

SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE VARIABLES ASOCIADAS A LA CALIDAD DE AGUA

REMOTE MEASUREMENT SYSTEM FOR VARIABLES ASSOCIATED WITH WATER QUALITY

Pablo Alejandro Julio César Aragón Patiño¹

Iván Camilo Nieto Sánchez²

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Resumen

Se presenta el desarrollo de un sistema para la medición de la calidad del agua en una planta de tratamiento de una empresa del sector educativo de la ciudad de Bogotá, el cual se compone de un microcontrolador Arduino Uno, sensores de potencial de hidrógeno pH, conductividad y de turbiedad conectados a la red por medio de un escudo ethernet. La información recogida por los sensores es procesada por el microcontrolador y luego enviada a un servidor web y de base de datos remoto, donde se almacena y está disponible para consulta por parte del operario de la planta. De esta manera el sistema permite conocer en tiempo real la calidad del agua tratada y así el operario puede tomar las medidas preventivas o correctivas necesarias según sea el caso. En este documento se presentan los resultados relacionados a las pruebas de funcionamiento general y conectividad del microcontrolador con el servidor remoto.

Palabras clave: telemetría; calidad del agua; internet de las cosas IoT.

Abstract

The development of a system for measuring water quality in a treatment plant of a company in the educational sector of the city of Bogotá is presented, which is composed of an Arduino Uno microcontroller, sensors of hydrogen potential pH, conductivity and turbidity connected to the network by an ethernet shield. The information collected by the

¹ Estudiante – Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, <https://orcid.org/0000-0003-2108-5536/>
p.aragon@ljrj.net

² Docente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, <https://orcid.org/0000-0003-2679-7487/>
ivan.nieto@unad.edu.co

sensors is processed by the microcontroller and then sent to a remote web and database server where it is stored and available for consultation by the plant operator. In this way, the system allows to know in real time the quality of the treated water and thus the operator can take the necessary preventive or corrective measures as possible. This document presents the results related to the general functioning and connectivity tests of the microcontroller with the remote server.

Keywords: Telemetry; water quality; internet of things IoT.

1. Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el acceso al agua potable es considerado como uno de los derechos humanos básicos, debido a la importancia que tiene en materia de higiene, salud pública, calidad de vida y sostenibilidad (OMS, 2019).

En muchas zonas rurales del país es común la falta de agua potable proveniente de alguna empresa de servicios públicos, debido, generalmente, a que las redes de acueducto y alcantarillado solo cubren, por lo general, a las cabeceras municipales; de hecho, según los indicadores del censo 2018, la cobertura de acueducto a nivel nacional fue de aproximadamente el 86.6% (Sánchez, 2020). Esta situación ha hecho que en muchos de estos sitios se obtenga el agua de afluentes naturales cercanos o pozos profundos, la cual, se ingiere de forma casi directa, a lo sumo se hierve y eliminan algunos microorganismos causando una gran cantidad de enfermedades. Lo anterior pone en evidencia la necesidad de contar con sistemas eficientes que permitan medir la calidad del agua antes de ser consumida.

Por otro lado, el uso de tecnologías enmarcadas dentro del IoT (Internet of Things) ha crecido de forma acelerada en la última década. Cada vez es más frecuente encontrar dispositivos de uso común que ahora están conectados a redes de intranet e internet, los cuales se pueden manipular y accionar de forma remota. Sumado a esto, el crecimiento de redes inalámbricas de media y baja potencia como: Zigbee, WiFi, redes móviles, entre otras, amplió la gama de aplicaciones del IOT a áreas como la medicina, la automatización, la robótica y la agricultura, donde se encuentran cada vez más proyectos enfocados a monitorear e incluso controlar las distintas variables de cada sistema en particular: presión, temperatura, voltajes, corrientes, humedad, etc. Así, por ejemplo, en el campo de la calidad del agua, encontramos estudios como el de Rojas (2020) donde muestra un análisis a gran escala de la

calidad de agua potable en el departamento de Boyacá entre el año 2016 y 2019. También se encuentran trabajos como en del Landazábal (2017) en donde se hizo el prediseño de una red automática de monitoreo de la calidad del agua del río Cauca o el de Núñez-Blanco (2020) quienes hicieron una revisión detallada de sistemas de telemetría en ríos, enfocada al río Magdalena, identificando las variables más relevantes a monitorear, las tecnologías utilizadas y algunos casos en concreto.

Con base en la problemática presentada, se aborda en primer lugar las variables y los sensores utilizados describiendo el procesamiento de la señal en cada caso. Luego se presenta el diseño general de la solución, el circuito de conexión y, finalmente, imágenes del prototipo real y las pruebas iniciales de funcionamiento y conectividad con el servidor remoto.

2. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto es el método iterativo e incremental orientado a objetivos, donde se definen bloques temporales para cada uno de estos. Actualmente el proyecto ya abordó las etapas iniciales, y se encuentra en la etapa de pruebas de funcionamiento general y conexión con el servidor remoto.

3. Discusión

3.1 Variables y sensores utilizados:

Potencial de hidrógeno pH: esta magnitud es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia (Pradillo, 2016). La medición se realiza por medio del sensor analógico SEN0161-V2 de la marca DFROBOT. Este sensor tiene una salida de voltaje que va de 0 a 3V y utiliza una librería propia para realizar el proceso de conversión de la señal. La relación con el pH es de tipo lineal:

$$pH_{value} = kV + b$$

Siendo pH_{value} = pH de la sustancia, V = voltaje de salida del sensor y k = constante de proporcionalidad y b corte con el eje del voltaje. Los valores de k y b se obtienen del proceso de calibración del sensor.

Turbiedad: esta magnitud es una medida de la pérdida de transparencia del agua debido a la presencia de partículas suspendidas (Capio, 2007). La turbiedad se mide en NTU (Nephelometric Turbidity

Unit) y el valor máximo permitido para el agua de consumo humano por parte de la normativa colombiana es de 2NTU. La medición se realiza por medio del sensor analógico SEN0189 de la marca DFROBOT. Este sensor tiene una salida de voltaje que va de 0 a 4.5V. En agua pura, el valor de NTU debe ser menor a 0.5 y el voltaje de salida del sensor debe ser $4.1 \pm 0.3V$. La conversión de la señal se realiza por medio de la relación:

$$V = AR * \left(\frac{5V}{1024} \right)$$

Siendo V =voltaje de salida del sensor y AR = lectura analógica

Conductividad: la conductividad eléctrica es la capacidad de un elemento para permitir el flujo de cargas eléctricas a través de este (Boyd, 2017). La conductividad se mide en siemens por centímetro S/cm, pero en muchas ocasiones, se utiliza la cantidad total de sólidos disueltos TDS como una medida indirecta. La medición se realizará por medio del sensor analógico SEN0244 de la marca DFROBOT, el cual tiene salida de voltaje va de 0 a 2.3V. La relación entre el valor de conductividad TDS y el voltaje está dada por la relación:

$$TDS_{value} = (133.42V^3 - 255.86V^2 + 857.39V) * k$$

Siendo k una constante obtenida por medio del proceso de calibración.

3.2 Diseño de la solución

El prototipo consta de un microcontrolador Arduino Uno conectado y el conjunto de sensores conectados a la red por medio de un escudo ethernet. Los sensores obtienen los datos, los cuales son procesados y enviados a un servidor remoto donde pueden ser consultados por el operario de la planta desde cualquier dispositivo por medio de un navegador web.



Figura 1. Diseño del sistema y diagrama de flujo. Fuente: el autor.



Figura 2. Prototipo real, pruebas de funcionamiento y conexión con el servidor web y de base de datos remoto. Fuente: el autor.

El diseño completo del circuito de la solución se puede ver [aquí](#).

4. Conclusiones

Se desarrolló una primera versión del prototipo utilizando la placa Arduino Uno, el escudo ethernet y los sensores de conductividad, turbiedad y potencial de hidrógeno. Así mismo, se realizó la programación del microcontrolador y se validó el funcionamiento de este por medio de una conexión al servidor web externo, donde se visualiza el registro de los datos obtenidos en tiempo real.

Se implementó un servidor de base de datos MySQL para el almacenamiento de los datos, un servidor web apache para la publicación hacia internet y una aplicación web sencilla para la consulta por parte del operario de la planta de tratamiento de agua, lo cual permitirá conocer los datos de las variables utilizando cualquier dispositivo dentro de la LAN de la empresa o conectado a internet fuera de esta.

El prototipo desarrollado puede ser utilizado para medir la calidad del agua en otro tipo de escenarios como plantas de tratamiento públicas, embalses, edificios residenciales, centros comerciales, hoteles, etc. Lo cual promueve acciones concretas que garanticen que el agua que se provee sea apta, por lo menos frente a las tres variables medidas, para el consumo seguro por parte de la población.

La tecnología utilizada en este proyecto sirve como base para la implementación y desarrollo de otros sistemas de medición y control de variables en distintos sectores del conocimiento y la industria donde se requiera centralización de la información y evaluación de datos en tiempo real.

Referencias

- Capio, T., (2007). Turbiedad por nefelometría (método b). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>
- Landazábal, B. S. (2017). Pre diseño de la red automática de monitoreo de la calidad del agua del río Cauca en el área de influencia de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13086>
- OMS. (2019). Agua: datos y cifras. *Organización Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Pradillo, B., (2016). Parámetros de control del agua potable. *Iagua*. <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Rojas, D. L. (2020). Análisis de los índices de calidad de agua potable (IRCA) en el departamento de Boyacá durante el periodo 2016-2019. (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38787>
- Sánchez, C. (2020). 2020: a consolidar la gestión en agua potable y saneamiento. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/opinion/camilo-sanchez/2020-a-consolidar-la-gestion-en-agua-potable-y-saneamiento-analisis-camilo-sanchez-ortega-538324>