

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CONSUMO DE AGUA**

TESIS QUE PRESENTA:

Gabriel Angel Ramirez Vicente

Como requisito parcial para obtener el título de:

**MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CONSUMO DE AGUA**

TESIS QUE PRESENTA:

Gabriel Angel Ramirez Vicente

Como requisito parcial para obtener el título de:

**MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**



---

Fracción I y I S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

Agosto 2020.

La Presente tesis titulada: **Sistema Inteligente de monitoreo de Consumo de Agua**, fue realizada bajo la dirección del Consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

## **MAESTREO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

DIRECTOR:

M.S.C. MARÍA EUGENIA CARREÓN ROMERO

---

1er. CO-DIRECTOR:

M.S.C. HÉCTOR VICENTEÑO RIVERA

---

2o. CO-DIRECTOR

DR. JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOZA

---

Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla. Agosto de 2020.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán por bríndame las facilidades y las instalaciones correspondientes a mi desarrollo académico, así como, el otorgarme a los docente con las competencias y profesionalismo necesario para culminar este peldaño en mi vida.

Así mismo quiero agradecer a la Maestra María Eugenia Carreón Romero por la asesoría brindada para la culminación de la elaboración de este trabajo. A la Maestra Adriana Pérez por sus conocimientos y guía.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	III
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN.....	VI
CARTA DE ACEPTACIÓN .....	VII
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis .....	4
1.5 Preguntas de investigación .....	4
1.6 Objetivo .....	5
1.7 Objetivos específicos .....	5
1.8 Alcances.....	5
1.9 Limitaciones .....	6
1.10 Estado del arte .....	6
1.10.1 Estudios Nacionales .....	7
1.10.2 Estudios Internacionales .....	8
CAPITULO II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO .....	11
2.1 Fundamentos teóricos.....	11
2.1.1 Internet de las cosas .....	11
2.1.2 Modelos de comunicación de la IoT .....	12

2.1.2.1	Comunicación dispositivo a dispositivo.....	12
2.1.2.2	Comunicación Dispositivo a la nube .....	13
2.1.2.3	Modelo Dispositivo a Puerta de enlace.....	13
2.1.2.4	Modelo de comunicación a través de Back-end .....	15
2.1.3	Protocolos de comunicación.....	15
2.1.3.1	Protocolo Non-IP basados WPAN .....	16
2.1.3.2	Protocolos IP basador en WPAN y WLAN.....	17
2.1.3.3	Sistemas Long-Range Communication .....	19
2.1.4	Arduino .....	20
2.1.4.1	Tarjetas Arduino.....	20
2.1.4.2	Módulos IoT .....	22
2.1.5	Tipos de caudalímetro .....	25
2.1.5.1	Caudalímetro tipo turbina.....	25
2.1.5.2	Caudalímetro ultrasónico .....	26
2.1.5.3	Caudalímetros electromagnéticos .....	27
2.2	Metodología de la investigación.....	27
2.2.1	Ubicación de la investigación .....	27
2.2.2	Recolección de datos .....	28
2.2.3	Población.....	28
2.2.5	Descripción del experimento .....	29
2.2.5.1	Implementación de dispositivo.....	29
2.2.5.2	Muestreo de consumo .....	29
2.2.5.3	Recolección de los datos .....	30
2.2.6	Duración del estudio.....	30
2.2.7	Recursos .....	30
2.3	Metodología del desarrollo.....	32
2.3.1	Selección de componentes .....	32
2.3.2	Diseño del dispositivo .....	33
2.3.3	Diseño electrónico .....	34
2.3.4	Ensamble del dispositivo .....	36
2.3.5	Funcionamiento lógico del dispositivo .....	38
CAPITULO III. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS .....		41
3.1	Descripción de la implementación .....	41

3.2 Análisis de datos .....	42
3.3 Selección de pruebas estadísticas.....	47
3.4 Realización del análisis .....	48
3.4.1 Aplicación de la Prueba t.....	48
3.5 Comprobación de la hipótesis .....	52
CAPITULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	53
4.1 Resultados .....	53
4.2 Conclusiones.....	53
CAPITULO V. BIBLIOGRAFÍA .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación de habitantes en hogares seleccionados .....	28
Tabla 2 Presupuesto de implementación .....	32
Tabla 3 Comparativa y porcentajes de reducción de consumo.....	47
Tabla 4 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 1 utilizadas para prueba t.....	49
Tabla 5 Resultados de análisis prueba t Hogar 1 .....	49
Tabla 6 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 2 utilizadas para prueba t.....	50
Tabla 7 Resultados de análisis prueba t Hogar 2.....	50
Tabla 8 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 3 utilizadas para prueba t.....	51
Tabla 9 Resultados de análisis prueba t Hogar 3.....	51



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ejemplo de modelo de comunicación Dispositivo a Dispositivo (Tschofenig, 2015).....	12
Ilustración 2 Ejemplo de modelo de comunicación Dispositivo a la Nube (Tschofenig, 2015).....	13
Ilustración 3 Ejemplo de comunicación Dispositivo a Puerta de enlace (Tschofenig, 2015).....	14
Ilustración 4 Ejemplo de modelo de comunicación Back-end (Tschofenig, 2015). .....	15
Ilustración 5 Modelos tarjeta de desarrollo ESP .....	23
Ilustración 6 Tarjeta de desarrollo XBee.....	24
Ilustración 7 Ubicación de los hogares seleccionados. Fuente GoogleMaps....	27
Ilustración 8 Sistema mecánico .....	33
Ilustración 9 Carcasa del dispositivo. ....	34
Ilustración 10 Dispositivo ensamblado .....	34
Ilustración 11 Diagrama modular del sistema electrónico. ....	35
Ilustración 12 Diseño esquemático de la placa de alimentación. ....	35
Ilustración 13 Diseño PCB de la tarjeta de control. ....	36
Ilustración 14 Tarjeta de control ensamblada.....	36
Ilustración 15 Ensamble sensor YF-s201 y servo-válvula. ....	37
Ilustración 16 Ubicación de componentes en carcasa. ....	37
Ilustración 17 Dispositivo ensamblado. ....	37
Ilustración 18 Diagrama de flujo del sistema de muestreo. ....	39
Ilustración 19 Sistema de conexión a servicio web .....	40
Ilustración 20 Implementación del dispositivo .....	41
Ilustración 21 Muestras obtenidos por el dispositivo. ....	42
Ilustración 22 Consumo de agua del hogar 1 durante la etapa 1 .....	43
Ilustración 23 Consumo de agua del hogar 2 durante la etapa 1 .....	43
Ilustración 24 Consumo de agua del hogar 3 durante la etapa 1 .....	44
Ilustración 25 Consumo de agua del hogar 1 durante la etapa 2 .....	45
Ilustración 26 Consumo de agua del hogar 2 durante la etapa 2 .....	46

Ilustración 27 Consumo de agua del hogar 3 durante la etapa 2 .....	46
Ilustración 28 Comparación de consumos promedios de las etapas 1 y 2.....	47

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

6.1 Código calculo caudal.....	58
6.2 Código conexión servicio web .....	60

## RESUMEN

En esta tesis se presenta el problema del monitoreo de consumo de agua y se propone una solución basada en un dispositivo IoT. Un dispositivo IoT es aquel que tiene la capacidad de transferir información dentro de una red sobre los parámetros de su entorno, se caracterizan por ser de bajo consumo y sus principales aplicaciones son de monitoreo o pequeñas aplicaciones dentro de la industria y el hogar.

El consumo no controlado de agua potable conlleva un riesgo para el medio ambiente y para la calidad de vida de las personas, estos problemas empiezan a percibirse en la actualidad, desde localidades sin acceso a este servicio, hasta grandes ciudades con escasez de este fluido. La OMS establece un consumo de 100 litros por persona para cubrir sus necesidades básicas, este parámetro aplica a localidades urbanas, lo cual llevado a la práctica conlleva un uso de 200 litros por persona en promedio generado un desperdicio enorme.

En el presente trabajo se desarrolló un sistema IoT basado en un sensor de efecto Hall y su conexión vía Wi-Fi para la transmisión de la información generada por el monitoreo. Que nos permite conocer el consumo y caudal de agua casi en tiempo real. Aunque el dispositivo desarrollado es invasivo a la línea hidráulica del hogar, es de fácil instalación.

# CARTA DE ACEPTACIÓN

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 Introducción**

En la actualidad el agua es un recurso de vital importancia para el desarrollo económico, agrícola y social. El agua es empleada de diversas formas en la actividades humanas, en México se clasifican 4 usos diferentes: uso agrícola, abastecimiento público, generación de energía eléctrica y la industria.

Los sistemas de abastecimiento permiten distribuir este líquido hasta los diferentes puntos de consumo, pero estos sistemas no son perfectos ya que se ven condicionados a partir de la disponibilidad del fluido en sus reservas, provocando desabastecimiento en ciertos lugares. El sector más afectado corresponde al abastecimiento público debido al crecimiento exponencial de las ciudades y zonas semiurbanas. De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud) una persona necesita como mínimo de cincuenta litros de agua diarios para mantener un nivel de vida adecuado: 5 para beber, 20 para limpieza, 15 para higiene personal y 10 para la preparación de alimentos,

mientras que para un consumo urbano la OMS prevé como mínimo el consumo de 100 litros por persona.

De acuerdo con Raciél Flores Quijano investigador de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) en el estado de Puebla cada habitante consume más de 200 litros de agua, y consideramos que en el estado habitan seis millones de personas, esto representa un gasto diario de un mil doscientos millones de litros diarios (Zambrano, 2016). Si se pudiera reducir el consumo de agua per cápita a lo establecido por la OMS (como en las ciudades europeas) representaría un ahorro de seiscientos millones de litros diarios que favorecería en la recuperación natural de los cuerpos de agua de los cuales se obtiene el vital líquido ya se estima que en 2023 algunas ciudades del estado presentarían inconvenientes de suministro debido al incremento poblacional y la veda de los mantos acuíferos de los cuales se abastecen (Benemérita Universidad del Estado de Puebla, 2018).

## **1.2 Planteamiento del problema**

El abastecimiento del agua en México afronta diferentes problemáticas que van desde la sobreexplotación de los mantos acuíferos, los problemas en la red de distribución del agua, la contaminación y la falta de un control sobre las concesiones, incluyendo la parte agrícola.

En México se otorga relativamente un mayor énfasis a la gestión de la demanda, mientras el lado de la oferta es poco atendido. Una propuesta adecuada en la administración del recurso contribuiría a optimizar su uso.

Uno de los factores que pueden mejorar este abastecimiento es el uso de la tecnología y planificación inteligente, ya que estas pueden ayudar a mejorar la distribución del agua. La ausencia de un sistema de control de consumo doméstico de agua genera en los usuarios un consumo desorbitante lo que repercute en situaciones de desabasto temporal que afectan en la salud e higiene de los consumidores.

En algunas ciudades de México la regulación de este vital líquido se realiza por medidores analógicos y en algunas otras no existe, esto provoca que el usuario mantenga un consumo descontrolado y no genere la conciencia del ahorro de este vital líquido. Por lo que se requiere implementar dispositivos de monitoreo de consumo doméstico con el fin de controlar el abastecimiento en los hogares.

### **1.3 Justificación**

La importancia de esta investigación radica en que la escasez del agua es un problema en aumento, debido al incremento en la población y a la expansión de las ciudades. Tan solo en el estado de Puebla los municipios, Tecamachalco, Izúcar de Matamoros y Puebla presentarán este problema en los próximos 5 años, por lo cual es necesario la implementación de estrategias para reducir su uso por los usuarios domésticos, ya que en promedio los habitantes de este estado gastan aproximadamente 200 litros diarios (Zambrano, 2016), lo que excede en un 100% el promedio definido por la OMS. Una de las medidas que puede favorecer al ahorro de este recurso es la aplicación de la tecnología en el monitoreo y control de consumo de agua, lo que permitirá a los consumidores

el llevar un control responsable en las viviendas, además de generar en estos la conciencia del cuidado de este vital líquido.

Para solucionar el problema del uso excesivo de agua por los usuarios domésticos se requiere implementar un dispositivo IoT de monitoreo de consumo de agua (Libelium, 2017), el cual se coloque en la tubería principal del inmueble que obtendrá los datos discretos de flujo, así como, el envío de la información de consumo. Dicho dispositivo deberá mostrar la información al usuario a través de una interfaz simple, donde se visualizarán estadísticas y notificaciones con el fin de concientizar a los usuarios.

La aplicación de este dispositivo puede generar en los usuarios domésticos la reducción de consumo de agua, tan solo en la ciudad de Puebla que cuenta con aproximadamente 1,576 millones de habitantes (INEGI, 2015), la reducción de su consumo promedio (200 litros por habitante) en un 15% generaría un ahorro de 47,280 millones de litros diarios.

#### **1.4 Hipótesis**

Conocer los datos de uso diario de agua en los hogares a través de un dispositivo medidor de caudal provocará una reducción de consumo aproximada del 15%.

#### **1.5 Preguntas de investigación**

- ¿Un dispositivo basado en la medición de caudal podrá monitorear el consumo de agua de uso doméstico?



## **1.6 Objetivo**

Diseñar e implementar un dispositivo medidor de caudal de agua en tres hogares de la localidad de Tequimila en el municipio de Chignautla, Puebla con el fin de reducir los consumos a 100 litros diarios como lo propone la OMS.

## **1.7 Objetivos específicos**

- Determinar las características y requerimientos del dispositivo.
- Desarrollar el prototipo medidor de caudal de agua.
- Determinar y desarrollar el tipo de interfaz en la que el usuario visualizará los datos de consumo.
- Generar una base de datos para el almacenamiento de la información recolectada.
- Procesar la información obtenida del dispositivo para generar estadísticas de consumo.

## **1.8 Alcances**

- Desarrollo de un dispositivo que mida el consumo de agua de usuarios domésticos.
- Describir los consumos de agua promedios de los usuarios domésticos a partir de un dispositivo de monitoreo.
- Generar en los usuarios domésticos conciencia sobre el ahorro del agua.

### **1.9 Limitaciones**

- Debido a la recolección de datos para el estudio, la implementación de dispositivos solo se realizará en los lugares que cuente con una red inalámbrica, esto con el fin de recolectar los datos muestreados.
- Debido a las características de implementación del dispositivo en algunos casos se debe adecuar la instalación de agua potable.

### **1.10 Estado del arte**

Desde hace algunos años la importancia de mejorar las conductas de consumo de agua potable han ido en aumento, esto debido a que la cultura del ahorro es primordial para conservar este vital líquido, lo que ha generado el desarrollo de productos y estudios enfocados en dispositivos que brindan herramientas al usuario o concesionario del servicio en estas actividades. Por lo cual podemos definir que el control y monitoreo del consumo de agua no es algo nuevo, y más aun con el impacto que ha provocado la implementación de IoT para el monitoreo y captura de información del entorno, generando productos para realizar esta operación dedicados en su mayoría a la gestión del consumo en las líneas de distribución de agua.

En México se han realizado trabajos similares, así como, en el resto del mundo, por lo cual este punto será dividido en dos apartados, uno dedicado a trabajos nacionales y otro a los estudios internacionales.

### 1.10.1 Estudios Nacionales

(Cézares, Rodríguez, & Ramirez, 2014) presentan un trabajo que consiste en el diseño e implementación de un sistema electrónico enfocado en el monitoreo remoto e inalámbrico del uso de agua potable en aplicaciones residenciales y comerciales de bajo consumo. El cual está basado en un tarjeta electrónica que incluye un microcontrolador Atmel32U4 con bootloader Arduino y un módulo de comunicación Xbee. El cual es capaz de operar de forma colaborativa en redes con topología de malla con otras unidades similares con objetivos afines de telemedición. El sistema opera con un sensor de flujo de líquidos de tipo propela basado en efecto hall, el cual puede medir consumos de hasta 30 litros por minuto e implementa un código de integración numérica para llevar control de lecturas de consumo acumulado y reportes por fecha y hora. A partir de los experimentos realizados se determinó el tiempo de respuesta y caracterización del sistema.

En el trabajo de (Sanchez, 2017) define un prototipo de un dispositivo de bajo consumo energético que se incorpora a las salidas de agua de ½ pulgada en casas habitación, para informar al usuario su consumo diario. Se utilizó la red de la empresa SigFox ya que se enfoca en el concepto de “internet de las cosas”.

El artículo de (Ruiz, Esquivel, Rodríguez, Rodríguez, & Duarte, 2018) se describe el diseño, elaboración e implementación de un sistema de riego empleando hardware y software libre, sensores, actuadores, telefonía móvil y servidores web, con el fin de crear un ambiente apropiado para que el Internet de las Cosas (IoT) y la Agricultura de Precisión ofrezcan al usuario una

plataforma amigable para el monitoreo y control del riego en un invernadero inteligente.

#### 1.10.2 Estudios Internacionales

En Costa Rica la empresa LAIN HOLDING ofrece el producto Aqua el cual es una plataforma de software y hardware que permite la telelectura, monitorización y gestión de todo el proceso del suministro de agua, incluyendo la gestión del medidor de agua. Este producto está destinado a empresas y gestoras de agua, públicas y privadas, permite la lectura remota de los contadores sin la presencia humana, además de brindar alertas, apps para consulta y procesos completos de facturación y de transición del proceso actual al modelo automático (LAINHOLDING, 2020).

En España la empresa IOTSENS tiene toda una línea dedicada al monitoreo de consumo de agua llamada IOTSENS Water, la cual consta de software y hardware en las cuales aplica técnicas de IoT para la transmisión de la información. Dentro de esta línea destaca el producto denominado Watchmeter Data Logger el cual tiene la función de registrar datos a una frecuencia superior a 50 Hz en el tiempo por medio de instrumentos y sensores (en su totalidad ultrasónicos) que permiten al usuario discriminar entre su consumo de agua, gas, etc. detectando “patrones de flujo”. Este línea está orientada a las empresas encargadas de la gestión de agua potable y energía (IOTSENS, 2020).

Del ejemplo anterior se desplegó un estudio realizado por FACSA en colaboración con IoTsens, esto con el fin de llevar a cabo un control exhaustivo del consumo de agua de los clientes, detectar con mayor facilidad fugas, averías, fraudes y manipulaciones, y realizar una gestión eficiente de los recursos hídricos, ha implantado en la ciudad española de Castellón de la Plana y en varias ciudades de Arabia Saudí, un proyecto para la gestión inteligente del agua, basado en el uso de la Plataforma Facsa-IoTsens “Smart Water”. Para el desarrollo del Proyecto de Telectura, se han instalado diversos contadores inteligentes a los que se les ha implantado un módulo de comunicación junto con un sistema de alarmas para la detección de anomalías. Esta plataforma, que se puede integrar dentro de la plataforma Smart Cities de IoTsens, dispone de una configuración abierta para que de este modo pueda ser fácilmente integrada con sistemas de terceros (Bagán, Ortiz, & Llopis, 2019).

Otra empresa que incursiona en este ramo es Kamstrup la cual tiene dentro de su catálogo su producto MULTICAL 21 el cual es un contador de agua ultrasónico optimizado para el uso residencial, además tiene comunicación integrada y la lectura remota se realiza fácilmente a través de una red fija. Este producto incluye alarmas inteligentes del contador de agua ultrasónico que le permiten detectar fugas y roturas, así como, otras irregularidades como los intentos de manipulación o el caudal inverso de forma rápida y eficaz. Esto limita la pérdida de agua, así como los daños colaterales (Kamstrup, 2020).

En estados unidos la empresa FUID Labs, Inc. Desarrolla un dispositivo de nombre FLUID Water Meter el cual es un medidor de agua inteligente diseñado para medir el uso de agua en los hogares, este dispositivo utiliza una aplicación

para comprender y rastrear exactamente cuándo, dónde y cuánta agua se consume a diario, lo que permite a los usuarios monitorear y reducir el uso personal del agua para la conservación de esta.

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGÍA Y DESARROLLO**

#### **2.1 Fundamentos teóricos**

##### **2.1.1 Internet de las cosas**

El término “internet de las Cosas” (IoT) fue empleado por primera vez en 1999 por el pionero británico Kevin Ashton para describir un sistema en el cual los objetos del mundo físico se podían conectar a internet por medio de sensores. Hoy en día, el termino se ha popularizado para describir escenarios en los que la conectividad a internet y la capacidad de cómputo se extienden a una variedad de objetos, dispositivos, sensores y artículos de uso diario.

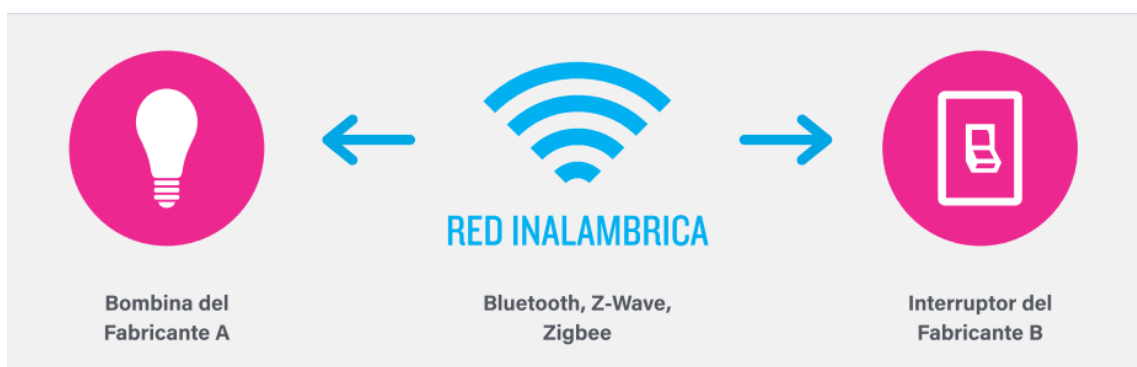
La IoT representa la convergencia de una variedad de tendencias en las áreas de la computación y la conectividad que se vienen dando desde hace muchas décadas. En la actualidad, una amplia gama de sectores de la industria (Salud, manufactura, electrónica de consumo y para el hogar) están incorporando la tecnología IoT en sus productos, servicios y operaciones (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).

## 2.1.2 Modelos de comunicación de la IoT

Desde el punto de vista operativo, es útil pensar en cómo se conectan y comunican los dispositivos de la IoT en términos de sus modelos de comunicación. En marzo de 2015, el Comité de Arquitectura de Internet (IAB) dio a conocer un documento para guiar la creación de redes de objetos inteligentes (RFC 7452) (Tschofenig, 2015), que describe un marco de cuatro modelos de comunicación comunes que utilizan los dispositivos de la IoT.

### 2.1.2.1 Comunicación dispositivo a dispositivo

El modelo de comunicación dispositivo a dispositivo representa dos o más dispositivos que se conectan y se comunican directamente entre sí y no a través de un servidor de aplicaciones intermediario. Estos dispositivos se comunican sobre muchos tipos de redes, entre ellas las redes IP o la Internet. Sin embargo, para establecer comunicaciones directas de dispositivo a dispositivo, muchas veces se utilizan protocolos como Bluetooth, Z-Wave o ZigBee (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).

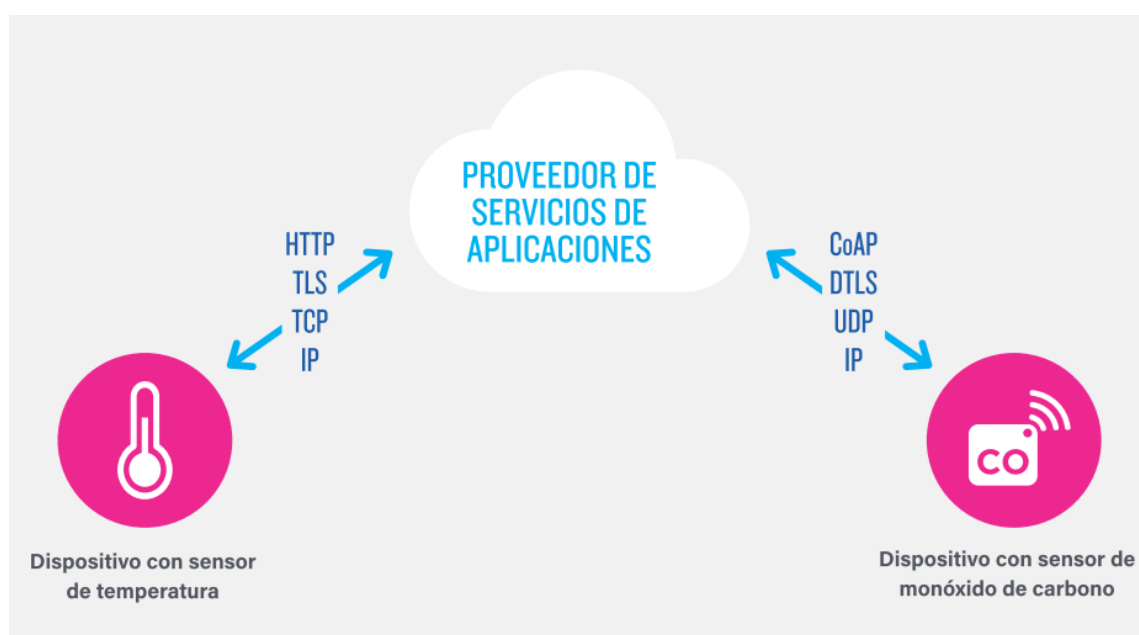


*Ilustración 1 Ejemplo de modelo de comunicación Dispositivo a Dispositivo (Tschofenig, 2015).*



### 2.1.2.2 Comunicación Dispositivo a la nube

En un modelo de comunicación de dispositivo a la nube, el dispositivo de la IoT se conecta directamente a un servicio en la nube, como por ejemplo un proveedor de servicios de aplicaciones para intercambiar datos y controlar el tráfico de mensajes. Este enfoque suele aprovechar los mecanismos de comunicación existentes (por ejemplo, las conexiones Wi-Fi o Ethernet cableadas tradicionales) para establecer una conexión entre el dispositivo y la red IP, que luego se conecta con el servicio en la nube (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).



*Ilustración 2 Ejemplo de modelo de comunicación Dispositivo a la Nube (Tschofenig, 2015).*

### 2.1.2.3 Modelo Dispositivo a Puerta de enlace

En el modelo dispositivo a puerta de enlace, o más generalmente el modelo dispositivo a puerta de enlace de capa de aplicación (ALG), el dispositivo de la IoT se conecta a través de un servicio ALG como una forma de llegar a un

servicio en la nube. Dicho de otra manera, esto significa que hay un software de aplicación corriendo en un dispositivo de puerta de enlace local, que actúa como intermediario entre el dispositivo y el servicio en la nube y provee seguridad y otras funcionalidades tales como traducción de protocolos o datos. En los dispositivos de consumo se utilizan diferentes formas de este modelo. En muchos casos, el dispositivo de puerta de enlace local es un teléfono inteligente con una aplicación para comunicarse con un dispositivo y transmitir datos a un servicio en la nube (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).

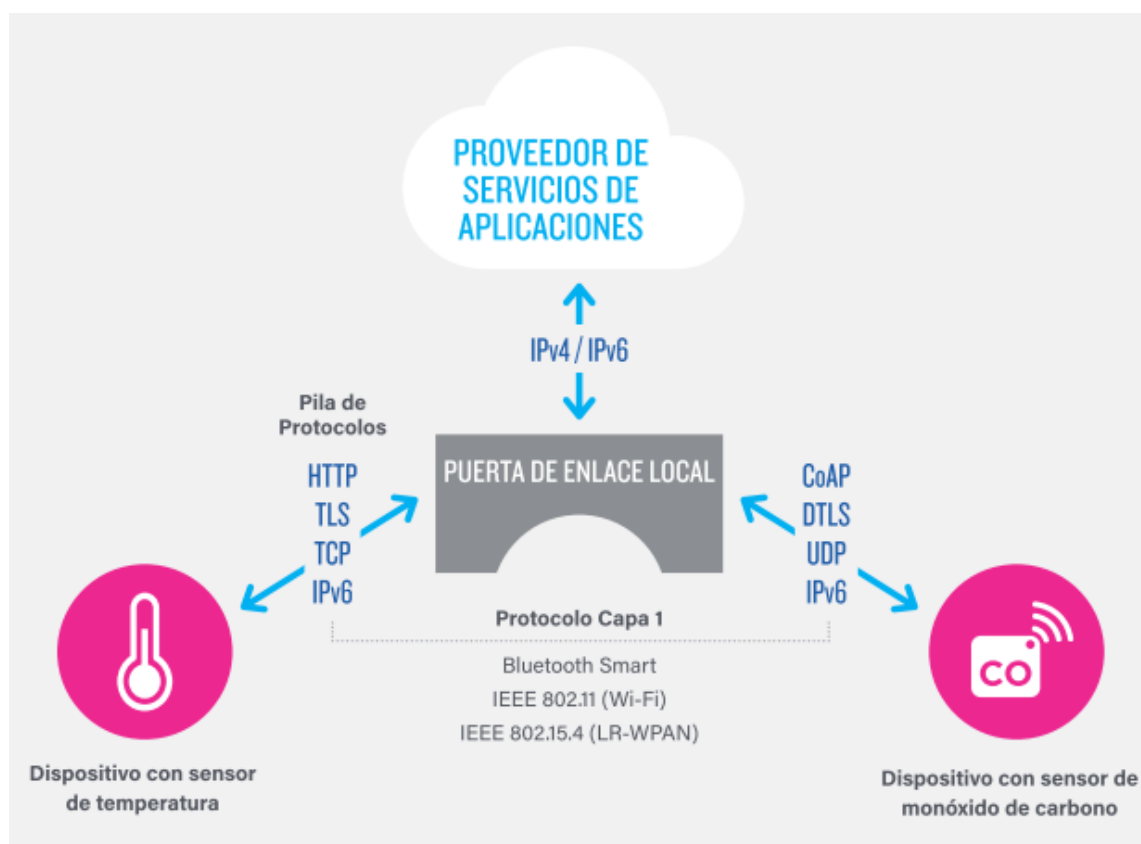


Ilustración 3 Ejemplo de comunicación Dispositivo a Puerta de enlace (Tschofenig, 2015).

#### 2.1.2.4 Modelo de comunicación a través de Back-end

El modelo de intercambio de datos a través del back-end se refiere a una arquitectura de comunicación que permite que los usuarios exporten y analicen datos de objetos inteligentes de un servicio en la nube en combinación con datos de otras fuentes. Esta arquitectura soporta “el deseo del usuario de permitir que terceros accedan a los datos subidos por sus sensores”. Este enfoque es una extensión del modelo de comunicación tipo ‘dispositivo único a la nube’, que puede llevar a la existencia de silos de datos donde “los dispositivos de la IoT suben datos a un único proveedor de servicios de aplicaciones”. Una arquitectura de intercambio de datos a través del back-end permite agregar y analizar los datos recogidos de flujos obtenidos de un solo dispositivo de la IoT (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).

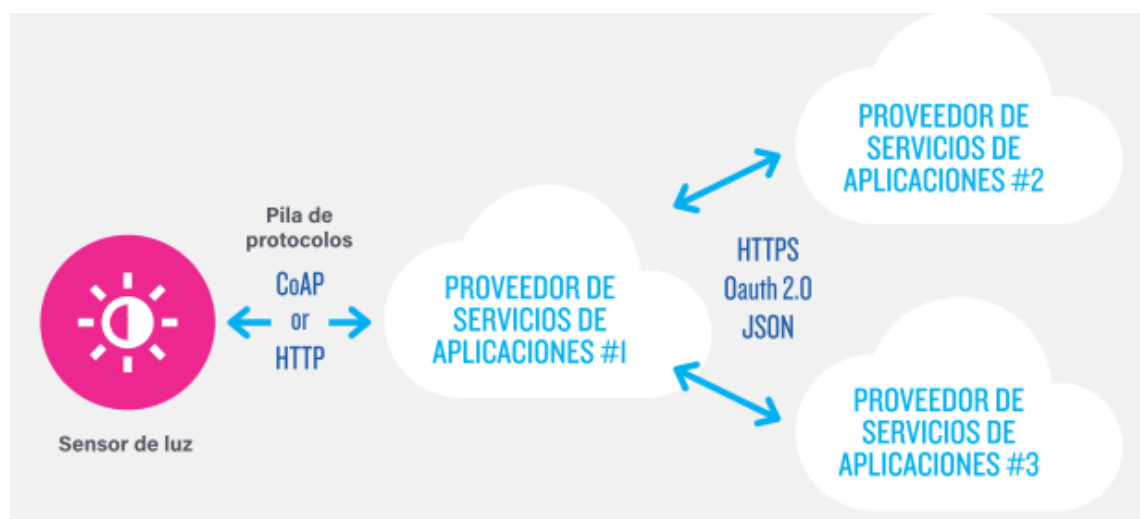


Ilustración 4 Ejemplo de modelo de comunicación Back-end (Tschofenig, 2015).

#### 2.1.3 Protocolos de comunicación

En un entorno IoT, la comunicación a un sensor o actuador puede ser un cable o una red inalámbrica de área personal (WPAN). La conectividad basada en

cables aún se encuentra en uso, pero su uso se limita a industrias con bajo nivel tecnológico y áreas que no son amigables con la radiofrecuencia. Hay una amplia variedad de diferentes canales de comunicación entre el objeto y la internet; algunos de estos pueden estar basados en una conexión bajo una IP (Internet protocol tradicional y otros que no usan una IP para la comunicación).

#### 2.1.3.1 Protocolo Non-IP basados WPAN

Los sistemas de comunicación no IP están optimizados para minimizar los costos y el gasto de energía. Estos tipos de sistemas de comunicación operan dentro de los rangos de hasta aproximadamente 200 metros. Dentro de los protocolos que trabajan sin una IP tenemos los siguientes:

##### 1) Bluetooth

Es una tecnología de conectividad inalámbrica de baja potencia utilizada de manera generalizada en tecnología para teléfonos celulares, sensores, tableros y sistemas de videojuegos. Esta se ha utilizado ampliamente en implementaciones de IoT durante algún tiempo, siendo el dispositivo principal cuando se usa en modo de baja energía para balizas, sensores inalámbricos, sistemas de seguimiento de activos, controles remotos, monitores de salud y sistemas de alarma. El éxito y la omnipresencia del Bluetooth sobre otros protocolos se pueden atribuir al tiempo, la facilidad de licencia y la ubicuidad en los dispositivos móviles (Lea, 2020).

## 2) IEEE 802.15.4

Es un estándar WPAN definido por el grupo de trabajo IEEE 802.15. El modelo fue ratificado en 2003 y forma la base de muchos otros protocolos. Este solo define la parte inferior de la pila (PHY y capa de enlace de datos) y no la capa superior. Depende de otros consorcios y grupos de trabajo construir una solución de red completa. El objetivo de 802.15.4 y los protocolos que lo integran es un WPAN de bajo costo con bajo consumo de energía.

Zigbee: Es un protocolo basado en 802.15.4 pero utiliza capas en servicios de red similares a TCP / IP. Puede formar redes, visualizar dispositivos, proporcionar seguridad y administrar la red. No proporciona servicios de transporte de datos o un entorno de ejecución de aplicaciones. Debido a que es esencialmente una red de malla, es autorreparable y en forma ad hoc. Además, utiliza una pila de protocolos ligera (Lea, 2020).

## 3) Z-Wave

Es un protocolo WPAN utilizado principalmente para la automatización del consumidor y del hogar, y cuenta con alrededor de 2100 productos que utilizan su tecnología. Este es un protocolo cerrado en su mayor parte con fabricantes de módulos de hardware limitados (Lea, 2020).

### 2.1.3.2 Protocolos IP basador en WPAN y WLAN

Soportar la capa IP en los protocolos consume muchos recursos que podrían ser usados en otro lugar. Sin embargo, existen beneficios claves en implantar

IoT en sistemas que permiten comunicarse a los dispositivos mediante TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

### 1) 6LoWPAN

Las redes 6LoWPAN son redes en malla que se encuentran en la periferia de redes más grandes. Dentro de esta red en malla se pueden encontrar topologías flexibles, permitiendo punto a punto y redes disjuntas, sin ningún tipo de conexión a Internet, o también pueden estar conectadas al Backbone (conexión principal que une routers secundarios con servidores privados) o a Internet usando routers secundarios/superficiales (Lea, 2020).

### 2) Thread

Este es un protocolo de red relativamente nuevo para IoT y está basado en IPV6. Su principal aplicación es en la conectividad dentro del hogar y la domótica. Thread también está basado en redes de malla, haciéndolo atractivo para sistemas de iluminación, con un máximo de 250 dispositivos dentro de la misma red. Todas las comunicaciones usan la encriptación AES (Advanced encryption Standard) (Lea, 2020).

### 3) IEEE 802.11

Uno de los primeros en adoptar las bandas ISM que la FCC liberó para uso sin licencia fue la tecnología IEEE. El IEEE es un conjunto de protocolos con una rica historia y diferentes casos de uso. Es la sección que define el Controlador de acceso a medios (MAC) y la capa física (PHY) de una pila de red (Lea, 2020).

### 2.1.3.3 Sistemas Long-Range Communication

#### 1) Cellular connectivity

La forma más predominante de comunicación es la radio celular y específicamente los datos móviles. Los dispositivos de comunicación móvil han existido desde hace muchos años antes de la tecnología celular, tenían cobertura limitada, compartían el mismo espacio de frecuencia y básicamente eran radios de doble sentido. (Lea, 2020)

#### 2) Lora

El protocolo LoRa tiene un rango de alcance de 2 a 5 km en áreas urbanas y de 15 km en áreas suburbanas. La arquitectura está basada en las siguientes bandas ISM del espacio de licencia gratuita: 915 MHz en EEUU, 868 MHz en Europa y 433 MHz en Asia. Tiene una velocidad de transferencia de datos de 0,3 a 5 kbps, y un tamaño de 0 a 250 bytes por paquete (Lea, 2020).

#### 3) Sigfox

Sigfox es un protocolo LPWAN que funciona en banda estrecha, desarrollado en 2009 en Toulouse, Francia. Esta es otra tecnología LPWAN que usa las bandas sin licencia ISM para un protocolo privado, requiriendo una suscripción de pago para su uso. Sigfox es una tecnología patentada y cerrada. Mientras que su hardware es abierto, la red no lo es. Esto es debido a que la empresa Sigfox, junto a Cellnex Telecom, ha instalado diversas estaciones base por todo el mundo para dar cobertura a todos sus dispositivos. Cada una de estas estaciones base puede estar formada por hasta un millón de nodos, creando así una red en estrella (Lea, 2020).

## 2.1.4 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida: activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Puede decirle a su placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado ) y el software Arduino (IDE) , basado en el procesamiento (ARDUINO, s.f.).

### 2.1.4.1 Tarjetas Arduino

La evolución de la plataforma Arduino a dado como resultado la creación de un gran número de tarjetas de desarrollo con diferentes características, las principales se mencionan a continuación.

- Arduino UNO: Es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio (Arduino, s.f.).
- Arduino Micro: Es una placa de microcontrolador basada en ATmega32U4, desarrollada en conjunto con Adafruit. Tiene 20 pines de entrada / salida digital (de los cuales 7 se pueden usar como salidas



PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable micro USB para comenzar. Tiene un factor de forma que le permite colocarse fácilmente en una placa de pruebas (Arduino, s.f.).

- Arduino nano: Es un tablero pequeño, completo y amigable basado en el ATmega328. Tiene más o menos la misma funcionalidad que Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Carece solo de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar (Arduino, s.f.).
- El Arduino Mega 2560: Es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada/salida digital (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar (Arduino, s.f.).

#### 2.1.4.2 Módulos IoT

##### 1) ESP8266

El ESP8266 es un microcontrolador perteneciente a una nueva generación de computadores embebidos que ya no sólo limita sus comunicaciones a medios alámbricos y radio sino que también dispone de conexión inalámbrica a la Internet por WIFI. El uso de los microcontroladores principalmente cumplen funciones de control, monitoreo y automatización en tiempo real. Para el ESP8266 estas funciones siguen siendo las mismas pues dispone de las herramientas de hardware y software necesarias que le permite ejercer dichas funciones, además de esto al disponer de la comunicación por WIFI en conjunto con una antena integrada hace que dichas funciones las pueda realizar de una forma mucho más completa (Valderrama & Brea, 2018).

Este microcontrolador puede hallarse en diferentes módulos o tarjetas de desarrollo, las más conocidas son:

- ESP8266 modelo ESP-01: La virtud de este modelo es que incluye un par de pines digitales disponibles GPIO0 y GPIO2, pero si al arrancar el módulo el GPIO0 está a GND, entra en modo de programación por lo que no conviene usarlo como entrada sino solo como salida.
- ESP8266 modelo ESP-02: Tiene 3 pines digitales al exterior GPIO0, GPIO2, y GPIO15 y además acepta una antena WIFI externa lo que le hace muy interesante, para montajes que requieran alcance de la señal WIFI.

- ESP8266 modelo ESP-03: Es uno de los módulos más interesantes porque dispone de más pines que el ESP-01, Saca los pines GPIO 2, 12, 13, 14, 15,16 e incluye una antena cerámica.
- ESP8266 modelo ESP-05: Su mayor interés es para usarlo con Arduino y otros micros como un simple módulo WIFI con comandos AT. No extra ningún pin GPIO y viene con conectores supuestamente capaces de encajar en la protoboard.
- ESP8266 modelo ESP-12: Este es probablemente uno de los modulas más interesantes, porque te da acceso a todos los pines del ESP8266, 11 GPIOs más 1 convertidor analógico a digital con antena integrada y buen alcance.
- ESP8266 NodeMCU: Todos los pines disponibles del ESP8266 disponibles en el exterior y además incluye un conector mini USB para programar el chip interno y comunicarse con el PC si es necesario.

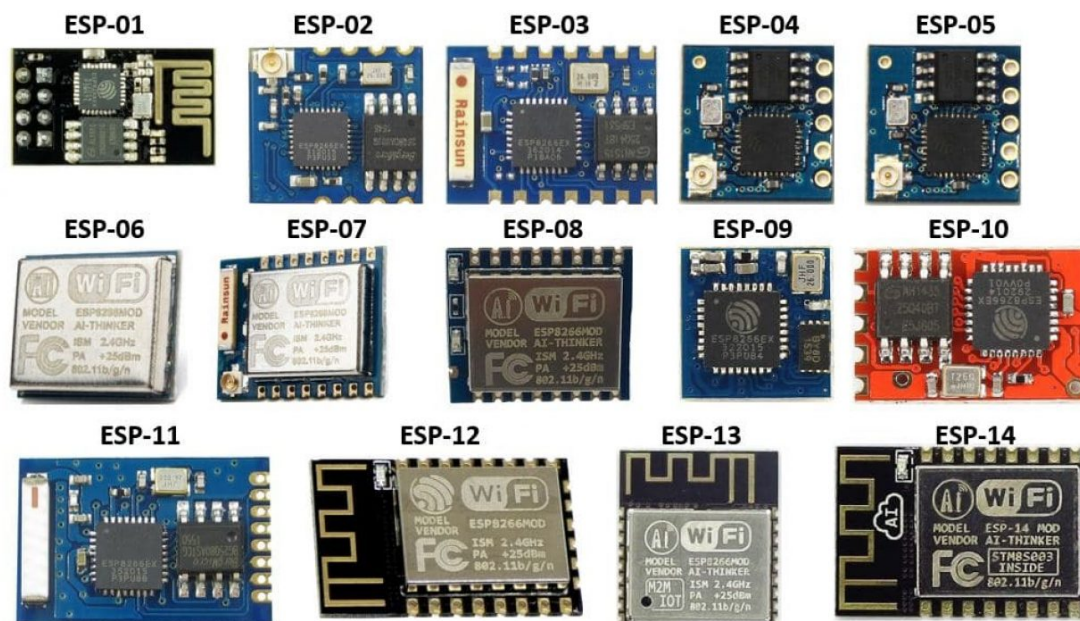


Ilustración 5 Modelos tarjeta de desarrollo ESP

## 2) XBee

XBee es el nombre comercial del Digi de una familia de módulos de comunicación por radio y están basados en el estándar zigbee, pero digi tiene muchos Xbee y algunos son zigbee estándar y otros son propietarios o modificaciones del estándar. Existen muchos módulos Xbee basados en el estándar IEEE 802.15.4

Los módulos Xbee han sido diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar (Aprendiendoarduino, 2016).

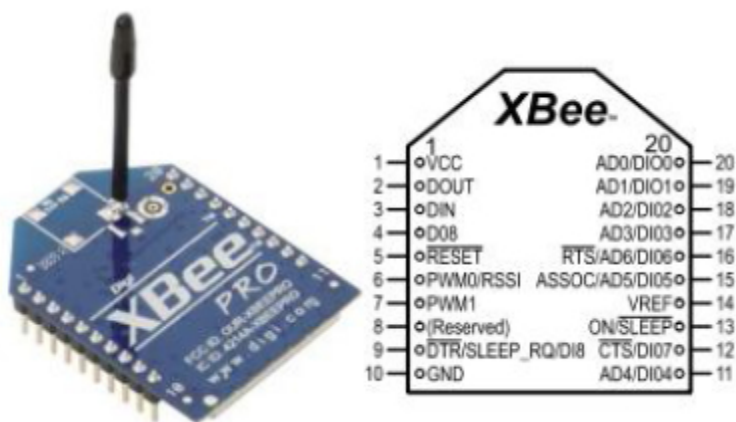


Ilustración 6 Tarjeta de desarrollo XBee

## 3) Arduino MKRFOX1200

La placa Arduino MKRFOX1200 es una de las placas de prototipado más dotadas para el Internet de las Cosas o IoT. A día de hoy disponemos de 4 modelos.

- Arduino MKR1000 (WiFi)
- Arduino MKRFOX1200 (SigFox)

- Arduino MKRWAN1300 (LoRa)
- Arduino MKRGSM1400 (GSM)

Aunque cada una de ellas utiliza una tecnología diferente para conectarse a Internet, todas tienen el mismo cerebro: el microcontrolador el SAMD21 Cortex-M0+. Este microcontrolador no tiene capacidad de conectarse a Internet sin embargo, cada placa incorpora un módulo específico para cada tecnología inalámbrica (ProgramarFacil, s.f.).

## 2.1.5 Tipos de caudalímetro

### 2.1.5.1 Caudalímetro tipo turbina

El caudalímetro de turbina (turbina axial) fue inventado por Reinhard Woltman y es un medidor de caudal preciso y fiable para líquidos y gases. Consiste en un tubo, con conexiones en sus extremos, y un rotor magnético de hélice libre (rotor) montado en el interior, en línea con el flujo. El rotor se asienta en un eje, que a su vez está suspendido en el flujo por dos soportes. A medida que fluye el medio, se aplica una fuerza sobre las alas del rotor. El ángulo y la forma de las alas transforman la fuerza horizontal en una fuerza perpendicular, creando rotación. Por lo tanto, la rotación del rotor es proporcional a la fuerza aplicada por el flujo.

Un sensor (pick-up) está montado encima del rotor. Cuando los álabes magnéticos pasan por el pick-up, se genera una señal por cada álabe que pasa. Esto proporciona una señal pulsada proporcional a la velocidad del rotor y

representa pulsos por unidad volumétrica. Y como tal, la velocidad del caudal también (Rosetta Technology Solutions, 2019).

#### 2.1.5.2 Caudalímetro ultrasónico

Un caudalímetro ultrasónico (caudalímetro Doppler no intrusivo) es un caudalímetro volumétrico que requiere partículas o burbujas en el flujo. El caudalímetro ultrasónico es ideal para aplicaciones de aguas residuales o cualquier líquido sucio que sea conductivo o a base de agua. En general, estos sensores no funcionan con agua destilada o agua potable. Se requerirán aireaciones en las aplicaciones de líquidos limpios. Los caudalímetros ultrasónicos también son ideales para aplicaciones en las que se requiere una baja caída de presión, compatibilidad química y bajo mantenimiento.

El principio de funcionamiento del caudalímetro ultrasónico emplea el cambio de frecuencia (efecto Doppler) de una señal ultrasónica cuando la reflejan partículas suspendidas o burbujas de gas (discontinuidades) en movimiento. Esta técnica de medición usa el fenómeno físico de una onda de sonido que cambia de frecuencia cuando se refleja en una discontinuidad en movimiento en un líquido que está fluyendo. Las ondas ultrasónicas se transmiten a un tubo con líquidos que fluyen, y las discontinuidades reflejan la onda de ultrasonido con una frecuencia ligeramente diferente que es directamente proporcional al caudal del líquido. La tecnología actual exige que el líquido contenga al menos 100 partes por millón (PPM) de partículas suspendidas o burbujas de 100 micras o más (Omega Engineering, s.f.).

### 2.1.5.3 Caudalímetros electromagnéticos

Los caudalímetros electromagnéticos están basados en la Ley de Inducción de Faraday y son óptimos para la medición de líquidos en aplicaciones de agua potable, aguas residuales o de cualquier líquido que sea conductor de la corriente eléctrica y aplicaciones en las que se requiere una baja pérdida de carga y bajo mantenimiento. Se pueden identificar dos tipos de caudalímetros electromagnéticos; caudalímetro de línea y de inserción (Tecfluid, 2017).

## 2.2 Metodología de la investigación

### 2.2.1 Ubicación de la investigación

El experimento se llevara a cabo en tres hogares que se encuentran dentro del municipio de Chignautla en la localidad de Tequimila, sobre la calle principal de la localidad, que reciben el servicio de agua potable de manera continua.

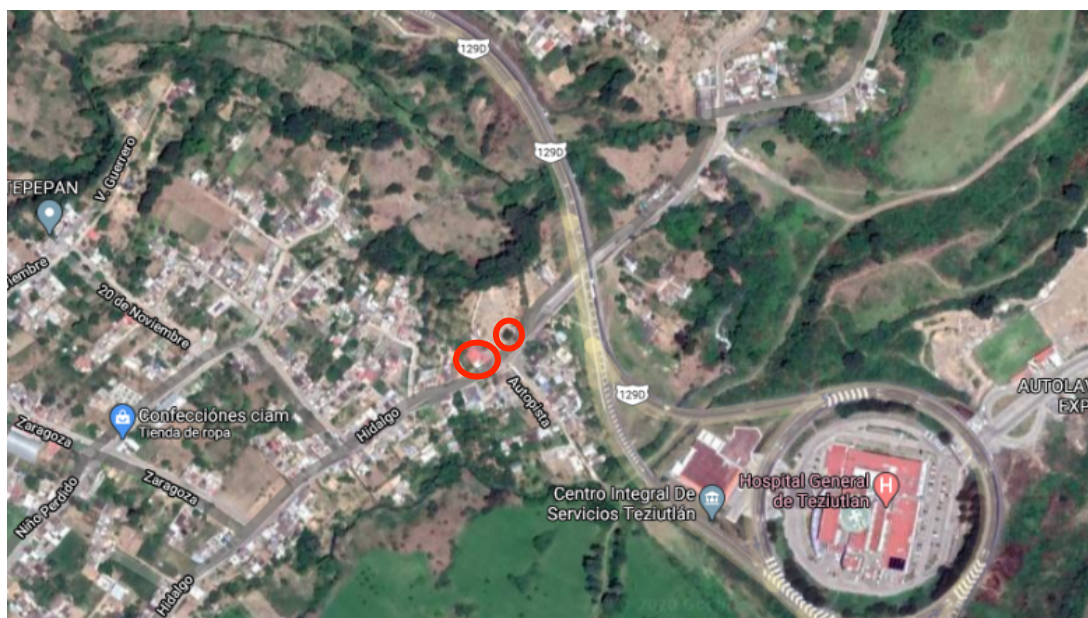


Ilustración 7 Ubicación de los hogares seleccionados. Fuente GoogleMaps

### 2.2.2 Recolección de datos

El dispositivo a implementar recabara información de consumo de agua de los habitantes de los hogares, con el fin de identificar sus patrones de consumo. Por lo cual para la recolección de datos será aplicada una observación no experimental ya que no se interferirá con el comportamiento de los usuarios, simplemente se recaba la información de uso de agua. Se utilizara una guía de observación para mantener el registro de consumo por hora, día, y semana, con el fin de calcular su consumo promedio semanal.

### 2.2.3 Población

La selección de los hogares fue realizada por conveniencia, esto debido a los requerimientos para la realización del experimento, estos son:

- No contar con un sistema de medición de consumo.
- Contar con un suministro de agua continuo para la recolección de datos.
- Conexión a internet.
- Tener por lo menos 3 habitantes.

A partir de esto los hogares seleccionados cumplen con estas características, además, el número de habitantes es variante tanto en edades y numero.

Hogar	Número de habitantes	Adultos	Niños
1	3	3	0
2	3	2	1
3	7	5	2

*Tabla 1 Relación de habitantes en hogares seleccionados*



## 2.2.5 Descripción del experimento

### 2.2.5.1 Implementación de dispositivo

Se realizará la instalación de los dispositivos en la tubería de agua principal, esto para realizar las lecturas generales de la casa-habitación, la instalación del dispositivo deberá estar cercana a una conexión de 120 VCA, para su alimentación eléctrica. Además el diámetro de la tubería deberá ser de  $\frac{1}{2}$  in para la correcta lectura de las muestras.

Durante las primeras semanas el usuario no tendrá acceso a la información de su uso de agua, siendo de su conocimiento hasta que este tenga acceso a una aplicación móvil que le permita tener conocimiento su consumo, así como, las recomendaciones de acuerdo a su consumo.

### 2.2.5.2 Muestreo de consumo

La recolección de los datos de consumo de agua se realizara durante las 24 horas que el dispositivo se encuentre en funcionamiento. Este obtendrá mediciones de consumo cada hora obteniendo así el consumo por hora y el promedio del caudal durante ese intervalo. Estos datos serán almacenados de manera interna hasta los momentos de transmisión de información.

La transmisión de los datos será realizada en intervalos de 1 hora para poder cumplir con la detección temprana de fugas. Esta información será enviada a un servicio en la nube para obtener los datos estadísticos del usuario y

determinar sus patrones de consumo. Además deberá estar disponible para la interfaz de comunicación con el usuario.

#### 2.2.5.3 Recolección de los datos

A partir de la base de datos se generaran guías de observación donde se registrara los datos de consumo por hora, día y semana para registrar las variaciones e identificar si la aplicación del dispositivo reduce el uso de agua en los hogares seleccionados.

La información se tomara la información de consumo de las primeras 2 semanas de consumo considerando estas como el promedio de consumo semanal del usuario, a partir de estas la aplicación realizara las recomendaciones pertinentes para reducir el consumo de agua. Y se realizara una comparación de consumo para identificar si este es disminuido en las siguientes 4 semanas. Esto con el fin de comprobar la hipótesis definida.

#### 2.2.6 Duración del estudio

El estudio está contemplado para llevarse a cabo durante seis meses.

#### 2.2.7 Recursos

Para la elaboración de los tres dispositivos a implementar se utilizaron los siguientes elementos y consumibles.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo</b>
Arduino Nano	3	\$200.00	\$600.00

ESP-01	3	\$115.00	\$345.00
Regulador LM317	3	\$25.00	\$25.00
Capacitor 220uF a 16V	3	\$6.00	\$12.00
Capacitor 10uF a 16V	9	\$6.00	\$54.00
Push button	6	\$4.00	\$36.00
Placa fenólica 5x5 cm	3	\$10.00	\$30.00
Resistencia de 1K ohm a ½ Watt	9	\$1.00	\$9.00
Resistencia de 220 ohm a ½ watt	3	\$1.00	\$3.00
Resistencia de 2.2 K ohm a ½ watt	3	\$1.00	\$3.00
Resistencia de 390 ohm a ½ watt	3	\$1.00	\$3.00
Eliminador 5V 2A - Terminal tipo Jack 2.1 mm	3	\$115.00	\$345.00
Tira de pines hembra 1x40	6	\$5.00	\$30.00
Tira de pines macho 1x40	1	\$5.00	\$5.00
Terminal tipo Jack 2.1 mm	3	\$15.00	\$45.00
Tornillos ¼ in x 1 in	12	\$1.00	\$12.00
Sensor YF-S201	3	\$212.00	\$636.00
Servomotor TOWERPRO MG996	3	\$306.00	\$918.00
Válvula de esfera de ½ in	3	\$70.00	\$21.00
Tuvo de PVC ½ in	1 m	\$10.00	\$10.00
Conexión PVC Macho	6	\$4.00	\$24.00
Conexión PVC Hembra	6	\$4.00	\$24.00
Hoja de transferencia térmica	1	\$20.00	\$20.00

Rollo de 1 kg de filamento PLA 1.75 mm	1	\$640.00	\$640.00
Cloruro férrico 220 ml	1	\$35.00	\$35.00
Pegamento para tubería PCV 236 ml	1	\$50.00	\$50.00
Cinta teflón	1	\$10.00	\$10.00
Estaño	5 m	\$4.00	\$20.00
<b>Total</b>			<b>\$3965.00</b>

*Tabla 2 Presupuesto de implementación*

## 2.3 Metodología del desarrollo

### 2.3.1 Selección de componentes

De acuerdo al objetivo del dispositivo, este debe realizar las siguientes funciones:

- Muestreo de consumo de agua.
- Conectividad a la nube.
- Detección de fugas.
- Válvula de paso variable.

Por lo cual se seleccionaron los siguientes dispositivos:

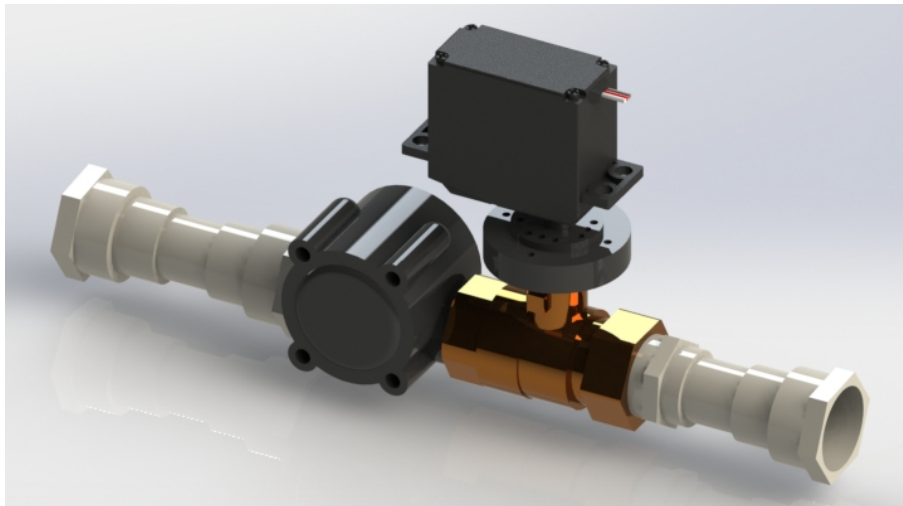
- Arduino nano: Dispositivo utilizado para realizar el control de la válvula variable, procesar la lectura del sensor de flujo y comunicación con el dispositivo de conexión wifi.
- Modulo esp-01: Modulo encargado de la conexión con la nube y el envío de información a la base de datos.

- Sensor YF-S201: Sensor de flujo de efecto hall.
- Servo válvula: Debido a que los dispositivos comerciales son caros se elaborará este componente a partir de una válvula de esfera y un servomotor.

### 2.3.2 Diseño del dispositivo

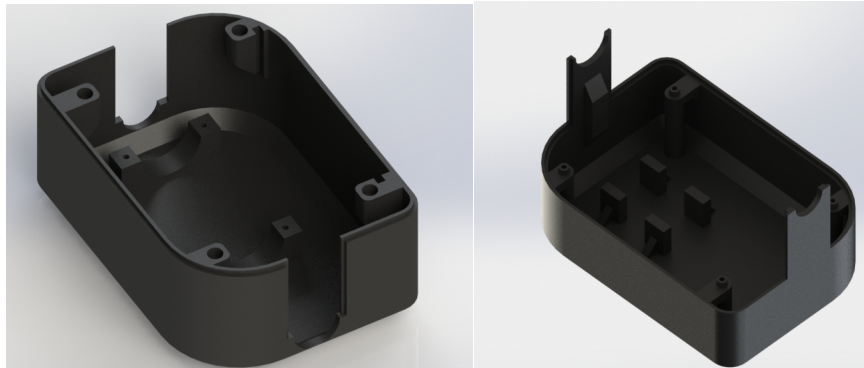
Se realizó el diseño del dispositivo en SolidWorks considerando los componentes mencionados en el apartado anterior. Se considero que el dispositivo pequeño para que pueda ser instalado en lugares de difícil acceso o con reducido espacio de instalación.

Se realizó el modelado de los componentes mecánicos con el fin de conocer las medidas aproximadas, ya que dependiendo del fabricante de algunos componentes varían en un 10%.

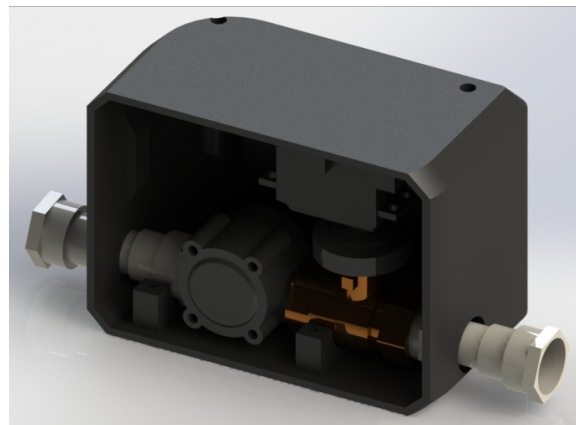


*Ilustración 8 Sistema mecánico*

Una vez que se tienen las medidas se realizó la carcasa del dispositivo para salvaguardar los componentes eléctricos de las inclemencias del tiempo.



*Ilustración 9 Carcasa del dispositivo.*



*Ilustración 10 Dispositivo ensamblado*

### 2.3.3 Diseño electrónico

Se realizó el diseño de la tarjeta de alimentación y comunicación que servirá de conexión entre los elementos mecánicos (servoválvula y sensor) y modulo WiFi ESP-01, además, de contener los reguladores de voltaje para los diferentes dispositivos.

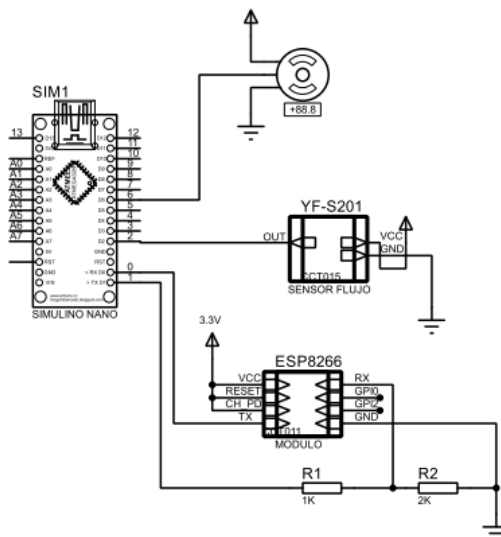


Ilustración 11 Diagrama modular del sistema electrónico.

Considerando los elementos de alimentación, control y comunicación, se presenta el diseño esquemático de la placa de control en siguiente ilustración.

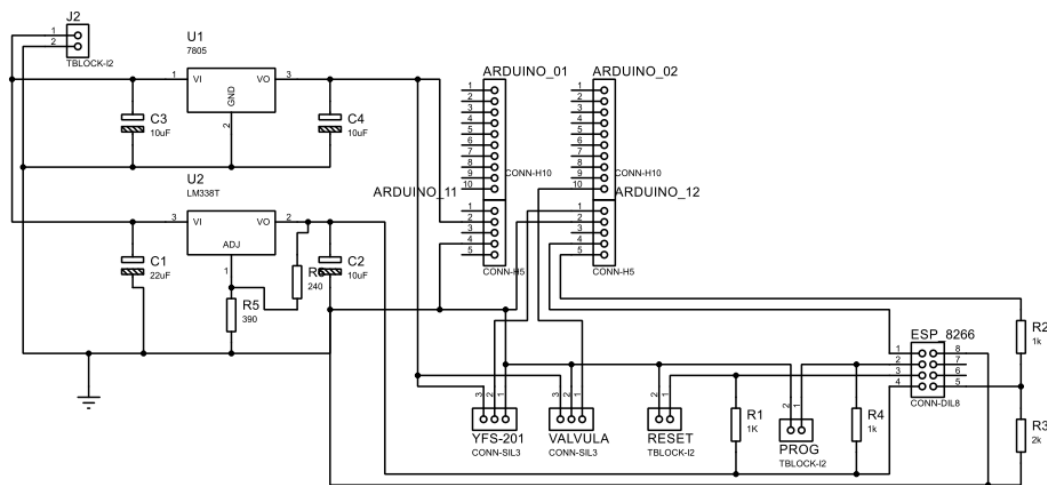
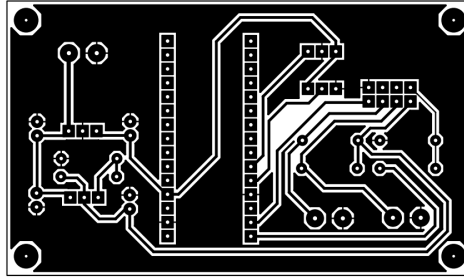


Ilustración 12 Diseño esquemático de la placa de alimentación.

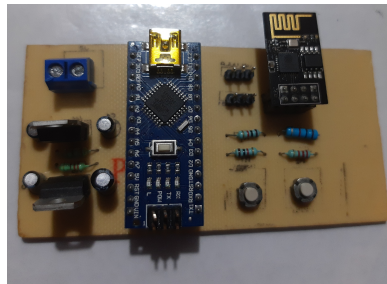
A partir del diseño esquemático se genera el diseño PCB de la placa para realizar su fabricación.



*Ilustración 13 Diseño PCB de la tarjeta de control.*

#### 2.3.4 Ensamble del dispositivo

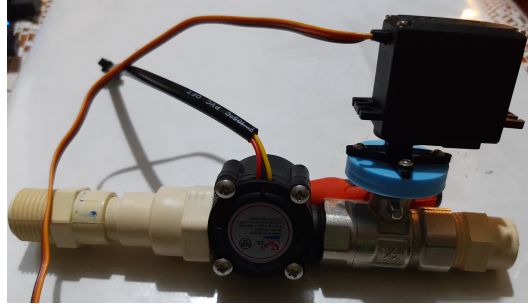
A partir del diseño PCB se realizó el montaje de los componentes electrónicos en la placa de control, la cual tiene unas dimensiones de 10 x 5 cm. En esta placa se realiza la modulación del voltaje de alimentación, ya la tarjeta Arduino y el módulo ESP-01 utilizan voltajes diferentes de 5 volts y 3.3 volts respectivamente.



*Ilustración 14 Tarjeta de control ensamblada.*

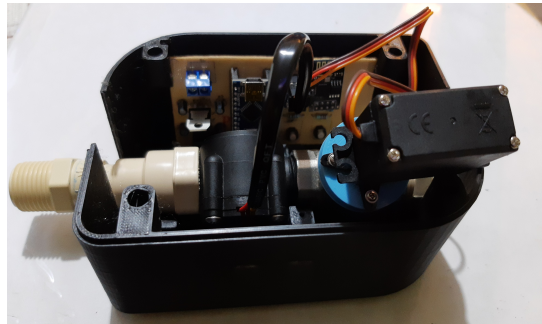
Para el ensamblaje de los componentes mecánicos, se debe considerar la dirección de flujo recomendada para el sensor YF-S201 ya que de no respetarse puede dañarse este componente. Por lo cual se considera colocarse antes de la servo-válvula. Sumado a esto se realizaron pruebas para la detección de fugas de agua que puedan dañar a los dispositivos electrónicos.





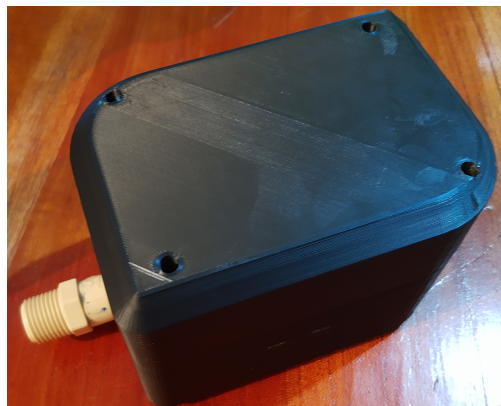
*Ilustración 15 Ensamble sensor YF-s201 y servo-válvula.*

Los elementos de proyección contra la intemperie fueron creados en una impresora 3D, estos elementos fueron la carcasa y un cople para la conexión del servomotor con la válvula de esfera.



*Ilustración 16 Ubicación de componentes en carcasa.*

El dispositivo va completamente sellado para evitar el ingreso de humedad que pueda afectar el funcionamiento electrónico de los componentes.



*Ilustración 17 Dispositivo ensamblado.*

### 2.3.5 Funcionamiento lógico del dispositivo

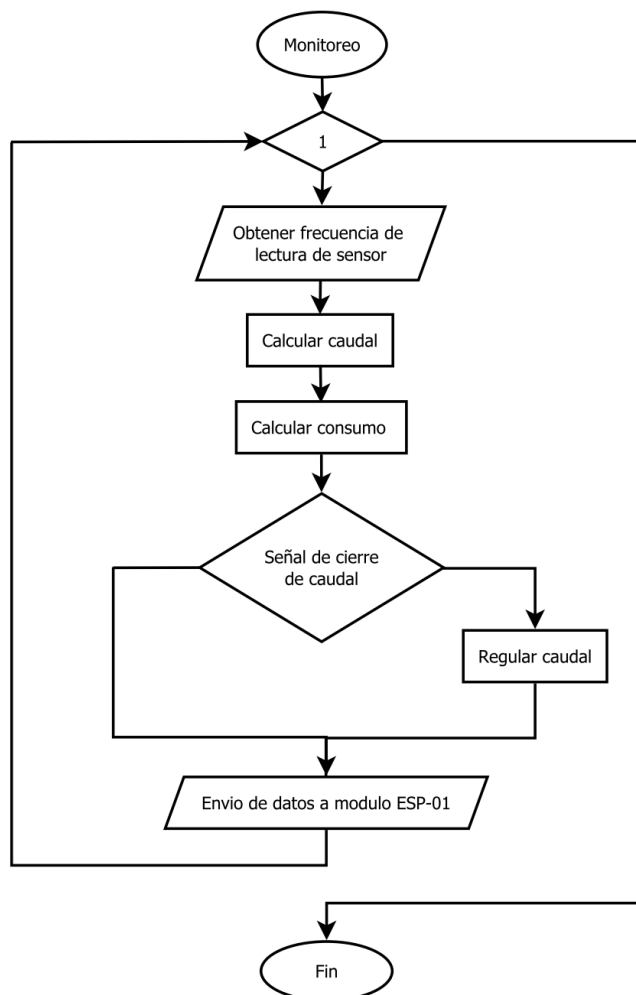
El dispositivo cuenta con dos dispositivos programables (Arduino y modulo ESP-01) los cuales mantienen una comunicación serial por sus puertos Tx y Rx, cada uno de estos dispositivos tiene una tarea específica las cuales son:

- Muestreo de consumo de agua.
- Transferencia de datos.

#### 2.3.5.1 Muestreo de consumo de agua

El muestreo de consumo de agua es realizado por la tarjeta Arduino nano, la cual tiene la tarea de realizar las lecturas del caudal de agua, cálculo del consumo de agua y control de flujo.

En la ilustración 18 se muestra el diagrama de flujo por el cual se lleva a cabo este proceso. De acuerdo con el sensor YF-s201 se requiere obtener la frecuencia de pulsación provocada por el efecto Hall lo que corresponde a la velocidad angular que se genera en el eje de rotación de las aspas de este. A partir de este valor se puede calcular el caudal y el volumen de líquido que ha pasado por el sensor. A partir de la información obtenida y de consumo de agua este dispositivo recibe una señal por parte del módulo ESP-01 para regular la apertura de la servo-válvula. El envío de la información al módulo wifi se realiza por medio de una cadena de caracteres separadas por coma, que contempla el identificador del dispositivo, el consumo y caudal.



*Ilustración 18 Diagrama de flujo del sistema de muestreo.*

### 2.3.5.2 Transferencia de datos

El módulo ESP-01 es el encargado de realizar la comunicación con el servicio web, con el fin de subir la información a la base de datos para su almacenamiento. En la ilustración 19 se muestra el diagrama de flujo para la conexión y envío de información.

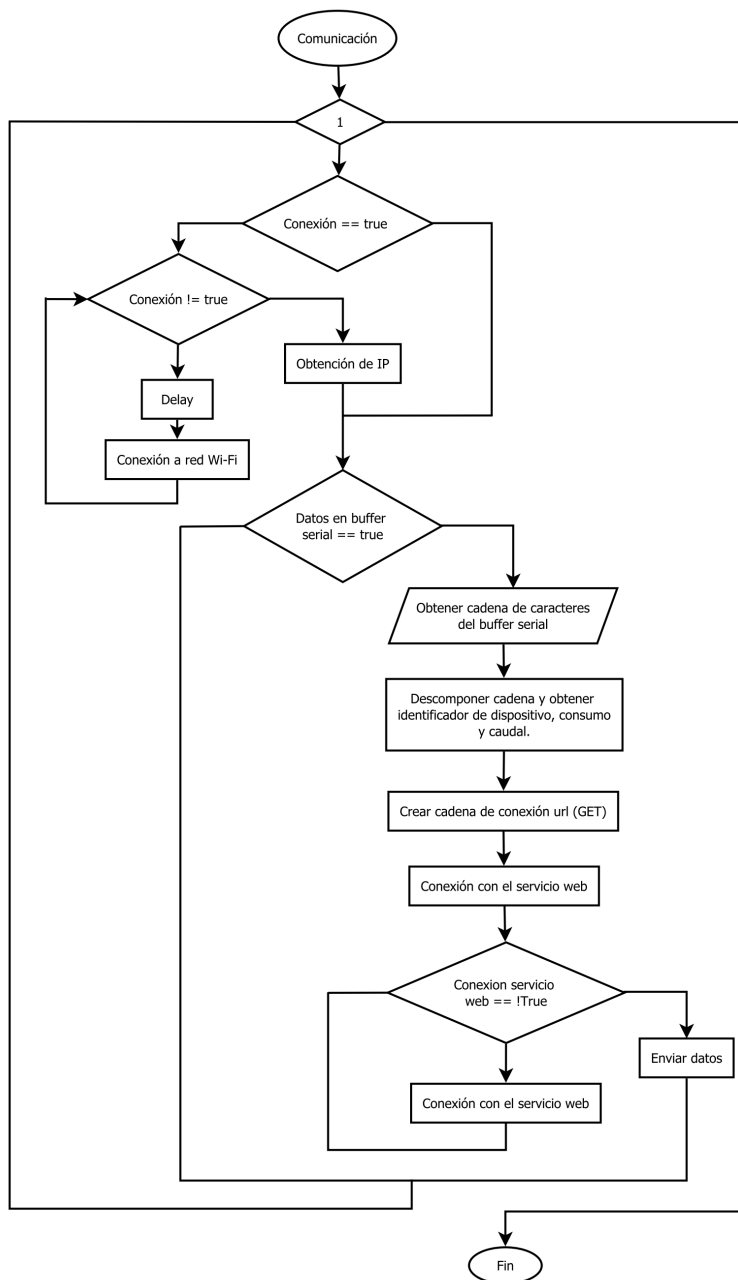


Ilustración 19 Sistema de conexión a servicio web

## CAPITULO III

### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

#### 3.1 Descripción de la implementación

En la primer etapa de la implementación se realizó la instalación de los dispositivos en la línea de distribución principal de agua de los 3 hogares, colocándose antes del depósito de almacenamiento.



*Ilustración 20 Implementación del dispositivo*

Se realizo el montaje de un servicio web para servir como intermediario para el llenado de la base de datos, los dispositivos transmitían los datos cada hora para identificar los patrones de consumo, los consumos diarios y semanales.

Durante la primer etapa del experimento que correspondió a dos semanas de mediciones para poder obtener los promedios de consumo diarios, una vez pasada este lapso se le dio a conocer al usuario su consumo diario por medio de una aplicación que solo muestra el gasto diario. Fue en esta etapa en la cual se realiza el análisis referente a la existencia de ahorro de agua para identificar si este propicia el ahorro de agua.

### 3.2 Análisis de datos

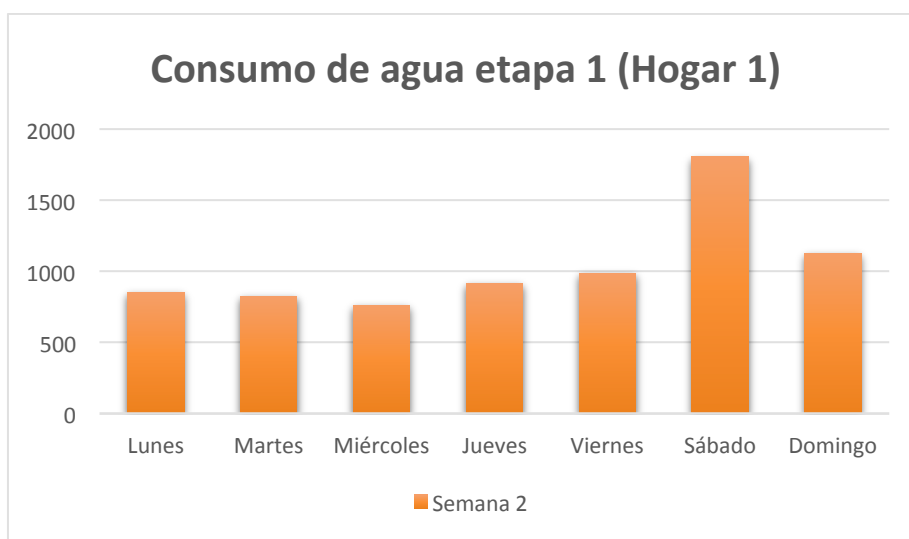
Los datos recolectados por los dispositivos fueron almacenados en una base de datos, en la cual se almacena el consumo, el caudal promedio, la fecha y hora de la muestra y el identificador del dispositivo correspondiente a cada casa. De estos parámetros el análisis se llevó a cabo con el consumo ya que de acuerdo con el objetivo es reducir los consumos a lo establecido con la OMS. Se llevo a cabo la recolección de durante 6 semanas, aportando dos para la medición de parámetros base para identificar el consumo promedio habitual de los habitantes. Y las cuatro restantes para identificar si los consumos disminuyen y se puedan comparar con los consumos de referencia.

👉 id_muestra	Id_dispositivo	Consumo	Caudal	Fecha
106	1	2.2	0.0366667	2020-06-16 11:05:17
107	2	20.1	0.335	2020-06-16 11:35:01
108	3	4.3	0.0716667	2020-06-16 11:55:45
109	1	61.3	1.02167	2020-06-16 12:05:17
110	2	6.2	0.103333	2020-06-16 12:35:01
111	3	1	0.0166667	2020-06-16 12:55:45
112	1	120.1	2.00167	2020-06-16 13:05:17
113	2	0	0	2020-06-16 13:35:01
114	3	0	0	2020-06-16 13:55:45
115	1	23.1	0.385	2020-06-16 14:05:17
116	2	12.7	0.211667	2020-06-16 14:35:01
117	3	8.3	0.138333	2020-06-16 14:55:45

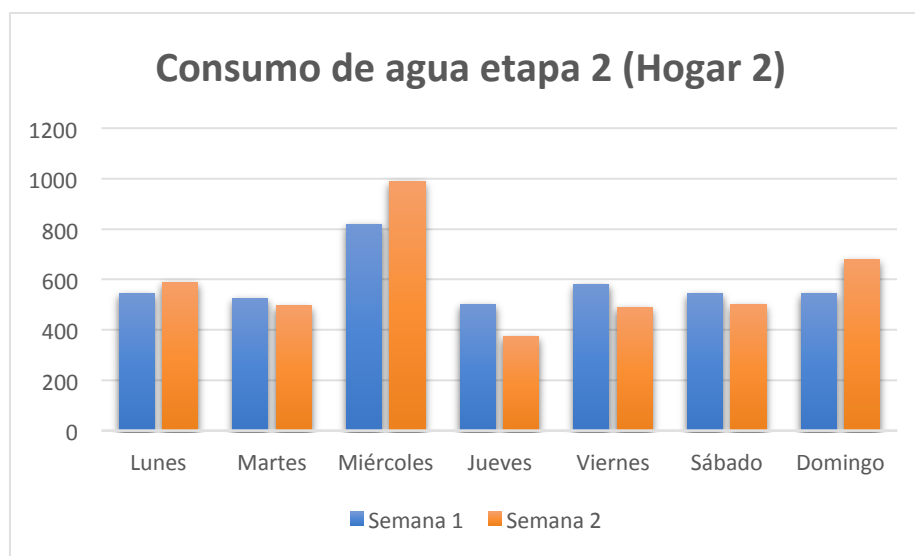
*Ilustración 21 Muestreos obtenidos por el dispositivo.*

De acuerdo con la estructura del muestreo se obtuvieron 336 muestreo por casa habitación durante la primer etapa de muestreo, mientras que de la segunda etapa se recabaron 672 muestras por dispositivo, dando así, un total de 3024 muestras durante el periodo del experimento.

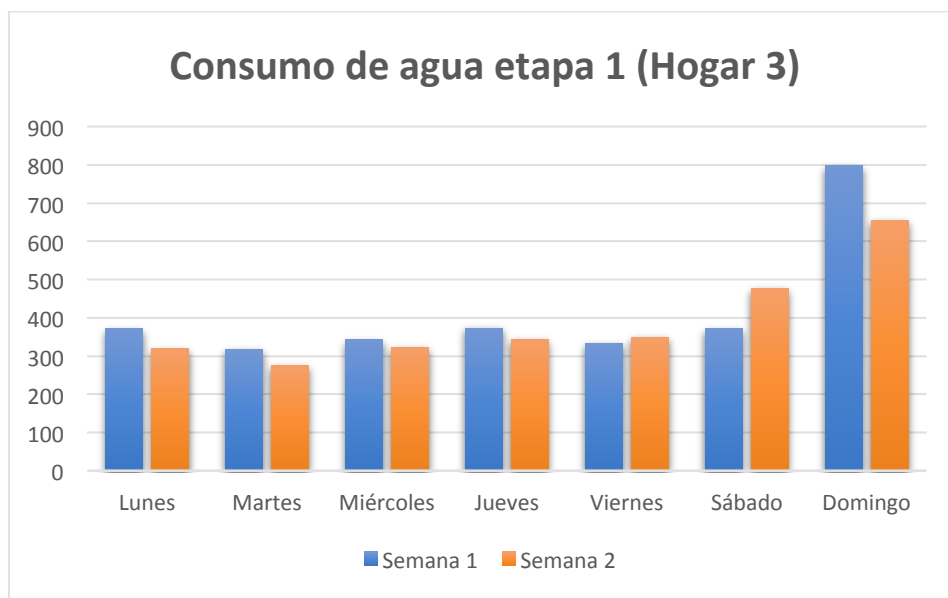
En las siguientes graficas podemos visualizar los consumos iniciales de agua por parte de los 3 usuarios.



*Ilustración 22 Consumo de agua del hogar 1 durante la etapa 1*



*Ilustración 23 Consumo de agua del hogar 2 durante la etapa 1*



*Ilustración 24 Consumo de agua del hogar 3 durante la etapa 1*

De acuerdo con la Gráfica 1, los consumos de agua diarios por el Hogar 1 están por arriba de los 800 litros y como se ilustra en la Tabla 1, en este habitan 7 personas por lo cual no cumplen con el consumo establecido por la OMS correspondiente a 100 litros diarios, además el consumo promedio durante estas semanas es de 1042 litros, dando como resultado a 149 litros por persona, sobrepasando un 50% a lo establecido por la OMS.

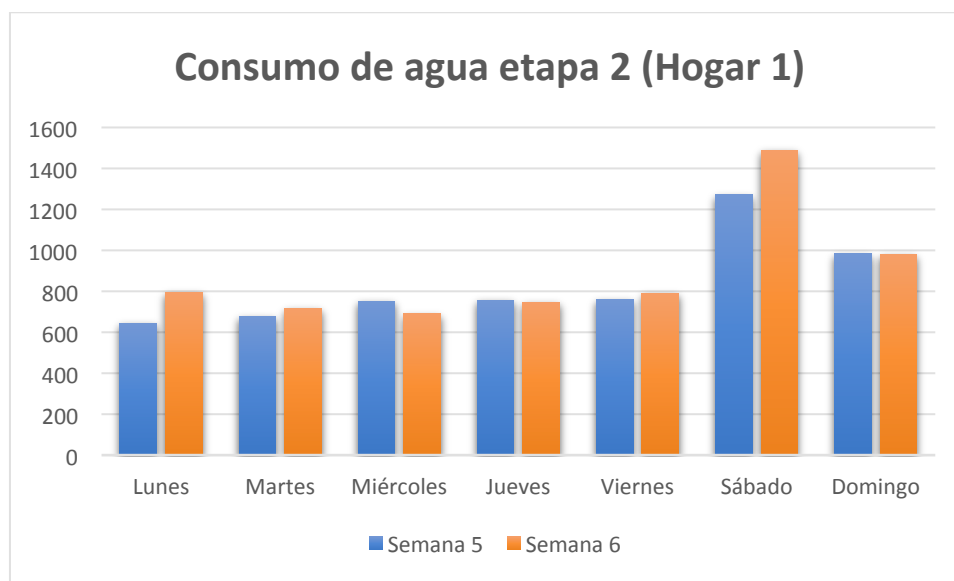
La Gráfica 2, muestra los consumos de agua diarios por el Hogar 2 están por arriba de los 400 litros y como se ilustra en la Tabla 1, en este habitan 3 personas por lo cual no cumplen con el consumo establecido por la OMS correspondiente a 100 litros diarios, además el consumo promedio durante estas semanas es de 584 litros, dando como resultado a 194.6 litros por persona, sobrepasando casi al 100% a lo establecido por la OMS.

La Gráfica 3, presenta los consumos de agua diarios por el Hogar 3 están por arriba de los 300 litros y como se ilustra en la Tabla 1, en este habitan 3

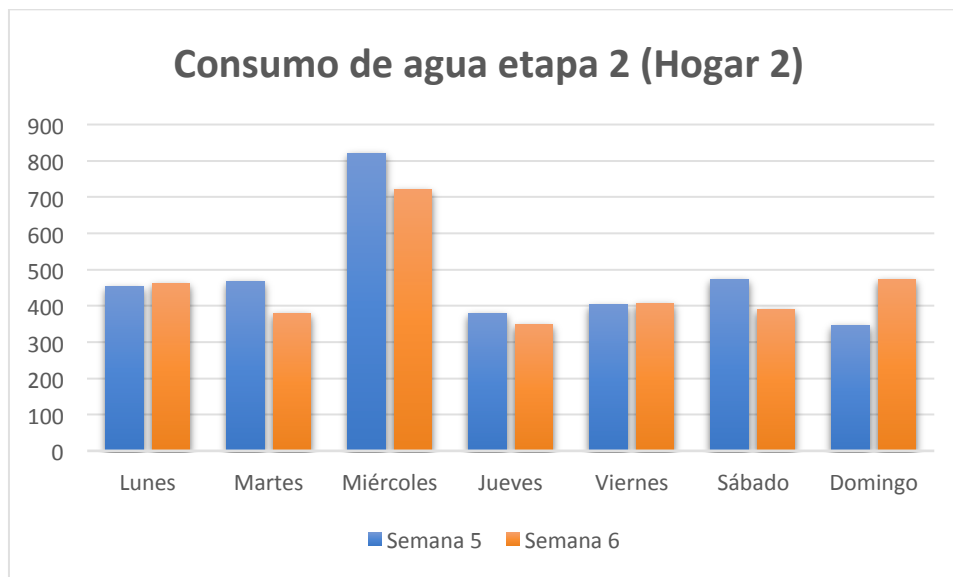


personas encontrándose cercano al consumo establecido por la OMS correspondiente a 100 litros diarios, además el consumo promedio durante estas semanas es de 403 litros, dando como resultado a 134 litros por persona, sobrepasando un 34% a lo establecido por la OMS.

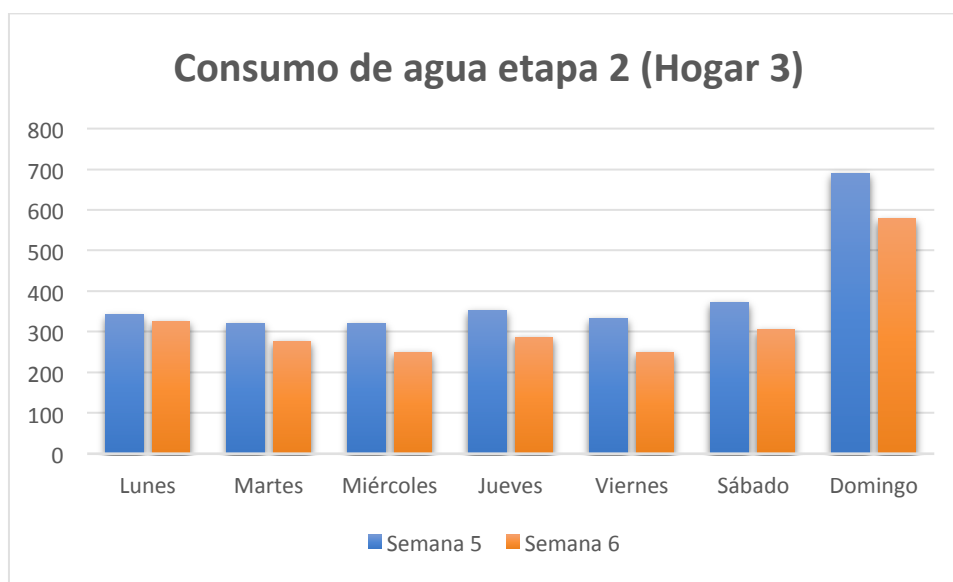
En las siguientes ilustraciones se muestran los consumos correspondientes a las 2 últimas semanas del experimento en las cuales los usuarios de servicio de agua conocen sus consumos diarios, además, de que ya llevan 2 semanas de aplicación del dispositivo y aplicación, con lo cual los usuarios han comenzado a llevar a cabo ciertas actividades de ahorro ya que se les dio a conocer que dicha aplicación del sistema tenía como objetivo disminuir su consumo.



*Ilustración 25 Consumo de agua del hogar 1 durante la etapa 2*

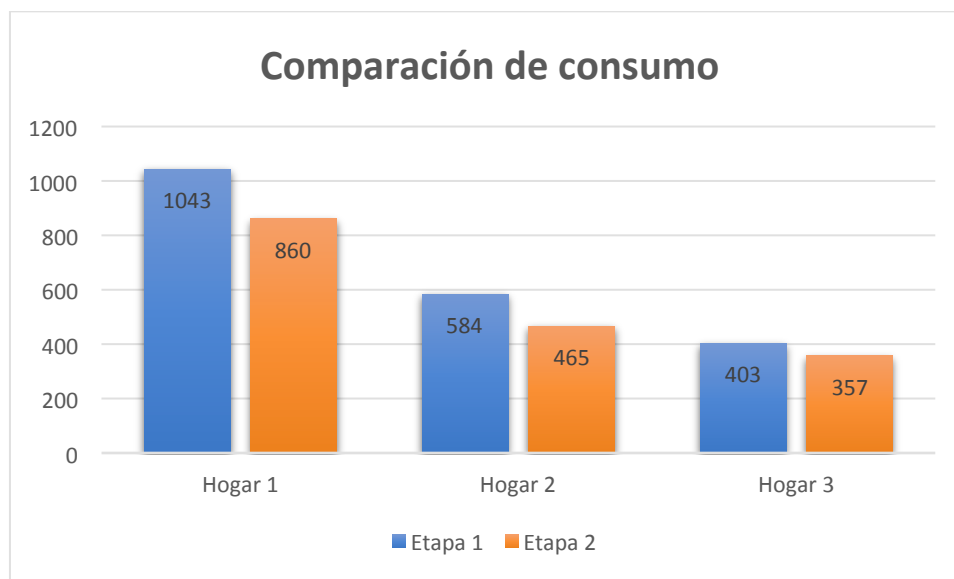


*Ilustración 26 Consumo de agua del hogar 2 durante la etapa 2*



*Ilustración 27 Consumo de agua del hogar 3 durante la etapa 2*

Se puede notar que los consumos diarios disminuyeron en comparación con la primer etapa, aunque no se disminuyó a los ideal (100 litros diarios por persona) si hubo un disminución.



*Ilustración 28 Comparación de consumos promedios de las etapas 1 y 2.*

En la ilustración 7 se puede observar que si existió una disminución de consumo de agua en los tres casos de estudio, analizando estas disminuciones podemos obtener los porcentajes de disminución de gasto de agua.

Hogar	Número de habitantes	Consumo ideal	Consumo etapa 1	Consumo etapa 2	Porcentaje de reducción
1	7	700 litros	1043 litros	860 litros	17.54%
2	3	300 litros	584 litros	465 litros	20.37%
3	3	300 litros	403 litros	357 litros	11.41%

*Tabla 3 Comparativa y porcentajes de reducción de consumo*

### 3.3 Selección de pruebas estadísticas

Para la realización de las pruebas estadísticas se ha optado por utilizar la Prueba T de Student, ya que con esta se puede analizar el promedio de una muestra en dos tiempos distintos, lo cual corresponde con el experimento realizado. Para lo cual se considerará el promedio de las muestras tomadas durante las primeras dos semanas del experimento (etapa 1) y el promedio de

las últimas dos semanas del experimentos (etapa 2) que corresponde al momento donde el usuario tiene conocimiento de su consumo de agua. Esta prueba entra dentro del tipo de estadística deductiva, y como se mencionó antes se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medidas de dos grupos. Esta sirve para indicar el grado de confianza que la diferencia obtenida entre los medios de los grupos de la muestra sea demasiado grande para considerarse aceptable (Scientific European Federation Osteopaths, 2019).

### **3.4 Realización del análisis**

Se opto por realizar la prueba a cada uno de los hogares considerando como población los promedios de consumo de las 2 primeras semanas (antes) y las dos últimas semanas (después) del experimento. El proceso se llevó a cabo en Excel para agilizar las operaciones.

#### **3.4.1 Aplicación de la Prueba t**

Se definió la siguiente hipótesis para determinar si existe una diferencia entre ambos consumos:

**¿El promedio de consumo de agua en litros disminuyó significativamente después de la aplicación del dispositivo?**

Para que esta hipótesis sea considerada cierta el nivel de significancia  $p < 0.05$ .

En la siguiente tabla se muestran los valores utilizados para la prueba t.

<b>Día</b>	<b>Consumo de agua en litros antes del dispositivo</b>	<b>Consumo de agua en litros después del dispositivo</b>
Lunes	866.90	719.05
Martes	846.65	696.05
Miércoles	849.90	720.90
Jueves	886.20	750.75
Viernes	945.95	774.55
Sábado	1666.65	1380.15
Domingo	1236.40	981.45
Promedio	1042.66	860.41

Tabla 4 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 1 utilizadas para prueba t

<b>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</b>		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1042.66429	860.414286
Varianza	94533.1964	61772.9173
Observaciones	7	7
Coeficiente de correlación de Pearson	0.99710809	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	7.70770368	
P(T<=t) una cola	0.000125	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.00025</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185	

Tabla 5 Resultados de análisis prueba t Hogar 1

De acuerdo con la prueba t el valor de significancia  $P = 0.00025$  que es menor al estándar de  $P = 0.05$  por lo cual la hipótesis denotada para el análisis es cierta, y existe variación significativa en los consumos de agua en el Hogar 1. Para el Hogar 2 y 3 se propone la misma hipótesis ya que el objetivo es el mismo.

Día	Consumo de agua en litros antes del dispositivo	Consumo de agua en litros después del dispositivo
Lunes	566.50	456.75
Martes	510.70	423.35
Miércoles	902.90	770.35
Jueves	437.50	363.35
Viernes	534.35	404.85
Sábado	523.65	430.85
Domingo	612.50	408.80
Promedio	584.01	465.47

Tabla 6 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 2 utilizadas para prueba t

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	584.014286	465.471429
Varianza	22626.3489	18885.8765
Observaciones	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	0.95872551	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	7.24253228	
P(T<=t) una cola	0.00017591	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028	
P(T<=t) dos colas	0.00035182	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185	

Tabla 7 Resultados de análisis prueba t Hogar 2

De acuerdo con los resultados obtenidos encontramos una variación con respecto al hogar 1, dándonos un valor de significancia mayor  $P = 0.00035$  el cual aun cumple con la condición, por lo cual la hipótesis también es cierta.

Día	Consumo de agua en litros antes del dispositivo	Consumo de agua en litros después del dispositivo
Lunes	345.15	333.95
Martes	296.60	298.45
Miércoles	332.65	284.75
Jueves	358.45	319.75
Viernes	340.75	290.65
Sábado	423.40	337.80
Domingo	726.35	633.80
Promedio	403.34	357.02

Tabla 8 Muestras correspondientes a consumos de Hogar 3 utilizadas para prueba t

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	403.335714	357.021429
Varianza	21741.1773	15326.0382
Observaciones	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	0.98195521	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	3.51089833	
P(T<=t) una cola	0.0063288	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028	
P(T<=t) dos colas	0.0126576	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185	

Tabla 9 Resultados de análisis prueba t Hogar 3

En este análisis encontramos también la variación de los resultados, si analizamos las gráficas presentadas en el apartado anterior, observaremos que el promedio de variación es menor, por lo mismo nuestro valor de significancia mayor  $P = 0.012$ , lo cual aun cumple con la condición, por lo que también se considera que se genera un cambio en consumo de agua.

### 3.5 Comprobación de la hipótesis

De acuerdo con los datos presentados y el análisis realizado, sabemos que la aplicación del dispositivo y conocimiento por los usuarios de sus consumo de agua, genero una variación aceptable en los gastos de agua. Aunque la Prueba t de Student determino que si existen estas reducciones debemos recordar la hipótesis que se presenta a continuación:

***Conocer los datos de uso diario de agua en los hogares a través de un dispositivo medidor de caudal provocará una reducción de consumo aproximada del 15%.***

Y de acuerdo con la Tabla 3, y analizando los porcentajes de reducción en comparación con el consumo original, se tiene que dos de los 3 hogares analizados consiguieron superar esta porcentaje (Hogar 1: 17.54% y Hogar 2: 20.37%), mientras que el restante solo obtuvo un 11.41% lo cual no cumple con el porcentaje denotado en la hipótesis, si embargo si se considera el consumo original por usuario es de 134.3 litros estando solo 30% por arriba del consumo ideal y como resultado de la aplicación del dispositivo este consumo por habitante quedo en 119 litros tan solo un 20% en comparación con los demás, podemos inferir que el estar más cercano al consumo ideal la reducción de este fue más complicada.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriores se pude determinar que la hipótesis es aceptada.



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

#### **4.1 Resultados**

Como resultado del trabajo de tesis se obtuvo un sistema basado en hardware y software capaz de mejorar la gestión de los sistemas de distribución de agua potable, tal es así, que en la búsqueda de aplicación del dispositivo se obtuvo la posibilidad de presentar el proyecto ante la dependencia gestora de agua del municipio de Chignautla, Puebla para su posible implementación. De estas reuniones se obtendrán retroalimentaciones que mejoran el sistema.

#### **4.2 Conclusiones**

La aplicación de este dispositivo a gran escala en conjunto con una campaña de concientización puede generar un gran beneficio ecológico, ya que en la implementación que se realizó se consiguió reducir de un 10% a un 20% el gasto de agua. El ahorro de su aplicación a gran escala podría mejorar los sistemas de distribución, reduciendo los lugares que se encuentran con

escasez de agua, e inclusive el generar horarios de servicio acorde a los patrones de consume de los usuarios en zonas especifica.

## CAPITULO V

### BIBLIOGRAFÍA

- Aprendiendoarduino. (16 de Noviembre de 2016). *ZigBee/XBee*. Obtenido de Aprendiendoarduino Web site: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/zigbeexbee/>
- ARDUINO. (s.f.). *Arduino - Introducción*. Obtenido de Arduino Web site: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de Arduino Web site: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Micro*. Obtenido de Arduino web site: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-micro>
- Arduino. (s.f.). *Arduino nano*. Obtenido de Arduino Web site: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Uno Rev. 3*. Obtenido de Arduino Web site: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Bagán, F., Ortiz, M., & Llopis, I. (2019). Plataforma IoTsens Water para la gestión del abastecimiento de agua de Castellón de la Plana. XXXV *Jornadas Técnicas de AEAS*, 944-952.
- Benemérita Universidad del Estado de Puebal. (21 de Marzo de 2018). *Buap*. Obtenido de Buap Web Site: <https://www.buap.mx/content/en-cinco-a%C3%B1os-municipios-poblanos-tendr%C3%A1n-problemas-con-el-abastecimiento-de-agua>

- Cézares, G., Rodríguez, A., & Ramirez, M. E. (2014). SISTEMA DE TELEMEDICIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA APLICACIONES . *Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica*, (págs. 188-194). Chihuahua, México .
- INEGI. (2015). *Numero de habitantes. Puebla*. Obtenido de INEGI Web Site: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Pue/Poblacion/default.aspx?tema=ME>
- IOTSENS. (11 de mayo de 2020). *Solucion Smart Water: iotsens*. Obtenido de IOTSENS: <https://iotsens.com/solucion/smart-water/>
- Kamstrup. (11 de Mayo de 2020). *MULTICAL 21 Contador de agua ultrasonico: Kamstrup*. Obtenido de Kamstrup: <https://www.kamstrup.com>
- LAINHOLDING. (10 de Mayo de 2020). *Medidor de agua inteligente*. Obtenido de lainholding Web site: [lainholding.com](http://lainholding.com)
- Lea, P. (2020). *IoT and Edge Computing for Architects: Implementing edge and IoT systems for sensors to clouds with communication systems, analytics, and security*. Birmingham, UK.: Packt Publishing Ltd.
- Libelium. (30 de Enero de 2017). *Un sistema de gestión inteligente de agua en Madrid permite reducir su consumo hasta un 50%*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/espana-estados-unidos-reino-unido/libelium/17/01/30/sistema-gestion-inteligente-agua-madrid>
- Omega Engieneering. (s.f.). *Caudalímetro Ultrasónico*. Obtenido de Omega a Spectris company: <https://es.omega.com/prodinfo/caudalimetro-ultrasonico.html#>
- ProgramarFacil. (s.f.). *Introducción Arduino MKRFOX1200 SigFox y redes LPWAN*. Obtenido de ProgramarFacil Web site: [https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mkrfox1200-sigfox-lpwan/#Arduino\\_MKRFOX1200\\_caracteristicas\\_tecnicas](https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mkrfox1200-sigfox-lpwan/#Arduino_MKRFOX1200_caracteristicas_tecnicas)
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (15 de Octubre de 2015). *LA INTERNET DE LAS COSAS -UNA BREVE RESEÑA-*. Obtenido de Internet Society: [www.internetsociety.org](http://www.internetsociety.org)
- Rosetta Technology Solutions. (03 de Agosto de 2019). *Todo lo que necesita saber sobre los caudalímetros de turbina*. Obtenido de Rosetta Technology Solutions: <https://rosetta-technology.com/es/aula-tecnica/notas-tecnicas/caudalimetro-turbina>

- Ruiz, F. J., Esquivel, K., Rodríguez, D. O., Rodríguez, M. E., & Duarte, R. (2018). INTERNET DE LAS COSAS (IoT), UNA ALTERNATIVA PARA EL CUIDADO DEL AGUA. *Pistas educativas*, No. 130, 2318-2330.
- Sanchez, H. (2017). PROTOTIPO DE UN DISPOSITIVO QUE SE INCORPORA A LAS SALIDAS DE AGUA EN EL HOGAR PARA INFORMAR AL USUARIO SU CONSUMO DIARIO. *Expolbero*. Puebla: Reposito Institucional Ibero Puebla.
- Scientific European Federation Osteopaths. (Enero de 2019). *Prueba "t" de Student*. Obtenido de Scientific European Federation Osteopaths: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>
- Tecfluid. (17 de Julio de 2017). *¿Conoces los caudalímetros electromagnéticos? En línea o de inserción*. Obtenido de TECFLUID: <https://tecfluid.com/caudalimetros-electromagneticos-en-linea-o-insercion/>
- Tschofenig, H. (Marzo de 2015). *Architectural Considerations in Smart Object Networking. Tech. no. RFC 7452*. Obtenido de Internet Architecture Board: [www.rfc-editor.org/rfc/rfc7452.txt](http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7452.txt)
- Valderrama, J., & Brea, E. (2018). ESP8266: Un microcontrolador para el Internet de las Cosas. *JIFI2018 Jornadas de Investigación: Encuentro Académico Industrial*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Zambrano, J. (1 de Agosto de 2016). Consumo de agua per cápita debe reducirse en Puebla. Puebla, Puebla, México.

## CAPITULO VI

### ANEXOS

#### 6.1 Código calculo caudal

```
#include <Wire.h>
const int sensorPin = 2;
const int measureInterval = 10000;
volatile int pulseConter;
// YF-S201
const float factorK = 7.5;
float volume = 0;
long t0 = 0;
int validar = 0;
int id_dispositivo = 1;
void ISRCountPulse()
{
    pulseConter++;
}

float GetFrequency()
{
    interrupts();
    //delay(measureInterval);
    if (millis() - t0 > measureInterval)
    {
        noInterrupts();
        validar = 1;
        return (float)pulseConter * 1000 / measureInterval;
    }
    validar = 0;
```

```
    return 0;
}
void SumVolume(float dV)
{
    volume += dV / 60 * (millis() - t0) / 1000.0;
    //t0 = millis();
}
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
    t0 = millis();
}
void loop()
{
    // obtener frecuencia en Hz
    float frequency = GetFrequency();
    if (validar == 1)
    {
        // calcular caudal L/min
        float flow_Lmin = frequency / factorK;
        SumVolume(flow_Lmin);
        t0 = millis();
        Serial.print(id_dispositivo);
        Serial.print(",");
        Serial.print(volume);
        Serial.print(",");
        Serial.print(flow_Lmin);
        Serial.println(",");
        pulseConter = 0;
    }
}
```

## 6.2 Código conexión servicio web

```

#include <ESP8266WiFi.h>
const char* ssid = "Home2";
const char* password = "libra_98";

String instruccion;
char separador = ',';
int caracteres;
String cadena[3];

int WiFiCon()
{
  // Check if we have a WiFi connection.--{ñn, if we don't, connect.
  int xCnt = 0;
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    Serial.println();
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && xCnt < 50)
    {
      delay(500);
      Serial.print(".");
      xCnt ++;
    }
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
      Serial.println("WiFiCon=0");
      return 0; //never connected
    }
    else
    {
      Serial.println("WiFiCon=1");
      Serial.println("");
      Serial.println("WiFi connected");
      Serial.println("IP address: ");
      Serial.println(WiFi.localIP());
    }
  }
}

```



```

        return 1; //1 is initial connection
    }
}
else
{
    Serial.println("WiFiCon=2");
    return 2; //2 is already connected
}
}
}

```

```

//IP or name of address root: ie: google.com
//NOT google.com/nothing/after/the/dotcom.html
const char* hostGet = "172.0.0.1";

```

```

void postData()
{
    WiFiClient clientGet;
    const int httpGetPort = 8080;
    //the path and file to send the data to:
    String urlGet = "/monitoreo/prueba.php";
    urlGet += "?dispositivo=" + String(cadena[0]) + "&consumo=" +
String(cadena[1]) + "&caudal=" + String(cadena[2]);
    Serial.print(" >>> Connecting to host : ");
    Serial.println(hostGet);
    if (!clientGet.connect(hostGet, httpGetPort))
    {
        Serial.print("Connection failed : ");
        Serial.print(hostGet);
    }
    else
    {
        clientGet.println("GET " + urlGet + " HTTP/1.1");
        clientGet.println("Host: 172.0.0.1:8080");
        clientGet.println("Pragma: no-cache");
        clientGet.println("Connection: close\r\n\r\n");
        unsigned long timeoutP = millis();
        while (clientGet.available() == 0)
        {
            if (millis() - timeoutP > 10000)
            {
                Serial.print(" >>> Client Timeout : ");
            }
        }
    }
}

```

```

        Serial.println(hostGet);
        clientGet.stop();
        return;
    }
}

//just checks the 1st line of the server response. Could be expanded if
needed.
while (clientGet.available())
{
    String retLine = clientGet.readStringUntil('\r');
    Serial.println(retLine);
    break;
}
} //end client connection if else
Serial.print(" >>> Closing host : ");
Serial.println(hostGet);
clientGet.stop();
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    WiFiCon();
}

void loop()
{
    if (Serial.available() > 0)
    {
        instruccion = Serial.readString();
        caracteres = instruccion.length();
        int elementos = 0;
        for (int i = 0; i < caracteres; i++)
        {
            if (instruccion[i] == separador)
            {
                elementos++;
            }
        }
        for (int c = 0; c < elementos; c++)

```

```
{
  int index = instruccion.indexOf(separador);
  cadena[c] = instruccion.substring(0, index);
  instruccion = instruccion.substring(index + 1);
}
if (WiFiCon() > 0)
{
  //do something
  postData();
}
}
```