

# Diseño y construcción de un dispositivo para determinar las cualidades del agua

Design and construction of a device to determine the qualities of water

**Brian Alejandro Corredor León<sup>1</sup>**  
**Ana Katherine Prieto Sáenz<sup>2</sup>**

## **Resumen**

---

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un dispositivo multiparámetro para la medición de las cualidades del agua como son pH, temperatura y conductividad, muestras tomadas in-situ, en lugares donde por condiciones geográficas, tengan un difícil acceso y posean cuerpos de agua, no seguros para el consumo humano. En la investigación realizada, se analizan dispositivos existentes en el mercado, con el fin de observar, analizar y reproducir a bajo costo, mejorando la portabilidad, el manejo, la transferencia tecnológica a la población destinada a recibir la custodia del dispositivo. Este cuenta con la característica de medir más de una variable mostrando alta reproducción y confiabilidad.

**Palabras clave:** *pH, sensor, temperatura, conductividad, multiparámetro, microcontrolador.*

## **Abstract**

---

The following project consists of the design and construction of a multipara-meter device for the measurement of the qualities of water; these are pH, temperature and conductivity in samples taken in-situ in places where, due to geographical reasons, they have difficult access and have unsafe bodies of water, it means, unfit for human consumption. This research analyses existing devices in the market, in order to observe, analyse and reproduce at low cost, also improving portability, management and technology transfer to the population intended to receive the custody of the device. The device will have the characteristic of measuring more than one variable showing high reproducibility, accompanied by reliability in each obtained data.

**Keywords:** *in-situ, pH, sensor, temperature, conductivity, multiparameter, microcontroller..*

---

1 Estudiante técnico profesional en electrónica industrial. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.bacorredorl@itc.edu.co

2 Estudiante técnico profesional en electrónica industrial. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.saenzprieto@gmail.com

---

## 1. Introducción

La toma de muestras de agua en regiones aisladas, representa un problema para el correcto tratamiento y posterior distribución del líquido preciado (ACF Internacional, 2011), debido a los estándares existentes en los laboratorios de análisis de agua (Ongawa, 2015). Estos van perdiendo su confiabilidad en el tiempo transcurrido, desde la toma de muestras hasta su llegada al laboratorio especializado. El transporte de las muestras está sometido a cambios de temperatura, que ocasionan variaciones en sus propiedades físico-químicas (Organización Mundial de la Salud OMS, 2006).

En el mercado existen aparatos de medición de pH, temperatura, conductividad; estos dispositivos portátiles pueden ser encontrados con medición en una sola variable. También existen de dos o más variables conocidos como medidores multiparámetros (Walt, 2014) capaces de realizar la toma de muestras in-situ, que precisamente es lo que buscan los laboratorios especializados en análisis de cualidades del agua.

Con la construcción del medidor multiparámetro, que sea portable y de bajo costo, se logra entender el manejo de este dispositivo y el concepto de las variables a medir, logrando no sólo garantizar que el agua caracterizada sea apta para consumo humano, sino que se entenderá el concepto, la definición y las precauciones del manejo de estas variables, para que se pueda llegar a conservar el agua de una manera que pueda ser consumida por largos periodos de tiempo.

## 2. Metodología

El diseño del medidor multiparámetro inicia con la especificación de las variables a medir, según el decreto 1575 de 2007, que establece las cualidades fisicoquímicas del agua apta para consumo humano. El medidor multiparámetro se enfocará en conductividad, pH y temperatura. Estas variables serán tomadas directamente de un cuerpo de agua in-situ, aunque no garantizan un 100% de potabilidad del agua. Si se encuentran dentro de los estándares, es viable enviar la muestra de agua obtenida a laboratorios especializados para su correcto análisis.

La medición in-situ significa que toda medición se hará “en el sitio”. El medidor multiparámetro debe estar en capacidad de ser calibrado y medir correctamente el pH, temperatura y conductividad de un cuerpo de agua ubicado en cualquier lugar. Al arrojar resultados positivos en la medición, se procederá a tomar la muestra destinada para el análisis de laboratorio.

---

### 2.1. Medición de pH

Cuando se habla de pH, se hace referencia al peso del hidrógeno o su potencial. Este indica el valor numérico de la acidez en una sustancia, es decir, al determinar el número de iones de hidrógeno libres ( $H^+$ ) se obtiene el pH de la sustancia. La propiedad de la acidez es capaz de disolver los iones del agua, por eso, es una cualidad muy importante a tener en cuenta. Para medir el pH, se debe tener en cuenta que el valor arrojado por el dispositivo de medición es el número de protones e iones hidroxilo. Si estos se encuentran presentes en cantidades iguales, se hablará de una sustancia neutra con un pH alrededor de 7. (González, 2013)

---

### 2.2. Electrodo de pH

El electrodo de pH es un tubo diminuto el cual se puede introducir en las sustancias. Este tubo de pH se encuentra unificado al pH-metro por medio de un fluido de cloruro de potasio 3M o geles con las mismas propiedades de este, que tienen cables de plata y platino.

Los iones entran en el electrodo por una membrana creando en los extremos de cargas, con la diferencia que hay entre ellas; se conoce las cantidades de iones ( $OH^-$  Y  $OH^+$ ) dando como resultado el pH. Para este potencial se requiere la variable temperatura, es decir, que con el electrodo de pH, también se puede llegar a medir la temperatura (González, 2013).

---

### 2.3. Sonda de pH

El dispositivo a cargo de medir el pH tiene la facultad de hacerle un reemplazo del electrodo de pH. Por cuestiones de avería, vida útil o en caso de accidente, la sonda posee un sensor de vidrio y un electrodo de referencia para la medición.

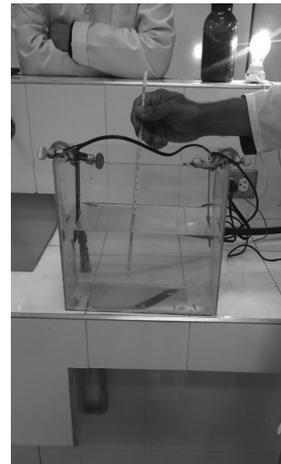
“El sensor de vidrio utiliza un protón selectivo que está lleno de un buffer de pH 7 con un alambre de plata recubierto de AgCl. El electrodo de referencia está basado en un par de Ag/AgCl y consiste en un alambre recubierto de cloruro de plata dentro de un gel, donde el cloruro de potasio tiene una concentración de 4M. Los protones o iones positivos del hidrógeno en cada lado del sensor de vidrio, reaccionan selectivamente con el mismo, creando una potencia a través de la membrana de vidrio, ya que la concentración de iones en el buffer interno es invariable. Esta diferencia de potencial determina con relación al electrón de Ag/AgCl, en proporción con el pH del medio” (Gonzales, 2013: 10).

## 2.4. Circuito esquemático y materiales

Para el montaje del circuito medidor de pH es necesario implementar lo siguiente: conector BNC, resistencias (4.7M, 2.2K, 5K, 30K, 75K, 30K, 1K) ohmios, condensadores (100n, 10u, 2.2n, 10u, 100n, 1u, 10u, 100n, 100u, 100u) faradios, opamp (CA3140AMZ, TL081BCDG4), diodo emisor de luz azul, fuente 5 voltios, módulo de interfaz, bomba de carga del convertidor del voltaje con parada (tc1121).

## 2.5. Medición de temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula los procesos vitales de los organismos vivos y que afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Navarro, 2013) .( Ver figura 1).



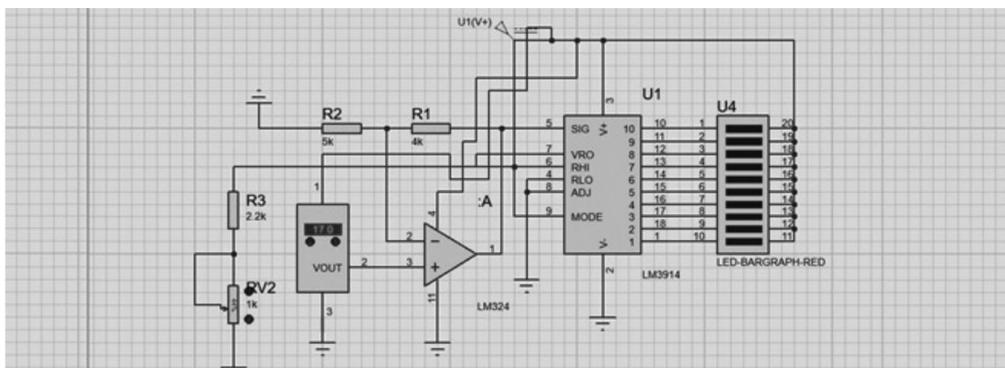
**Figura 1.** Medición temperatura.  
Fuente: autores

## 2.6. El diseño de temperatura del agua

La elección de materiales fue con el fin de que los datos obtenidos fueran exactos. Este prototipo está compuesto de los siguientes materiales: sensor de temperatura Im35, amplificador operacional 324, circuito integrado Lm3914, barra de leds, resistencias (5K $\Omega$ , 2.2K $\Omega$ , 4 K $\Omega$ ), potenciómetro de 10K $\Omega$  y una batería de 9 Volts.

Se conecta la salida analógica del Im35 a la entrada no inversora del amplificador operacional, mientras los otros pines del sensor van de acuerdo con el datasheet. En la entrada inversora del amplificador operacional, se coloca una resistencia de 5 K $\Omega$  y desde ese nodo sale una resistencia de 4K $\Omega$  a la salida del amplificador operacional. Desde este punto (pin 5) saldrá la señal de entrada del circuito integrado. Los pines 10 al 18 y el pin 1 del circuito integrado, irán a la barra de led. Los pines faltantes se conectan directamente. El potenciómetro estará unido a la resistencia de 2.2K $\Omega$ , y desde este punto va la entrada 6 RHI del circuito integrado (ver figura 2).

10



**Figura 2.** Temperatura.  
Fuente: autores.

La conductividad es la propiedad en particular que posee un elemento para conducir una corriente eléctrica, en el caso de las soluciones de agua también conocidas como electrolíticas, debido a la presencia de partículas cargadas eléctricamente que se designan como iones. Estos permiten la circulación de corrientes eléctricas y son aportados en mayor proporción por ácidos y sales. (Anchor, 2016). Por medio de la conductividad, puede determinarse el nivel de TDS (total de sólidos disueltos) presentes en el agua.

Para determinar la conductividad presente en el agua, se adecúa un circuito eléctrico compuesto por un arreglo de resistencias conocido como puente de Wheatstone (Ponzuela, 2015) con salida a dos terminales, conocidas como electrodos. Estos deben ser químicamente neutros para evitar la generación de una medición errónea, conectado a una fuente de alimentación que, en este caso, será la salida de 5 voltios del Arduino Mega. Se hará fluir una corriente eléctrica a través de las partículas ionizadas presentes en la solución de agua, estableciendo una diferencia de potencial medible, originado por la resistencia de la solución electrolítica. Es importante resaltar que la conductividad se ve afectada por el cambio de temperatura razón por la cual, el factor de compensación corresponde al 2% por cada °C. (Lenntech, 2013).

Para determinar el valor de la resistencia eléctrica se colocan entre sus extremos una diferencia de potencial (V) y se mide la intensidad que pasa por ella (I), de acuerdo con la ley de Ohm,  $R=V/I$ . A menudo la resistencia de un conductor no se mantiene constante, variando. Evidentemente, la

sensibilidad del puente de Wheatstone (Ponzuela, 2015)

La conductividad es inversamente proporcional a la resistencia, por ende, al hallar este valor resistivo, se obtiene de inmediato el valor conductivo de la sustancia a medir. (Moreno, 2011) (Ver tabla 1.)

Aguas tratadas	Conductividad [ $\mu\text{S/cm}$ ]
Agua de mar	$\sim 50.000 - 60.000 \mu\text{S/cm}$
Aguas muy salubres	$\sim 10.000 - 15.000 \mu\text{S/cm}$
Aguas salobres	$\sim 1.000 - 2.000 \mu\text{S/cm}$
Aguas poco salobres	$\sim 250 - 750 \mu\text{S/cm}$
Aguas osmotizadas	$\sim 5 - 20 \mu\text{S/cm}$
Aguas desmineralizadas	$\sim 1 - 5 \mu\text{S/cm}$

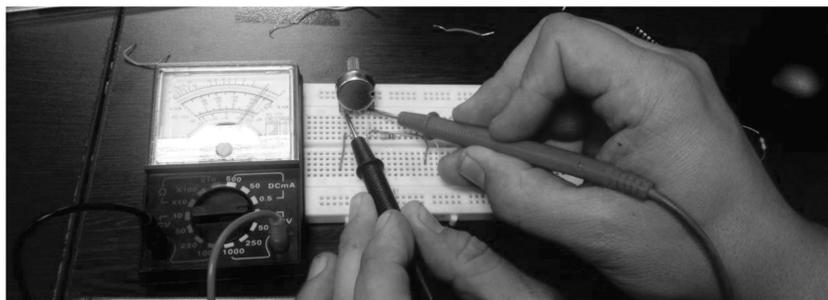
**Tabla 1.** Conductividad en agua (<http://www.mailx-mail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-conductividad-resistividad-temperatura>).

Para obtener el valor de la conductividad en soluciones acuosas, se debe tener en cuenta lo directamente proporcional que es, con respecto a la concentración de sólidos disueltos; por tal razón, entre más sea la concentración, mayor será el valor de la conductividad. La relación entre estas dos expresiones, dependiendo de las aplicaciones, será de la siguiente manera:

Grados ingleses - Grados americanos

$$1.4 \mu\text{S/cm} = 1\text{ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ ppm (partes por millón de CaCO}_3\text{)}$$

Donde 1 ppm = 1 mg/L es la unidad de medida para sólidos disueltos. (Ver figura 3) (Lenntech, 2013)



**Figura 3.** Medición conductividad.  
Fuente: autores.

---

### 3. Conclusiones

El puente de Wheatstone es el más afín para el diseño y construcción de transductores físico-eléctricos, por su capacidad para hallar una resistencia desconocida, en la cual se podrá medir la corriente y tensión circulantes, las que representan una magnitud fisicoquímica.

El trabajo con Arduino facilita la interfaz hombre-máquina por medio de una pantalla LCD. Su manejo didáctico de códigos de programación permite una fácil calibración y/o corrección en el funcionamiento del dispositivo.

Las variables, por su concepto fisicoquímico, permiten trabajarse en conjunto con facilidad. Por ser magnitudes ambientales medibles, pueden ser convertidas de un formato análogo a uno digital, vistas numéricamente en una pantalla LCD.

### 4. Referencias Bibliográficas

ACF Internacional. (2011). *Agua, saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo*. Arís: Hermann.

Navarro, A. J. B. (2013). *Construcción de un Sistema de Instrumentación para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto presentes en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial*. Pereira: Scientia et Technica.

Anchor. (2016). *Agua, pH y conductividad para impresores*. Obtenido de <https://www.fujifilmusa.com/shared/bin/AquapHCond.pdf>

Arduino. (2015). *Arduino.cl*. Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560>

Diccionario de la real academia española. (2014). [www.rae.es](http://www.rae.es). Obtenido de <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>.

Estrategiasgerenciales. (2014). *Transferencia de tecnología*. Obtenido de <http://www.iue.edu.co/documents/emp/prospTecnologica.pdf>

González, U. &. (2013). *Construcción de un medidor de pH, conductividad y oxígeno disuelto en agua, para ríos y lagunas*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Obtenido de Urigüen & González

Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Bogotá: Imprenta Nacional.

Lenntech. (2013). *Conductividad del agua*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>

Moreno, A. R. (2011). *mailxmail.com*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-conductividad-resistividad-temperatura>

Ongawa. (2015). *Ingeniería para el desarrollo humano. Guía básica para el control de calidad del agua*. Madrid, España: ongawa.

Organización Mundial de la Salud OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Génova, Suiza: OMS.

Ponzueta, M. A. (2015). *Puente de Wheatstone*. Obtenido de <http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Puente%20de%20Wheatstone.pdf>

SoportedeMinitab17. (2013). *Repetibilidad y reproducibilidad en sistemas de medición*. Obtenido de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/quality-tools/measurement-system-analysis/gage-r-r-analyses/repeatability-and-reproducibility/>

Walt, V. (2014). *Sistemas YSI de calidad del agua*. Obtenido de <http://www.vanwalt.com/es/ysi-calidad-del-agua-medidores.html>