

**Diseño de un prototipo para la medición del consumo de agua en un grifo de
una unidad habitacional a través de la tecnología ZigBee**

Gisell Granados Quitian & Javier Pérez Ombita
Junio 2017

Asesor metodológico y técnico

Daniel Bejarano Segura
Lic. Matemáticas y Física

Universidad Cooperativa de Colombia

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería de Sistemas

Villavicencio, Meta

Junio, 2017

Contenido

Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo 1. Descripción del Proyecto	4
1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.1. Descripción.	4
1.1.2. Formulación del Problema.	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Marco Referencial	7
1.4.1. Marco Teórico.....	7
1.5. Metodología	14
1.5.1. Metodología de Investigación.....	14
1.5.2. Metodología Ingenieril.....	14
Capítulo 2. Descripción De Las Actividades Realizadas.....	16
2.1. Presentación De La Propuesta Y Planteamiento Del Problema	16
2.2. Revisión Bibliográfica.....	17
2.3. Recolección De Requisitos.....	17
2.3.1. Requerimientos no Funcionales.....	17
2.3.2. Requerimientos Funcionales de la APP.....	18
2.4. Definición de Objetivos	18
2.5. Análisis Y Diseño Básico Del Prototipo	18
2.5.1. Casos de uso para la APP.....	19
2.6. Construcción del Prototipo.....	19
2.6.1. Construcción Simulación Del Grifo.....	21
2.6.2. Construcción De Base De Datos.....	22
2.6.3. Construcción De Nodos.	23
2.6.4. Construcción Aplicación Móvil.....	26

2.7. Evaluación Del Prototipo	27
2.8. Ajuste del Prototipo.....	28
2.9. Prototipo Final.....	29
2.9.1. Descripción del Prototipo.	29
2.9.2. Componentes.....	30
2.10. Socialización.....	32
Capítulo 3. Aporte De Experiencia Para Formación Profesional	33
Capítulo 4. Conclusiones	34
Referencias.....	35
Anexos	37
Anexo 1: Fichas bibliográficas.....	37
Anexo 2: Criterios de evaluación del prototipo	43

Lista de Figuras

Figura 1. Topologías.	8
Figura 2. Tipos de medidores de caudal..	10
Figura 3. Fases de la metodología prototipos.	15
Figura 4. Cronograma de actividades.	16
Figura 5. Casos de uso.	19
Figura 6. Foto de la simulación del grifo.	21
Figura 7. Modelo entidad relación (MER) del prototipo.	22
Figura 8. Conexión del sensor con el módulo XBee emisor.....	23
Figura 9. Conexión de la placa Arduino con el módulo receptor XBee.	24
Figura 10. Fórmula para determinar la frecuencia.	24
Figura 11. Constante de conversión K.	25
Figura 12. Herramientas utilizadas para almacenar los datos de consumo.....	25
Figura 13. Herramientas utilizadas para visualizar los datos del consumo.	26
Figura 14. Visualización de la aplicación móvil.....	27
Figura 15. Constante de conversión K.	28
Figura 16. Simulación del grifo de agua con el sensor.	30
Figura 17. Nodo Terminal.....	31
Figura 18. Nodo coordinador.....	31
Figura 19. Aplicación móvil.	32

Lista de Tablas

Tabla 1. Requerimientos no funcionales.....	17
Tabla 2. Requerimientos funcionales.....	18
Tabla 3. Componentes electrónicos utilizados para la construcción del prototipo.....	19
Tabla 4. Componentes tecnológicos utilizados para la construcción del prototipo.....	20

Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo de desarrollar un sistema automatizado que mida y monitoree el consumo de agua, el cual se instala en la tubería que conecta con diversos grifos de una unidad habitacional, de tal forma que al abrir la llave se sepa con exactitud el valor de litros de agua que se gastaron en el tiempo de apertura de la llave. El hardware del prototipo está integrado por un sensor de flujo que mide el gasto en tiempo real y envía los datos de forma inalámbrica, a través del protocolo de comunicación Zigbee, a una placa de Arduino mega, esta placa procesa la información y la envía a una base de datos para que el usuario, por medio de una aplicación móvil, pueda monitorear al consumo. Se usaron varios lenguajes de programación como JAVA, para el desarrollo de la app y SQL, para el desarrollo de la base de datos. Se realizó una investigación aplicada con enfoque tecnológico, ya que se transformaron los conocimientos adquiridos en el desarrollo tecnológico del prototipo. Se pretende automatizar un proceso que en la actualidad no es posible realizar con facilidad, y es el de monitorear el consumo del agua por grifo.

Palabras clave: aplicación móvil, consumo de agua, ZigBee.

Abstract

The research project aims to develop an automated system that measures and monitors the consumption of water, which would be installed in the pipeline that connects with various faucets within the home, and would measure the exact number of litres of water that were consumed over a period of time. The prototype hardware would consist of a flow sensor that measures the real-time water use and sends the data wirelessly through the Zigbee communication protocol to a Mega Arduino Board. This board processes the information and sends it to a database. A mobile application can also be used to monitor consumption. Several programming languages like JAVA were used for the development of the application and SQL for the development of the database. Applied research is carried out with a technological focus, since the acquired knowledge in the technological development of the prototype was transformed. It is intended to automate a process that at present is not possible to perform easily, and to monitor the consumption of tap water.

Key words: Movil App, water demand, ZigBee.

Introducción

Los cambios climáticos, el consumo inadecuado en los hogares, el aumento y desarrollo de la población, son algunos de los factores que causan un mayor gasto del agua en la actualidad. Para el DANE las viviendas tienen una ocupación de entre 4 o menos personas (DANE, 2010, p.2), las cuales usan el agua ya sea para bañarse, lavarse las manos o cocinar sus alimentos, entre otros. Ojeda (2009) plantea que el “consumo básico de agua potable en Colombia es de 20 m³/vivienda-mes, equivalente a 133 litros/habitante -día y que este consumo en su mayoría es 30% mayor al estándar” (p.11) es decir que se está consumiendo por hogar más de lo que corresponde.

En las residencias son usados los contadores o medidores de agua, que son los que se encargan de registrar el consumo para su posterior cobro, pero en la mayoría de las ocasiones no registran el total del agua que se consume.

En la actualidad, con el desarrollo y evolución de las tecnologías, se han adoptado mejores métodos que ayudan a administrar este recurso hídrico que llega a los hogares. Según Bustillos, Hernández, Silva, Barrón, Chávez, & López (2016), una tecnología actual que ayuda con la automatización y medición del consumo de agua de las redes domésticas, sin ser creada para esto, es ZigBee (p. 1), ya que con la integración de otros métodos (sensores, placas electrónicas, nodos inalámbricos) logra transferir de forma inalámbrica y en tiempo real el consumo de cada salida de agua, si se requiere.

Con el desarrollo de esta investigación y utilizando tecnologías como ZigBee, Arduino, sensores entre otras, se pretende ayudar al hombre a obtener la medición exacta del agua que consume en su hogar y así, contribuir con el ahorro de este líquido vital.

Capítulo 1. Descripción del Proyecto

1.1.Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción.

La falta de conciencia en el uso racional y el consumo inadecuado del agua hacen evidente la necesidad de medir el gasto en tiempo real del consumo que se hace en una unidad habitacional. Actualmente, para medir el consumo son utilizados los medidores de agua, contadores o hidrómetros, los cuales permiten contabilizar la cantidad de agua que pasa a través de ellos. Según Ojeda (2009), “el mal uso que se le da al agua en los hogares es que el 52% del agua suministrada no se contabiliza, el 48% del agua suministrada se factura y el 28% del valor del agua suministrada se recauda” (p.11), es decir que, en muchas ocasiones estos medidores de agua no registran la totalidad del líquido que entra a una vivienda y esto conlleva a tener un deficiente control del uso.

Cada vez que una persona quiere saber el consumo de agua en tiempo real de una vivienda debe ir hasta el contador y observar el registro que este está indicando, de otra forma, se deben esperar los reportes que llegan a los hogares de manera mensual, y para esto, esperar a que un funcionario de la empresa del acueducto realice la lectura del contador.

El problema es mayor cuando se desea conocer permanentemente el consumo de cada grifo; al tener un único contador esto resulta imposible porque este capta al mismo tiempo el consumo de los grifos que estén en uso, ya sea uno o más.

Pasa de igual forma si la persona quiere saber el valor de su consumo general o por grifo, como no tiene acceso en tiempo real a los datos que registra el contador, debe esperar a que llegue su factura, teniendo en cuenta que va a ser general y no por grifo.

Estas problemáticas se podrían solucionar si se creara un dispositivo tecnológico que ayude a monitorear el consumo de cada salida de agua o grifo y así se tendría registro en tiempo real del consumo, además de calcular el valor del gasto parcial y total que se genera en una unidad habitacional.

1.1.2. Formulación del Problema.

La presente investigación consiste en el diseño de un prototipo, apoyados en la tecnología Zigbee, que facilite el monitoreo en tiempo real de un punto de consumo de agua; para lo anterior, se puede formular la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible monitorear en tiempo real el consumo de agua en un grifo de una unidad habitacional?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Desarrollar un prototipo que ayude a la medición y monitoreo del consumo de agua en un grifo de una unidad habitacional.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Construir un prototipo para la medición del consumo de agua de un grifo de una unidad habitacional.

- Desarrollar una base de datos para almacenar la información del consumo de agua que genera el grifo.
- Implementar la tecnología Zigbee como medio de transmisión inalámbrico de los datos del prototipo a la base de datos.
- Desarrollar una aplicación móvil que monitoree el consumo de agua en un grifo de una unidad habitacional.

1.3.Justificación

Este proyecto de investigación pretende contribuir al uso eficiente y consciente del agua, creando un prototipo que monitoree el consumo en tiempo real. Lo anterior se da ya que se encontró que el actual sistema para medir el consumo no registra exactamente el gasto del fluido que ingresa a las tuberías, además de que no muestra en tiempo real el gasto que se hace por salida de agua o grifo de una unidad habitacional.

El proyecto tiene el objetivo diseñar un prototipo que ayude al registro y control del agua, ya que en la actualidad se está viendo que no se le da un buen y adecuado uso en las viviendas por parte de las personas que las habitan.

El prototipo posibilita el monitoreo en tiempo real del gasto del agua por cada salida que exista en la unidad habitacional, registrándolo en una aplicación móvil (APP) para que el usuario sepa sobre su consumo y así mismo si está accediéndolo tome consistencia y realice control del consumo.

Se emplea la tecnología Zigbee ya que es el protocolo que más se adapta a la investigación, permitiendo la comunicación inalámbrica entre los diferentes nodos del prototipo y la

transmisión de información a la base de datos, además los módulos que se utilizan consumen energía solo cuando se están usando, de manera contraria están en un estado de poco consumo.

El proyecto se desarrollará en la modalidad de grado de auxiliar de investigación, del proyecto “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y concientización del consumo de agua en grifo comercial utilizado en unidades habitacionales basado en el protocolo de internet de las cosas”, liderado por el Magister en educación Daniel Bejarano y el Magister en seguridad informática Carlos Ignacio Torres, de la facultad de ingenierías de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, dentro de la línea de investigación de desarrollo de software.

El área de aplicación se consideró porque teniendo una unidad habitacional un contador no es posible monitorear en tiempo real el consumo de cada grifo, esto se mejorará con desarrollos tecnológicos que ayuden a la administración del líquido en los hogares.

1.4.Marco Referencial

Para desarrollar el prototipo es importante tener claro los conceptos teóricos que soportan la investigación.

1.4.1. Marco Teórico.

1.4.1.1.Zigbee.

ZigBee es un protocolo de comunicación inalámbrico que se basa en el estándar IEEE 802.15.4 de las redes inalámbricas WPAN (Acevedo & Turriago, 2013, p.1).

Esta tecnología es impulsada por ZigBee Alliance y permite interconectar más de 2 nodos logrando transferencia de datos. Maneja velocidades de transmisión entre 20 y 250 Kbps, funcionando en la banda sin licencia de 2,4 GHz Osorio, (Garzón & Giraldo, 2008, p.3), para

enlaces con alcance de 40 m en interiores (edificio de oficinas, domicilios) y 120 m en exteriores (con línea de vista).

Este protocolo es utilizado actualmente para desarrollos en domótica, gracias a su poco consumo de energía, la topología de red en malla y su fácil integración con elementos electrónicos; su aplicación facilita procesos de monitoreo, control de iluminación, calefacción, riego.

Esta tecnología soporta tres tipos de topología:

- Estrella: presenta larga vida útil como consecuencia del bajo consumo que requiere.
- Malla: en la cual existen múltiples rutas para alcanzar un destino, obteniéndose alta confiabilidad.
- Racimo de Árbol: es una topología del tipo Malla-Estrella que encierra los beneficios de ambas.

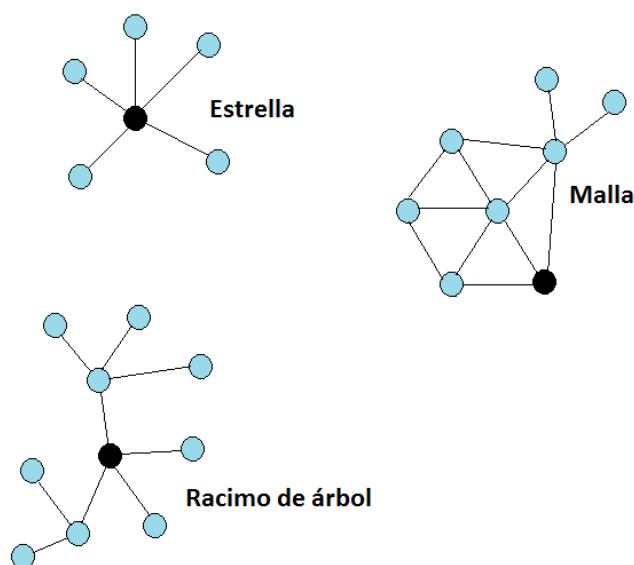


Figura 1. Topologías. Fuente: Elaboración propia.

1.4.1.2.Módulo XBee.

Los módulos XBee son fabricados por DIGI y están basados en el protocolo de ZigBee, estos chips son capaces de comunicarse de forma inalámbrica con otros. Según Algarín (2012) “se puede constituir una red de datos confiable, con alta inmunidad al ruido, facilitando la comunicación entre los componentes del sistema y asegurando el correcto transporte de la información desde y hacia las unidades remotas” (p.3).

1.4.1.3.Medidores de flujo de agua domiciliaria.

Cuando se habla de medidores de flujo de agua o caudal, se hace referencia a un instrumento ubicado en la tubería, que es capaz de contabilizar la cantidad (en volúmenes) de agua que pasa por ella; según Ordoñez (2007) “los medidores que existen en el mercado miden flujos desde mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de laboratorio, hasta miles de metros cúbicos por segundo (m^3/s) para sistemas de irrigación de agua o agua municipal” (p.4).

A continuación, se observan los tipos de medidores que existen:

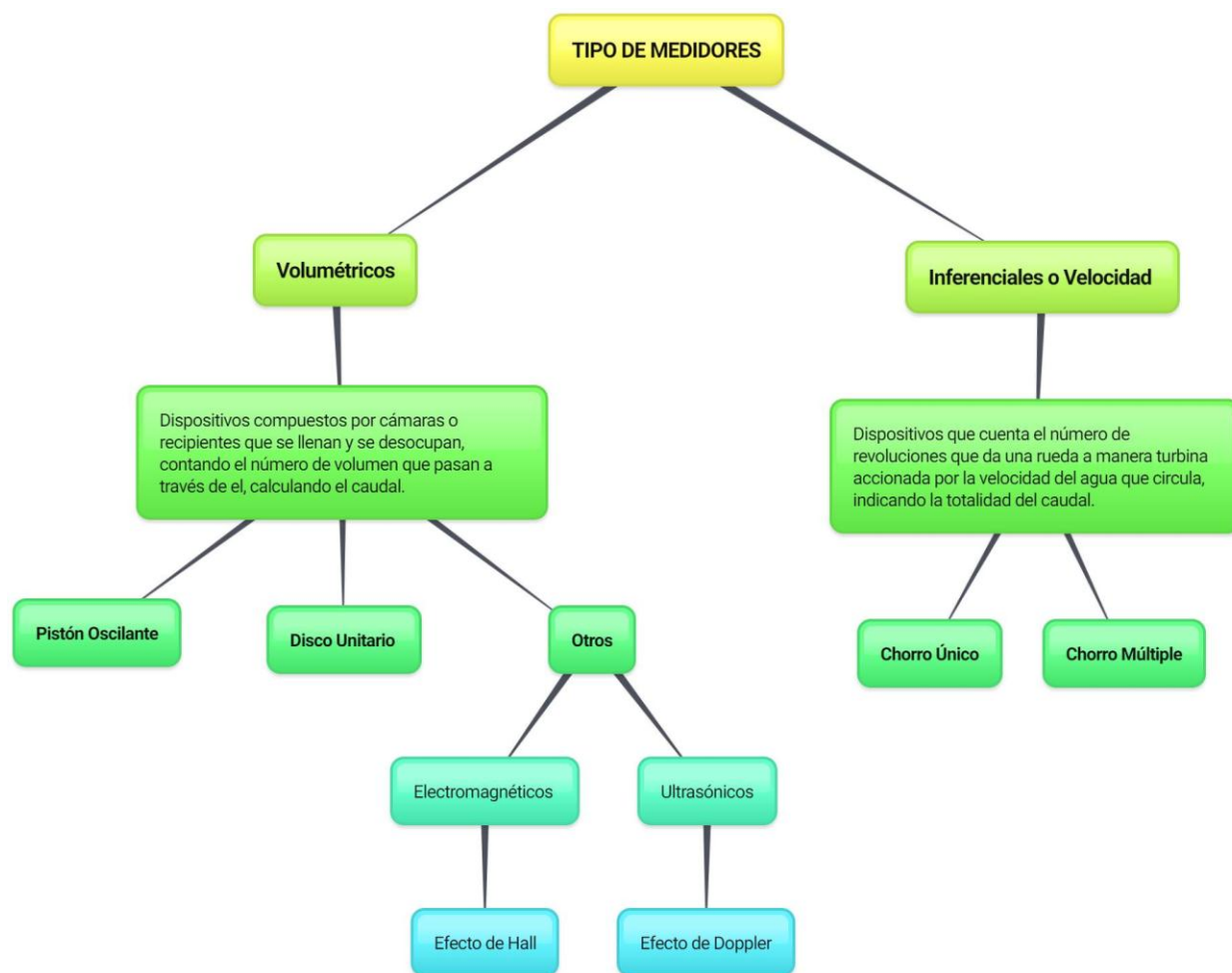


Figura 2. Tipos de medidores de caudal. Fuente: Elaboración propia.

1.4.1.4.Arduino.

En la página web de Arduino se encuentra que, Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basado en hardware y software, fácil de programar y de usar. Las placas de Arduino son capaces de leer señales de sensores y convertirlas en salidas (la activación de un motor, encender un LED, publicar algo en línea). Para ello utiliza el lenguaje de programación de Arduino, y el software de Arduino (IDE), basadas en el procesamiento.

Este microcontrolador se utiliza en miles de proyectos de diferentes áreas por su característica de código abierto y su compatibilidad con un sin número de sensores, dispositivos de comunicación, leds, servo motor, entre otros.

1.4.1.5.Base de datos.

“Una base de datos es un conjunto de elementos de datos interrelacionados, administrados como unidad” (Oppel, 2010, p. 16). Las bases de datos han ido avanzando al mismo tiempo que las tecnologías, los registros muestran que fueron las cintas magnéticas las primeras bases de datos utilizadas, en las cuales se almacenaba la información y solo podía ser leída de forma secuencial y ordenada.

Existen herramientas que facilitan el uso, la actualización y la consulta de una base de datos, estas herramientas son los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD), que cumplen las funciones de:

- Permitir a los usuarios almacenar, acceder, actualizar datos.
- Permitir el acceso a los datos por varios usuarios al mismo tiempo, es decir la concurrencia.
- Salvaguardar la información que exista en la base de datos, de manera que no se pierda.
- Asegurar la información, de modo que solo los usuarios que tengan permiso de acceder a la base de datos puedan ver la información.

Algunos SGBD más utilizados son: Oracle, MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server.

1.4.1.6.Aplicaciones móviles.

La palabra aplicaciones viene del inglés “apps” que se deriva de “application” y que en español traduce “aplicación”. Se conoce como aplicación móvil al software que se instala en un dispositivo móvil con el fin de ampliar sus funcionalidades, para que el usuario realice diferentes tareas (Arroyo 2011, p. 36)

Según Aguado& Martínez (2013), “el entorno actual de los contenidos y aplicaciones móviles no es consecuencia directa del desarrollo lineal y planificado de un modelo inicial, si no que ha surgido como resultado de la evolución vivida el negocio de las telecomunicaciones y su confluencia con otros mercados” (p. 14).

Es probable que ya existan aplicaciones para todo: jugar, estudiar, enviar mensajes, escuchar música, ver películas, publicar información, controlar aparatos, navegar por internet etc., pero cada día surgen necesidades en la sociedad que deben ser solucionadas de distintas maneras y con nuevas aplicaciones.

Se pueden desarrollar aplicaciones en diferentes lenguajes de programación como Java, C#, Visual Basic, Objective-C, Swift, entre otros, teniendo en cuenta el sistema operativo para el cual se diseñe la aplicación.

Entre los sistemas operativos más utilizados por dispositivos móviles están:

Android.

Es un sistema operativo multidispositivo, inicialmente diseñado para teléfonos móviles. En la actualidad se puede encontrar en ordenadores, tabletas, GPS, televisores, etc. Este sistema operativo permite programar aplicaciones empleando Java (Robledo& Fernández 2011, p.12).

Fue desarrollado por la compañía Android Inc, que en el año 2005 fue comprada por Google. Actualmente Android es ejecutado como sistema operativo en múltiples teléfonos de marcas

como: Samsung, LG, Lenovo, Motorola, Sony, Wuawei, entre otros, siendo el sistema operativo que en la actualidad tiene mayor presencia en los móviles.

IOS.

Nace a mediados de año 2007, llamándose iPhone OS. Es desarrollado originalmente para el iPhone, pero más tarde fue introducido a el iPod Touch y el iPad, desde si primera versión incorpora aplicaciones como Mail, Fotos, Calculadora, entre otras. Utiliza como lenguaje de programación para crear sus aplicaciones Objective-C y Swift.

BlackBerry OS.

Es desarrollado por RIM, este sistema operativo es propietario de BlackBerry. La versión del sistema operativo tiene un Kernel que se basa en Java, además, es un sistema operativo multitarea, pues permite ejecutar más de una aplicación al tiempo. Sus aplicaciones móviles son desarrolladas en Java, en diferentes entornos de desarrollo.

Windows Phone.

Este sistema operativo fue lanzado en el año 2010. Entre las novedades se encuentra la denominada interfaz de usuario “Metro” basada en la utilización de mosaicos dinámicos que muestran información útil al usuario. Actualmente corre en teléfonos de Microsoft, la linea de teléfonos que le compro a Nokia en el año 2013 y se utilizan como lenguajes de programación C# y Visual Basic.

1.5. Metodología

Para esta investigación se han aplicado dos metodologías, las cuales son la metodología de investigación y la metodología de ingeniería

1.5.1. Metodología de Investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada con enfoque tecnológico, ya que se pretende transformar el conocimiento adquirido en el desarrollo tecnológico de un prototipo que va a satisfacer una necesidad social previamente identificada.

El método tecnológico cuenta con las siguientes fases (Ortiz 2005, p.43).

- Selección del problema
- Desarrollo de hipótesis
- Prueba de hipótesis
- Comprobación de resultados
- Comunicación

1.5.2. Metodología Ingenieril.

Se hizo un análisis de las diferentes metodologías de desarrollo que existen y se concluyó que la mejor opción a aplicar es la metodología de prototipos, porque se acopla a las necesidades del proyecto permitiendo escuchar los requerimientos iniciales del tutor para hacer un primer modelo funcional, con el cual se podrá interactuar y si es el caso hacer cambio en las siguientes iteraciones.

Esta metodología reduce el riesgo de construir un producto que no satisfaga las necesidades del tutor.

Para ejecutar esta metodología se tienen en cuenta sus etapas que son las siguientes (Pressman, 2005, p. 39).

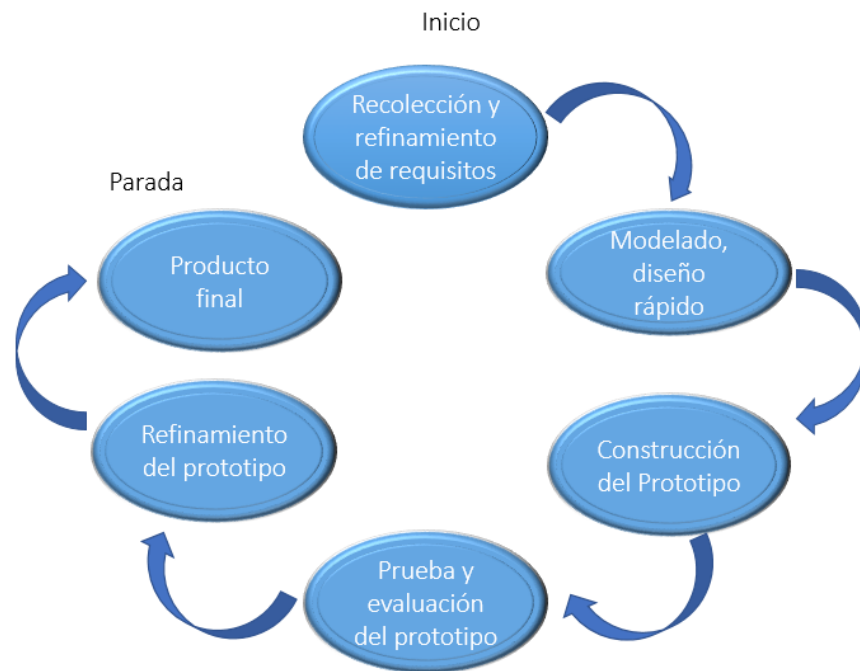


Figura 3. Fases de la metodología prototipos. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 2. Descripción De Las Actividades Realizadas

Con el desarrollo de la investigación se realizaron diferentes actividades para poder construir el prototipo funcional, de igual manera se establecieron reuniones entre los tutores y los auxiliares de investigación y para tener claros los objetivos finales del proyecto.

Se estableció un cronograma (ver figura 4) para facilitar el desarrollo de las actividades y tener clara la fecha de inicio y fin de cada actividad que comprende el proyecto.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	mes 6																			
	Semanas																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Presentación de propuesta	■	■																							
Planteamiento del problema		■																							
Revisión bibliográfica		■	■	■																					
Recolección de requisitos				■																					
Definición de objetivos				■																					
Análisis y Diseño básico del prototipo					■	■	■																		
Construcción prototipo inicial								■	■	■	■	■													
Evaluación del prototipo													■	■						■			■		
Ajustes del prototipo														■	■	■	■								
Prototipo final																			■	■					
Socialización																						■	■		

Figura 4. Cronograma de actividades. Fuente: Elaboración propia.

2.1. Presentación De La Propuesta Y Planteamiento Del Problema

Se presentó el proyecto de investigación “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y concientización del consumo de agua en grifo comercial utilizado en unidades habitacionales basado en el protocolo de internet de las cosas” por parte del Magister en educación Daniel Bejarano, quien es el investigador principal y el Magister en seguridad

informática Carlos Torres a dos de los estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas, los cuales tomarían el papel de auxiliares de investigación.

De igual manera, se planteó la problemática a solucionar y se trazaron unos objetivos a cumplir.

2.2.Revisión Bibliográfica

Después de tener claro la problemática a solucionar, se realiza una investigación documental en diferentes fuentes de información como bases de datos, bibliotecas, bibliotecas virtuales, en las cuales se logra recopilar diferentes trabajos, libros, tesis, revistas, artículos con información sobre tecnologías inalámbricas, consumo de agua, aplicaciones móviles, bases de datos, metodologías; información que es de vital importancia para adquirir nuevo conocimiento.

Se diseñan algunas fichas bibliográficas (ver los anexos), en las cuales se destaca la información más relevante e importante para aplicar en el desarrollo del proyecto.

2.3.Recolección De Requisitos

Se establecieron con los tutores del proyecto los requerimientos, los cuales estuvieron sujetos a actualizaciones durante la fase de evaluación del prototipo. A continuación, se mencionan los requerimientos tanto funcionales como no funcionales del proyecto.

2.3.1. Requerimientos no Funcionales.

Tabla 1. Requerimientos no funcionales.

ID	Nombre	Descripción
R-01	Usabilidad	El prototipo debe ser fácil de usar por el usuario

R-02	Disponibilidad	El prototipo debe ser funcional para que el usuario lo utilice cada vez que lo requiera
R-03	Aplicación móvil para Android	La aplicación será compatible con los teléfonos que tengan como sistemas operativo Android
R-04	Interfaz amigable	La interfaz de la aplicación debe poder utilizarse por el usuario de forma fácil y sencilla.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Requerimientos Funcionales de la APP.

Tabla 2. Requerimientos funcionales.

ID	Nombre	Descripción
R-01	Visualizar consumo	El sistema proporciona la información al usuario del consumo de agua
R-02	Visualizar costo de consumo	El sistema proporciona la información al usuario del costo en pesos del consumo de agua
R-03	Actualizar	Se actualizan los datos de consumo y costo de consumo de agua.

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Definición de Objetivos

De acuerdo con las necesidades y requerimientos que se establecieron, surgieron los objetivos que como auxiliares de la investigación se debieron cumplir. Estos objetivos, el general y los específicos, se pueden observar en el primer capítulo del documento.

2.5. Análisis Y Diseño Básico Del Prototipo

Gracias a los requerimientos funcionales recopilados, se diseña el diagrama de casos de uso como base para empezar la construcción del prototipo.

2.5.1. Casos de uso para la APP.

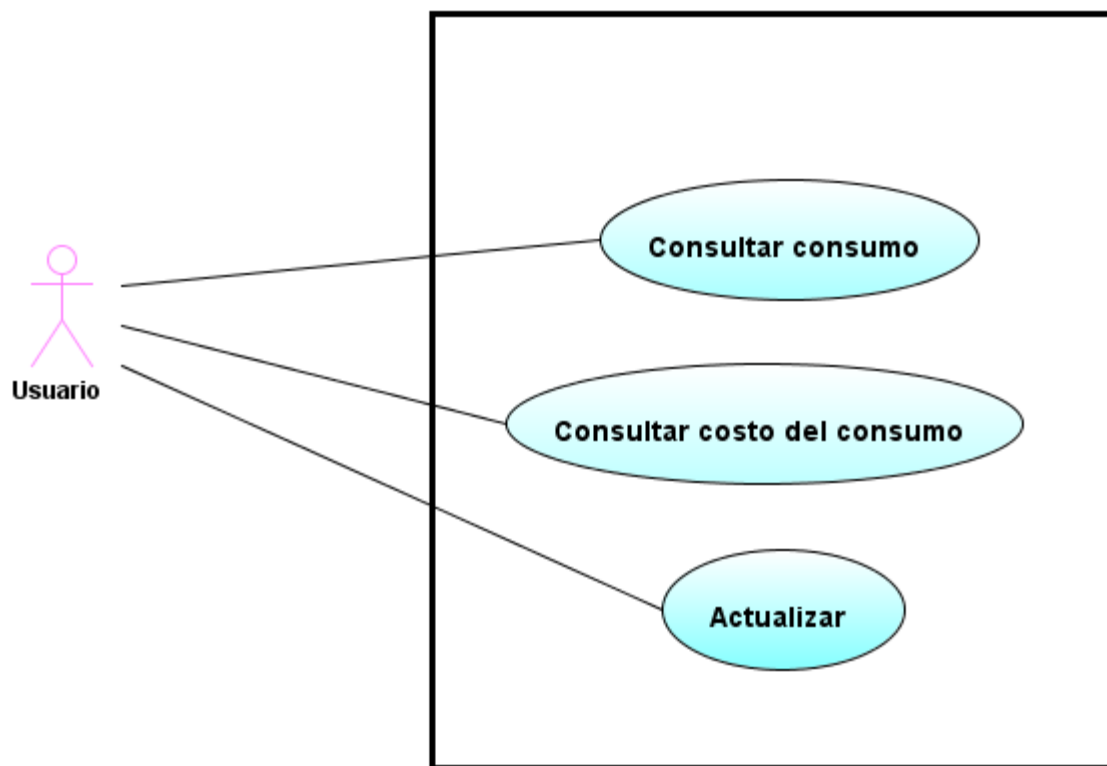


Figura 5. Casos de uso. Fuente: Elaboración propia.

2.6.Construcción del Prototipo

La construcción del prototipo se dividió en 4 fases por ser un proyecto que integra diferentes componentes electrónicos y tecnológicos.

Tabla 3. Componentes electrónicos utilizados para la construcción del prototipo.

Concepto	Descripción	Cant.
Módulo XBee	Módulo de comunicación por radio	2
Arduino Mega	Tarjeta de desarrollo basada en un microcontrolador	2

G1/2 Sensor de flujo de agua	Sensor de flujo de agua	1
Unidad XBee Explorer USB	Tarjeta para programar los módulos XBee	1
Unidad regulada para módulos XBee	Tarjeta reguladora de voltaje.	2
Base SMD de 10 pines y 2mm para XBee	Base SMD de 10 pines y 2mm para XBee	4
Header hembra para Arduino	Conector header hembra de 6 pines para Arduino.	2
Conector header macho	Conector header macho de 40 pines, en una línea.	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Componentes tecnológicos utilizados para la construcción del prototipo.

Concepto	Descripción
XCTU	Aplicación para configurar, inicializar, actualizar firmware y testear los módulos XBee.
MySQL	SGBD utilizado para almacenar la información que genera el sensor de caudal.
XAMMP	Programa que permite la gestión de bases de datos MySQL y servidor web Apache.
JSON	(JavaScript Object Notation - Notación de Objetos de JavaScript) es un formato ligero de intercambio de datos.
PHP	Lenguaje de código libre.
Android Studio	IDE para desarrollar la aplicación móvil.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.1. Construcción Simulación Del Grifo.

Para fabricar una simulación de un grifo se utilizaron los siguientes materiales:

- 01 botellón de agua con capacidad de 20 litros.
- Silicona transparente.
- 1 llave de grifo PVC.
- Pegante para PVC.
- 30 cm de tubo PVC de (1/2) pulgada.
- 01 reducción de 1(1/4) a (1/2) pulgadas.
- 01 codo PVC de (1/2) pulgada.
- 02 adaptadores hebra PVC de (1/2) pulgada.
- 01 base metálica ornamentada para sostener el botellón.

Una vez ensamblados estos elementos, se obtuvo un grifo con la suficiente capacidad de agua para realizar las respectivas pruebas del prototipo.

Se instaló el sensor de caudal antes de la salida final de agua como lo muestra la figura 5, para calcular en este punto el volumen de líquido que saldrá.



Figura 6. Foto de la simulación del grifo. Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Construcción De Base De Datos.

El prototipo requiere del desarrollo de una base de datos para almacenar la información del consumo de agua, información que emite el sensor de caudal que se instaló en la tubería que lleva al grifo. La base de datos se desarrolló en el sistema de gestión de base de datos o SGBD MySQL y se diseñó un modelo entidad relación pensado en la implementación de un sistema completo que cuente con varios nodos terminales que envían información a uno central, pero que permita por el momento realizar pruebas con un solo nodo

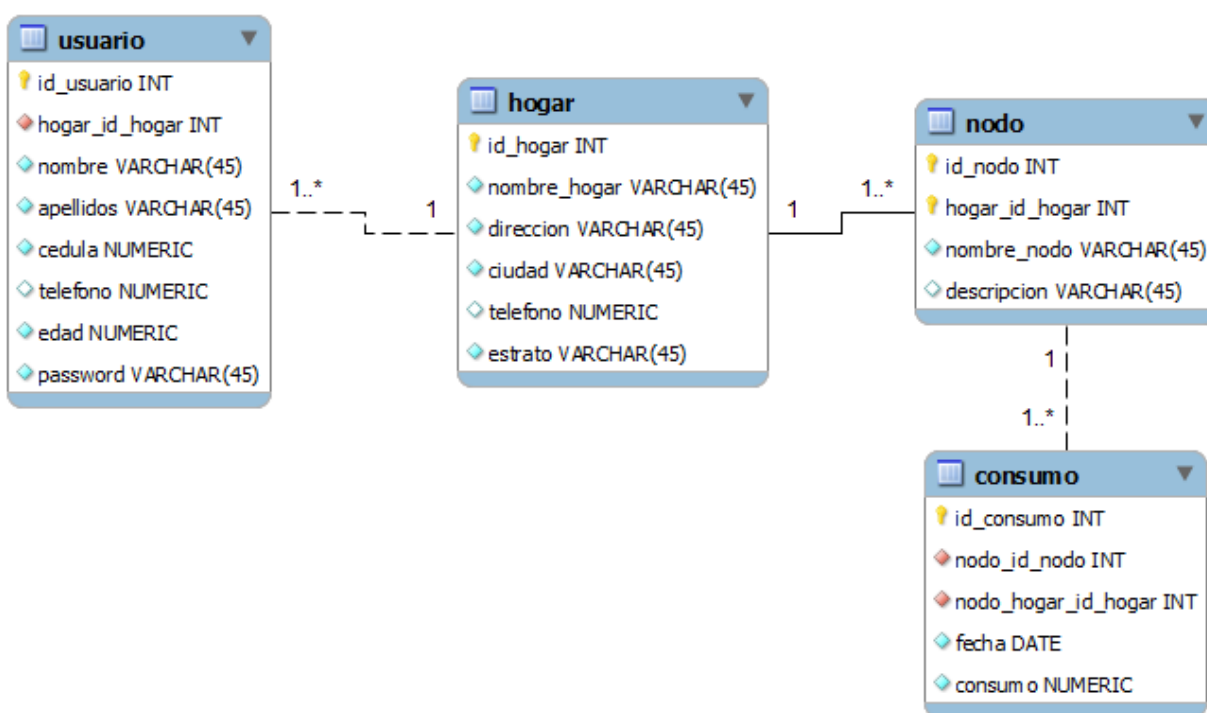


Figura 7. Modelo entidad relación (MER) del prototipo. Fuente: Elaboración propia.

El eje central de la base de datos es el hogar (ver Figura 7.) en el cual se instalará el sistema. Esta unidad habitacional tendrá unos usuarios que tendrán acceso a la información que vayan capturando los diferentes nodos.

2.6.3. Construcción De Nodos.

Como medio de transmisión de datos se utilizaron 02 módulos Xbee SC2. Uno es el nodo emisor, el cual se encargará de enviar las pulsaciones emitidas por el sensor de caudal que está en la tubería, cada vez que salga agua por el grifo.

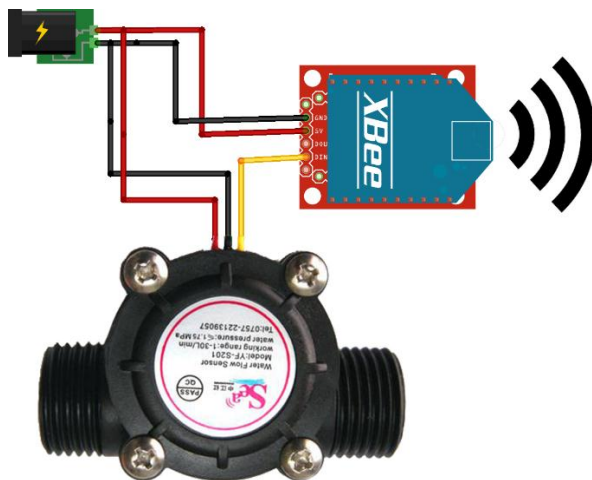


Figura 8. Conexión del sensor con el módulo XBee emisor. Fuente: Elaboración propia.

El segundo nodo recibirá la información transmitida y la enviará al pin 2 de la placa Arduino que se encargará de procesar la información.

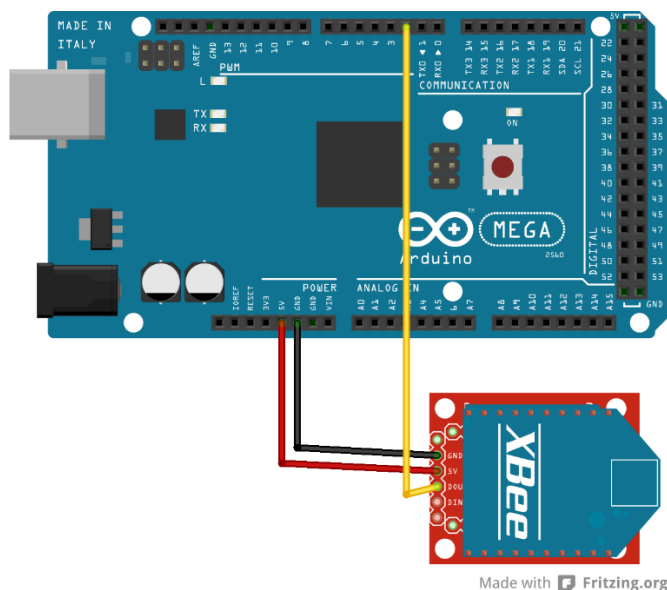


Figura 9. Conexión de la placa Arduino con el módulo receptor XBee. Fuente: Elaboración propia.

Las placas de Arduino, en este caso la versión Mega 2560, cuentan con pines para diferentes propósitos como entradas o salidas digitales, analógicas, PWM, entre otros. Pero específicamente los pines 2 y 3 están programados para realizar conteos de pulsaciones digitales, con el fin de hallar su frecuencia mediante la función `attachInterrupt()`. Obteniendo la frecuencia, se logra hacer una conversión a caudal (Q), por medio de la utilización de una constante de conversión (K) que es suministrada por el fabricante de sensor de caudal.

$$f(\text{Hz}) = K * Q(\text{l/min}) \rightarrow Q(\text{l/min}) = \frac{f(\text{Hz})}{K}$$

Figura 10. Fórmula para determinar la frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

Para el sensor de caudal YF-S201 de 1/2 ", la constante de conversión es $K=7,5$.

El promedio de salida de agua por el grifo se calculó en 1.75 litros. Sin embargo, el promedio que arrojaba el sensor era de 1.42 litros. Por este motivo se tuvo que ajustar la constante K, con ayuda de la formula ya expuesta.

$$Q (l/min) = \frac{f(Hz)}{K}$$

$$1,75 (l/min) = \frac{10,5(Hz)}{K}$$

$$\mathbf{K = 6}$$

Figura 11. Constante de conversión K. Fuente: Elaboración propia

De esta manera se comprobó que cada sensor necesita de una calibración, para lograr una medición más exacta.

Las mediciones se envían a la base de datos mediante un web service programado en PHP, teniendo en cuenta que para la base de datos se utilizó MySQL.

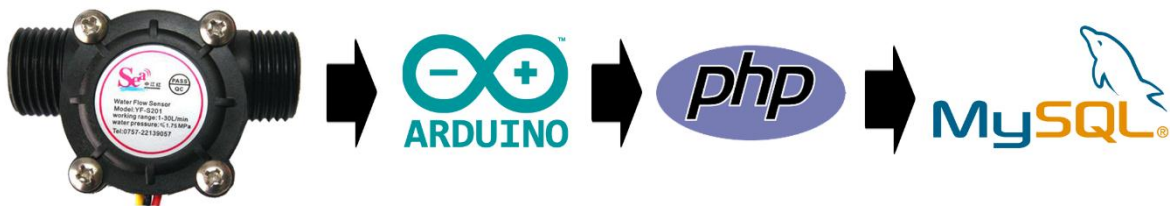


Figura 12. Herramientas utilizadas para almacenar los datos de consumo. Fuente: Elaboración propia.

2.6.4. Construcción Aplicación Móvil.

Teniendo en cuenta que para realizar las pruebas al prototipo se utilizará un servidor local, se utilizó el IDE Android Studio para desarrollar la aplicación móvil, ya que este entorno facilita la organización de los proyectos, separando la parte lógica de las vistas y sus recursos. Además, permite el uso de bases de datos en MySQL mediante la utilización de web services y la interacción con JSON (JavaScript Object Notation) para transmitir información desde PHP a la aplicación.

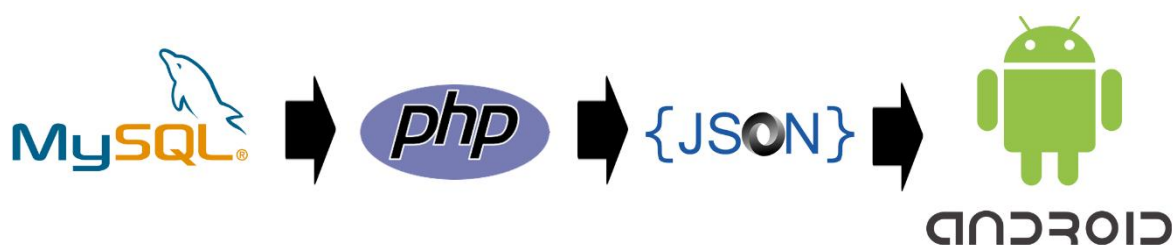


Figura 13. Herramientas utilizadas para visualizar los datos del consumo. Fuente: Elaboración propia.

La interfaz de la aplicación nos ofrece dos campos tipo TextView en los cuales se refleja la suma total del consumo de agua hasta la fecha, en metros cúbicos y el valor de este consumo en pesos colombianos, en base a la tarifa actual que ofrece la empresa de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Villavicencio. Finalmente, la aplicación cuenta con un botón que actualiza la información de la base de datos, si se han realizado nuevos registros por parte del sensor de caudal.

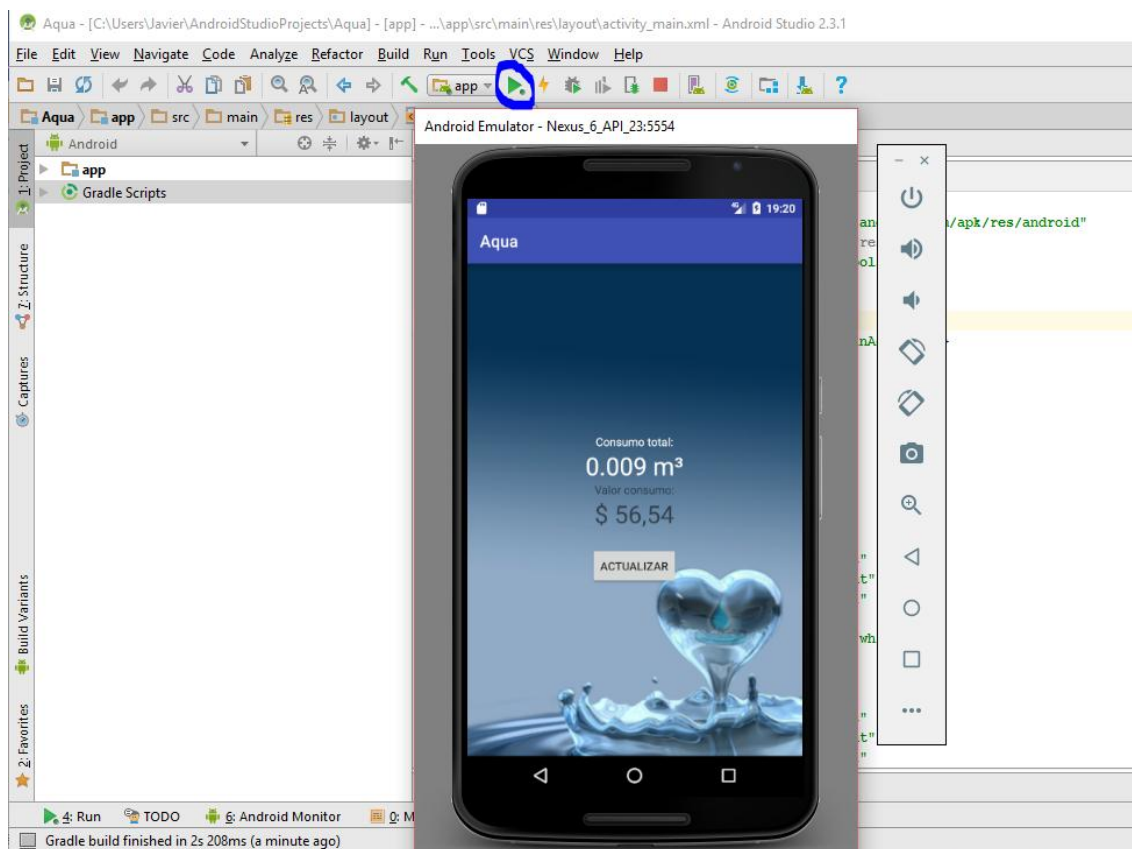


Figura 14. Visualización de la aplicación móvil. Fuente: Elaboración propia.

2.7.Evaluación Del Prototipo

Para evaluar el prototipo se tuvieron en cuenta criterios como la funcionalidad, la facilidad de uso, la compatibilidad, la estabilidad, la interoperabilidad, la actualización y el costo final y futuro del prototipo. Además de esto, se tuvo en cuenta por parte de los tutores que se cumpliera los objetivos trazado. En los nexos se pueden observar la evaluación que se realizó .

2.8. Ajuste del Prototipo

Durante la construcción de prototipo en la fase de la construcción de los nodos se hizo un análisis para hallar la constante K, ya que para el sensor de caudal YF-S201 de 1/2 ", la constante de conversión es K=7.5 según su fabricante. Al hacer las pruebas se observó que el promedio de salida de agua que arrojaba el sensor era de 1.42 litros, este valor no coincidía con el promedio que se había calculado el cual era de 1.75 litros. Por este motivo se tuvo que ajustar la constante K de la siguiente forma:

$$Q \text{ (l/min)} = \frac{f \text{ (Hz)}}{K}$$

$$1,75 \text{ (l/min)} = \frac{10,5 \text{ (Hz)}}{K}$$

$$\mathbf{K = 6}$$

Figura 15. Constante de conversión K. Fuente: Elaboración propia

De esta manera se comprobó que cada sensor necesita de una calibración, para lograr una medición más exacta.

2.9. Prototipo Final

2.9.1. Descripción del Prototipo.

Gracias a la integración de diferentes componentes electrónicos y tecnológicos se logra diseñar y construir un prototipo completamente funcional, el cual mide en tiempo real el consumo de agua de un grifo y calcula el valor de este consumo.

Este prototipo pretende comprobar la posibilidad de medición de agua en un grifo de una unidad habitacional, mediante la utilización del protocolo de transmisión de datos Zigbee.

Para dicho propósito se usará una simulación de un grifo de agua, que realizará las mediciones del flujo de líquido mediante la utilización de un sensor de caudal de efecto Hall. Esta información se almacenará en una base de datos, para poder verificarla mediante una aplicación móvil, desarrollada en el sistema operativo Android.

El prototipo completo permitirá realizar las siguientes acciones:

- 1) Efectuar las mediciones de flujo de agua en la simulación de un grifo.
- 2) Enviar la información a un nodo central, para procesarla y almacenar en una base de datos los resultados.
- 3) Acceder a la información de la base de datos mediante una aplicación móvil.
- 4) Brindar la opción de actualizar la información reflejada en la aplicación móvil, si se realizan nuevas mediciones.

2.9.2. Componentes.

El prototipo final se compone de una simulación de un grifo de agua (ver Figura 16), en el que se encuentra instalado un sensor de caudal, el cual se encarga de determinar cuándo está circulando el agua por la tubería.



Figura 16. Simulación del grifo de agua con el sensor. Fuente: Elaboración propia.

Existe un nodo terminal que está compuesto por un módulo XBee, el cual está conectado con el sensor de caudal para transmitir la información (pulsaciones) que arroja el sensor cada vez que se abre el grifo y pasa el agua.

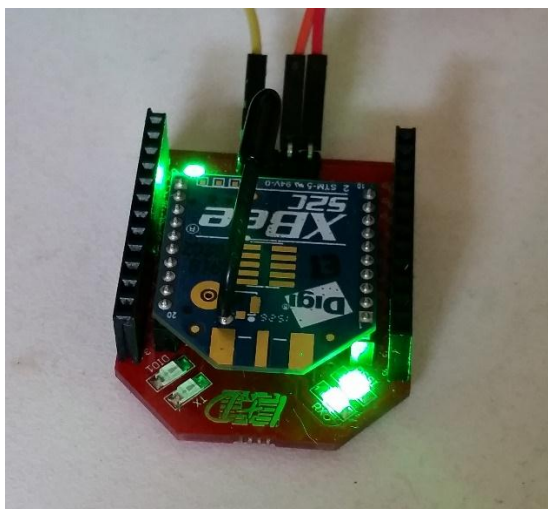


Figura 17. Nodo Terminal. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma existe un nodo coordinador (ver Figura 18) que se encarga de recibir la información que es emitida por el nodo terminal. Este nodo está compuesto por una placa Arduino y un módulo XBee.

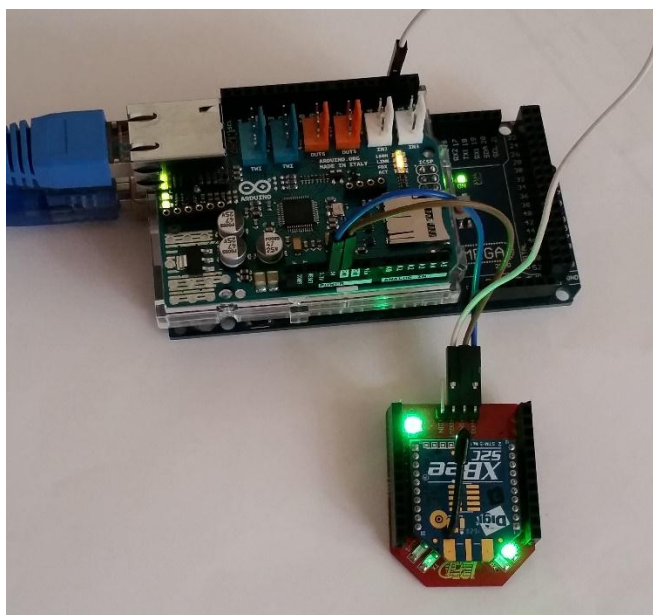


Figura 18. Nodo coordinador. Fuente: Elaboración propia.

Luego de que la información llega al nodo coordinador, es enviada a la base de datos, para ser almacenada y posteriormente se pueda reflejar en la aplicación móvil.

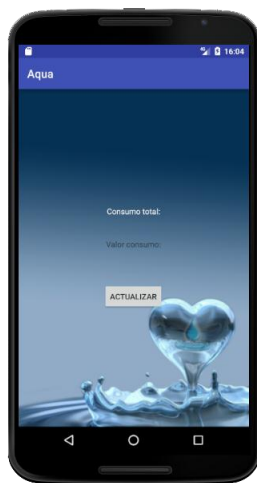


Figura 19. Aplicación móvil. Fuente: Elaboración propia.

En la aplicación móvil se refleja el consumo total que se ha registrado por el sensor hasta la fecha, en metros cúbicos. Ya que esta medida es la utilizada en los recibos de acueducto en Colombia. Además, se hará el cálculo del consumo en base a la tarifa establecida en la Empresa de Servicios Públicos de Villavicencio, según el estrato (para el caso del grifo simulado, estrato 3).

2.10. Socialización

Se muestra el prototipo durante una exposición que se realiza a los tutores, el investigador principal y los demás investigadores del proyecto. Junto con la socialización se entrega el manual de usuario y el prototipo final y funcional.

Capítulo 3. Aporte De Experiencia Para Formación Profesional

Con el desarrollo de esta investigación que tiene como eje central la medición del consumo de agua en un grifo de una unidad habitación, se logra reforzar y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería de sistemas como la programación, el desarrollo para teléfonos móviles, la investigación, el análisis de requerimientos, el lenguaje unificado de modelado (UML) y la construcción de bases de datos. De igual manera, se adquirieron nuevos conocimientos respecto a las tecnologías inalámbricas, gracias a la interacción con la tecnología ZigBee y los módulos XBee, que fueron parte especial en el desarrollo del proyecto.

Por otra parte, gracias al trabajo de investigación realizado nos pudimos dar cuenta de las necesidades y problemáticas que pueden existir en un hogar, vivienda o unidad habitacional respecto al consumo de agua, donde podemos decir que con el uso e implementación de las tecnologías se puede contribuir en la conservación de este líquido vital.

Capítulo 4. Conclusiones

- La integración de diferentes herramientas tecnológicas como arduino, el sensor de agua, el protocolo Zigbee y la aplicación móvil facilitan el proceso de monitorear el consumo de agua, ayudando a reducir los gastos excesivos que se registran en una unidad habitacional.
- Con el desarrollo de este proyecto de investigación se logra introducir el protocolo de comunicación Zigbee como una herramienta, ya que permite transferir información desde los módulos XBee hasta la base de datos.
- Los módulos XBee serie 2, a pesar de tener un tamaño tan reducido, tiene una gran funcionalidad, además de que permiten un ahorro de energía.
- El desarrollo de la base de datos permite registrar la información que genera el sensor de flujo de agua para que luego sea visualizada en la aplicación móvil.
- La aplicación móvil permite ver en tiempo real el consumo de agua que se está teniendo en el grifo, de igual manera saber el costo en pesos de ese consumo.

Referencias

- Acevedo, C. M. D., & Iturriago, A. X. (2013). *Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la Tecnología Zigbee*. Revista colombiana de tecnologías de avanzada(rcta), 2(20).
- Aguado, J. M., Feijóo, C., & Martínez, I. J. (Eds.). (2013). *La comunicación móvil: hacia un nuevo ecosistema digital*. Barcelona, ESPAÑA: Editorial Gedisa. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- Algarín, C. R. (2012). *Diseño de un sistema Scada basado en Labview, implementando el protocolo de comunicación inalámbrica Zigbee*. Prospectiva,10(1), 44-52.
- Andrango Díaz, W. R., Ramírez, B., & Santiago, E. (2007). *Diseño e implementación de una red inalámbrica para sufragio electrónico basada en el estándar ZIGBEE (IEEE802. 15.4)*.
- Arroyo, N. (2011). *Información en el móvil*. Barcelona, ES: Editorial UOC. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- Bustillos, J. R., Hernández, J., Silva, R. S., Barrón, V., Chávez, Ó. R., & López, S. A. (2016). *El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable*. CULCyT, (54).
- Cegarra, S. J. (2012). *La tecnología*. Madrid, ES: Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- Crespo, E. (3 de Febrero de 2017). *Aperendiendo arduino* . Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/xbee/>
- Domínguez, M. F., Paredes, V. M., & Santacruz, V. L. P. (2014). *Programación multimedia y dispositivos móviles*. Madrid, ES: RA-MA Editorial. Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- Durán, P. D. C., & Iturriago, A. X. (2012). *Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología zigbee*. Revista Colombiana de, 1(17), 2011.
- Elmasri R., Navathe B. S. (2007). *Fundamentos de sistemas de bases de datos*. España, Madrid: Pearson.
- GUTIÉRREZ, L. G. (2012). *Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado*.
- Herrador, R. E. (2009). *Guía de usuario de Arduino*. Universidad de Córdoba, 8.
- Lozada, J. (2014). *Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria*.

Obtenido de <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>

Montalban, I. L., Perez, M. J., & Rivas, J. O. (2013). *Bases de Datos*. Madrid: Alfaomega.

Ojeda, E. (2009). *Agua para el siglo XXI para América del Sur: de la visión a la acción*. Informe Colombia.

Ordóñez, A. J. A., & Trejos, N. D. A. (2007). *Los medidores de flujo (fluxómetros): mecánica de fluidos e hidráulica de tuberías*. Buenos Aires, AR: El Cid Editor - Ingeniería. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

Oppel, A. (2010). *Fundamentos de bases de datos*. México, D.F., MX: McGraw-Hill Interamericana. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

Ortiz, F. (2005). *Metodología de la investigación*. México: LIMUSA

Osorio, J. A. C., Garzón, H. B. C., & Giraldo, E. E. (2008). *Propuesta de aplicación" medición del consumo de agua domiciliaria" utilizando tecnología inalámbrica ZIGBEE*. Scientia et Technica, 2(39), 43-47.

Pressman, R.S. (2005). *Ingeniería del software, un enfoque práctico*. México: McGraw-Hill

Reinoso Pérez, E. S. (2008). *Diseño e implementación de un prototipo para una red de domótica y seguridad para un hogar utilizando el estándar IEEE 802.15. 4 ZIGBEE*.

Robledo, S. C., & Fernández, D. R. (2011). *Programación en Android*. Madrid, ES: Ministerio de Educación de España. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

Suárez Barón, J. C. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de monitoreo para invernaderos apoyado con tecnología Zigbee*.

Vargas Cordero, Z R; (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista Educación, 33 () 155-165.

Anexos

Anexo 1: Fichas bibliográficas

FICHA 1

El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable

<p>Tema: Definición de ZigBee</p> <p>Subtema: ZigBee</p>	<p>Ubicación: Carpeta Proyecto de Investigación</p>
<p>Referencia Bibliográfica (APA). Bustillos, J. R., Hernández, J., Silva, R. S., Barrón, V., Chávez, Ó. R., & López, S. A. (2016). El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable. <i>CULCyT</i>, (54).</p>	
<p>Resumen: Se define que es la tecnología ZigBee</p>	
<p>Cita Textual 1. Es susceptible de ser utilizado para la automatización y medición del suministro de agua potable en redes domésticas.</p> <p>P. 1</p>	
<p>Cita Textual 2. ZigBee para la automatización y la medición del suministro de agua potable, así como la detección de fugas en la red en tiempo real. P. 1</p>	
<p>Cita Textual 3. Según Ortúzar (2010) ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones para redes Wireless que requieran comunicaciones seguras y fiables con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.P2</p>	
<p>Cita textual 4. El término de ZigBee debe su nombre a que el sistema de comunicación empleado es muy parecido al movimiento en zigzag que utilizan las abejas para comunicarse (Alfaro). Es decir, ZigBee trata de emular la coordinación de la comunicación y actividad de distintos individuos para poder actuar en conjunto para tareas más complejas. P2</p>	
<p>Metodología.</p>	

Comentarios. Zigbee es un protocolo de comunicación inalámbrico basado en el estándar IEEE 802.15.4

FICHA 2

Diseño de un sistema Scada basado en labview, implementando el protocolo de comunicación inalámbrica zigbee.

<p>Tema: Tecnología ZigBee</p> <p>Subtema: Módulos XBee</p>	<p>Ubicación: Carpeta Proyecto de Investigación</p>
<p>Referencia Bibliográfica (APA). Algarín, C. R. (2012). Diseño de un sistema Scada basado en Labview, implementando el protocolo de comunicación inalámbrica Zigbee. <i>Prospectiva</i>, 10(1), 44-52.</p>	
<p>Resumen: Descripción de los módulos XBee</p>	
<p>Cita Textual 1. Los dispositivos ZigBee escogidos para la comunicación inalámbrica son los módulos XBee ZB programables, con antena integrada (chip antenna), de la empresa DIGI, conocidos también como XBee Series 2.P. 48</p>	
<p>Cita Textual 2. tienen un alcance máximo línea-vista de 120 metros para exteriores y de 40 metros en interiores. P. 48</p>	
<p>Cita Textual 3. la tecnología ZigBee provista por los XBee Series 2, se puede constituir una red de datos confiable, con alta inmunidad al ruido, facilitando la comunicación entre los componentes del sistema y asegurando el correcto transporte de la información desde y hacia las unidades remotas. P. 51</p>	
<p>Comentarios. Los módulos XBee son soluciones integradas</p>	

FICHA 3

Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología zigbee.

Tema: Tecnología ZigBee	Ubicación: Carpeta Proyecto de Investigación
Subtema: ZigBee	
Referencia Bibliográfica (APA). Acevedo, C. M. D., & Iturriago, A. X. (2013). Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la Tecnología Zigbee. <i>REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)</i> , 2(20).	
Resumen: Se define que es la tecnología ZigBee	
Cita Textual 1. El protocolo ZigBee es un estándar de las comunicaciones inalámbricas diseñado por la empresa ZigBee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante P. 2	
Cita Textual 2. El ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de las redes inalámbricas WPAN, que tiene como objetivo ser implementada en aquellas aplicaciones donde se requieren comunicaciones seguras, confiables, de bajo consumo y coste.P. 2	

FICHA 4

Ficha Bibliográfica Propuesta de aplicación “medición del consumo de agua domiciliaria”
utilizando tecnología inalámbrica Zigbee () {Bibliography}

Tema: Tecnología inalámbrica	Ubicación: Carpeta Proyecto Investigación
Subtema: Tecnología Zigbee	
Referencia Bibliográfica (APA). Osorio, J. A. C., Garzón, H. B. C., & Giraldo, E. E. (2008). Propuesta de aplicación" medición del consumo de agua domiciliaria" utilizando tecnología inalámbrica ZIGBEE. <i>Scientia et Technica</i> , 2(39), 43-47.	

Resumen: Se presentan fundamentos sobre la tecnología ZigBee y sus principales características.
Cita Textual 1. ZigBee es un protocolo que usa el 802.15.4 y es impulsado por ZigBee Alliance, un grupo de empresas, la mayoría fabricantes de semiconductores, que trabajan de manera conjunta en el desarrollo de este protocolo para aplicaciones comerciales e industriales de baja tasa de transferencia de datos y conectividad simple, teniendo en mente el uso de baterías en los dispositivos. p. 1
Cita Textual 2. El ancho de banda definido por el estándar 802.15.4 es de 5 MHz en la banda de 2,4 GHz 1 (aunque en la práctica sólo se usan 2 MHz) y la tasa de transferencia de datos máxima es de 250 Kbps. Además, especifica el uso de "Direct Sequence Spread Spectrum" (DSSS) y el uso de modulación O-QPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) con forma de pulso de media onda sinusoidal para la modulación de la frecuencia portadora. p.1
Cita Textual 3. Está basada en el estándar IEEE 802.15.4, acceso físico y capa de acceso a los medios de comunicación (Physical Layer (PHY) y Media Access Layer (MAC)) de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN)2. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. p. 2
Cita Textual 4. ZigBee además de tener un radio transmisor/receptor, tiene un microcontrolador que puede ser programado según las necesidades, evitando la construcción de interfaces con otros dispositivos, y la utilización de más hardware. Asimismo, incorpora la creación de redes en malla. p. 2
Cita Textual 5. La topología más interesante (y una de las causas por las que parece que puede triunfar ZigBee) es la topología en malla; ya que esta permite que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos. p. 3
Cita Textual 6. Una red ZigBee puede constituirse hasta por 255 nodos, los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee en reposo, con el objeto de disminuir el consumo, cosa que no ocurre con otras tecnologías inalámbricas. Un sensor equipado con un transceiver ZigBee puede alimentarse con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años. p. 3
Metodología.

<p>Tema: Propuesta aplicación ZigBee</p> <p>Subtema: Componentes</p>	<p>Ubicación: Carpeta Proyecto Investigación</p>
<p>Referencia Bibliográfica (APA). Osorio, J. A. C., Garzón, H. B. C., & Giraldo, E. E. (2008). Propuesta de aplicación " medición del consumo de agua domiciliaria" utilizando tecnología inalámbrica ZIGBEE. Scientia et Technica, 2(39), 43-47.</p>	
<p>Resumen: Se presentan una propuesta de aplicación con tecnología ZigBee, con el fin de automatizar un sistema de medición del consumo de agua a nivel residencial.</p>	
<p>Cita Textual 1. Actualmente la medición del caudal de agua para el servicio domiciliario y su posterior cobro, se realiza por medio de un contador, que indica el valor por medio de un mecanismo similar al de un odómetro. La lectura de este valor es realizada por un funcionario quien debe ir hasta la residencia y anotar los valores correspondientes del consumo. p. 3</p>	
<p>Cita Textual 2. La propuesta incluye la medición del caudal de agua en los contadores, empleando un sensor de efecto hall que ofrece alto grado de exactitud; así como brinda la posibilidad de generar una señal en caso de ausencia de agua. p. 4</p>	
<p>Cita Textual 3. se emplea una red GPRS para enviar toda la información a un centro de control. La unión del sensor con la red GPRS se realiza usando la tecnología ZigBee. p. 4</p>	
<p>Cita Textual 4. la red GPRS será la encargada de recibir por medio de un modem los datos de los sensores que están conectados, y mandarlos por la red a un centro de administración y control donde exista señal de celular. p.4</p>	
<p>Cita Textual 5. Sensor de efecto HALL: El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético. A este campo eléctrico se le llama campo Hall. El efecto Hall es llamado así en honor a su descubridor Edwin Duntley Hall. p. 4</p>	
<p>Cita Textual 6. Dentro de las aplicaciones relacionadas con el efecto hall vale anotar: Determinación de la variación de los campos magnéticos; implementación de medidores de campo magnético (Tslámetro); detección de cambios en la intensidad de corrientes eléctricas (sensores de corriente de Efecto Hall); también permiten la elaboración de sensores o detectores de posición sin contacto, utilizados</p>	

particularmente en el automóvil, para detectar la posición de un árbol giratorio (caja de cambios); se encuentran también sensores de efecto Hall bajo las teclas de los teclados de ciertos instrumentos musicales modernos (órganos, órganos digitales, sintetizadores) evitando así el desgaste que sufren los contactos eléctricos tradicionales; se hallan sensores de efecto Hall en el codificador de un motor de CD; los motores de Efecto Hall (HET) son aceleradores de plasma de gran eficacia.

FICHA 5

Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología

ZIGBEE

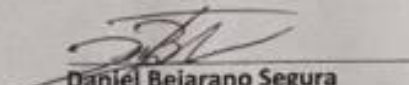
<p>Tema: Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología ZIGBEE</p> <p>Subtema: Tecnologías</p>	<p>Ubicación: Carpeta Proyecto de Investigación</p>
<p>Referencia Bibliográfica (APA). Durán, P. D. C., & Iturriago, A. X. (2012). AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA ZIGBEE. Revista Colombiana de, 1(17), 2011.</p>	
<p>Resumen: Se describe las tecnologías utilizadas para el desarrollo del proyecto y sus beneficios</p>	
<p>Cita Textual 1. Las tecnologías inalámbricas han adoptado, en el transcurso del tiempo, una manera más sencilla y cómoda de utilizar toda clase de dispositivos con el fin de mejorar el uso y las comunicaciones en general. P. 1</p>	
<p>Cita Textual 2. ZigBee comunica una serie de dispositivos haciendo que trabajen más eficientemente entre sí. P.1</p>	
<p>Cita Textual 3. El software a utilizar para la instrumentación o interfaz virtual es LabView ya que, debido a su interfaz de comunicación amigable para el usuario, nos permite de una manera gráfica configurar todas y cada uno de los dispositivos de nuestro sistema a controlar. P.2</p>	
<p>Cita Textual 4. los módulos inalámbricos utilizados para realizar la comunicación bidireccional para la transmisión y recepción de los datos para ser adquiridos a través del PC (Computador personal), fue mediante dispositivos XBEE de la Serie 1 modelo IC: 4214A-XBEE con capacidad de hasta de 8 entradas y salidas digitales; el cual</p>	

cuenta con las ventajas de tener gran flexibilidad en la configuración del sistema. P.2
Cita Textual 5. Para el control del proceso del sistema de suministro de agua, el llenado del tanque se emplearon dispositivos de control y automatización, con el objetivo de mantener en funcionamiento el sistema sin necesidad de la intervención de un operario para el modo automático. P.3
Cita Textual 6. El uso de varias herramientas como los microcontroladores, módulos inalámbricos y la instrumentación virtual o interfaz gráfica son de gran importancia debido a que la aplicación de estos sistemas abre la posibilidad de hacerlos más flexibles y robustos. P. 5

Anexo 2: Criterios de evaluación del prototipo

Criterios de evaluación

Criterios		
	SI	NO
Funcionalidad		
El prototipo es fácil de utilizar por el usuario.	X	
La interfaz de la aplicación móvil facilita que el usuario pueda interactuar con ella.	X	
Los colores de la interfaz son amigables.	X	
Las mediciones del sensor de caudal concuerdan con la cantidad de litros de agua que salen por el grifo.	X	
La codificación en Arduino almacena correctamente la información en la base de datos.	X	
La información reflejada en la aplicación móvil concuerda con los datos que se encuentran almacenados en la base de datos.	X	
El prototipo cumple con los objetivos que se establecieron para su desarrollo.	X	
Estabilidad		
El prototipo funciona correctamente.	X	
La transmisión de datos entre los módulos XBee no presenta fallos.	X	
La aplicación móvil se actualiza correctamente, basándose en la información que tomada de la base de datos.	X	
Compatibilidad		
La aplicación móvil es compatible con teléfonos que utilicen como S.O Android.	X	
El SGBD es compatible con los sistemas operativos Windows, Mac OS, Linux.	X	
Interoperabilidad		
La sinergia entre los diferentes tipos de tecnologías que se utilizaron (dispositivos Android, Arduino, XBee) es favorable.	X	
Soporte y garantía		
NO APLICA		
Actualización		
El prototipo facilita la actualización de sus componentes tecnológicos y de desarrollo (Hardware y Software) para mejorar su funcionalidad.	X	
Costo inicial y futuro		
El costo del desarrollo del prototipo fue asequible.	X	
El costo final del sistema completo es viable y productivo, teniendo como base el prototipo.	X	



Daniel Bejarano Segura

Investigador Principal