

Water network: Aplicación móvil con tecnología Arduino para la medición de presión y consumo del agua

Martha Martínez Moreno¹

martha.mm@toluca.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3793-6315>

TecNM. Instituto Tecnológico de Toluca

Daniel Alberto Hernández Castrejón

dhernandezc2@toluca.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-1376-1706>

TecNM. Instituto Tecnológico de Toluca

Jovanny Cervantes Honorato

120280250@toluca.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0008-3456-5612>

TecNM. Instituto Tecnológico de Toluca

María Luisa Gómez Santamarina

mgomez@toluca.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-0065-3244>

TecNM. Instituto Tecnológico de Toluca

Belén Gil Moreno

bgilm@toluca.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-5894-0431>

TecNM. Instituto Tecnológico de Toluca

Metepéc -México

RESUMEN

El consumo de agua potable y el uso desmedido de este valioso recurso, trae como consecuencias el encarecimiento en el pago del líquido e incluso las pérdidas por fugas que pueden generarse ante la falta de control de forma particular y por parte de las instituciones responsables de su distribución.

Como parte de un trabajo de investigación durante la formación profesional de estudiantes de la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales del Instituto Tecnológico de Toluca, estado de México, nace la propuesta de creación de un producto denominado Water Network, cuyo objetivo es utilizar tecnología para el desarrollo de una aplicación móvil, interconectada a un dispositivo electrónico Arduino como sensor que permita la medición de presión y pérdidas en las tomas de agua potable. Disminuyendo así la pérdida del vital líquido y la medición precisa del consumo de agua.

Palabras clave: Sensor, Arduino, aplicación móvil, consumo de agua, presión

¹ Autor principal

Water network: Mobile application with Arduino technology for the measurement of pressure and water consumption

ABSTRACT

The consumption of drinking water and the excessive use of this valuable resource, brings as consequences the increase in the payment of the liquid and even the losses due to leaks that can be generated due to the lack of control in a particular way and by the institutions responsible for its distribution.

As part of a research work during the professional training of students of the Computer Systems Engineering career of the Technological Institute of Toluca, state of Mexico, the proposal for the creation of a product called Water Network was born, whose objective is to use technology for the development of a mobile application, interconnected to an Arduino electronic device as a sensor that allows the measurement of pressure and losses in drinking water intakes. Thus reducing the loss of vital liquid and the precise measurement of water consumption.

Keywords: Sensor, Arduino, mobile application, water consumption, pressure.

Artículo recibido 25 febrero 2023

Aceptado para publicación: 25 marzo 2023

INTRODUCCIÓN

En México, alrededor de 12 millones de personas padecen de acceso al agua potable. En cuanto a acceso a saneamiento en México 24 millones carecen de alcantarillado. Además, hay una gran cantidad de cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, muy contaminados, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la industria y la agricultura son las responsables de la mayoría de los contaminantes generados y menos de 25% del agua residual que se vierte a ríos y lagos es tratada (Ravelo, 2014). Aunado a esto los sistemas de distribución de agua en México carecen de una infraestructura en óptimas condiciones lo que ha venido provocando que se originen fugas dentro de la red, esto se traduce en pérdidas de recurso (Salazar, 2010). A lo largo del tiempo se han implementado medidores de consumo en las tomas de servicio, pero estos solamente miden la cantidad de agua que entra hacia el usuario, pero no proporciona la capacidad de detectar las fallas en la red por flujos inusuales.

En la megápolis Ciudad de México el abastecimiento y la distribución del agua para el consumo urbano e industrial, tratamiento de aguas residuales y desalojo de aguas pluviales, configuran grandes desafíos para la política hidráulica (Carreón, 2012).

Aunque la mayor parte de la población se encuentra conectada a la red de distribución del agua 75.6% manifiestan que existe desabasto de agua. Las descargas de aguas contaminadas de origen doméstico, industrial y agrícola en los cuerpos de agua superficiales y la infiltración a los acuíferos subterráneos, han venido degradando la calidad de las aguas utilizadas por la población para cubrir las necesidades. (Duran Juarez, 2006),

La red de distribución es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable, por medio de la cual el agua llega desde el lugar de captación al punto de consumo en buenas condiciones, tanto en calidad como en cantidad (Volantin, s.f.).

Su operación depende de la cuidadosa selección de los materiales utilizados, la mano de obra calificada, el cumplimiento de las especificaciones de construcción y una buena supervisión de la ejecución del trabajo.

La administración de la distribución de agua potable presenta varios problemas si se considera que no siempre se tiene la autonomía para establecer el monto de las tarifas que se deben cobrar

por el servicio de agua potable, el deterioro de la infraestructura hidráulica instalada y la existencia de un porcentaje significativo de la población que no paga el servicio son factores que afectan a la red de distribución de agua (Guerrero ,2009).

El presente trabajo de investigación describe el proceso de construcción de un producto denominado Water Network a partir del diseño e implementación de un sistema de sensores utilizando tecnología Arduino, que permita medir la presión del agua a través de una toma, permitiendo al consumidor evitar propagación de fugas, flujos inusuales y un cobro adecuado de su consumo.

En la actualidad la distribución y abastecimiento de agua en los hogares han tomado gran importancia debido a la sobreexplotación del recurso así como su desaprovechamiento, cabe mencionar que al ser un recurso vital para la vida y el desarrollo humano, es necesario que los sistemas de distribución y tratamiento de agua se encuentren en óptimas condiciones en cuestión de infraestructura; ésta es mantenida mediante el cobro por uso del recurso el cual en estos momentos no se encuentra regulado con una tarifa establecida por la comisión de agua potable y alcantarillado. La medida de presión del agua es importante para la humanidad, así como el empleo de técnicas eficientes de medición y de control (Arreguin, 1991).

La implementación de este sistema (Water Network) permite medir y enviar la información de la distribución y presión del agua que llega a la toma de los hogares mediante los sensores instalados, permitiendo el pago justo por uso de servicio, además de llevar un control en el consumo.

Materiales y Métodos

Para realizar esta investigación se emplearon diversas técnicas para la recopilación de información. Previo a este informe se logró la obtención de datos estadísticos sobre el consumo que tiene la población sobre el servicio de agua. Además de una investigación transversal: la cual se pudieron comparar los diversos factores que pueden afectar la distribución del agua como lo son el terreno, el clima, la longitud hacia la toma principal, entre otras (Rodríguez, 2018). Y por último el desarrollo de una investigación cualitativa: la cual llevó al desarrollo de una aplicación móvil que permite la medición de consumo y presión del agua de tomas de uso

común en viviendas, tomando como prototipo una maqueta y el uso de tecnología Arduino para identificar fugas y medidas a utilizar en la aplicación móvil para que el usuario tenga la mejor experiencia de uso y consumo.

Herramientas:

1. Arduino y placa

Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores (Herrado, 2009).

La placa Arduino está basada en un microcontrolador ATMEL (Ilustración 1). Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, codificadas en un lenguaje de programación (Arduino 2016).

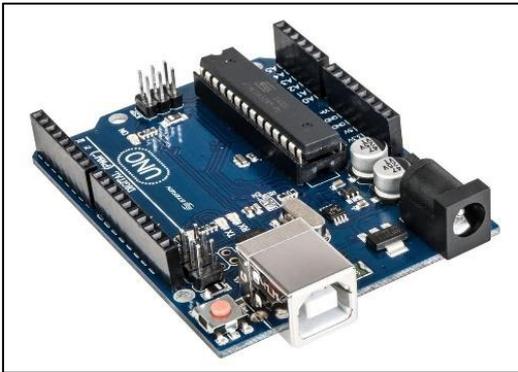


Ilustración 1 - Placa Arduino

Recuperado de: <http://sterenlatam.com/imgs/prod/jumbo/ard-010.jpg>

2. Caudalímetro

Un caudalímetro (Ilustración 2) es un sensor que permite medir la cantidad de agua que atraviesa una tubería (Llamas, 2016).



Ilustración 2 - Caudalímetro

Recuperado de: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_981015-MLA31063129912_062019-F.jpg

3. Spring Framework

Es un framework Open Source que facilita la creación de aplicaciones de todo tipo en Java, Kotlin y Groovy (Spring, 2022). Para el desarrollo de la aplicación Water Network se utiliza el Framework Spring, el cual ayuda que programar Kotlin sea rápido, ágil y con mayor seguridad. En el sistema se utiliza el uso del caudalímetro el cual permite conectarse a un procesador como Arduino para obtener la medición del sensor.

4. PostgreSQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de objetos (ORDBMS) (PostgreSQL, 2022). El cual se usa como gestor de base de datos y ofrece consultas complejas, disparadores, vistas actualizables e integridad transaccional.

5. Azure

La plataforma Azure está compuesta por más de 200 productos y servicios en la nube. En este se crea, ejecutan y administran aplicaciones en varias nubes, en el entorno local y en el perímetro, con las herramientas (Azure, 2022), permite compilar, implementar y administrar en una red global de centros de datos de Microsoft.

6. Android Studio

Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android y está basado en IntelliJ IDEA (Android Developers, 2022), para el desarrollo de aplicaciones móviles, además ofrece un sistema de compilación flexible, emulador rápido y cargado de funciones e integración con GitHub.

Métodos

1. Programación de aplicación móvil

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó la herramienta Android Studio, se utiliza ScrollView para que el usuario pueda desplazarse a través de los componentes dentro de un Activity (Ilustración 3).

```
<ScrollView
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    tools:ignore="MissingConstraints">
```

Ilustración 3. ScrollView

Para enviar los datos de registro, se desarrolló el código presentado en la ilustración 4 para agregar usuarios *en la aplicación*.

```
val email_String = etEmail?.text.toString()
val password_String = etPassword?.text.toString()
val user = User(first_name,second_name,first_surname,second_surname,gender,birthDate_String,email_String)
com.waternetwork_v1.model.RegisterUser.addUser(user)
save(com.waternetwork_v1.model.RegisterUser.arrUser)
Toast.makeText(context: this, text: "Registrado", Toast.LENGTH_SHORT).show()
startActivity(Intent(packageContext: this, MainActivity::class.java))
```

Ilustración 4. Registro

Para la medición de agua, se utiliza un objeto Gauge (Ilustración 5).

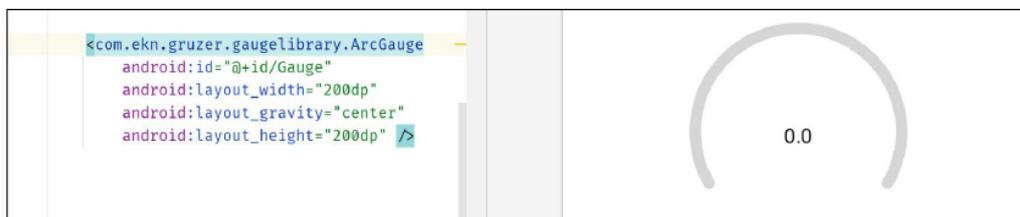


Ilustración 5. Medición

Activity donde muestra la interfaz principal desarrollada para el registro de usuario e inicio de sesión (Ilustración 6).



Ilustración 6. Registro usuario

Para la medición de presión fue necesario crear el objeto Gauge para la representación del consumo del agua como un medidor, el cual se aportan diferentes características, como el rango, los colores, el valor inicial, el valor final y el valor máximo (Ilustración 7).

```
Range_1 = com.ekn.gruzer.gaugelibrary.Range()
Range_2 = com.ekn.gruzer.gaugelibrary.Range()
Range_3 = com.ekn.gruzer.gaugelibrary.Range()

Range_1!!.from = 0.0
Range_1!!.to = 50.0

Range_2!!.from = 50.0
Range_2!!.to = 75.0

Range_3!!.from = 75.0
Range_3!!.to = 100.0

Range_1!!.color = Color.GREEN
Range_2!!.color = Color.YELLOW
Range_3!!.color = Color.RED

idMedidor?.setMinValue(0.0)
idMedidor?.setMaxValue(100.0)
idMedidor?.setValue(0.0) // Valor inicial
```

Ilustración 7. Consumo

También se realiza el cálculo de las mediciones que nos arroja el caudalímetro, tomando en cuenta la frecuencia y nuestro factor de conversión, posteriormente se arma la parte faltante de nuestra cadena de conexión la cual se envía a nuestra petición HTTP POST, ver ilustración 8.

```
String sSensores1, sSensores2, sSensores3, sSensores4;

//Pozo
float frecuencia_C1 = ObtenerFrecuencia(1); //obtenemos la Frecuencia de los pulsos en Hz
float caudal1_L_m = frecuencia_C1 / factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
float caudal1_L_h = caudal1_L_m * 60; //calculamos el caudal en L/h
sSensores = "pozo1=" + String(caudal1_L_m, 2);

//Casa 2
float frecuencia_C2 = ObtenerFrecuencia(2); //obtenemos la Frecuencia de los pulsos en Hz
float caudal2_L_m = frecuencia_C2 / factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
float caudal2_L_h = caudal2_L_m * 60; //calculamos el caudal en L/h
sSensores = sSensores+"&pozo2=" + String(caudal2_L_m, 2);
//enviaMensaje(sSensores, 1); //se manda la cadena y el numero asignado al dispositivo

//Casa 5
float frecuencia_C3 = ObtenerFrecuencia(3); //obtenemos la Frecuencia de los pulsos en Hz
// Serial.print ("Impresion Frecuencia3 : ");
//Serial.print (frecuencia_C3, 0);
float caudal3_L_m = frecuencia_C3 / factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
float caudal3_L_h = caudal3_L_m * 60; //calculamos el caudal en L/h
sSensores = sSensores+"&pozo5=" + String(caudal3_L_m, 2);
```

Ilustración 8. Sensores y medición

Aquí se define nuestro factor de conversión, este se determina de las especificaciones técnicas de nuestro caudalímetro y puede variar según el modelo, ilustración 9.

```
float factor_conversion = 7.5; // para convertir de frecuencia a caudal
```

Ilustración 9. Conversión

Para la construcción de la maqueta del sistema de medición y control de agua Water Network, se integró Arduino mega, junto con los sensores caudalímetros el cual permite conectarse con el mismo para obtener la medición del sensor (Ilustración 10).



Ilustración 10. Maqueta

Para la llamada de los datos a través un texto en JSON el cual se encuentra en una API, se utiliza la URL base de la aplicación Water Network. Ver ilustración 11.

```
private fun getRetrofit():Retrofit{  
    return Retrofit.Builder() Retrofit.Builder  
        .baseUrl("https://waternetapp.azurewebsites.net/") Retrofit.Builder  
        .addConverterFactory(GsonConverterFactory.create())  
        .build()  
}
```

Ilustración 11. Conexión a la URL de la aplicación

En la ilustración 12 se muestra el end point el cual será utilizado través de una red a la que está conectado el sensor. Este se encuentra en el servidor de Microsoft Azure.

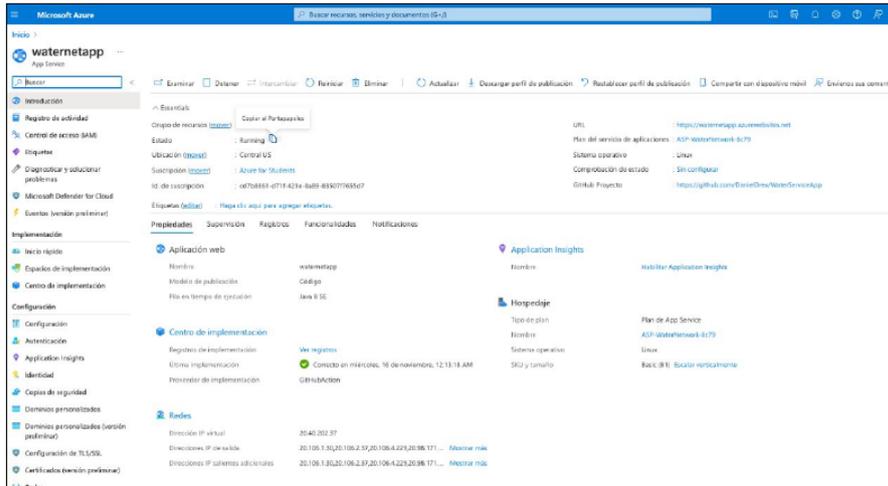


Ilustración 12. End point

Resultados y Discusión

El producto final queda definido de la siguiente manera, como se puede observar en la Ilustración 13, la API recibe la información que el usuario final ingresa al momento de realizar el registro, esta información que recibe la API la envía hacia la base de datos, de la misma manera recibe información por parte del microcontrolador Arduino esto lo hace mediante peticiones POST, y los datos obtenidos del Arduino los muestra al usuario final por medio de peticiones GET. Cabe destacar que para la comunicación entre la base datos y la API se realiza a través de controladores REST como GET, POST, PUT y DELETE, tomando como referencia la domotización de procesos (López-Tarruella, 2018).

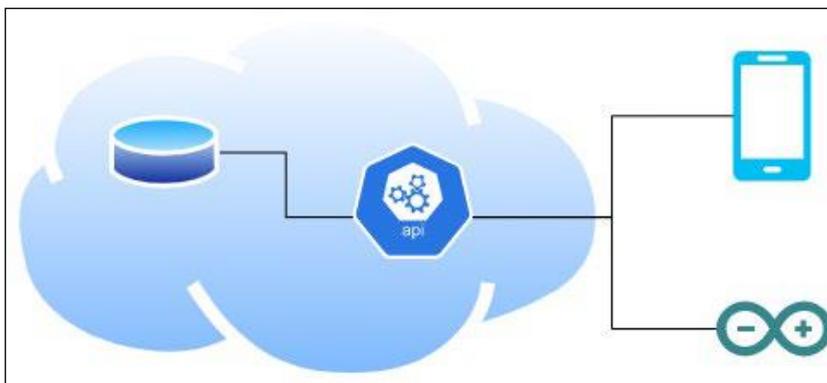


Ilustración 13. Diagrama de funcionamiento

Una vez ingresados las credenciales requeridas para el usuario como el registro de su cuenta y contraseña, se podrá consultar la información sobre la medición del estado y flujo del agua cómo se muestran en ilustración 14.

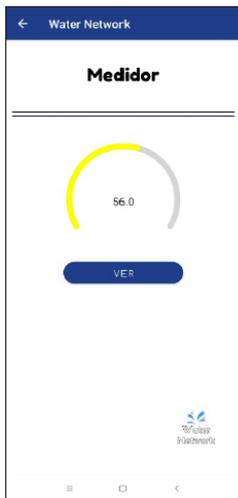


Ilustración 14. Medición de presión

Al realizar las pruebas del producto, se aplicó una encuesta de satisfacción a usuarios, en la ilustración 15 se muestran algunos resultados.



Ilustración 15 encuesta de satisfacción

Conclusiones

El desarrollo de un producto de software en a través de una metodología de investigación, en la que se detecta una necesidad imperante de un grupo de consumidores del vital líquido, aunado

al impacto que tiene el desperdicio del agua en zonas conurbadas, lleva a un estudio y análisis de tecnologías que permitan controlar, medir y reportar al usuario final, el consumo, presión y fugas de agua, para tomar decisiones en caso de que esto se refleje en su gasto o necesidad de mejora de sus tomas de agua. Además de la aplicación de conocimientos en el ámbito de la ingeniería que se deben consultar e incluir para dichas mediciones y complementarlos con el desarrollo de una aplicación móvil utilizando sensores Arduino como apoyo para su funcionalidad. Se espera que instituciones de gobierno locales y estatales que estén relacionados con el consumo y control del vital líquido se interesen en implementar políticas públicas de apoyo a este producto y del consumidor (Bohoslavsky, 2010).

Lista de Referencias

- Android Developers. (2022). Android Studio. Obtenido de <https://developer.android.com/studio>
- Arduino.cc. (2016). Arduino Home. abril 8, 2022, de Arduino Sitio web: <https://www.arduino.cc/>
- Arreguín Cortés Felipe I. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1991. Ingeniería Hidráulica en México, (2): 9-22. Repositorio Institucional del IMTA.
- Azure. (2022). ¿Qué es Azure? Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-mx/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure/>
- Bohoslavsky, Juan Pablo. Tratados de protección de las inversiones e implicaciones para la formulación de políticas públicas (especial referencia a los servicios de agua potable y saneamiento), 2010. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11362/3769>
- Carreón Guillén, J., García Lirios, C., Morales Flores, M. D. L., & Limón Domínguez, G. A. (2011). Teorías psicosociales para explicar los conflictos derivados del abastecimiento de agua en México, Distrito Federal. Pampedia (Xalapa, Ver.), (8), 56-68.
- Durán Juárez Juan M. Torres Rodríguez Alicia. Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. Espiral (Guadalaj.) vol.12 no.36 Guadalajara may./ago. 2006. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652006000200005
- Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldívar, Y., & Cervantes, V. (2009). El agua en la Ciudad de México. Ciencias, 94(094).

Herrador, R. E. (2009). Guía de usuario de Arduino.

Llamas, L. (13 de diciembre de 2016). MEDIR CAUDAL Y CONSUMO DE AGUA CON ARDUINO Y CAUDALÍMETRO. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/caudal-consumo-de-agua-con-arduino-y-caudalimetro/>

López-Tarruella Pereo, Rubén Jorge. Arduino. Sensorización y domotización de sistema de riego. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10609/81107>

PostgreSQL. (8 de septiembre de 2022). What Is PostgreSQL? Obtenido de <https://www.postgresql.org/docs/current/intro-what-is.html>

Ravelo, A. C., Sanz Ramos, R., & Douriet Cárdenas, J. C. (2014). Detección, evaluación y pronóstico de las sequías en la región del Organismo de Cuenca Pacífico Norte, México. Agriscientia, pág. 11-24.

Rodríguez Milena, Mendivelso Fredy. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CORTE TRANSVERSAL. 2018. Revista Médica Sanitas.

Salazar Adams, A., & Pineda Pablos, N. (2010). Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México. Región y sociedad, 22(49), 3-16.

Spring. (2022). ¿Por qué Spring? Obtenido de <https://spring.io/blog>