.0°C
<b>Resolución pH</b>	0.1 pH
<b>Resolución EC</b>	0.01 mS/cm
<b>Resolución TDS</b>	1 ppm (mg/L)
<b>Resolución Temperatura</b>	0.1°C
<b>Precisión (@20°C/68°F) pH</b>	±0.1 pH
<b>Precisión (@20°C/68°F) EC</b>	±2% F.S.
<b>Precisión (@20°C/68°F) TDS</b>	±2% F.S.
<b>Precisión (@20°C/68°F) Temperatura</b>	±0.5°C
<b>Factor de Conversión TDS</b>	0.56to0.78ppm=1μS/cm(de acuerdo con curva TDS442)
<b>Calibración pH</b>	manual, un punto (todos los parámetros excepto la temperatura)
<b>Compensación de temperatura</b>	automática de 0 a 50°C (32a122°F) con b=2%/°C (sólo EC/TDS)

<b>Sonda</b>	<b>Rango pH</b>	0.0 a 14.0 pH
	<b>Rango EC</b>	0.00 a 4.00 mS/cm
	<b>Rango TDS</b>	0 a 1999 ppm (mg/L)
	<b>Rango Temperatura</b>	0.0 a 60.0°C
	<b>Resolución pH</b>	0.1 pH
	<b>Resolución EC</b>	0.01 mS/cm
	<b>Resolución TDS</b>	1 ppm (mg/L)
	<b>Resolución Temperatura</b>	0.1°C
	<b>Precisión (@20°C/68°F) pH</b>	±0.1 pH
	<b>Precisión (@20°C/68°F) EC</b>	±2% F.S.
	<b>Precisión (@20°C/68°F) TDS</b>	±2% F.S.
	<b>Precisión (@20°C/68°F) Temperatura</b>	±0.5°C
	<b>Factor de Conversión TDS</b>	0.56to0.78ppm=1µS/cm(deacuerdoconcurvaTDS442)
	<b>Calibración pH</b>	manual, un punto (todos los parámetros excepto la temperatura)
	<b>Compensación de temperatura</b>	automática de 0 a 50°C (32a122°F) con b=2%/°C (sólo EC/TDS)
	<b>Sonda</b>	HI 1285-5 polipropileno cuerpo, pre- amplificado sonda multiparamétrica con sensor de temperatura interno, conector DIN de 8 pines y 1 m (3,3 ') de cable (incluido)
	<b>Batería Tipo / Vida</b>	9V / aproximadamente 150 horas de uso continuo
<b>Ambiente</b>	0 a 50°C (32 a 122°F); HR max 100%	
<b>Dimensiones</b>	145 x 80 x 36 mm (5.7 x 3.1 x 1.4")	
<b>Peso</b>	230 g (8.1 oz.)	
<b>Batería Tipo / Vida</b>	9V / aproximadamente 150 horas de uso continuo	
<b>Ambiente</b>	0 a 50°C (32 a 122°F); HR max 100%	
<b>Dimensiones</b>	145 x 80 x 36 mm (5.7 x 3.1 x 1.4")	
<b>Peso</b>	230 g (8.1 oz.)	

## Accesorios

### SOLUCIONES DE CALIBRACION

- **HI 70442L** Solución de Calibración TDS 1500 mg/L (ppm), botella 500 mL
- **HI 1285** solución de calibración de 1500 ppm (mg/L), 500 mL

### SOLUCIONES DE TAMPÓN DE pH

- **HI 7004L** solución tampón con pH 4.01, 500 mL
- **HI 7006L** solución tampón con pH 6.86, 500 mL
- **HI 7007L** solución tampón con pH 7.01, 500 mL
- **HI 7009L** solución tampón con pH 9.18, 500 mL
- **HI 7010L** solución tampón con pH 10.01, 500 mL

### SOLUCIONES DE CALIBRACION

- **HI 700661P** Solución limpiadora, cojines de 20 mL (25)
- **HI 50021P** Solución de revisión, cojines de 20 mL (25)
- **HI 70300L** Solución de almacenamiento de electrodo, 500 mL

### SOLUCIONES DE CALIBRACION

- **HI 710007** Carcasa en caucho, azul
- **HI 710008** Carcasa en caucho, naranja

## Cómo pedir

- **HI 9813-6** se suministra con sonda multiparámetro HI 1285-6, bolsita de solución de calibración HI 70007 con pH 7.01, sobre de solución de calibración HI 70442 de 1500 ppm (mg / L) , sobre de solución de calibración HI 70031 de 1413 microsiemens por cm, sobres de solución limpiadora de electrodos 700521 (2), batería, instrucciones y maletín resistente.

## Ventajas

- **Resistente al agua**
- **Visualización de mensajes de tutorial para la calibración**
- **La exclusiva función CAL CHECK™ Alerta a los usuarios del estado de la calibración (HI 9813-6 solamente)**
- **BEPS (Sistema de prevención de error de batería) avisa al usuario en caso de que la batería baja pudiese afectar negativamente las lecturas**
- **Cambio de parámetros con un botón**
- **Compensación automática de temperatura para pH y conductividad**
- **Calibración sencilla: Diales situados en el panel frontal permite una calibración rápida y sencilla, incluso para usuarios no técnicos**
- **% de la batería aparece en el inicio**

A

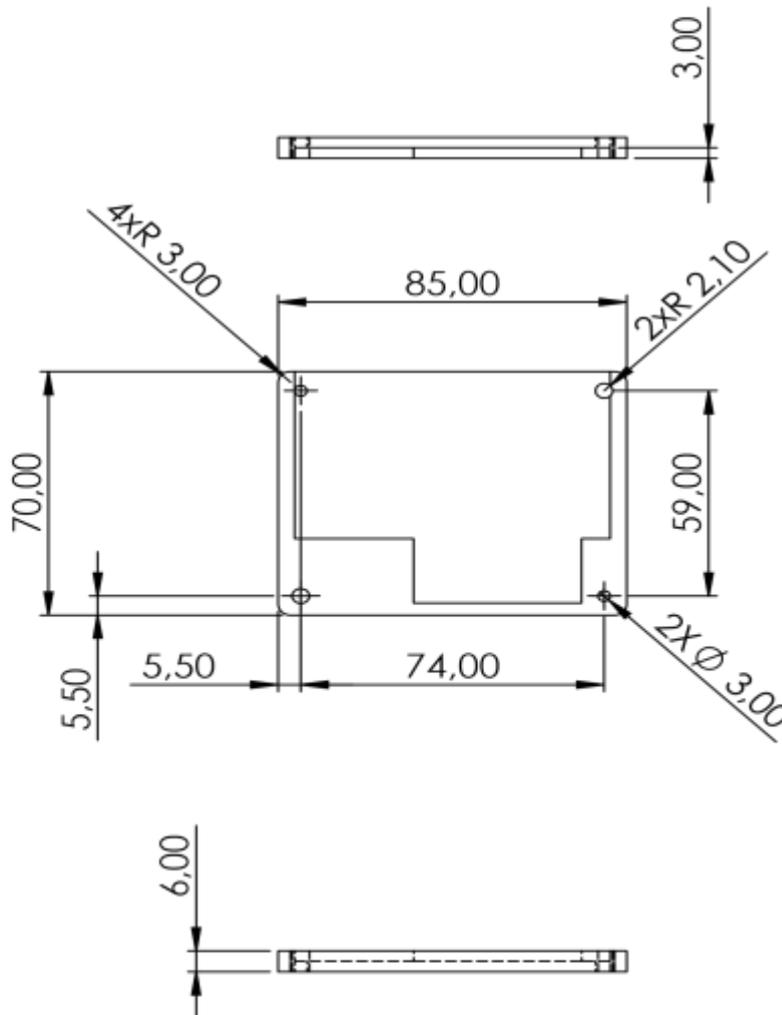
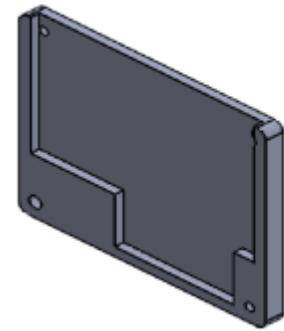
## Anexo 12. Planos de Carcasa

B

C

D

E



PROYECTO: TRABAJO DE GRADO

ESCALA:

PARTE: BASE DEL DISPOSITIVO

1:2

PROYECTO: DM-00002

TOLERANCIA:

MATERIAL: PLA

DISEÑO: FARINANGO

26/08/2022

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: FARINANGO

26/08/2022

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

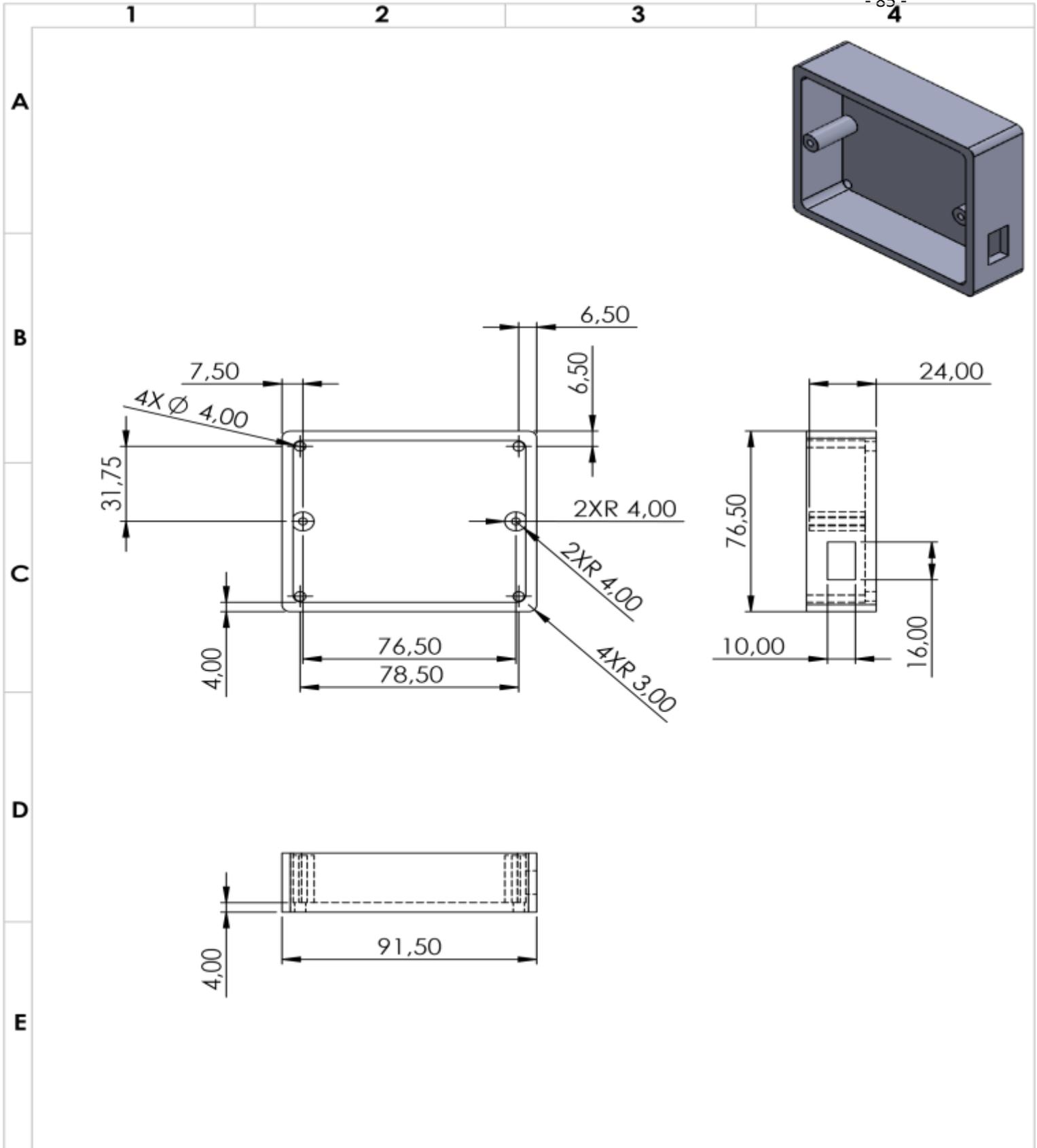
REVISIÓN: VALENCIAF.

30/08/2022

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROB. VALENCIA F.

30/08/2022



PROYECTO: TRABAJO DE GRADO

ESCALA:

PARTE: BASE PORTAPILAS

1:2



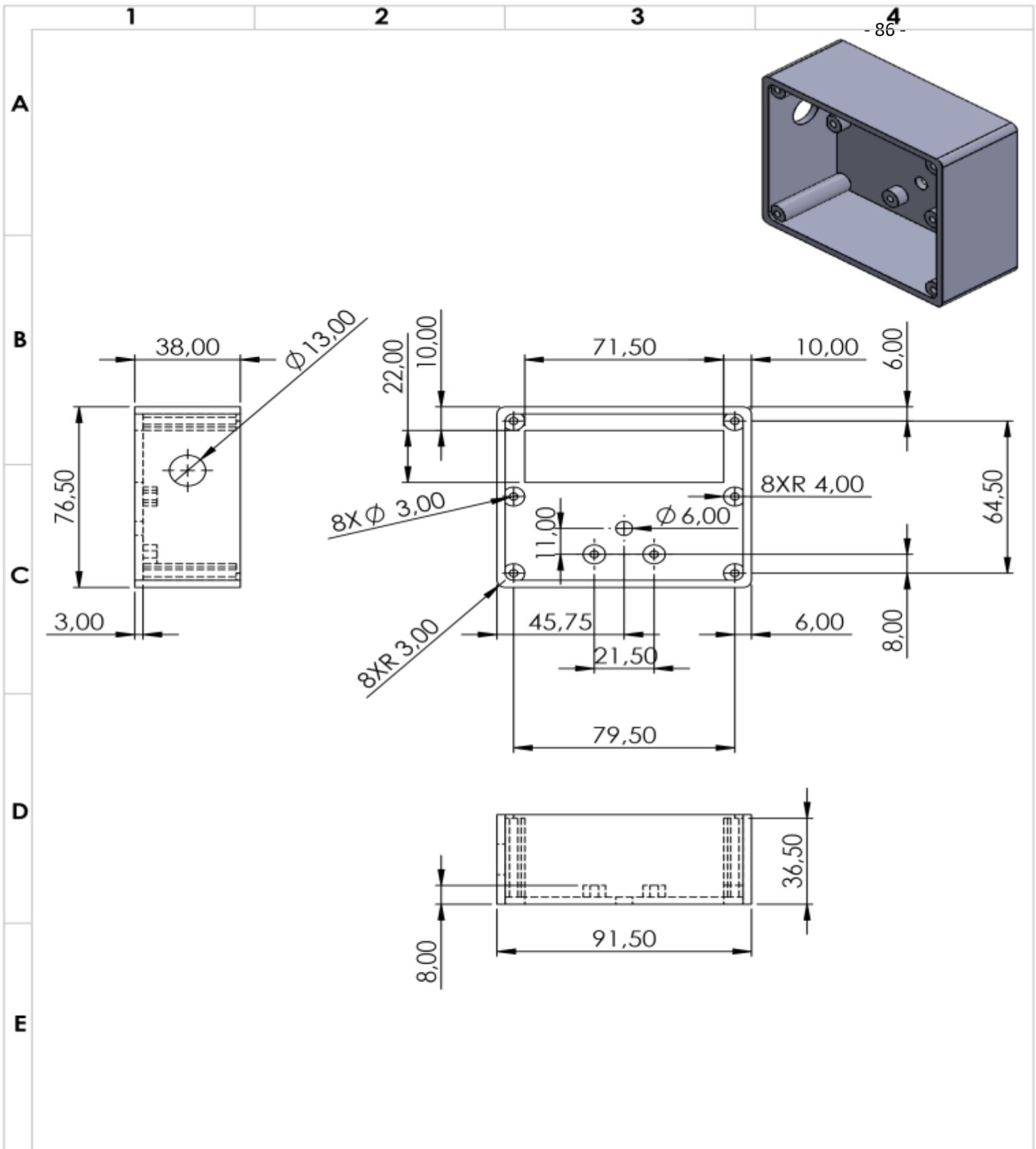
PROYECTO: DM-00004

TOLERANCIA:

MATERIAL:	PLA	DISEÑO:	FARINANGO	26/08/2022	HOJA 1 DE 1
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	FARINANGO	26/08/2022	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	VALENCIAF.	30/08/2022	
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROB.	VALENCIA F.	30/08/2022	

FICA

CIME



PROYECTO: TRABAJO DE GRADO

ESCALA:

PARTE: CARCASA DEL DISPOSITIVO

1:2

PROYECTO: DM-00001

TOLERANCIA:

MATERIAL: PLA

DISEÑO: FARINANGO

26/08/2022

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: FARINANGO

26/08/2022

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: VALENCIA F.

30/08/2022

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROB. VALENCIA F.

30/08/2022

FICA

CIME

HOJA

1 DE 1

1

2

3

4

- 87 -

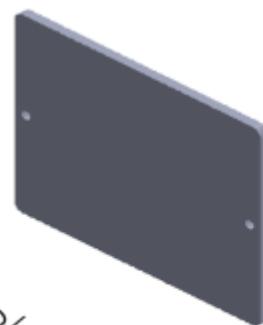
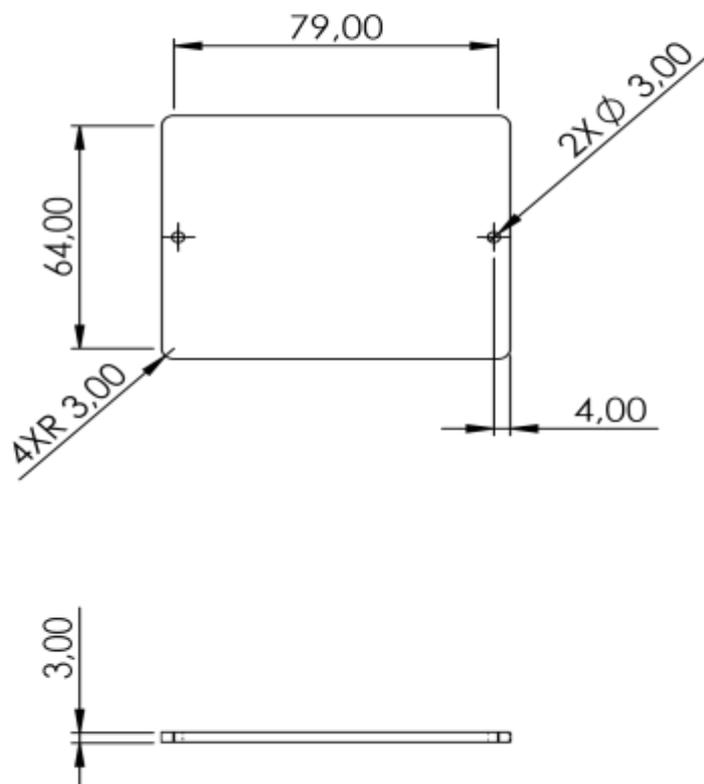
A

B

C

D

E



PROYECTO: TRABAJO DE GRADO

ESCALA:

PARTE: TAPA DE BASE PORTAPILAS

1:2

PROYECTO: DM-00003

TOLERANCIA:

MATERIAL: PLA

DISEÑO: FARINANGO

26/08/2022

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: FARINANGO

26/08/2022

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: VALENCIAF.

30/08/2022

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROB. VALENCIA F.

30/08/2022

FICA

CIME

HOJA

1 DE 1

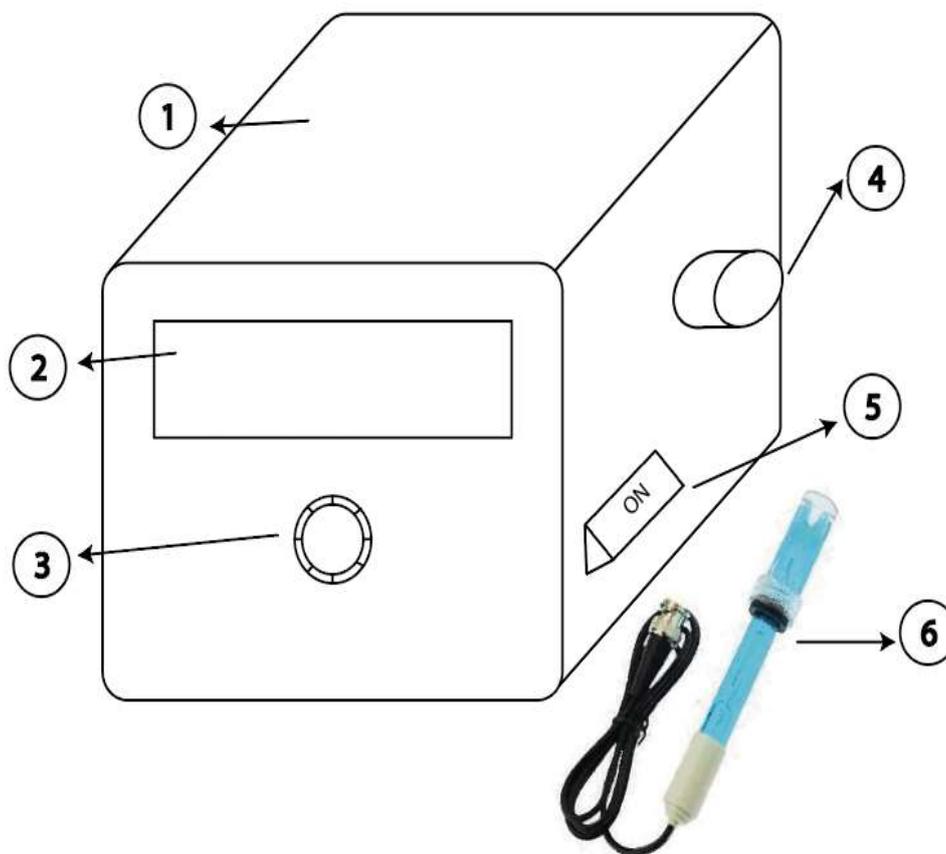
## Anexo 13. Manual de Calibración

### Manual de Calibración

#### 1. Introducción

Dispositivo para medir el nivel de pH del Suelo con un sistema de calibración sencillo y seguro.

#### 2. Visión general del dispositivo



1. Carcasa

2. LCD 16x2

3. PERILLA PULSADOR
4. CONECTOR BNC
5. SWICHT ON – OFF
6. SENSOR

### **3. Precaución de seguridad**

Se debe seguir las recomendaciones para evitar fallos y garantizar el correcto funcionamiento:

- Evitar el contacto directo con agua y luz solar
- No manipular el bulbo del sensor directamente con las manos
- No exponer el sensor de forma brusca en líquidos a medir
- Alimentar eléctricamente con 4 pilas AA

### **4. Encendido y calibración**

1. Encender el dispositivo con el Switch ON – OFF
2. Esperar mientras el dispositivo se estabiliza
3. Conectar el sensor
4. Seleccionar >>CALIBRAR<< usando la PERILLA PULSADOR
5. Introducir el sensor en el BUFFER 4.01 (primer punto de referencia) mínimo un minuto para que se estabilice
6. Presionar la PERILLA PULSADOR
7. Esperar mientras realiza las mediciones
8. Seleccionar >>OK<< y presionar la PERILLA PULSADOR
9. Retirar el sensor del BUFFER 4.01 y lavar el sensor con agua destilada

10. Introducir el sensor en el BUFEER 7.00 (segundo punto de referencia)  
mínimo un minuto para que se estabilice
11. Presionar la PERILLA PULSADOR y esperar mientras realiza las mediciones
12. Seleccionar >>OK<< y presionar la PERILLA PULSADOR
13. Una vez calibrado el dispositivo retirar el sensor del BUFFER

## **5. Apagado y almacenamiento**

1. Apagar el dispositivo con el Switch ON – OFF
2. Retirar el sensor cuidadosamente
3. Limpiar prolijamente el sensor y guardar tomando en cuenta que el bulbo quede cubierto con la solución neutra.
4. Almacenar en un lugar seco y fresco

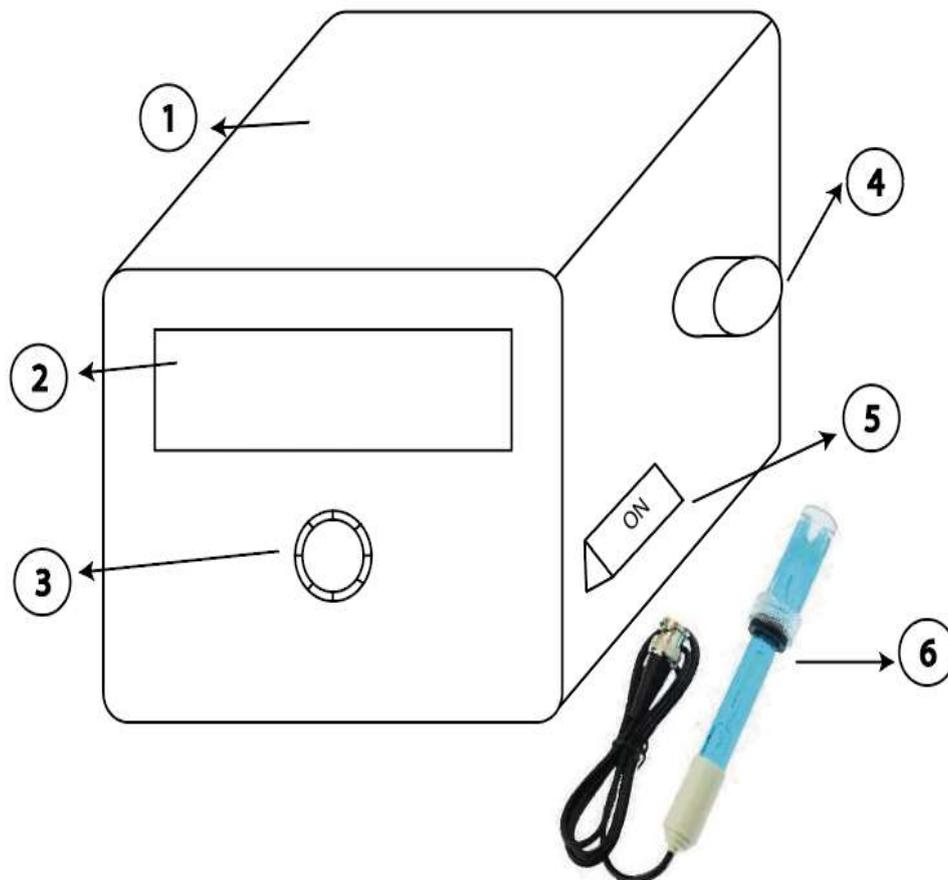
## **Anexo 14. Manual de Operación**

### **Manual de Operación**

#### **1. Introducción**

Dispositivo para medir el nivel de pH del Suelo con un sistema de calibración fácil y seguro.

#### **2. Visión general del dispositivo**



1. Carcasa
2. LCD 16x2
3. PERILLA PULSADOR
4. CONECTOR BNC
5. SWICHT ON – OFF
6. SENSOR

### 3. Precaución de seguridad

Se debe seguir las recomendaciones para evitar fallos y garantizar el correcto funcionamiento:

- Evitar el contacto directo con agua y luz solar
- No manipular el bulbo del sensor directamente con las manos
- No exponer el sensor de forma brusca en líquidos a medir
- Alimentar eléctricamente con 4 pilas AA

#### **4. Encendido y calibración**

1. Encender el dispositivo con el switch ON – OFF
2. Esperar mientras el dispositivo se estabiliza
3. Conectar el sensor
4. Calibrar de acuerdo al Manual de Calibración de ser necesario
5. Seleccionar >>MEDIR<< con la PERILLA PULSADOR

#### **5. Preparación de muestras**

1. Recolectar el número de muestras de suelo según la dimensión del terreno
2. Secar las muestras de suelo para lograr un buen tamizado
3. Tamizar las muestras de suelo, retirar piedras u otros objetos.
4. Mezclar todas las muestras con el fin de obtener una sola homogeneizada
5. Tomar una sub muestra una vez que las muestras estén mezcladas
6. Disolver la sub muestra con agua destilada en proporción 1:2
7. Remover hasta tener una solución acuosa homogénea
8. Dejar reposar hasta que los sólidos se asienten

#### **6. Medición**

1. Asegurarse que el sensor este limpio sin residuos de anteriores mediciones
2. Introducir el sensor en la solución de 30 a 60 segundos para que se estabilice
3. Presionar la PERILLA PULSADOR en la opción >>MEDIR<<
4. El dispositivo empezara a tomar mediciones y mostrará el valor medido en la pantalla LCD
5. Tomar nota del valor medido
6. Repetir el procedimiento de acuerdo a la necesidad del usuario

7. En caso de medir en otra solución lavar el bulbo del sensor con agua destilada

#### **7. Apagado y almacenamiento**

1. Apagar el dispositivo con el Switch ON – OFF
2. Retirar el sensor cuidadosamente
3. Limpiar prolijamente el sensor y guardar tomando en cuenta que el bulbo quede cubierto con la solución neutra.
4. Almacenar en un lugar seco y fresco

## Apéndice. Código del Software

```
#include <Wire.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h>

//Crear el objeto lcd dirección 0x3F y 16 columnas x 2 filas
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //

//Rotary 1 encoder (dial) pins
#define EN_A 2
#define EN_B 3
#define BTN_MENU 4

//Estados del menú
#define HOME 1
#define MEDIR 2
#define CALIBRAR 3
#define CALIBRAR1 4
#define CALIBRAR2 5
#define CALIBRAR22 6

int Estado = 1;
int Sig_Estado = 1;
int DialPos1, Last_DialPos1; //Marcadores de direccion de encoder
const int sensor = A0;
int SensorValue = 0, muestras = 500, temp, buf[500], muestrasAux, porcentaje = 10,
sizeBuf, margen;
float vPh, Ph , Ph1 = 4.01, Ph2 = 7.00, vPh1, vPh2, m, b;
unsigned long int promedio;

void setup() {
  //Serial.begin(115200);
  // Inicializar el LCD
  lcd.init();

  //Encender la luz de fondo.
  lcd.backlight();

  // Escribimos el Mensaje en el LCD.
  lcd.print("MEDIDOR DE PH...");
  delay(1500);
  pinMode(BTN_MENU, INPUT_PULLUP);
  pinMode(EN_A, INPUT);
  pinMode(EN_B, INPUT);
  Last_DialPos1 = digitalRead(EN_A);
}

void loop() {
```

```
Estado = Sig_Estado;
delay(200);

if (Estado == HOME)
{
  int menu;
  String arrayMenu[] = {"Medir", "Calibrar"};
  int size = sizeof(arrayMenu) / sizeof(arrayMenu[0]);
  menu = menuANTIFALLOSLENTO(arrayMenu, size);

  if (menu == 1) Sig_Estado = MEDIR;
  else if (menu == 2) Sig_Estado = CALIBRAR;
}
else if (Estado == MEDIR) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Midiendo");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Espere");
  delay(1000);
  lcd.print(".");
  delay(1000);
  lcd.print(".");
  delay(1000);
  lcd.print(".");
  vPh = medirVolt();
  Ph = m * vPh + b;
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("PH = ");
  lcd.print(Ph);
  delay(3000);

  int menu;
  String arrayMenu[] = {"MedirNuevamente", "Salir"};
  int size = sizeof(arrayMenu) / sizeof(arrayMenu[0]);
  menu = menuANTIFALLOSLENTO(arrayMenu, size);

  if (menu == 1) Sig_Estado = MEDIR;
  else if (menu == 2) Sig_Estado = HOME;
}
else if (Estado == CALIBRAR) {
  int menu;
  String arrayMenu[] = {"Sol. pH 4.01", "OK"};
  int size = sizeof(arrayMenu) / sizeof(arrayMenu[0]);
  menu = menuANTIFALLOSLENTO(arrayMenu, size);
```

```
    if (menu == 1) Sig_Estado = CALIBRAR;
    else if (menu == 2) Sig_Estado = CALIBRAR1;
}
else if (Estado == CALIBRAR1) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Realizando");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Lecturas");
    vPh1 = medirVolt();
    delay (1000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("vPh1 = ");
    lcd.print(vPh1);
    delay(2000);

    int menu;
    String arrayMenu[] = {"Sol. pH 7.00", "OK"};
    int size = sizeof(arrayMenu) / sizeof(arrayMenu[0]);
    menu = menuANTIFALLOSLENTO(arrayMenu, size);

    if (menu == 1) Sig_Estado = CALIBRAR22;
    else if (menu == 2) Sig_Estado = CALIBRAR2;
}
else if (Estado == CALIBRAR22) {
    int menu;
    String arrayMenu[] = {"Sol. pH 7.00", "OK"};
    int size = sizeof(arrayMenu) / sizeof(arrayMenu[0]);
    menu = menuANTIFALLOSLENTO(arrayMenu, size);

    if (menu == 1) Sig_Estado = CALIBRAR22;
    else if (menu == 2) Sig_Estado = CALIBRAR2;
}
else if (Estado == CALIBRAR2) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Realizando");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Lecturas");
    vPh2 = medirVolt();
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("vPh2 = ");
```

```
    lcd.print(vPh2);
    delay(1000);

    m = (Ph2 - Ph1) / (vPh2 - vPh1);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("m = ");
    lcd.print(m);
    delay(2000);

    b = Ph1 - (m * vPh1);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("b = ");
    lcd.print(b);
    delay(2000);

    Sig_Estado = HOME;
}
}

int menuANTIFALLOSLENTO(String *arrayMenu, int size)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(">");

    float opcion = 1;
    float incremento = 0.5;

    for (int x = 0; x < size && x <= 1 ; x++)
    {
        lcd.setCursor(1, x);
        lcd.print(arrayMenu[x]);
    }

    unsigned long tiempoCambioIncremento = 0;
    unsigned long tiempoCambioDecremento = 0;

    while (digitalRead(BTN_MENU) == 1)
    {
        DialPos1 = digitalRead(EN_A);
        if (DialPos1 != Last_DialPos1 && DialPos1 == 1)
        {
            if (digitalRead(EN_B) == DialPos1)
            {
```

```
    if (opcion < size)
    {
        opcion += incremento;
        tiempoCambioIncremento = millis();
    }
}
else
{
    if (opcion > 1)
    {
        opcion -= incremento;
        tiempoCambioDecremento = millis();
    }
}
lcd.clear();
for (int x = 0; x < size && x <= 1 ; x++)
{
    lcd.setCursor(1, x);
    lcd.print(arrayMenu[x]);
}
lcd.setCursor(0, opcion - 1);
lcd.print(">");
}
delay(5);
Last_DialPos1 = DialPos1;
}
if (millis() - tiempoCambioIncremento < 250)
    opcion -= incremento;
else if (millis() - tiempoCambioDecremento < 250)
    opcion += incremento;
return opcion;
}

float medirVolt() {
    for (int i = 0; i < muestras; i++) {
        buf[i] = analogRead(sensor); //almacena las lecturas en el
vector
        delay(10); //delay entre muestras
    }

    for (int i = 0; i < muestras - 1; i++) { //indice vector
        for (int j = i + 1; j < muestras; j++) { //indice vector+1
            if (buf[i] > buf[j]) { //si dato actual es mayor que el
siguiente
                temp = buf[i]; //
                buf[i] = buf[j]; //ordena los datos de menor a
```

```
mayor
    buf[j] = temp; //
}
}
promedio = 0;
sizeBuf = (sizeof(buf) / sizeof(buf[0])); //saca el tamaño del vector
margen = sizeBuf * (porcentaje / 100); //calcula el margen de error a
eliminar en el vector
int iMax = sizeBuf - margen; //índice máximo de cálculo
int iMin = margen; //índice mínimo de cálculo
muestrasAux = sizeBuf - 2 * margen; //total de datos a promediarse
promedio = 0;
for (int i = iMin; i < iMax; i++) //promedio con margen máximo y
minimos
    promedio += buf[i];
float volPh = (float)promedio * 5.0 / 1024 / muestrasAux;
return volPh;
}
```