

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas



*Una Institución Adventista*

## **Prototipo de bajo costo para medir la calidad de agua con IOT**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería de Sistemas

Por:

Salvador Gonzales Barrantes

Asesor:

Mag. Benazir Francis Herrera Yucra

Juliaca, diciembre de 2020

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Benazir Francis Herrera Yucra, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional Ingeniería de Sistemas, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “**PROTOTIPO DE BAJO COSTO PARA MEDIR LA CALIDAD DE AGUA CON IOT**” constituye la memoria que presenta el estudiante **Salvador Gonzales Barrantes** para obtener al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería de Sistemas, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 17 días del mes de diciembre del año 2020.



---

Mag, Benazir Francis Herrera

Asesor

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 17 día(s) del mes de diciembre del año 2020 siendo las 17:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Mtro. Lennin Henry Centurion Tulca

secretario(a): Mg. Abel Angel Sullon Macalupu y los demás miembros:

Ing. Jorge Eddy Otazu Luque

y el(la) asesor(a) Msc. Benazir Francis Herrera Yucra

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Prototipo de bajo costo para medir la calidad de agua con IOT

de los (las) egresados (as): a) Salvador Gonzalez Barrantes

b)

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería de Sistemas

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Salvador Gonzalez Barrantes

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

Puj  
\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

## Índice

<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>7</b>
1. MATERIALES .....	7
1.1. Arduino UNO .....	9
1.2. Sensor pH .....	9
1.3. Sensor Turbidez .....	9
2. MÉTODOS .....	10
2.1. Identificación .....	10
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>15</b>
1. MEDIDA PH .....	15
2. MEDIDA TURBIDEZ .....	16
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>17</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>18</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>20</b>

# **PROTOTIPO DE BAJO COSTO PARA MEDIR LA CALIDAD DEL AGUA CON IOT**

## **LOW COST PROTOTYPE TO MEASURE WATER QUALITY WITH IOT**

*Gonzales Barrantes Salvador*

*EP. Ingeniería de sistemas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad  
Peruana Unión. Juliaca – Perú*

### **RESUMEN**

La presente investigación se realizó en Juliaca; el objetivo es implementar un prototipo que mida la calidad del agua con IOT; se comenzó realizando la arquitectura para así pasar al prototipo, en el prototipo realizamos la conexión de arduino uno con los sensores de pH y turbidez, luego se pasó a realizar la calibración y por ultimo a la obtención de resultados; estos resultados aseveran que las medidas obtenidas de pH de aguas de pozos artesanales con un promedio de 6.69 y las medidas obtenidas de pH de agua potable con un promedio de 7.21 se encontraron en el límite permisible de pH emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. La turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU; por otro lado, el promedio de turbidez 671.63 de pozos artesanales y el promedio de turbidez 770.28 de agua potable no se encontraron dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Se recomienda poner realizar más énfasis en el agua, y en como la consumimos, porque es nuestro patrimonio a futuro.

**Palabras claves:** IOT, arduino uno, pH, Turbidez.

## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out in Juliaca; the objective is to implement a prototype that measures water quality with IOT; The architecture was started to move to the prototype, in the prototype we made the connection of the arduino uno with the pH and turbidity sensors, then the calibration was carried out and finally the results were obtained; These results affirm that the pH measurements obtained from artisanal well water with an average of 6.69 and the measurements obtained from the pH of drinking water with an average of 7.21 were found within the permissible pH limit issued by the Water Quality Regulation. for Human Consumption DS N ° 031-2010-SA. Turbidity of water for human consumption should not exceed 5 NTU in any case, and ideally it will be less than 1 NTU; On the other hand, the average turbidity 671.63 of the artisanal wells and the average turbidity 770.28 of the drinking water were not within the maximum permissible limits issued by the Regulation of Water Quality for Human Consumption DS N ° 031-2010-SA. It is recommended to put more emphasis on water, and how we consume it, because it is our future heritage.

**Keywords:** IOT, arduino uno, pH, Turbidity.

## **INTRODUCCIÓN**

Según (Larios, Gonzales, & Morales, 2015) el 80% de la población latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas. La autora agrega que, siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas. (Larios et al., 2015) también afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas.

Según (Larios et al., 2015) nos dice que la ciudad de Juliaca un 90% utiliza aguas subterráneas (pozos) que genera preocupación en el rango de la concentración de arsénico inorgánico, qué fue de 13 a 193 mg/l para las aguas subterráneas y superficiales que fue más alto que el límite de 10 mg/l según lo recomendado por la OMS.

El propósito y objetivo es realizar e implementar un prototipo de bajo costo para medir la calidad de agua con IOT, para así nosotros como ciudadanos poder medir por nuestros

propios medios la calidad de agua que consumimos y así solicitar un mejor servicio y mantenimiento del agua; porque según (Larios et al., 2015) El agua es extraída, usada y devuelta y absorbida completamente contaminada por el suelo; asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas.

Por otro lado la situación se complica porque la red de aguas residuales (Perú) están cercanas a la red de agua potable, siendo ambas subterráneas; de acuerdo (Andina agencia de noticias, 2010) se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de agua a diferencia de otros países que ya superaron ese problema, informo la viceministra de Gestión Ambiental del ministerio del ambiente, Ana Maria Gonzalez del valle.

Es importante realizar este trabajo porque se encontró la problemática de que los recursos hídricos disponibles se están agotando y la calidad del agua se deteriora debido a que “La ciudad calcetera alberga una población de 307 000 habitantes y el 40% de los vecinos no tiene servicio de agua y desagüe, y el otro 60% tiene agua solo cinco horas al día. Quienes carecen del líquido elemento lo extraen del subsuelo. Según una investigación de la Universidad Cayetano Heredia, el agua del subsuelo presenta una concentración de arsénico hasta cinco veces mayor al límite establecido por la Organización Mundial de la Salud” (La Republica, 2019).

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Materiales

Material	Modelo	Voltaje	Características
 <p>Arduino UNO</p>	Microcontrolador: ATmega328.	Voltaje Operativo: 5v.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V</li> <li>➤ Voltaje de entrada (límites) 6-20 V</li> <li>➤ Pines de E / S digitales 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)</li> <li>➤ Pines de entrada analógica 6</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corriente CC por pin de E / S 40 mA</li> <li>➤ Corriente CC para pin de 3.3V 50 mA</li> <li>➤ Memoria Flash 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utiliza el gestor de arranque</li> <li>➤ SRAM 2 KB (ATmega328)</li> <li>➤ EEPROM 1 KB (ATmega328)</li> <li>➤ Velocidad de reloj 16 MHz</li> </ul>
<p>Sensor de pH</p> 	Liquid PH 0-14 Value Detection Module	5-0,2 V (Ca-CC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rango de concentración detectable: PH0-14</li> <li>➤ Rango de temperatura de detección: 0-80 °C</li> <li>➤ Temperatura de trabajo: -10 ~ 50 °C</li> <li>➤ Humedad: 95% HR</li> <li>➤ Tamaño del módulo: 42 mm × 32 mm × 20 mm</li> <li>➤ Salida: salida de señal de voltaje analógico</li> </ul>
<p>Sensor de Turbidez</p> 	MINGYUANDINGYE: Módulo de turbidez de agua Módulo de detección de agua mixto	Voltaje: 3,3-5 V con circuito anti conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corriente de funcionamiento: 40mA (máx.)</li> <li>➤ Tiempo de respuesta: &lt;500ms</li> <li>➤ Resistencia de aislamiento: 100 MΩ (Min)</li> <li>➤ Modo de Salida: Salida analógica: 0 ~ 4,5 V; Salida digital: Señal de nivel alto/bajo (puede ajustar el potenciómetro para seleccionar el</li> </ul>

			umbral correspondiente) ➤ Temperatura de funcionamiento: - 20 °C ~ 90 °C ➤ Tamaño del módulo: 38,6mm * 22,1mm ➤ Interfaz del Sensor: XH2.54
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 1.1.Arduino UNO

Según (MiArduino, 2016) Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

### 1.2.Sensor pH

De acuerdo a (BricoGeek.com, 2019) El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] presentes en determinadas sustancias. Este kit permite medir de forma sencilla el pH de un líquido gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. El controlador tiene un potenciómetro multivuelta que permite la correcta calibración de la sonda.

### 1.3.Sensor Turbidez

Según (HETPRO, 2019) sensor análogo de turbidez de agua. El sensor es ideal para detectar la calidad de agua mediante la medición de nivel de turbidez de agua. Es capaz de detectar partículas suspendidas en el agua al medir la transmisión de la luz y la tasa de dispersión que cambia con la cantidad total de sólidos en suspensión (TSS) en el agua. A medida que

aumenta el TTS, aumenta el nivel de turbidez del líquido. El sensor tiene modo de salida tanto analógico como digital, en modo digital el umbral se puede ajustar, puedes usarlo sin problema con tu tarjeta Arduino.

## **2. Métodos**

### **2.1. Identificación**

#### **2.1.1. Área de estudio.**

El estudio se realizó en la ciudad de Juliaca Taparachi III Sector, geográficamente ubicada en la provincia de San Román, que pertenece a la región Puno, según las coordenadas, su ubicación es de 15°29'24" de latitud sur y 70°08'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, Zona del Aeropuerto: 3824 msnm. La ciudad de Juliaca se constituye de un relieve plano. Presenta clima frígido con escasa humedad que varía por estaciones del año, en algunas temporadas como en el mes de agosto soporta fuertes corrientes de viento, precipitaciones pluviales en verano (GeoDatos.net, 2019).

#### **2.1.2. Arquitectura.**

La arquitectura se realizó tomando referencia a (Arévalo, 2018) que propuso un subsistema de captura el cual es el encargado de recolectar los datos obtenidos dentro del pozo por los sensores de pH, turbidez y temperatura. De acuerdo a la arquitectura, los sensores de pH y turbidez tomarán datos del agua mediante el arduino uno y mostrando los datos en el panel de IDE Arduino (monitor).



Figura 1: Arquitectura de conexión

### 2.1.3. Procedimiento y conexión.

Se realizó la conexión mediante la arquitectura de la figura 1 Y se implementó el sensor de pH y sensor de Turbidez.

#### 2.1.3.1. Conexión sensor turbidez.

Se conectó el sensor Turbidez en los pines del 1 al 3: pin 1 se conectó con 5v, pin 2 se conectó con A1 y pin 3 se conectó con GND.

#### 2.1.3.2. Conexión de sensor pH.

Se conectó el sensor de pH en los pines 1, 2, 4: el pin 1 se conectó con 5v, el pin 2 se conectó con GND y el pin 4 se conectó con A0.

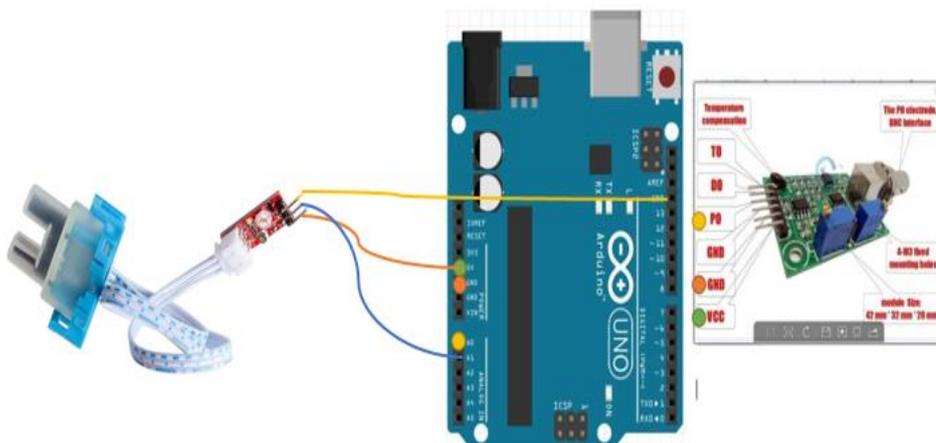


Figura 2: Conexión de pH y Turbidez

### 2.1.3.3. *Calibración de sensor.*

Para realizar la calibración del pH y turbidez se realizó el siguiente algoritmo:

#### 2.1.3.3.1. *pH:*

Para obtener el pH se calcula primero el voltaje que sería 5 entre 1024 por el ingreso del sensor mpH:

$$\text{volph} = 5/1024 * \text{mpH}.$$

Luego pasamos a calibrar el pH que sería:

$$\text{ph} = 7 + ((2.5 - \text{volph}) / 0.18)$$

#### 2.1.3.3.2. *Turbidez:*

Para obtener la turbidez se calcula el voltaje que sería el ingreso del sensor mtur por 5 entre 1024:

$$\text{voltur} = \text{mtur} * 5/1024$$

Y por último pasamos a la calibración de la turbidez que sería:

$$\text{calTur} = -(1120.4 * \text{voltur} * \text{voltur}) + (5742.3 * \text{voltur}) - 4352.9$$

```

void setup() {
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int mpH = analogRead(A0);
  int mtur = analogRead(A1);
  //pH
  double volph = 5 / 1024.0 * mpH;
  //Calibrando pH
  float ph = 7 + ((2.5 - volph) / 0.18);

  Serial.println("---Medida pH---");
  Serial.println(ph);

  //Turbidez
  Serial.println("---Medida Turbidez---");
  double voltur = mtur * (5.0/1024.0);
  //Calculo Turbidez
  double calTur;
  calTur = -(1120.4*voltur*voltur)+(5742.3*voltur)-4352.9;
  Serial.println (calTur);

  Serial.println("-----");
  delay(1100);
}

```

*Figura 3:* Algoritmo y calibración

#### 2.1.4. Adquisición de datos.

De manera conforme con la arquitectura y se obtuvo el siguiente prototipo midiendo la calidad de agua de un poso artesanal en la ciudad de Juliaca Taparachi III Sector y Cerro colorado el agua potable.

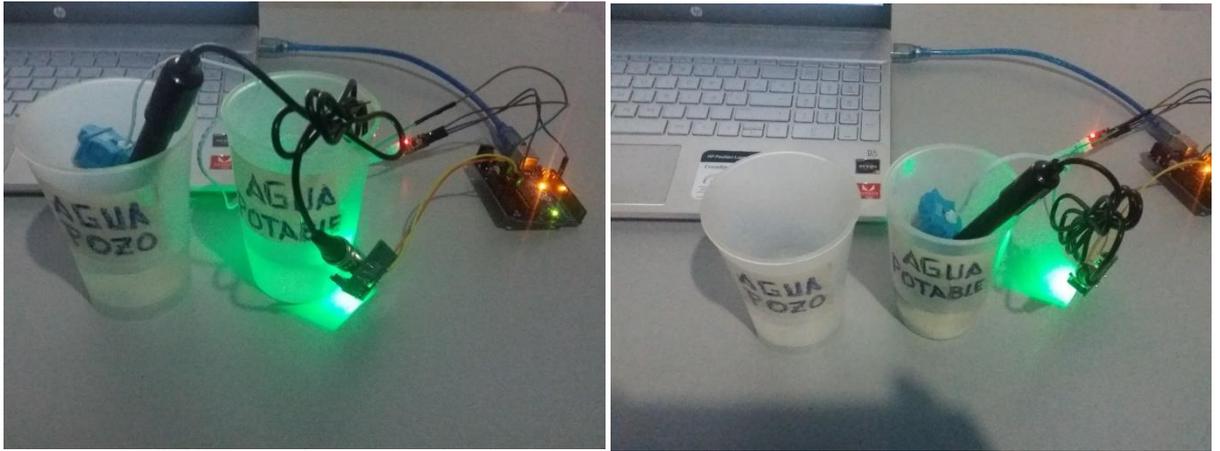


Figura 4: Adquisición de datos

```
COM3
15:09:49.805 -> -----
15:09:50.857 -> ---Medida pH---
15:09:50.857 -> 7.27
15:09:50.857 -> ---Medida Turbidez---
15:09:50.891 -> 645.65
15:09:50.891 -> -----
15:09:51.944 -> ---Medida pH---
15:09:51.977 -> 7.24
15:09:51.977 -> ---Medida Turbidez---
15:09:52.012 -> 645.65
15:09:52.012 -> -----
15:09:53.037 -> ---Medida pH---
15:09:53.072 -> 7.27
15:09:53.072 -> ---Medida Turbidez---
15:09:53.105 -> 693.04
15:09:53.105 -> -----
15:09:54.153 -> ---Medida pH---
15:09:54.187 -> 7.22
15:09:54.187 -> ---Medida Turbidez---
15:09:54.222 -> 693.04
15:09:54.222 -> -----
```

Autoscroll  Mostrar marca temporal Nueva línea 9600 baudio Limpiar salida

Figura 5: Observación de datos de agua de pozo

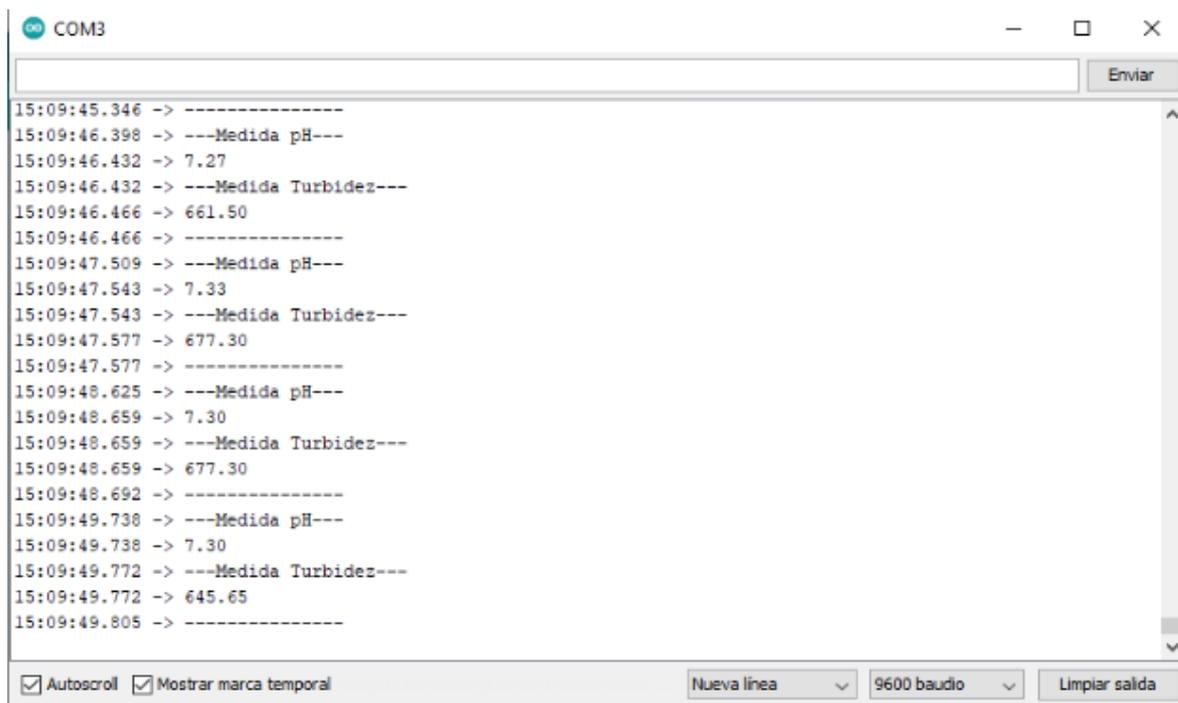


Figura 5: Observación de datos agua potable

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Medida pH

Tabla 1. Medida pH

Día	Agua de pozo (Artesanal)		Agua potable	Límites permisibles – Mínimo y máximo	
1	6.39		7.13	6.5	8.5
2	6.65		7.53	6.5	8.5
3	6.70		7.05	6.5	8.5
4	6.59		7.20	6.5	8.5
5	6.90		6.95	6.5	8.5
6	6.87		7.30	6.5	8.5
7	6.73		7.33	6.5	8.5

El pH en las aguas de pozos artesanales en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca fueron un promedio de 6.69 y el agua potable del sector Cerro Colorado de Juliaca es de un promedio de 7.21.

Según (Agua, De Estudio, & Ambiental, 2009) Para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH inferior a 8; en valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos.

Las medidas obtenidas de pH de aguas de pozos artesanales con un promedio de 6.69, se encontraron en el límite permisible de pH emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Y las medidas obtenidas de pH de agua potable con un promedio de 7.21, se encontraron dentro de los límites permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (DIGESA, 2010). Anexo 1.

## 2. Medida Turbidez

**Tabla 2.** *Medida Turbidez*

<b>Día</b>	<b>Agua de pozo (Artesanal)</b>	<b>Agua potable</b>	<b>Límites permisibles – Mínimo y máximo</b>
<b>1</b>	<b>675.01</b>	<b>633.00</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>677.30</b>	<b>545.19</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>668.10</b>	<b>569.99</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>667.45</b>	<b>829.35</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>656.12</b>	<b>965.41</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>665.76</b>	<b>932.16</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>691.64</b>	<b>916.85</b>	<b>5</b>

La turbiedad en aguas de pozos artesanales en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca fueron un promedio de 671,63 y en agua potable del sector Cerro Colorado fue un promedio de 770,28.

Según (Agua, 2009) la turbiedad se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades.

El promedio de turbidez 671.63 de pozos artesanales y el promedio de turbidez 770.28 de agua potable no se encontraron dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (DIGESA, 2010). Anexo 1.

## **CONCLUSIONES**

En la actualidad la tecnología nos ha ayudado a automatizar e innovar en temas que nos dificultan realizar, por lo tanto, el prototipo de calidad de agua es un aporte al desarrollo de nuevas investigaciones, porque el tema económico no nos puede detener para seguir innovando y seguir progresando. En la investigación me di cuenta que la población no se pregunta si el agua que consumimos es sana, o si no nos afectara a futuro, yo opino que debemos estar informados y exigir que el agua sea consumible, que no solo nos llegue agua a nuestras casas, sino que nos ofrezcan agua de calidad.

En conclusión, el prototipo nos ayudó a medir la calidad del agua en el Taparachi III sector y el Sector Cerro Colorado dando como resultado que la turbidez de agua potable y agua de pozo no están en los límites permisibles Según Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (DIGESA, 2010) y teniendo conocimiento de esto podemos realizar algunas recomendaciones tales como poder realizar un prototipo de purificación de agua para el consumo, y monitorizarlo mediante web o una app.

## REFERENCIAS

- Agua, G., De Estudio, G., & Ambiental, T. (2009). *Digesa Gesta Agua*. Retrieved from [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf)
- Andina agencia de noticias. (2010). El 70% de aguas residuales en Perú se vierte sin tratamiento, afirma viceministra | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. Retrieved November 13, 2019, from <https://andina.pe/agencia/noticia-el-70-aguas-residuales-peru-se-vierte-sin-tratamiento-afirma-viceministra-286553.aspx>
- Arévalo, A. (2018). *Prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de captación de la localidad rural del municipio de Tibaná - Boyacá*. (September), 87. Retrieved from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4769/00004984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BricoGeek.com. (2019). Sensor analógico de pH | BricoGeek.com. Retrieved November 28, 2019, from <https://tienda.bricogeek.com/home/581-sensor-analogico-de-ph.html>
- DIGESA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N ° 031-2010-SA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú*.
- GeoDatos.net. (2019). Coordenadas geográficas de Juliaca, Perú - Latitud y longitud. Retrieved November 28, 2019, from <https://www.geodatos.net/coordenadas/peru/puno/juliaca>
- HETPRO. (2019). Sensor análogo de turbidez de agua - Gravity | HeTPro. Retrieved November 28, 2019, from <https://hetpro-store.com/sensor-analogo-de-turbidez-de-agua-gravity/>
- La Republica. (2019). Puno: En Juliaca aún usan silos y toman agua de subsuelo | Sociedad - La República. Retrieved November 13, 2019, from <https://larepublica.pe/sociedad/1413530-juliaca-silos-toman-agua-subsuelo/>
- Larios, F., Gonzales, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL*, 2(2), 09–25. Retrieved from <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- MiArduino. (2016). Placa Arduino UNO . Retrieved November 28, 2019, from <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Agua, G., De Estudio, G., & Ambiental, T. (2009). *Digesa Gesta Agua*. Retrieved from [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf)
- Andina agencia de noticias. (2010). El 70% de aguas residuales en Perú se vierte sin tratamiento, afirma viceministra | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. Retrieved November 13, 2019, from <https://andina.pe/agencia/noticia-el-70-aguas-residuales-peru-se-vierte-sin-tratamiento-afirma-viceministra-286553.aspx>
- Arévalo, A. (2018). *Prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de captación de la localidad rural del municipio de*

- Tibaná - Boyacá*. (September), 87. Retrieved from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4769/00004984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BricoGeek.com. (2019). Sensor analógico de pH | BricoGeek.com. Retrieved November 28, 2019, from <https://tienda.bricogeek.com/home/581-sensor-analogico-de-ph.html>
- DIGESA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.
- GeoDatos.net. (2019). Coordenadas geográficas de Juliaca, Perú - Latitud y longitud. Retrieved November 28, 2019, from <https://www.geodatos.net/coordenadas/peru/puno/juliaca>
- HETPRO. (2019). Sensor análogo de turbidez de agua - Gravity | HeTPro. Retrieved November 28, 2019, from <https://hetpro-store.com/sensor-analogo-de-turbidez-de-agua-gravity/>
- La Republica. (2019). Puno: En Juliaca aún usan silos y toman agua de subsuelo | Sociedad - La República. Retrieved November 13, 2019, from <https://larepublica.pe/sociedad/1413530-juliaca-silos-toman-agua-subsuelo/>
- Larios, F., Gonzales, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL*, 2(2), 09–25. Retrieved from <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- MiArduino. (2016). Placa Arduino UNO . Retrieved November 28, 2019, from <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

# ANEXOS

## Anexo 1. Límites permisibles

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	--	Aceptable
2. Sabor	--	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	$\text{mg N L}^{-1}$	1,5
12. Hierro	$\text{mg Fe L}^{-1}$	0,3
13. Manganeso	$\text{mg Mn L}^{-1}$	0,4
14. Aluminio	$\text{mg Al L}^{-1}$	0,2
15. Cobre	$\text{mg Cu L}^{-1}$	2,0
16. Zinc	$\text{mg Zn L}^{-1}$	3,0
17. Sodio	$\text{mg Na L}^{-1}$	200