



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE,
PARA LA JUNTA DE AGUA “EL DIQUE” DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: BOLÍVAR SEBASTIÁN GARRIDO TERÁN

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|---|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1003774807 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Garrido Terán Bolívar Sebastián | | |
| DIRECCIÓN: | San Antonio de Ibarra calle 10 de agosto y Ezequiel Rivadeneira | | |
| EMAIL: | bsgarridot@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | 2932-284 | TELÉFONO MÓVIL: | 0987006521 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|---|
| TÍTULO: | DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA DE AGUA "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA. |
| AUTOR (ES): | Garrido Terán Bolívar Sebastián |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 14/01/2021 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación |
| ASESOR /DIRECTOR: | MSc. Jaime Michilena |

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Bolívar Sebastián Garrido Terán

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de enero de 2021.

EL AUTOR:



Bolívar Sebastián Garrido Terán

C.I:100377480-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Msc. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN, director del presente trabajo de titulación

CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA DE AGUA “EL DIQUE” DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.”, fue realizado en su totalidad por el Sr. Bolívar Sebastián Garrido Terán, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jaime Michilena Calderón", is written over a horizontal line.

Jaime Michilena Calderón MSc.
C.I. 00219843-8
DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por todo su esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi vida, que fue mi mayor motivación para culminar bien mis estudios universitarios y siempre son mi inspiración para continuar con pasos firmes en los nuevos retos personales y profesionales.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por guiarme día a día e iluminar mi caminar.

A mis padres por compartir su sabiduría, enseñanzas e infinita fortaleza, que cada día hacen que convierta en un mejor ser humano.

Mil gracias a mis hermanos y sobrinos por estar pendientes de mí en cada momento, siempre apoyándome y contagiándome de la mejor vibra del mundo.

Jamás podría dejar de agradecer a cada uno de mis profesores que acompañaron mi vida universitaria, especialmente a mi director de tesis por su gran voluntad y compromiso al brindarme su asesoramiento es este trabajo final.

Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Capítulo I. Antecedentes..... | 1 |
| 1.1. Tema..... | 1 |
| 1.2. Problema..... | 1 |
| 1.3. Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1. Objetivos General..... | 2 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.4. Alcance..... | 3 |
| 1.5. Justificación..... | 5 |
| 2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos..... | 6 |
| 2.1. El Agua..... | 6 |
| 2.1.1. Tipos de Agua que se pueden encontrar en la Naturaleza..... | 6 |
| 2.1.2. Consumo de Agua Potable..... | 7 |
| 2.1.3. Procedimiento Tradicional de la Lectura del Consumo de Agua..... | 8 |
| 2.2. Medidores de Agua Potable..... | 8 |
| 2.2.1. Medidores Convencionales..... | 9 |
| 2.2.1.3. <i>Método de Lectura de Medidores Convencionales</i> | 12 |
| 2.2.2. Medidores Electrónicos..... | 14 |
| 2.3. Tecnologías inalámbricas..... | 16 |
| 2.3.1. Bluetooth..... | 17 |
| 2.3.2. ZigBee..... | 18 |
| 2.3.3. WiFi..... | 19 |
| 2.3.4. Global Packet Radio Service (GPRS)..... | 20 |
| 2.3.5. WiMAX..... | 21 |
| 2.3.6. Comparación de las Tecnologías..... | 22 |
| 2.4. Hardware Libre..... | 24 |
| 2.4.1. Placa de Procesamiento..... | 24 |
| 2.4.2. Electroválvulas..... | 26 |
| 2.4.2.1. Tipos de Electroválvulas..... | 26 |
| 2.4.3. Transceptor Inalámbrico..... | 28 |
| 2.4.4. Sensores..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 2.4.5. Baterías. | 28 |
| 2.5. Software | 28 |
| 2.5.1. Tipos de Software..... | 29 |
| 2.5.2. Página Web. | 30 |
| 2.5.3. Plataformas en la Nube. | 30 |
| 2.6. Modelo en V..... | 33 |
| 2.7. Estándar ISO/IEC IEEE 29148. | 34 |
| 3. Capítulo III. Diseño del Sistema | 36 |
| 3.1. Descripción General del Sistema..... | 36 |
| 3.2. Análisis de la Situación Actual | 37 |
| 3.2.1. Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. | 37 |
| 3.3. Requerimientos del Sistema | 46 |
| 3.3.1. Stakeholders. | 47 |
| 3.3.2. Requerimientos Stakeholders..... | 49 |
| 3.3.3. Requerimientos del Sistema..... | 50 |
| 3.3.4. Requerimientos Arquitectura. | 51 |
| 3.4. Selección de Hardware y Software..... | 53 |
| 3.4.1. Selección de Hardware..... | 53 |
| 3.4.2. Selección Software. | 64 |
| 3.5. Diseño del Sistema | 65 |
| 3.5.1. Diagrama de Bloques..... | 65 |
| 3.5.2. Diagrama de Conexión de la Placa de Procesamiento y el Sensor de Flujo. | 73 |
| 3.5.3. Diagrama de Conexión del Arduino Uno y el Módulo GSM/GPRS SIM900.. | 76 |
| 3.5.4. Diagrama de Conexión de la Placa de Procesamiento y la Electroválvula. | 80 |
| 3.5.5. Desarrollo de la Base de Datos. | 82 |
| 3.5.6. Pruebas de Integración Basadas en el Modelo en V..... | 83 |
| 4. Capítulo IV. Implementación y Pruebas de Funcionamiento | 96 |
| 4.1. Implementación del Sistema de Electrónico de Medición..... | 96 |
| 4.2. Pruebas de Medición del Consumo de Agua Potable | 96 |
| 4.3. Prueba de Visualización de la Información en la Pantalla LCD | 98 |
| 4.4. Pruebas de Conectividad..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| 4.5. Pruebas de Habilitación y Corte del Servicio | 100 |
| 4.6. Pruebas del Sistema de Facturación | 102 |
| 4.7. Resultados de las Pruebas de Funcionamiento | 104 |
| 4.8. Costos del Sistema | 105 |
| 4.8.1. Costos de Hardware..... | 105 |
| 4.8.2. Costos de Software..... | 106 |
| 4.8.3. Costos de Estructura..... | 106 |
| 4.8.4. Costos Totales del Sistema..... | 106 |
| 4.8.5. Costo Total de Implementación del Sistema de Medición..... | 107 |
| 4.8.6. Indicadores de Rentabilidad del Proyecto..... | 109 |
| 4.9. Beneficios de la implementación del sistema de medición en Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” | 114 |
| 4.9.1. Beneficios Tecnológicos..... | 114 |
| 4.9.2. Beneficios Económicos..... | 115 |
| 4.9.3. Beneficios Socio-Ambientales..... | 115 |
| 5. Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones | 117 |
| 5.1. Conclusiones..... | 117 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 118 |
| Bibliografía | 119 |
| ANEXOS..... | 125 |

Anexos

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Aprobación Estatuto y Otorgamiento de Personería Jurídica | 125 |
| Anexo 2. Autorización del Derecho de Uso del Agua | 126 |
| Anexo 3. Código de Programación del Nodo Cliente | 129 |
| Anexo 4. Código de Programación del Nodo Central..... | 134 |
| Anexo 5. Código de programación de la página web y link de descarga de los archivos html-php..... | 140 |
| Anexo 6. Entrevista | 142 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 7. Ficha de Observación | 144 |
| Anexo 8. Tabulación de la Encuesta | 147 |
| Anexo 9. Guía de Instalación de Xampp | 162 |
| Anexo 10. Fotos del proceso de elaboración del sistema de medición. | 167 |
| Anexo 11. Certificado de haber trabajado en el proyecto del sistema inteligente de medición en la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” | 172 |
| Anexo 12. Datasheet Arduino Uno | 173 |
| Anexo 13. Datasheet del módulo GSM/GPRS SIM 900 | 177 |
| Anexo 14. Datasheet Sensor Yf -S201 | 182 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Etapas de funcionamiento de un medidor de pistón oscilante | 9 |
| Figura 2. Estructura interior del medidor de disco oscilante | 10 |
| Figura 3. Medidor de chorro único..... | 11 |
| Figura 4. Interior del medidor de chorro múltiple..... | 12 |
| Figura 5. Indicador numérico de un medidor convencional | 13 |
| Figura 6. Indicadores de aguja, de los medidores convencionales..... | 13 |
| Figura 7. Principio de medición de un medidor electromagnético | 15 |
| Figura 8. Principio de funcionamiento del efecto Doppler | 16 |
| Figura 9. Velocidades transmisión de GPRS | 20 |
| Figura 10. Electroválvula de acción directa, normalmente cerrada des energizada y energizada..... | 27 |

| | |
|--|----|
| Figura 11. Accionamiento por piloto cuando la válvula esta normalmente cerrada des energizada y energizada | 28 |
| Figura 12. Modelos de servicio en la nube | 31 |
| Figura 13. Modelo de la infraestructura para proporcionar los servicios. | 31 |
| Figura 14. Modelo de la plataforma en la nube para brindar los servicios | 32 |
| Figura 15. Fases del modelo en V | 34 |
| Figura 16. Ubicación de la Parroquia de San Antonio de Ibarra..... | 38 |
| Figura 17. Zona de cobertura de usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” | 39 |
| Figura 18. Ubicación del Vertiente de Agua Natural | 39 |
| Figura 19. Captación del agua de la vertiente natural | 40 |
| Figura 20. Tubería de Transporte | 41 |
| Figura 21. Instalaciones del tanque reservorio de agua..... | 41 |
| Figura 22. Sistema de cloración de agua PULSAR SYSTEM 1..... | 42 |
| Figura 23. Medidor de Agua potable, que ha sido instalado en los domicilios de los usuarios..... | 43 |
| Figura 24. Zona de cobertura de servicio dividida en tres zonas diferentes. | 46 |
| Figura 25. Diagrama de Bloques del Sistema | 66 |
| Figura 26. Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo Cliente | 67 |
| Figura 27. Diagrama esquemático del Nodo Cliente..... | 69 |
| Figura 28. Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo Central | 70 |
| Figura 29. Diagrama esquemático del Nodo Cliente..... | 71 |
| Figura 30. Diagrama de Flujo de la Base de Datos | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 31. Esquema de conexión de la placa de procesamiento y el sensor de flujo | 73 |
| Figura 32. Líneas del código de programación para el cálculo del consumo | 75 |
| Figura 33. Datos generados por el sensor de flujo | 76 |
| Figura 34. Esquema de conexión del Arduino Uno con el módulo GSM/GPRS SIM900 | 76 |
| Figura 35. Mapeo de cobertura de la operadora móvil Claro | 78 |
| Figura 36. Mapeo de cobertura de la operadora móvil Movistar | 78 |
| Figura 37. Mapeo de cobertura de la operadora móvil CNT | 79 |
| Figura 38. Diagrama de conexión de la electroválvula y el Arduino Uno | 80 |
| Figura 39. Líneas de código de programación para habilitar o deshabilitar el servicio | 81 |
| Figura 40. Módulo Relé, encargo de la activación o corte del servicio | 81 |
| Figura 41. Panel de control para activar los servidores MySQL y Apache | 82 |
| Figura 42. phpMyAdmin base de datos el_dique..... | 83 |
| Figura 43. Reconocimiento del Arduino Uno mediante el puerto COM5..... | 87 |
| Figura 44. Reconocimiento del Arduino Uno mediante el puerto COM6..... | 87 |
| Figura 45. Carga del sketch en el Arduino Uno del nodo cliente. | 88 |
| Figura 46. Carga del sketch en el Arduino Uno del nodo central. | 89 |
| Figura 47. Comando AT de confirmación de conectividad del nodo cliente. | 90 |
| Figura 48. Comando AT de confirmación de conectividad del nodo central. | 91 |
| Figura 49. Lectura y envío del consumo de agua del nodo cliente | 92 |
| Figura 50. Confirmación y lectura del mensaje SMS en el nodo central. | 93 |
| Figura 51. Registro de datos de consumo en la base de datos phpMyAdmin | 94 |
| Figura 52. Interfaz gráfica de la lista de consumo de la cuenta del administrador | 95 |
| Figura 53. Interfaz gráfica de la cuenta de un usuario con los datos del consumo mensual. ... | 95 |

| | |
|---|-----|
| Figura 54. Grafica de las mediciones de los medidores | 98 |
| Figura 55. Información que muestra a los usuarios en el dispositivo | 98 |
| Figura 56. Lista de los perfiles de los usuarios | 100 |
| Figura 57. Estado activo del dispositivo de medición..... | 101 |
| Figura 58. Estado desactivado del dispositivo de medición | 101 |
| Figura 59. Interfaz gráfica para generar la factura. | 103 |
| Figura 60. Estructura de la factura emitida por pago del servicio..... | 103 |
| Figura 61. Registro de la factura generada | 104 |
| Figura 62. Estructura de captación del agua | 145 |
| Figura 63. Estructura del tanque reservorio de agua | 145 |
| Figura 64. Equipo Pulsar System 1 de cloración de agua..... | 146 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Niveles de potencia de transmisores Bluetooth..... | 17 |
| Tabla 2 Tabla con variantes de 802.11 sin frecuencias y alcances aproximados | 19 |
| Tabla 3 Evolución del estándar WiMAX. | 22 |
| Tabla 4 Tabla de características de las diferentes tecnologías inalámbricas. | 22 |
| Tabla 5 Características placas Arduino. | 24 |
| Tabla 6 Características de las placas Raspberri Pi. | 25 |
| Tabla 7 Resumen de datos de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. | 44 |
| Tabla 8 Requerimientos y su Abreviatura. | 46 |
| Tabla 9 Stakeholders Involucrados en el Proyecto..... | 47 |
| Tabla 10 Requerimientos Stakeholders. | 49 |

| | |
|--|----|
| Tabla 11 Requerimientos del Sistema. | 50 |
| Tabla 12 Requerimientos de Arquitectura. | 51 |
| Tabla 13 Elección de la placa de procesamiento en función de su valoración | 53 |
| Tabla 14 Características del Arduino Uno. | 54 |
| Tabla 15 Elección del módulo de comunicación para la transmisión de datos. | 55 |
| Tabla 16 Características técnicas del módulo GSM/GPRS con SIM900. | 56 |
| Tabla 17 Elección del sensor de flujo que cumpla con mayor valoración. | 57 |
| Tabla 18 Características técnicas del sensor de flujo YF-S201 | 57 |
| Tabla 19 Elección de electroválvula para habilitar y deshabilitar el servicio de agua potable | 58 |
| Tabla 20 Características técnicas de la electroválvula. | 59 |
| Tabla 21 Consumo Energético de los elementos que forman parte del dispositivo. | 60 |
| Tabla 22 Elección de baterías para garantizar la alimentación permanente de energía. | 62 |
| Tabla 23 Características técnicas de la batería FirstPower FP1220A(12V 2A). | 63 |
| Tabla 24 Elección del software para la placa de procesamiento. | 64 |
| Tabla 25 Elección de la plataforma de almacenamiento. | 64 |
| Tabla 26 Mediciones para la calibración del sensor de flujo. | 74 |
| Tabla 27 Costos por el Servicio de Mensajes SMS. | 79 |
| Tabla 28 Test del Subsistema Eléctrico. | 83 |
| Tabla 29 Test del Subsistema Pasivo. | 85 |
| Tabla 30 Test del subsistema Activo. | 86 |
| Tabla 31 Comandos AT para el uso del módulo GSM/GPRS con SIM900. | 89 |
| Tabla 32 Test de Hardware. | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 33 Test Aplicación..... | 93 |
| Tabla 34 Registro de la lectura de datos del medidor de agua..... | 97 |
| Tabla 35 Pruebas de conectividad en la zona donde se implementa el sistema..... | 99 |
| Tabla 36 Pruebas de habilitación y deshabilitación del servicio..... | 102 |
| Tabla 37 Pruebas del sistema de facturación. | 104 |
| Tabla 38 Resultado de las pruebas de funcionamiento..... | 104 |
| Tabla 39 Costo Unitario de los elementos electrónicos..... | 105 |
| Tabla 40 Costos del software del sistema. | 106 |
| Tabla 41 Costos de la estructura protectora de los nodos..... | 106 |
| Tabla 42 Costo total del sistema..... | 107 |
| Tabla 43 Costos de los elementos para toda la Junta de Agua..... | 107 |
| Tabla 44 Costos totales del software. | 108 |
| Tabla 45 Costos de la estructura de los dispositivos. | 108 |
| Tabla 46 Costo total del sistema..... | 109 |
| Tabla 47 Flujo Activo Neto de la Junta Administradora de Agua Potable..... | 110 |
| Tabla 48 Peíodo de recuperación de la inversión (PRI). | 112 |

Ecuaciones

| | |
|--|-----|
| Ecuación 1. Cálculo de la potencia eléctrica inducida. | 14 |
| Ecuación 2. Cálculo de la capacidad de la batería | 61 |
| Ecuación 3.Ecuación para el consumo de energía del Sistema..... | 61 |
| Ecuación 4. Ecuación para calcular el tiempo de respaldo de la batería | 62 |
| Ecuación 5.Constante de factor de conversión | 74 |
| Ecuación 6.Cálculo del valor actual neto..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Ecuación 7. Calculo de la tasa interna de rentabilidad | 111 |
| Ecuación 8. Calculo costo/beneficio | 113 |

RESUMEN

El presente proyecto investigativo, consiste en el diseño de un sistema inteligente de medición de consumo de agua potable para la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. El sistema se basa en la implementación de dispositivos electrónicos de medición en los domicilios de los usuarios, para recolectar información del consumo real mediante un nodo central, el cual se encarga de enviar la información a la base de datos para luego ser visualizada mediante una página web.

Para el efecto, la metodología que se utilizó en el desarrollo del proyecto es el modelo en V, misma que ayudó a identificar los problemas que presenta la organización, los cuales fueron un punto de partida para el diseño del sistema y la elección del hardware y software, así como la determinación de las opciones que mejor se adapten y cumplan con los requerimientos necesarios. Por último, para verificar el funcionamiento del sistema, se realizó las pruebas de integración e implementación en zona de cobertura del servicio.

Finalmente, se obtuvo como resultado que el sistema electrónico de medición cuenta con una confiabilidad del 98.8%, lo que garantiza la fijación de un valor de pago en función al consumo real de agua potable, el control de corte y habilitación del servicio. Por ello, ayudará a concienciar sobre el adecuado uso del recurso hídrico y fortalecerá un eficaz manejo administrativo de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Este sistema en el futuro podrá ser implementado en su totalidad ya que los indicadores de viabilidad del proyecto reflejaron índices positivos.

ABSTRACT

This research project consists of the design of an intelligent drinking water consumption measurement system for the Pipe Water Management Board of the “El Dique” Source. The system is based on the implementation of electronic measuring devices in the homes of users, to collect information on real consumption through a central node, which is responsible for sending the information to the database and then be viewed through a Web page.

For this purpose, the methodology used in the development of the project is the V model, which helped to identify the problems that the organization presents, which were a starting point for the design of the system and the choice of hardware and software, as well as determining the options that best suit and meet the necessary requirements. Lastly, to verify the operation of the system, integration and implementation tests were carried out in the service coverage area.

Finally, it was obtained as a result that the electronic measurement system has a reliability of 98.8%, which guarantees the setting of a payment value based on the real consumption of drinking water, the cut-off control and the service authorization. For this reason, it will help raise awareness about the proper use of water resources and strengthen an effective administrative management of the Drinking Water Management Board of the Source "El Dique". In the future, this system may be fully implemented since the project's feasibility indicators reflected positive rating.

1. Capítulo I. Antecedentes

En el presente capítulo se desarrollará los antecedentes que han dado lugar al tema de investigación donde se encuentra; tema, la problemática, los objetivos, el alcance y la justificación, los cuales son la base para el trabajo de titulación.

1.1.Tema

DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA DE AGUA “EL DIQUE” DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

1.2. Problema

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, dedica su actividad a brindar el servicio de agua potable a los habitantes de San Antonio de Ibarra, por aproximadamente unos 60 años, en los cuales la fuente principal del recurso hídrico proviene de una vertiente de agua natural, la cual es captada para ser transportada a través de tuberías hacia un tanque reservorio. Esta agua es potabilizada para su posterior distribución mediante una red de tuberías que están implementadas en las diferentes calles del sector, donde se encuentran los predios de los usuarios de la Junta.

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, es una asociación que está conformada por 132 habitantes del sector Norte de la Parroquia de San Antonio de Ibarra, los cuales reciben el servicio de agua potable a través de su red de distribución. En la actualidad, la junta de agua presenta diferentes inconvenientes en cuanto a la recopilación y registro de información, debido a que no cuentan, con una persona, que realice el trabajo de recolectar los datos generados en los medidores de agua, y el cálculo del valor a cobrar mensualmente por el

servicio proporcionado. Por tal motivo, el cobro sigue siendo un valor fijo de USD 2,50, los cuales son recaudados por los administradores de la junta de agua. Adicionalmente, el corte del servicio por la falta de pago de los usuarios, se lo realiza de forma manual, lo que implica que exista un mal procedimiento ya que se genera un desperdicio del agua.

En este contexto, se plantea el diseño de un sistema inteligente, que permita medir el consumo de agua potable. Así como también proporcionar información a los usuarios del valor a cancelar mensualmente, y en cuanto al corte y habilitación del servicio se lo hará de una forma remota. Además, se contará con mensajes de alarmas para los administradores sobre inconvenientes que se pudieran presentar por la falta de servicio. Este sistema se realizará mediante el uso de software y plataformas libres, las cuales contribuirán al desarrollo de la investigación. Este proyecto busca proporcionar una solución tecnológica, que permita automatizar el proceso de recolección de información y cálculo del valor de cobro del servicio consumido en los hogares. Por tal motivo, es necesario contar con un dispositivo, que brinde la medición del consumo del agua, para que este recurso sea administrado correctamente por su directiva.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivos General.

Implementar un sistema inteligente de medición del consumo y corte de agua potable, para la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” de San Antonio de Ibarra, mediante el uso de herramientas tecnológicas.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Realizar un análisis bibliográfico acerca de sistemas de medición y lectura digital de medidores de agua potable, para determinar las bases teóricas.

Estudiar y determinar el hardware y software más adecuado, en función de los requerimientos de los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Diseñar el prototipo de medición del consumo del agua potable y la plataforma de visualización, para una mejor administración del recurso.

Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de medición y la red de comunicación, para corregir errores.

1.4. Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema inteligente de medición del consumo del agua potable, en los hogares de los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, el cual permitirá realizar lecturas del consumo del agua, además realizará la conexión y desconexión del servicio de una forma remota, mediante la utilización de plataformas y herramientas tecnológicas que respondan a los requerimientos de los usuarios.

Es importante analizar los diferentes sistemas de medición de agua potable, tanto mecánicos como electrónicos para comprender las teorías y fenómenos físicos en los que se basa su funcionamiento, los cuales son un punto de referencia para obtener un mejor diseño del sistema, que permitan una medición del consumo de agua.

Para determinar los mejores elementos tanto en hardware y software, es necesario hacer un estudio de los diferentes dispositivos electrónicos y herramientas tecnológicas, de acuerdo al estándar ISO/IEC/IEEE 291418, el cual nos permitirá establecer las opciones óptimas, que cumplan con los requerimientos y necesidades del tema investigativo.

Se diseñará un sistema que recopile información, mediante el uso de un sensor que permita medir el flujo de agua en una tubería. Este sensor estará conectado a un sistema embebido, el cual procesará la información y permitirá la visualización de los datos en una pantalla. El corte del servicio se realizará con una electroválvula que será manejada remotamente por los administradores. En cuanto a la tecnología de comunicación del sistema inteligente, se determinará en función de la ubicación geográfica, la situación actual y los requerimientos de los usuarios, mismos que deben ajustarse a la realidad de la zona. Esta tecnología permitirá el envío de la información hacia una base de datos para su almacenamiento. Posteriormente los usuarios podrán acceder a la información a través de una cuenta privada en una página web, donde se indicará el valor a pagar y el consumo del recurso. Adicionalmente el sistema también presentará mensajes de alarmas para los administradores, sobre inconvenientes a dar solución, ya sea por falta de flujo de agua o el recurso sea demasiado limitado. El sistema se conectará directamente a la alimentación de energía, complementado con sistema de baterías que permitan el funcionamiento continuo, cuando exista un corte de energía.

Para la comprobación de la funcionalidad del sistema, es importante realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, las cuales serán realizadas en tres domicilios de los usuarios, mismas que servirán para la depuración de los fallos o inconvenientes, a fin de aumentar la eficiencia del sistema.

1.5. Justificación

La importancia de las tecnologías para el uso eficiente del agua, radica en la necesidad de contribuir a buscar alternativas y herramientas que permitan automatizar procesos asociados a la medición del recurso hídrico, y así evitar los procedimientos tradicionales que se manejan en la actualidad. Es por ello, que el uso de las tecnologías permitirá mejorar la calidad de servicio de la población.

Cabe mencionar que, en el Ecuador los proyectos de investigación tecnológica han tenido un gran apoyo del Estado Ecuatoriano, debido a que contribuyen a la ejecución del Plan Nacional del Buen Vivir (2017-2021), en el objetivo 5, sección 5.3 que promueve la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, para impulsar el cambio de la matriz productiva (Senplades, 2017). Este principio también hace referencia a que se puede construir e innovar sistemas electrónicos, en beneficio de entidades públicas o privadas que estén interesados en mejorar algunos procesos a través de la tecnología.

Por lo expuesto, el objetivo de este proyecto es contar con un sistema de medición del consumo del agua en los hogares, el cual permitirá automatizar el proceso de recolección de información de los medidores, para evitar que esta actividad se la realice de forma manual. Adicionalmente, se minimizará errores en registro de datos, lo que implica que se proporcionará un mejor servicio a los usuarios.

Paralelamente, este proyecto contribuirá al desarrollo del Internet of Things, y está alineado con el Plan Nacional del Buen Vivir, el mismo que impulsa el desarrollo de la investigación tecnológica, razón por la cual el presente proyecto promueve el conocimiento Científico-Técnico.

2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos

En el presente capítulo se realiza un sustento bibliográfico sobre el recurso natural del agua y los tipos medidores de agua potable que se basan en diferentes teorías y fenómenos de funcionamiento. Además, se hace énfasis en las tecnologías de comunicación inalámbricas y en los componentes que forman parte del proyecto como los sensores de flujo, electroválvulas, placas de procesamientos, baterías. De igual forma contiene información acerca de las diferentes estructuras, modelo y estándar que se aplicaran en el desarrollo del proyecto.

2.1. El Agua

Es un recurso natural que predomina en el planeta tierra, fundamental para el desarrollo de los seres humanos ya que se depende de su disponibilidad para el uso doméstico y labores agrícolas. La estructura química del agua está formada por dos átomos de Hidrogeno un átomo de Oxígeno y algunos materiales que pueden estar en solución o suspensión (Tipán Jinde, 2017, pág. 5).

2.1.1. Tipos de Agua que se pueden encontrar en la Naturaleza

2.1.1.1. Agua Potable.

Es el agua que ha tenido un proceso de purificación para poder ser consumida por personas y animales, sin presentar riesgos en la salud. El agua potable debe cumplir con parámetros de calidad que determinen que esta apta para el consumo.

2.1.1.2. Agua dulce.

De acuerdo a la UNESCO se considera “que del total de agua del planeta tierra solo el 2.5% es agua dulce” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2009). El agua dulce es la que se caracteriza por presentar mínimas concentraciones de sales y generalmente es utilizada para producir agua potable.

2.1.1.3. Agua dura.

Es el agua que en su composición existe minerales principalmente calcio y magnesio. Por lo general se encuentra en fuentes subterráneas.

2.1.1.4. Agua Escorrentía.

Es el agua proveniente de lluvias, nieve u otras fuentes, mismas que corren por la superficie del suelo, sin infiltrarse (Blanco, 2017).

2.1.2. Consumo de Agua Potable.

El consumo de agua potable es considerado la cantidad de agua que los usuarios ocupan en sus hogares. En el Ecuador el 87% de los ecuatorianos tienen acceso a este servicio, de los cuales tienen un promedio de consumo de 30 m³ por persona, con una calidad de agua a nivel nacional de 3,5 sobre 5 puntos (Molina, Pozo, & Serrana, 2018).

2.1.2.1. Tipos de consumo de Agua Potable.

2.1.2.1.1. Consumo Doméstico.

El consumo doméstico equivale al agua que se utiliza en las viviendas para realizar diferentes actividades de consumo, sanitarios, aseo personal en otros. Este consumo varía de acuerdo con los hábitos, usos y costumbre de la ciudadanía.

2.1.2.1.2. Consumo Público.

Este tipo de consumo hace referencia a la cantidad de agua que se utiliza en instituciones públicas como: escuelas, mercados, hospitales, rastros, cuarteles, riego de calles, prados, jardines, servicio contra incendios. Este consumo es muy cambiante por excesivos desperdicios del agua potable (Rodríguez, 2010).

2.1.2.1.3. Consumo Industrial.

Este tipo de consumo representa el agua que se usa en fábricas, empresas y hoteles. El consumo varía de acuerdo al tamaño de la industria pero en algunos casos las industrias cuentan con su propia planta de agua potable (Tipán Jinde, 2017).

2.1.2.1.4. Consumo Comercial.

Este consumo de agua se lo realiza en centros comerciales, tiendas, locales que están enfocados al comercio o brindan algún tipo de servicio.

2.1.3. Procedimiento Tradicional de la Lectura del Consumo de Agua.

El nuestro país las empresas que brindan el servicio de agua potable, todavía realizan la lectura de datos en los medidores de agua convencionales, por medio de un empleado, el cual realiza un recorrido por los hogares de los usuarios, para registrar el consumo del recurso en un dispositivo electrónico, que se encarga de almacenar la información para posteriormente procesar y emitir el valor de pago correspondiente.

2.2. Medidores de Agua Potable

El medidor de agua es un dispositivo que se utiliza para medir la cantidad de flujo agua que pasa a través de una tubería y se mide en m^3/s . Estos dispositivos por lo general están ubicados en los domicilios de los usuarios para llevar el registro del consumo mensual de agua.

Existen dos tipos de medidores de agua; los medidores convencionales y los medidores electrónicos, que han desarrollado tecnologías como sensores electromagnéticos, de efecto Hall, de efecto Doppler, los cuales trabajan con datos digitales, que facilita el tratamiento de la información.

2.2.1. Medidores Convencionales.

Son los más utilizados ya que proporcionan un rendimiento adecuado y tienen un bajo costo, pero presentan algunas limitaciones derivadas de los principios de la mecánica del medidor que pueden ser considerables. El mayor problema con este tipo de medidor es que la precisión no se mantiene con la edad y no se puede integrar tecnología que permita automatizar procesos.

2.2.1.1. Medidores Convencionales por Desplazamiento.

Este tipo de medidores se utiliza para la medición precisa del flujo de agua. El consumo se determina, subdividiendo el fluido total que pasa a través de un medidor en fracciones volumétricas más pequeñas, las cuales son contadas en la unidad de tiempo. Los dos tipos de medidores más comunes son los de pistón y disco oscilantes.

2.2.1.1.1. Medidor de Pistón Oscilante.

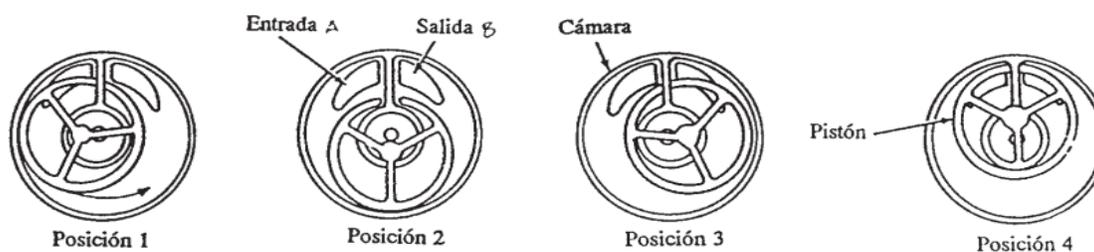


Figura 1. Etapas de funcionamiento de un medidor de pistón oscilante

Fuente: (García Gutiérrez, 2013)

El medidor de flujo de pistón oscilante como se muestra en la Figura 1, presenta una cámara de medida cilíndrica, donde se encuentra un pistón, el cual se mueve en cuatro posiciones diferentes en un mismo ciclo. La cámara de medición se compone de un cubo cilíndrico externo, el pistón oscilante dentro del cilindro y un puente divisor. El pistón, cuando está en funcionamiento, oscila alrededor de un puente divisor, que separa la entrada A de la salida B de líquido.

El ciclo comienza cuando el líquido ingresa por medio del orificio de entrada A, en la posición 1, forzando a que el pistón oscilante se mueva en forma circular alrededor del cilindro externo, hasta que el líquido se dirija hasta el orificio B que es la salida de la cámara, en la última posición el pistón está listo para comenzar otro ciclo (*Garcia Gutierrez, 2013*).

Estos ciclos cumplidos son comunicados a través de un eje central, que atraviesa la cámara cilíndrica para pasar a un sistema de registro, donde se determina el volumen de fluido, que ha pasado a través del medidor.

2.2.1.1.2. Medidor de Disco Oscilante.

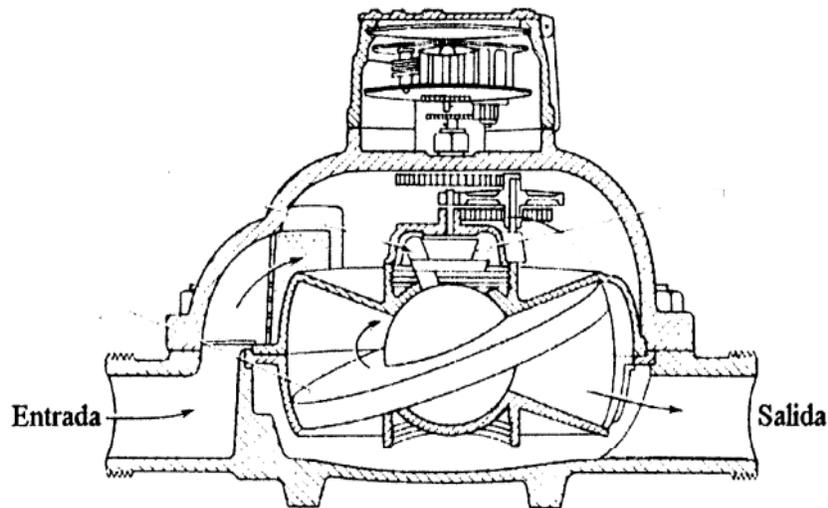


Figura 2. Estructura interior del medidor de disco oscilante

Fuente: (*Francois, 2012*)

El funcionamiento del medidor de disco oscilante consiste en que el líquido ingresa en el lado izquierdo del medidor, alternativamente arriba y debajo del disco, forzándolo a oscilar en una trayectoria circular sin girar alrededor de su propio eje. En la Figura 2 se puede observar que el disco está contenido en una cámara de trabajo esférica y está restringido de girar alrededor de su propio eje, por una partición radial que se extiende verticalmente a través de la cámara.

El disco está ranurado para encajar sobre esta partición. El eje que sobresale de la esfera traza una trayectoria circular y se utiliza para mover el registro de engranado.

2.2.1.2. Medidores de Turbina o Velocidad.

Los medidores de turbina trabajan en base a un procedimiento mecánico, que hace girar una turbina o hélice debido al movimiento del agua en una tubería.

2.2.1.2.1. Medidores de Chorro Único.

Este tipo de medidores se accionan a través de un único chorro de agua, el cual incide tangencialmente sobre una turbina situada en la cámara del medidor, el movimiento de la turbina se transmite al mecanismo de lectura, el cual permite determinar la medición del volumen de agua que pasa por el medidor. La rotación de la turbina es proporcional a la velocidad del agua en la entrada del medidor (Villalta Pacheco & Buñay Yugsi , 2016, pág. 62).En la Figura 3 se muestra un medidor de chorro único.



Figura 3. Medidor de chorro único

Fuente: (Villalta Pacheco & Buñay Yugsi , 2016)

2.2.1.2.2. Medidores de Chorro Múltiple.

El medidor de chorro múltiple se caracteriza por que genera múltiples chorros que inciden en toda la periferia de la turbina, debido a que en la entrada de la cámara presenta múltiples orificios que hacen que los chorros de agua impacten en la turbina generando así un movimiento rotatorio como se muestra en la Figura 4. Estos medidores son muy utilizados en el ámbito doméstico e industrial debido a su gran precisión (Gestión y Mantenimiento de Redes, 2010).

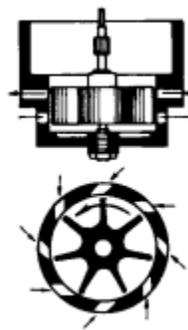


Figura 4. Interior del medidor de chorro múltiple

Fuente: (Gestión y Mantenimiento de Redes, 2010)

2.2.1.3. Método de Lectura de Medidores Convencionales.

Los medidores convencionales cuentan con diferentes partes como la cámara de medición, el cuerpo y el registro. Su funcionamiento consiste en medir el flujo de agua que pasa a través de la cámara de medición, donde se encuentra una turbina que se mueve con el accionamiento del agua, misma que está unida a un eje central para que transmita el movimiento hacia un tren de engranajes los cuales dan la lectura del consumo de agua (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Los medidores presentan diferentes valores de medición, en la parte visible del medidor que se explicaran a continuación.

Los números: Los medidores están compuestos por una serie de números como se indica en la Figura 5 los cuales contienen un código de colores donde el color negro indica la medición en metros cúbicos, a diferencia de los de números de color rojo que indica el consumo en litros.



Figura 5. Indicador numérico de un medidor convencional

Fuente: (Simón, 2017)

Las agujas: La mayoría de los medidores consta de cuatro agujas, las cuales indican el consumo de agua, pero para interpretar estos valores es importante tener en cuenta los números que se encuentran junto a las perillas, llamados factores. Dependiendo del factor, la aguja determina el consumo, en la Figura 6 se puede apreciar las perillas con sus respectivos factores.

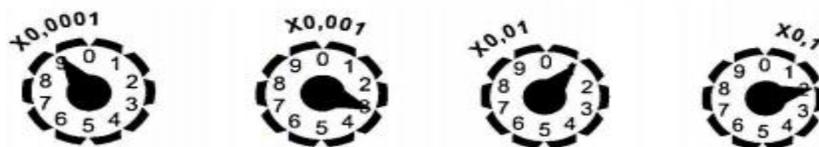


Figura 6. Indicadores de aguja, de los medidores convencionales

Fuente: (Xalapa, 2018, pág. 1)

Factor X0, 0001: La aguja mide la décima parte de un litro.

Factor X0, 001: La aguja mide los litros de consumo.

Factor X0, 01: La aguja mide en decenas de litros.

Factor X0, 1: La aguja mide en cientos de litros.

2.2.2. Medidores Electrónicos.

Los medidores electrónicos son dispositivos que presentan una característica en especial, que son los sensores de medición, los que se encargan de convertir el flujo de agua en voltaje eléctrico. Este voltaje puede ser procesado para la interpretación y determinación del consumo de agua.

En la actualidad existen tres tipos de medidores electrónicos como son; Medidores electromagnéticos, Medidores de efecto Hall y Medidores de efecto Doppler los cuales se explicarán a continuación.

2.2.2.1. Medidor de Agua Electromagnético.

El principio de funcionamiento de un medidor Electromagnético se basa en la ley de inducción Electromagnética de Faraday. Que menciona que cuando el fluido conductor fluye a través de un campo magnético del sensor, una fuerza electromotriz proporcional al flujo de volumen se genera entre el par de electrodos, que es perpendicular a la dirección del flujo y el campo magnético (Slattery & KE Li, 2016).

La amplitud de la fuerza electromotriz puede ser expresada como:

$$E = kBDv$$

Ecuación 1. Cálculo de la potencia eléctrica inducida.

Fuente: (Slattery & KE Li, 2016, pág. 2)

Donde E es el potencial eléctrico inducido, k es una constante, B es la densidad de flujo magnético, D es el diámetro interior del tubo de medición, y v es la velocidad promedio del fluido en la dirección del electrodo, cruzando la sección interior del tubo de medición. En la Figura 7 se puede apreciar el principio de medición, en el que se basa un medidor electromagnético.

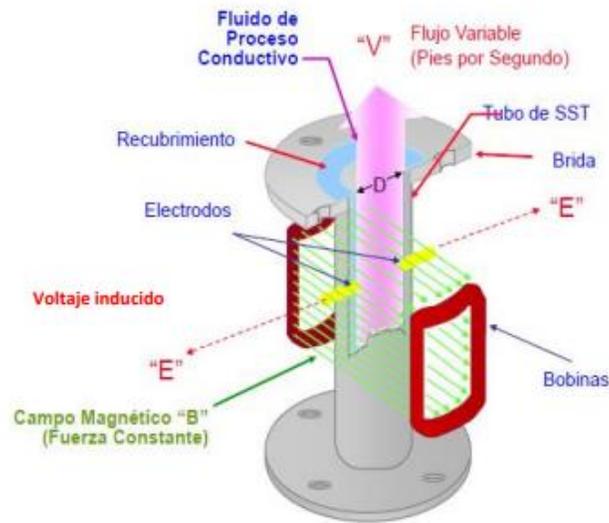


Figura 7. Principio de medición de un medidor electromagnético

Fuente: (Huey Gil, 2015, pág. 17)

2.2.2.2. Medidor de Agua con Efecto Hall.

Este tipo de medidores cuentan con un sensor cuyo principio de funcionamiento es el efecto Hall, el cual se encarga de la medición de campos magnéticos o corrientes para la determinación de la posición en la que está. Si fluye corriente por el sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente. Si se conoce el valor de la corriente, entonces se puede calcular la fuerza del campo magnético (Jalanoca Cruz & Benavides Añamuro, 2017).

Este sensor está elaborado de un material de plástico y su instalación se la realiza en tuberías estándar. En cuanto a su activación depende del rotor interno el cual activa el sensor de efecto Hall para su medición.

2.2.2.3. Medidor de Agua con Efecto Doppler.

El medidor con efecto Doppler al igual que el medidor electromagnético no obstruye el fluido de agua en las tuberías, y son de fácil instalación. Su principio de funcionamiento es el efecto Doppler, el cual se basa en que se emite una frecuencia a través de un fluido que este en movimiento y contenga partículas, las cuales permitan que las frecuencias se reflejen teniendo una variación como se indica en la Figura 8. La velocidad de frecuencia reflejada va hacer directamente proporcional a la velocidad que se están moviendo las partículas. Este tipo de medidores tienen una precisión de medición alta.

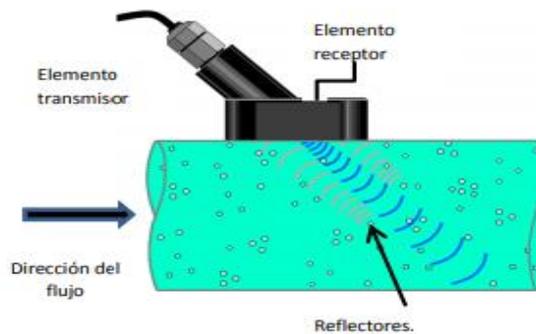


Figura 8. Principio de funcionamiento del efecto Doppler

Fuente: (Huey Gil, 2015, pág. 19)

2.3. Tecnologías inalámbricas

En los últimos años las tecnologías inalámbricas se han posicionado en la industria, debido a que han tenido una gran aceptación en el campo del Internet Of Things, que es un concepto nuevo, que se basa en una mayor interconectividad, una adecuada recolección de datos y servicios más completos, debido a la interconexión de varios dispositivos.

Estas tendencias tecnológicas han permitido que el uso de estas tecnologías vaya incrementando continuamente, debido a que presentan las mejores características de transmisión y son aplicadas de acuerdo con las necesidades y requisitos de la comunicación. A continuación, se explicará cada una de las tecnologías Inalámbricas.

2.3.1. Bluetooth.

Bluetooth es una tecnología que opera en la banda sin licencia ISM (Industrial, Scientific, Medical) cuyo rango de frecuencia se encuentra entre 2,4 GHz y 2,485 GHz. La velocidad de transferencia depende de la versión que se está utilizando, la versión 1.2 permite velocidades de hasta 720kbit/s, la versión 2.0 hasta 2,1 Mbit/s, la versión 2.1 hasta 3 Mbit/s y la actualización más reciente permite velocidades de hasta 24 Mbit/s (Gonzalez, 2014, págs. 45,46). Bluetooth es la implementación del protocolo definido por la norma Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.15.1 que se define para las redes de área local.

Esta tecnología permite conectar e intercambiar información entre teléfonos móviles, ordenadores portátiles, cámaras digitales entre otros dispositivos, que no están en la línea de visión directa entre sí (Vikethozo & Gypsy , 2014, pág. 1). El alcance de esta especificación depende de los niveles de potencia, que se estén utilizando como se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1.
Niveles de potencia de transmisores Bluetooth

| Niveles de potencia | Potencia | Alcance |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| Clase 1 | 100mW | 100m+ |
| Clase 2 | 2.5mW | 10m |
| Clase 3 | 1mW | 1m |

Fuente: (Gonzalez, 2014)

2.3.1.1. Características Principales.

- Trabaja en la banda libre de 2,4Ghz.
- Presenta algunos mecanismos de ahorro de energía, debido a que no siempre consume la misma potencia, lo que implica que se reduzca el consumo.
- Estos dispositivos no tienen un costo elevado, lo que permite implementar en la mayoría de los dispositivos.
- Facilita la transmisión de información entre dispositivos personales.

2.3.2. ZigBee.

ZigBee es una tecnología inalámbrica formalizada por el estándar IEEE 802.15.4 para la transferencia de datos. Se desarrolló para centrarse en el bajo costo de implementación, bajo complejidad y bajo consumo de energía (Kanchan , Taranvir , & Jaspinder , 2015, pág. 1). La potencia con la que trabaja ZigBee, es pequeña y se encuentra en 1mW, pero aun así suministra un alcance de hasta 150 metros en el aire libre, y disminuye su alcance en ambientes internos. Según (Chellappa, Prabakaran, & Shanmugaraj, 2011, pág. 2) ZigBee opera en la banda libre de 2,4 GHz, con hasta 20kbps, 40kbps y 250kbps de velocidad de datos.

2.3.2.1. Características Principales

- Baja capacidad de transmisión de datos.
- Soporta gran número de nodos en una red.
- Trabaja con protocolos de estándares abiertos o sin pago de licencias insignificantes
- Presenta normas de seguridad basadas en (AES128).
- Bajo consumo energético, lo implicada larga durabilidad de la fuente.

2.3.3. WiFi

La tecnología WiFi en los últimos años ha experimentado un gran desarrollo y popularidad, ya que se ha convertido en la mejor opción para el acceso a internet, reemplazando gradualmente al acceso por cable.

WiFi está basado en el estándar IEEE 802.11, el cual utiliza Acceso múltiple por detección de portadora CSMA/CA para el acceso al medio. Según (Lescano, 2011), 802.11 en los primeros estándares permitían un ancho de banda de 1 y 2 Mbps. La IEEE, ha desarrollado algunas versiones para las redes inalámbricas WiFi, los cuales han evolucionado en el transcurso del tiempo. A continuación, en la Tabla 2 se explica cada una de sus variantes, con sus respectivas características tecnológicas.

Tabla 2.

Tabla con variantes de 802.11, sus frecuencias y alcances aproximados

| Protocolo | Apr bado | Frecuen cia | Ancho de banda | Tasa de datos por flujo | Alcance aproximado en interiores | Alcance aproximado en exteriores | | | |
|------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---|---|-----|------|--|
| | | (GHZ) | (MHz) | (Mbit/s) | (m) | (ft) | (m) | (ft) | |
| | Jun 1997 | 2.4 | 20 | 1,2 | 20 | 66 | 100 | 330 | |
| A | Sep 1999 | 5 | 20 | 6,9,12,18,24,36,48, 54 | 35 | 115 | 120 | 390 | |
| B | Sep 1999 | 2.4 | 20 | 1,2,5.5,11 | 35 | 115 | 140 | 460 | |
| G | Jun 2003 | 2.4 | 20 | 6,9,12,18,24,36,48,5 4 | 38 | 125 | 140 | 460 | |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------|-----|----------------------------|----|-----|-----|-----|
| N | Oct | 2.4/5 | 20 | 7.2,14.4,21.7,28.9,43 | 70 | 230 | 250 | 820 |
| | 2009 | | | .3,57.8,65,72.2 | | | | |
| | | | 40 | 15,30,45,60,90,120,135,150 | | | | |
| Ac | Nov | 5 | 20 | Up to 87.6 | | | | |
| | 2011 | | 40 | Up to 200 | | | | |
| | | | 80 | Up to 433.3 | | | | |
| | | | 120 | Up to 866.7 | | | | |

Fuentes: (Flickenger, Drewett, Johnston, & Krag, 2013)

2.3.4. Global Packet Radio Service (GPRS).

La tecnología GPRS, es una evolución de la red actual Global System for Mobil (GSM). GPRS comparte el mismo rango de frecuencias y cobertura de una red celular GSM y se diferencian en el tipo de transmisión de datos, ya que GPRS utiliza la conmutación de paquetes, que unifica la red celular con el internet (Viloría Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2009). La conmutación de paquetes es un procedimiento adecuado para la transmisión de datos y de voz, donde se puede combinar hasta 8 canales, y cada canal posee la capacidad de transferir información a una velocidad de 10 kbps. En la Figura 9 se puede observar las velocidades con las que trabaja GPRS.

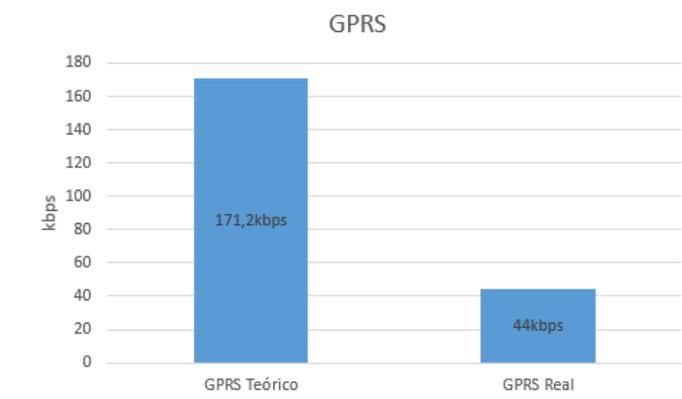


Figura 9. Velocidades transmisión de GPRS

Fuente: (Prieto Donate, 2007)

2.3.4.1. Características Principales.

- Permite una conexión entre dispositivos con tecnología GPRS.
- El rango de cobertura es de 5km.
- Los costos por servicio dependerán, de la cantidad de información transmitida y no del tiempo de servicio.
- Permite tener una conexión permanente con las estaciones base.

2.3.5. WiMAX.

Es una tecnología inalámbrica de banda ancha, o también conocido como el estándar IEEE 802.16, la cual está destinada a dar servicio a áreas metropolitanas, es decir, está pensado para redes MAN. WiMAX puede proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha, hasta 50 km para estaciones fijas, y 5 - 15 km para estaciones móviles, con una capacidad de transmisión de datos de hasta 100 Mbps (Prakash & Pal, 2012).

WiMAX en su primera versión, trabaja en la banda de frecuencia de 10GHz-66GHz, lo que implica que tiene problemas en la comunicación entre las estaciones, debido a que siempre deben contar con visión directa. La segunda banda de frecuencia en la que trabaja WiMAX es 2GHz-11GHz, donde se establecen dos rangos el de 3.5GHz que es banda con licencia y la 5.8GHz la cual es una banda libre.

En la Tabla 3 se describe la evolución y mejoras de cada una de sus variantes del estándar 802.16.

Tabla 3.
Evolución del estándar WiMAX

| Estándar | Descripción |
|----------------|---|
| 802.16 | Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de visión directa, con una capacidad de hasta 134 Mbit/s en celdas de 3 a 7,5 km |
| 802.16a | Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS y LOS |
| 802.16c | Detalles del sistema en la banda de 10 a 66 GHz |
| 802.16d | Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum. Aprobado como 802.16- 2004 en junio de 2004 (la última versión del estándar). WiMAX fijo |
| 802.16e | Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nómada para elementos portátiles, WiMAX móvil |
| 802.16m | Extensión del 802.16 que entrega datos a velocidad de 100 Mbit/s en movimiento. Conocido como Mobile WiMAX Release 2 |

Fuente: (Sanga Hernández, 2018, pág. 42)

2.3.5.1. Características Principales.

- Utiliza enlace inalámbrico con ondas de microondas o milimétricas.
- Utiliza espectro con licencia.
- Proporciona banda ancha.

2.3.6. Comparación de las Tecnologías.

Tabla 4.
Tabla de características de las diferentes tecnologías inalámbricas.

| Estándar | Bluetooth | ZigBee | WiFi | GPRS | WiMAX |
|---------------------|-----------|----------|--------|-------------|------------|
| Especificación IEEE | 802.15.1 | 802.15.4 | 802.11 | | 802.16 |
| | | | | | 2-11Ghz |
| | | | | | 3.5GHz(con |
| Banda de frecuencia | 2.4GHz | | | 890-915MHz, | licencia) |

| | | | | | |
|--------------------|-------|--|---|-------------|------------------------------------|
| | | 868-915MHz, 2.4GHz | 2.4GHz, 5.8GHz | 935-960Mhz | 5.8GHz(Sin licencia) |
| Velocidad de datos | 3Mbps | 250kb/s-2.4GHz 40kb/s-915MHz 20kb/s-868MHz | 11a-54Mb/s 11b-11Mb/s 11g 54Mb/s 11ac-3.4Ghz | 171.2 kbps | 75Mb/s-2.3GHz 6Mb/s-3.5GHz |
| Rango de cobertura | <10 | 10-100m | 11a-30m 11g/ac- 100m | 5km | 5-10km |
| Acceso al medio | TDD | FDMA TDMA | CSMA-CA | FDMA FDD | TDD |
| Modulación | PSK | BPSK O-QPSK | OFDM M-QAM BPSK | 8PSK | 64-QAM 256-QAM OFDM OFDMA |

Fuente: Varias Fuentes

La tecnología inalámbrica, que presenta las mejores características técnicas, es GPRS ya que tiene un mayor rango de cobertura y permite una conectividad idónea a largas distancias.

Adicionalmente este tipo tecnología, presenta una transferencia de información óptima, cuando se usa el servicio de mensajes SMS. Otro factor importante para la elección de la tecnología GPRS, es que su costo es muy reducido, tomando en cuenta que solo se usará para él envío de un dato mensualmente.

2.4. Hardware Libre

Según (Assosation, 2019), hardware libre; es aquel hardware cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño. Idealmente, el hardware de fuentes abiertas utiliza componentes y materiales de alta disponibilidad, procesos estandarizados, infraestructuras abiertas, contenidos sin restricciones, y herramientas de fuentes abiertas de cara a maximizar la habilidad de los individuos para materializar y usar el hardware.

2.4.1. Placa de Procesamiento.

2.4.1.1. Arduino.

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware y software libre que incorpora micro controladores reprogramables y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el micro controladores y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (Arduino, 2019).

Esta plataforma en la actualidad es muy usada por los estudiantes, para la ejecución de proyectos, debido a que presenta grandes ventajas en cuanto al manejo y la parte económica. A continuación, en la Tabla 5 se va a detallar las placas más importantes con sus respectivas características técnicas.

Tabla 5.

Características placas Arduino

| Características | Arduino Uno | Arduino MEGA 2560 | Arduino Nano | Arduino Yun |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| Procesador | ATmega328P | ATmega2560 | ATmega328P | ATmega32U4 |
| Voltaje operación | 5V | 5V | 5V | 5V |
| Voltaje de alimentación | 5-12V | 7-12V | 7-9V | 5V |

| | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| I/O Analógicas | 6 | 16 | 8 | 12 |
| I/O Digitales | 14 | 54 | 14 | 20 |
| Digitales PWM | 6 | 15 | 6 | 7 |
| Memoria Flash | 32kB | 256kB | 32kB | 32kB |
| SRAM | 2kB | 8kB | 2kB | 2.5kB |
| Velocidad de reloj | 16MHz | 16MHz | 16MHz | 16MHz |

Fuente: (Arduino, 2019)

2.4.1.2. Raspberry Pi.

En la Tabla 6 se visualiza las características principales de las Raspberry Pi.

Tabla 6.
Características de las placas Raspberry Pi

| Características | Raspberry Pi v2 B | Raspberry Pi v3 B |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| CPU | 900MHz Quad-core ARM Cortex-A7 | 1.2Ghz Quad Cortex A53 |
| GPU | 250Mhz VideoCore IV | 400Mhz VideoCore IV |
| RAM | 1Gb | 1Gb |
| USB | 4 | 4 |
| Video | Jack, HDMI | Jack,HDMI |
| Audio | Jack, HDMI | Jack,HDMI |
| Boot | Memoria microSD | Memoria microSD |
| Wireless | No tiene | 802.11n/Bluetooth 4.1 |
| Red Ethernet | Ethernet10/100 | Ethernet10/100 |
| Alimentación | 5V/2Amp | 5V/2.5Amp |

| | | |
|--------|----------------|------------------|
| GPIO | 40 pines GPIO | 40pines GPIO |
| Tamaño | 85 x 56 x17 mm | 85 x 56 x x17 mm |

Fuente: *(Fororaspberry, 2017)*

De acuerdo con las Tablas 5 y 6 de características, la placa de procesamiento Arduino Uno, es la seleccionada para el desarrollo del proyecto, ya que cuenta con la cantidad necesaria de pines analógicos y digitales, para conectividad de los elementos que forman parte del dispositivo. Esta placa también cuenta con una memoria flash de 32kB, que es suficiente para el almacenamiento del código, tomando en cuenta las variables y constantes que se usarán. Finalmente, la placa Arduino Uno, es compatible con la tecnología seleccionada para la transmisión de los datos.

2.4.2. Electroválvulas

Las electroválvulas son actuadores que son utilizados para controlar eléctricamente, el paso de un fluido, por medio de dos posiciones que son; completamente cerrados o completamente abierto, de acuerdo a la señal eléctrica recibida. Las electroválvulas al ser actuadores de accionamiento eléctrico, se las usa para mandos de largas distancias o para corto tiempo de conexión. Estos dispositivos están formados por un sistema electromagnético o electroimán (solenoides) y una válvula de distribución.

En cuanto al funcionamiento, se basan en la aplicación de una corriente al electroimán, que hace que se genere una fuerza electromagnética, que permite el accionamiento de la válvula en un estado abierto y cerrado o viceversa.

2.4.2.1. Tipos de Electroválvulas.

Los tipos de electroválvulas se subdividen según; la forma de accionarlas y el número vías a controlar.

2.4.2.1.1. *Electroválvulas con Acción Directa.*

Cuando el solenoide se energiza en una válvula de acción directa, el núcleo abre directamente el orificio de una válvula normalmente cerrada o cierra el orificio de una válvula normalmente abierta como se puede apreciar en la Figura 10. Cuando se desenergiza, un resorte devuelve la válvula a su posición original (Azco, 2017).

La fuerza necesaria para abrir la válvula es proporcional al tamaño del orificio y a la presión del fluido. A medida que aumenta el tamaño del orificio, también lo hace la fuerza requerida.

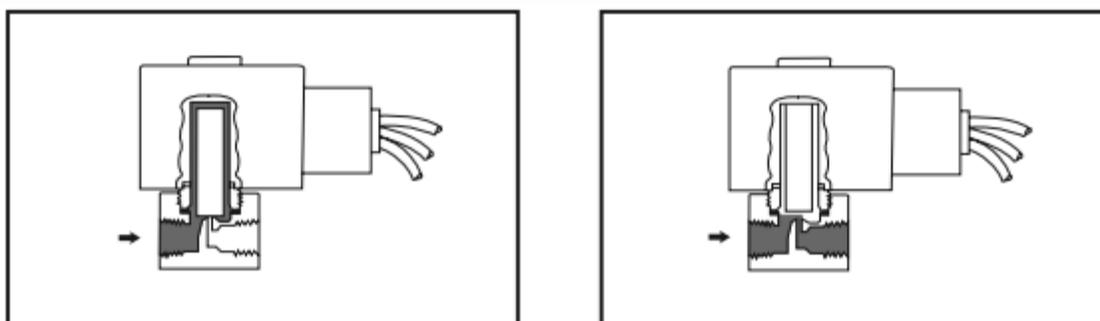


Figura 10. Electroválvula de acción directa, normalmente cerrada desenergizada y energizada

Fuente: (Azco, 2017)

2.4.2.1.2. *Electroválvulas de Accionamiento por Piloto.*

Normalmente, estas válvulas tienen un orificio piloto y de purga que les permite utilizar la presión de línea para el funcionamiento.

Cuando el solenoide se desenergiza, el orificio piloto se cierra y la presión de línea completa, se aplica a la parte superior del pistón o diafragma a través del orificio de purga, proporcionando una fuerza de asiento para un cierre hermético.

Cuando el solenoide se energiza, el núcleo abre el orificio piloto, aliviando la presión de la parte superior del pistón o del diafragma a través del lado de salida de la válvula. La presión de la línea entonces abre la válvula levantando el diafragma o el pistón del orificio principal (Azco, 2017).

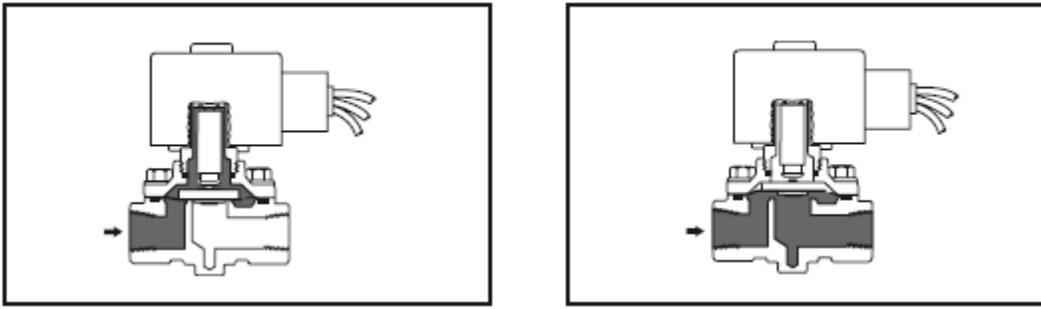


Figura 11. Accionamiento por piloto cuando la válvula esta normalmente cerrada des energizada y energizada

Fuente: (Azco, 2017)

2.4.3. Transceptor Inalámbrico.

Los transeptores inalámbricos son una combinación entre un transmisor y receptor, en un solo dispositivo, el cual tiene la capacidad de realizar una comunicación bidireccional, utilizando como medio de transmisión el aire.

2.4.4. Sensores.

Son dispositivos que se encargan de captar o recibir información de los parámetros físicos de nuestro entorno como la humedad, velocidad, luminosidad, presión, flujo, etc., para posteriormente transfórmale en una magnitud, que generalmente es una señal eléctrica, que puede ser entendida y manipulada (National Instruments, 2019).

2.4.5. Baterías.

Las baterías son dispositivos que se encargan de almacenar energía eléctrica, mediante el uso de procesos electroquímicos, y que posteriormente esta energía será usada de acuerdo a su aplicación.

2.5. Software

Es un conjunto de instrucciones o soporte lógicos, que cuando interactúan con el hardware, hacen posible realizar y controlar tareas específicas, en cualquier dispositivo transformándolo en operativo (Sánchez Lopez, 2013).

2.5.1. Tipos de Software.

En la actualidad existen diferentes tipos de software, donde se consideró los más importantes, mismos que serán desarrollados a continuación;

2.5.1.1. *Software de sistema.*

Es un conjunto de programas que permite al usuario utilizar el sistema operativo que incluye el equipo, el cual posibilita la interacción con los recursos del hardware y proporciona una interfaz gráfica para que el usuario pueda ejecutar tareas.

2.5.1.2. *Software libre.*

Son programas de código abierto que permiten que el usuario tenga la libertad de inspeccionar, modificar y editar, sin tener un cargo adicional (Reingar & Dominguez, 2014).

Software libre presenta 4 libertades o reglas para el uso de los usuarios;

- Libertad de uso, para cualquier propósito.
- Libertad de estudio del funcionamiento del programa, corrección, mejora y acceso al código del programa.
- Libertad para distribución de copias para colaboradores.
- Libertad para compartir el programa modificado con sus mejoras.

Estas 4 libertades siempre deben ser aplicadas a todo código, de forma que, si se está trabajando sobre algún software, es esencial respetar estas reglas.

2.5.1.3. *Software de Aplicación.*

Se denomina software de aplicación a aquel que permite al usuario realizar una o varias tareas específicas, en cualquier tipo de actividad susceptible de ser automatizado o asistido, en su gran mayoría estas acciones se cumplen a través de una interfaz gráfica (Enríquez, 2018).

2.5.2. Página Web.

Página web es un documento que generalmente es desarrollado en lenguajes de programación como; HTML (HyperText Markup Language), JavaScript, PHP (Hypertext Pre-processor) y ASP (Active Server Pages), a los que se accede a través del internet mediante el uso de un navegador. Para dirigirse hacia una página web es necesario introducir la dirección URL en los navegadores como; Internet Explorer, Edge, Safari, Opera, Firefox, Chrome (Hope, 2018).

Las principales características de una página web son;

- El código base puede ser utilizado varias veces, en diferentes plataformas.
- No necesita de memoria en los equipos para ejecutarse.
- El desarrollo de páginas web, no es un proceso complicado, ni con altos costos económicos.
- Para publicarse no es necesario contar, con ninguna aprobación.
- Tiempo de respuesta mínimo.

2.5.3. Plataformas en la Nube.

La plataforma en la nube es un servicio que se encarga de reducir la carga de procesamiento en los terminales de usuario a través de la mejora continua de la capacidad de manejo de la nube. Los terminales de usuarios eventualmente se simplifican en una simple dispositivos de entrada y de salida. Los usuarios pueden utilizar la potente función de cálculo y procesamiento de la nube y pueden ordenar su servicio de la nube de acuerdo con sus propias necesidades (Liua & Donga, 2012).

En la actualidad existen varios proveedores que brindan este tipo servicio, donde la mayoría proporcionan un espacio mínimo de almacenamiento, pero si se desea tener mayor capacidad, los usuarios deben realizar un pago mensual, de acuerdo con la demanda.

La nube (cloud), está definida por tres modelos; IaaS, PaaS, SaaS, como se indica en la Figura 12.

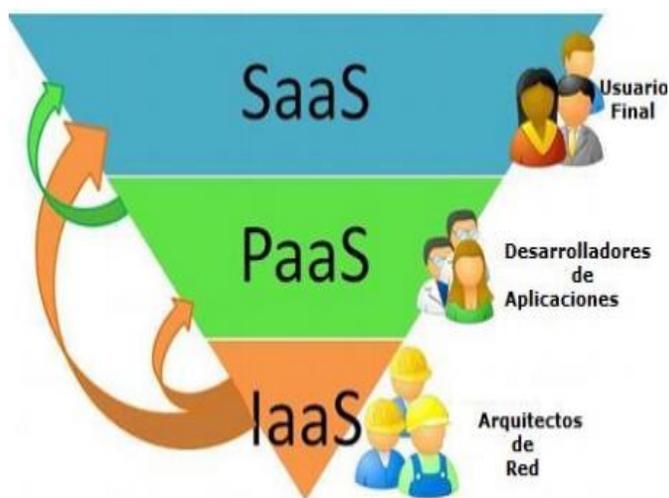


Figura 12. Modelos de servicio en la nube

Fuente: (Cornejo Orellana & Díaz Escalante, 2015, pág. 7)

2.5.3.1. Infraestructura como Servicio (IaaS).



Figura 13. Modelo de la infraestructura para proporcionar los servicios.

Fuente: <https://manuelvieda.com/blog/cloud-computing-que-es/>

De acuerdo con (Baldion Albarracin & Celis Baracaldo, 2015), el modelo IaaS, infraestructura como servicio, brinda capacidades de almacenamiento y soporta la infraestructura necesaria, que es requerida por el usuario para ejecutar sus actividades. Entre ellos están los servidores, los sistemas de almacenamiento, equipos de red, espacio de centro

de datos etc., estos dispositivos son integrados y se ponen a disposición, para manejar las cargas de trabajo. En la Figura 13 se puede apreciar la estructura de modelo IaaS.

Una de las ventajas más evidentes de este modelo, es que permite dimensionar la capacidad de la infraestructura de acuerdo con las necesidades concretas de cada usuario. Tomando en cuenta que los usuarios no realizan una inversión por el hardware, si no que realizan un pago por el servicio proporcionado.

2.5.3.2. Plataforma como Servicio (PaaS).



Figura 14. Modelo de la plataforma en la nube para brindar los servicios

Fuente: <https://manuelvieda.com/blog/cloud-computing-que-es/>

Al consumidor, se le proporciona la capacidad de desplegar aplicaciones en la infraestructura en la nube, desarrolladas por él o adquiridas, en la Figura 14 se muestra la estructura del modelo PaaS. Estas aplicaciones son creadas utilizando lenguajes de programación, librerías, servicios y herramientas soportadas por el proveedor. El consumidor no administra o controla la infraestructura en la nube subyacente que incluye la red, servidores, sistemas operativos o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones desplegadas y posiblemente sobre los ajustes de configuración del entorno donde se aloja la aplicación (Primorac, 2014).

Esta plataforma es muy útil en diferentes escenarios, donde se trabaje con proyectos de desarrollo o grupos de personas que estén enfocados a trabajar o automatizar servicios de virtualización.

2.5.3.3. *Software como Servicio (SaaS).*

El modelo SaaS, ofrece aplicaciones que se ejecutan en una infraestructura en la nube, donde sus clientes pueden acceder, desde cualquier dispositivo que tenga una conexión a internet. El cliente no se encarga de administrar o controlar ningún tipo de infraestructura, si no que realiza un pago por usar la aplicación que se encuentra en la nube (Baldion Albarracin & Celis Baracaldo, 2015). Adicionalmente este tipo de modelos son confiables y rápidamente escalables, debido a que el proveedor, se encarga de las actualizaciones de equipos y correcciones para brindar un buen servicio al cliente. La capacidad que brindan estas aplicaciones está directamente relacionada con el costo del servicio, es decir que el pago dependerá de los beneficios proporcionados.

2.6. Modelo en V

El modelo en V, es un proceso que consta de una secuencia de 4 pasos o niveles del desarrollo de proyectos. Este modelo ilustra cómo las actividades de prueba (verificación y validación) se pueden integrar en cada fase del ciclo de vida del proyecto (Herrera, 2009).

El modelo en V está formado por dos paralelas como se observa en la Figura 15 donde en la parte izquierda de la V, se encuentra las especificaciones del sistema, a diferencia de la parte derecha de la V, donde se encuentra la validación y verificación de cada nivel.

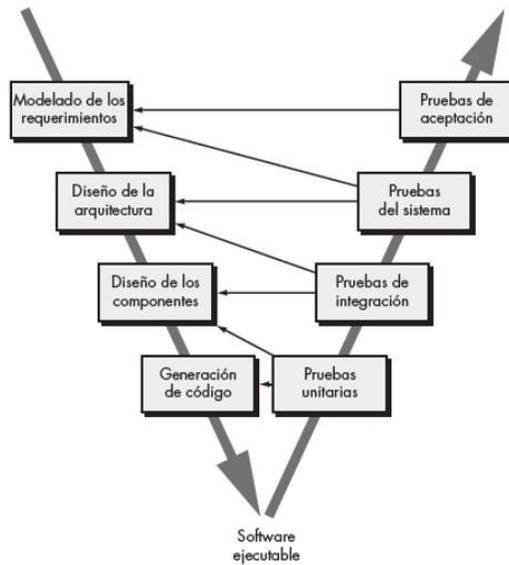


Figura 15. Fases del modelo en V

Fuente: (Avala, 2015)

El modelo está estructurado de cuatro niveles, donde el nivel 1 hace referencia específicamente al cliente, en esta fase se analiza los requerimientos y requisitos. En el nivel 2 se basa principalmente en las características funcionales del sistema, considerando las funciones visibles para el usuario final. En el nivel 3 se elige tanto hardware como el software que formaran parte del sistema. Por último, el nivel 4 el cual está orientado a la implementación del sistema.

2.7. Estándar ISO/IEC IEEE 29148.

EL estándar internacional ISO/IEC IEEE 29148 contiene disposiciones para los procesos y productos relacionados con la ingeniería de requisitos para sistemas y productos de software y servicios a lo largo del ciclo de vida. Define la construcción de un buen requisito, proporciona atributos y características de los requisitos, y discute la aplicación iterativa y recursiva de los procesos de requisitos a lo largo del ciclo de vida (Guzmán Chamorro, 2018).

Este estándar es el resultado de algunas fuentes que se detallan a continuación;

- ISO/IEC 12207:2008

- ISO/IEC 15288:2008
- ISO/IEC/IEEE 15289:2011
- ISO/IEC TR 19759
- IEEE Std 830
- IEEE Std 1233
- IEEE Std 1362
- ISO/IEC TR 24748-1
- ISO/IEC/IEEE 24765

3. Capítulo III. Diseño del Sistema

En este capítulo se presenta la descripción general del sistema de medición y la situación actual en que se encuentra la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. Posteriormente, se plantea los requerimientos que son la base para la selección de hardware y de software que se utilizarán en el diseño del sistema a desarrollarse.

3.1. Descripción General del Sistema

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema inteligente, que permita la medición del consumo de agua potable en los hogares de los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, es una organización, cuya actividad es brindar el servicio de agua potable a los habitantes del sector norte de la Parroquia de San Antonio de Ibarra. En la actualidad, la asociación se encuentra representada por una directiva que gestiona los recursos económicos, los cuales se centran en la mejora de la infraestructura, para brindar un mejor servicio a los usuarios. Adicionalmente, se encarga de registrar y controlar los pagos por el servicio, cuya tarifa es fija y no está relacionada al consumo real. En este sentido, el sistema propuesto permitirá medir el consumo de agua potable y determinar un valor de pago en función del consumo. Este sistema está compuesto por un dispositivo electrónico que deberá ser instalado junto al medidor mecánico en las acometidas de los usuarios, dicho dispositivo está formado por un sensor, que permite la medición del flujo de agua que pasa a través de la tubería. Asimismo, el sensor estará conectado a un sistema embebido, el cual procesará la información y permitirá la visualización de los datos en una pantalla. De igual forma el dispositivo contará con una electroválvula, que permitirá el paso o corte del servicio de una forma remota. El sistema embebido también estará conectado a un módulo de comunicación

inalámbrica para el envío de la información hacia una base datos para su almacenamiento. Además, se conectará directamente a la alimentación energética, complementado con sistema de baterías que permita el funcionamiento continuo cuando exista un corte de energía.

Finalmente, el sistema se complementa con el desarrollo de una página web, donde los usuarios podrán acceder a la información a través de una cuenta privada en la página, donde se indicará el valor a pagar y el consumo del recurso.

3.2. Análisis de la Situación Actual

La situación actual es un punto de partida que permite conocer las condiciones actuales del problema, mismas que sirven para establecer los requerimientos que se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema.

3.2.1. Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Es una organización comunitaria sin fines de lucro, que hace uso del recurso hídrico para el consumo humano por más de 60 años. Esta Junta Administradora ha tenido su aprobación de estatutos y otorgamiento de personería jurídica el 18 de enero del 2017 de acuerdo con el Anexo 1, donde se detalla la conformación y legalización de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, mientras que la Autorización del Derecho de Uso de Agua, fue aprobada a partir del 13 de febrero del 2018, como se especifica en el Anexo 2, mismo que deberá ser aprobado cada 20 años.

La mencionada organización según Acta de Autorización del Derecho de Uso de Agua está formada por 132 usuarios que se encuentran en el padrón de consumidores, dando así un total 786 beneficiarios, de los cuales 128 cuentan con acometidas domiciliarias y 4 con acometidas

a instituciones educativas, dando el servicio a un aproximado de 3200 habitantes, los cuales reciben el servicio de agua potable.

La directiva de esta organización está conformada por 5 usuarios. Actualmente, los miembros que desempeñan cargos directivos en la Junta son: presidente Sr. David Fuentes, Secretario Sr. Cecilia Navarrete, Tesorero Sr. Wilmer Cabascango, Primer Vocal Sra. Marta Terán, Segundo Vocal Sra. Maura Terán. El presidente al liderar la directiva es el que tiene mayor responsabilidad, ya que debe encargarse de que los recursos sean bien gestionados en beneficio de la Junta de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, está ubicada en el sector norte de la Parroquia de San Antonio de Ibarra, en la Figura 16, se puede observar dicha ubicación.

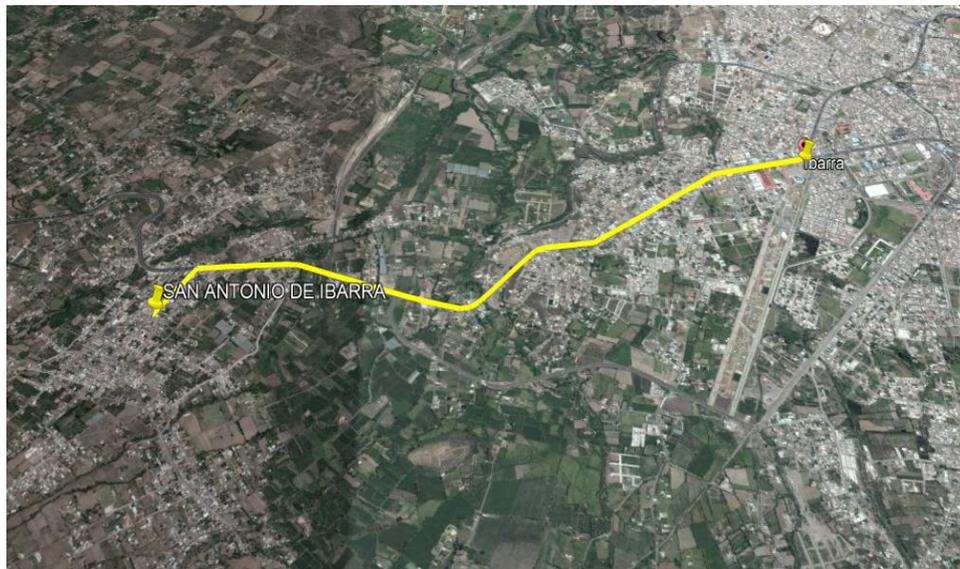


Figura 16. Ubicación de la Parroquia de San Antonio de Ibarra

Fuente: Google Earth Pro

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” está delimitada por las siguientes calles; al Norte con la Panamericana E35, al Oeste con calle Ramón Teanga, Camilo Pompeyo Guzmán y 10 de agosto, al Sur la calle Eloy Alfaro, al Este con la calle Simón Bolívar. En la Figura 17, se puede observar la zona de cobertura de la Junta de Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

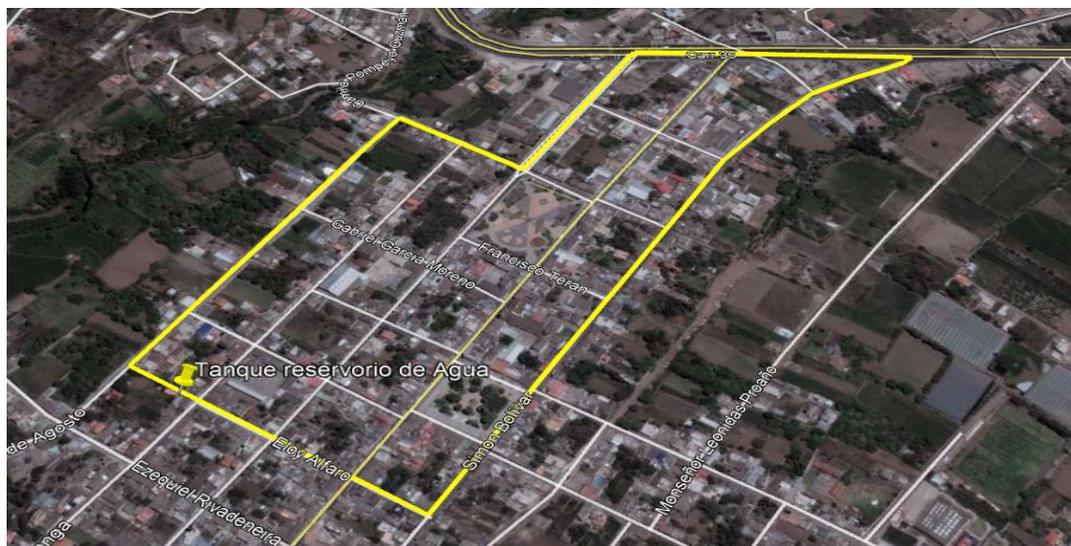


Figura 17. Zona de cobertura de usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

Fuente: Google Earth Pro

La fuente del recurso hídrico proviene de una vertiente de agua natural, que está ubicado en el margen derecho de la quebrada del sector suroeste del centro de la Parroquia de San Antonio en las coordenadas UTM: X=814190 mE; Y=10036795Mn; Z=2396 m.s.n.m según consta en la Autorización del Derecho del Uso del Agua. Esta vertiente se encuentra a unos 550 metros del tanque reservorio de agua, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Ubicación del Vertiente de Agua Natural

Fuente: Google Earth Pro

En la Figura 19, se muestra la estructura de hormigón que ha sido construida para la captación del agua, que es aproximadamente 3.3 l/s^1 , que provienen de túneles que han sido construidos para recolectar los remantes que brota la quebrada. En esta estructura de captación también se realiza un proceso de filtración de impurezas para su posterior transporte por medio de tuberías hacia el tanque reservorio.



Figura 19. Captación del agua de la vertiente natural

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

La tubería de transporte del agua es de 4 pulgadas hecha de material de acero que permite que el sistema de canalización pueda ir por exteriores y se usa PVC para la tubería soterrada hasta el tanque reservorio. En la Figura 20 se puede observar el tramo aéreo de la tubería de transporte, que está localizado junto a la vertiente de agua natural.

¹ Acta de Autorización del Derecho del Uso del Agua del 13 de febrero de 2018 (Anexo 2)



Figura 20. Tubería de Transporte

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

El tanque reservorio tiene una capacidad de $42 m^3$, y está conectado directamente con la red de distribución de tuberías, que se encargan de proporcionar el servicio hasta los domicilios de los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. Adicionalmente, este tanque cuenta con un desfogue agua que permite que el excedente de agua salga cuando el tanque este totalmente lleno. La Figura 21 muestra el tanque reservorio de agua.



Figura 21. Instalaciones del tanque reservorio de agua

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

En la Figura 21 también se puede observar una zona restringida, que es donde se encuentra el sistema de cloración que permite que el agua este apta para el consumo humano. En la Figura 22 se muestra el sistema de cloración Pulsar System 1.



Figura 22. Sistema de cloración de agua PULSAR SYSTEM 1

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” para la medición de flujo de agua potable, cuenta con medidores tipo mecánicos de chorro único, los cuales están ubicados en cada uno de los domicilios de los usuarios. Estos medidores en la actualidad no son funcionales porque no tiene un sistema de recolección de información manual ni electrónica, el cual permita determinar un valor de pago en función del consumo. En la Figura 23 se observa el medidor de agua potable que se usa en la actualidad.



Figura 23. Medidor de Agua potable, que ha sido instalado en los domicilios de los usuarios

Fuente: Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

Por tal motivo, el pago por el servicio sigue siendo un valor fijo de \$ 2,50 sin importar la cantidad de agua potable que se ha consumido. Esta es una de las razones para que algunos usuarios hagan un mal uso de este recurso como, por ejemplo; el riego de huertos, instalación de lavadoras de vehículos y desperdicio del agua en actividades domésticas.

El pago por el servicio se lo realiza en la Cooperativa de Ahorro y Crédito “San Antonio Ltda.”, debido a que tienen un convenio con la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, donde esta institución se encarga de recaudar los pagos que realizan los usuarios, estos valores una vez que son cobrados se transfieren a la cuenta de ahorros que la organización mantiene en la Cooperativa.

En este contexto, para la entrega de las facturas por el pago del servicio, se lo realiza una vez que el usuario presente el comprobante de pago a la secretaria, que se encarga de entregar las facturas, a cada uno de los consumidores empadronados.

Cabe mencionar que los usuarios que no realizan el pago por el servicio a tiempo no tienen ninguna multa, pero si el tiempo ha sobrepasado los tres meses, se realiza el corte del servicio por parte de la directiva de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “En Dique”. Por otro lado, es importante tener datos estadísticos, sobre la realidad en que los usuarios se encuentran actualmente, para ello se realizó una encuesta (Anexo 8), donde se pudo determinar que los medidores de agua se encuentran tanto en la parte interior como en la exterior de los domicilios, con su respectiva acometida. Otro dato esencial, es que el 70% de los usuarios tienen servicio de internet y un 30% no cuenta con este servicio. Se pudo evidenciar que las personas que no cuentan con el servicio son aquellas personas que han sobrepasado los 60 años de edad, y no tienen una relación directa con la tecnología.

En la Tabla 7 se muestra un resumen de los datos más relevantes de la situación actual de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Tabla 7.

Resumen de datos de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

| Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” | |
|---|--|
| Ubicación | San Antonio de Ibarra |
| Delimitación (Zona de cobertura) | Norte con la Panamericana E35, al Oeste con calle Ramón Teanga, Camilo Pompeyo |

| | |
|--|---|
| | Guzmán y 10 de agosto, al Sur la calle Eloy Alfaro, al Este con la calle Simón Bolívar. |
| Número de usuarios | 132 |
| Beneficiarios | 3200 personas |
| Cantidad de captación de agua | 3.3 l/s |
| Dimensión de la tubería de transporte | 4 pulgadas |
| Dimensión de la tubería de distribución | ½ pulgada |
| Capacidad del tanque reservorio | 42m ³ |
| Tipo de medidor | Mecánico de chorro único |
| Pago por el servicio | 2.50\$ |

Fuente: Autoría Propia

3.2.1.1. Propósito.

El presente proyecto tiene como propósito que la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, cuente con un sistema inteligente de medición de flujo de agua, el cual se basa en la implementación de dispositivos electrónicos, en los domicilios de los usuarios para recolectar información que permitirá determinar un valor de pago en función del consumo. De igual forma el sistema permitirá que los usuarios se mantengan informados sobre el consumo de este y realicen un uso adecuado del recurso hídrico.

3.2.1.2. Limitaciones.

- Se implementará un dispositivo electrónico de medición, en la zona de cobertura del servicio. Donde el dispositivo estará instalado en la zona 1, 2 y 3 para realizar las pruebas correspondientes, permitiendo así comprobar la funcionalidad del sistema. En la Figura 24 se puede observar que la zona de cobertura del servicio está dividida en tres zonas.



Figura 24. Zona de cobertura de servicio dividida en tres zonas diferentes.

Fuente: Google Earth Pro

- El sistema de alimentación complementario por medio de baterías tendrá un tiempo de duración de aproximadamente 3 horas.
- La velocidad de transferencia de datos del dispositivo dependerá de la tecnología de comunicación que se utilice en la zona de cobertura del servicio de agua potable.

3.3.Requerimientos del Sistema

El estándar ISO/IEC IEEE 29148, contiene la información necesaria para plantear los requerimientos para sistemas y productos de software y servicios a lo largo de un periodo de tiempo. Donde el estándar proporciona normas y pautas que se deben seguir para el planteamiento de un buen requisito.

El análisis realizado en la situación actual, y basándose en el estándar ISO/IEC IEEE 29148, permiten realizar una óptima selección de dispositivos de hardware y los sistemas de software. Para ello, es importante analizar los requerimientos tanto de Usuario, Sistema y Arquitectura; a continuación, se describe en la Tabla 8 los requerimientos con sus respectivas abreviaturas.

Tabla 8.

Requerimientos y su Abreviatura

| Abreviaturas | Descripción |
|---------------------|--------------------------------|
| RSK | Requerimientos de Stakeholders |
| RSS | Requerimientos de Sistema |
| RAS | Requerimientos de Arquitectura |

Fuente: Autoría Propia

3.3.1. Stakeholders.

Los stakeholders son individuos o agrupaciones que son participes de forma directa o indirectamente en las actividades o resultados de este proyecto investigativo. En la Tabla 9 se describe el listado de los stakeholders que están involucrados en el proyecto, con su respectiva función.

Tabla 9.
Stakeholders Involucrados en el Proyecto

| STAKEHOLDERS | | | |
|---------------------|---|--|---|
| Número | Involucrados | Clasificación Directo/Indirecto | Función |
| 1 | Habitantes del sector norte de la Parroquia de San Antonio de Ibarra. | Indirecto | Usuarios de Junta de la Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. |
| 2 | Sr. David Fuentes | Indirecto | Presidente de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”. |
| 3 | MSc. Jaime Michilena | Directo | Director del trabajo de titulación |
| 4 | MSc. Carlos Vásquez | Directo | Asesor 1 |
| 5 | MSc. Luis Suárez | Directo | Asesor 2 |
| 6 | Sebastián Garrido | Directo | Autor del trabajo de titulación |

Fuente: Autoría Propia

Una vez identificado los Stakeholders, es importante aplicar algunos métodos de recolección de información, que permitan obtener datos más específicos sobre el tema de investigación.

En este contexto, se aplicó una entrevista al Sr David Fuentes, quien desempeña el cargo de presidente de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, debido a que está vinculado directamente con la gestión y control del servicio de agua potable. La aplicación de esta técnica permitió que el dirigente proporcione información detallada sobre; estructura de la red, la administración del agua potable, estado actual de la organización y las recomendaciones o características que debe presentar el dispositivo a desarrollarse. Las preguntas planteadas para la entrevista fueron tipo cerradas y abiertas, con la finalidad que el entrevistado, pueda desarrollar sus respuestas y opiniones, la cuales permitan obtener información más concisa. En el Anexo 6, se encuentra el banco de preguntas que se desarrolló en ~~Catamarca~~ ~~entrevista~~ que se aplico fue la observación directa, donde el investigador realiza una observación minuciosa del área de investigación; estructura de la red de transporte y distribución, el sistema de cloración, acometidas en los domicilios de los usuarios y determinación de variables para posteriormente hacer un análisis sobre la información obtenida. En el Anexo 7, se encuentra la ficha de observación.

De igual forma, fue necesario aplicar una encuesta a 20 usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, con finalidad de tener datos estadísticos que permitan describir de mejor manera la situación actual de la organización, en el Anexo 8 se presenta la tabulación de las encuestas.

3.3.2. Requerimientos Stakeholders.

Este tipo de requerimientos está enfocado en determinar los requisitos, que se deben tomar en cuenta en la parte operativa del sistema y en las necesidades de los usuarios. Mismos que se detallan en Tabla 10.

Tabla 10.
Requerimientos Stakeholders

| RSK | | | | | | |
|------------------------------|---|-----------|-------|------|----------|--|
| REQUERIMIENTOS OPERACIONALES | | | | | | |
| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | | RELACIÓN | |
| | | Alta | Media | Baja | | |
| RSK 1 | El dispositivo debe mantener una conexión a la corriente eléctrica, sin interrupciones. | X | | | | |
| RSK 2 | El dispositivo electrónico, debe estar en funcionamiento, durante todo el día de forma continua. | X | | | | |
| RSK 3 | Mantener una conexión inalámbrica, para la transmisión de datos hacia una plataforma de almacenamiento. | X | | | | |
| REQUERIMIENTOS DE USUARIO | | | | | | |
| RSK 4 | Las dimensiones del dispositivo deben ser comparables con las del medidor mecánico. | | X | | | |
| RSK 5 | El dispositivo debe contar con una pantalla de visualización. | X | | | | |
| RSK 6 | La información mostrada en el dispositivo debe ser actualizada. | | X | | | |
| RSK 7 | La consulta en la página web, debe ser accesible desde cualquier navegador. | X | | | | |

Fuente: Autoría Propia

3.3.3. Requerimientos del Sistema.

Los requerimientos del sistema son parámetros que se establecen, de acuerdo a las funciones y características de uso que va a presentar el sistema. Estos son considerados de alta prioridad, por lo que su cumplimiento es importante, para una buena funcionalidad. Los requerimientos se subdividen en; requerimientos de Uso, Performance, Interfaces, Modo/Estado y Físicos. En la Tabla 11 se puede apreciar los requerimientos del sistema.

Tabla 11.
Requerimientos del Sistema

| RSS | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|-------|------|----------|--|
| REQUERIMIENTOS DE USO | | | | | | |
| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | | RELACIÓN | |
| | | Alta | Media | Baja | | |
| RSS 1 | El dispositivo electrónico, debe estar energizado de forma ininterrumpida. | X | | | RSK 1 | |
| RSS 2 | El dispositivo debe contar con una conexión inalámbrica para la transmisión de datos. | X | | | RSK 3 | |
| RSS 3 | El sensor de flujo debe ser instalado en la tubería principal para toma de datos. | X | | | | |
| REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE | | | | | | |
| RSS 4 | La lectura de datos sobre el consumo de agua, se lo realiza con el sensor de flujo. | X | | | | |
| RSS 5 | El pasó y cierre del servicio se realiza por medio de una electroválvula normalmente abierta. | X | | | | |
| RSS 6 | La transmisión y recepción de los datos se realizará por medio de un módulo de comunicación inalámbrico. | X | | | | |
| RSS 7 | El dispositivo tiene que liberar recursos de memoria periódicamente. | | X | | | |

REQUERIMIENTOS DE INTERFACES

| | | | |
|--------------|--|---|---|
| RSS 8 | La placa de procesamiento debe contar entradas/ salidas analógicas y digitales. | X | |
| RSS 9 | La placa de procesamiento debe contar con la capacidad de adaptar un módulo de comunicación inalámbrica. | | X |

REQUERIMIENTOS DE MODO/ESTADO

| | | | |
|---------------|---|---|------|
| RSS 10 | El dispositivo electrónico, debe estar activo durante todo el día de forma continua. | X | RSS1 |
| RSS 11 | La alimentación de respaldo debe activarse cuando exista algún corte de la energía eléctrica. | X | |

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

| | | | |
|---------------|---|---|--|
| RSS 12 | El dispositivo debe ser instalado junto al medidor mecánico para validar la medición. | X | |
|---------------|---|---|--|

Fuente: Autoría Propia

3.3.4. Requerimientos Arquitectura.

Estos requerimientos permiten determinar características específicas o necesidades que deben cumplir los componentes de hardware y software que forman parte del sistema electrónico. En la Tabla 12 se detallan los requerimientos de arquitectura.

Tabla 12.
Requerimientos de Arquitectura

RAS

REQUERIMIENTOS LÓGICOS

| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | | RELACIÓN |
|--------------|--|-----------|-------|------|----------|
| | | Alta | Media | Baja | |
| RAS 1 | La placa de procesamiento debe contar con al menos 10 entradas/salidas digitales para el manejo de sensores y módulos. | X | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|--|---|-------|
| RAS 2 | La electroválvula, se activa cuando está en un estado 1 y se desactiva cuando está en 0. | X | |
| REQUERIMIENTOS DE DISEÑO | | | |
| RAS 3 | El dispositivo, debe contar con una estructura de protección para evitar daños de los elementos. | X | |
| RAS 4 | Hardware y software deben ser de distribución libre. | X | |
| REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE | | | |
| RAS 5 | Se requiere software de programación, compatible con la placa de procesamiento. | X | |
| RAS 6 | El lenguaje de programación debe ser open Source. | X | |
| RAS 7 | El software de la placa de procesamiento debe contar con librerías compatibles con el sensor de flujo y con el módulo de comunicación inalámbrica. | X | |
| RAS 8 | Se necesita una plataforma, para el almacenamiento de la información. | X | |
| RAS 9 | El software para el desarrollo de la página web, debe permitir trabajar con bases de datos. | X | |
| REQUERIMIENTOS DE HARDWARE | | | |
| RAS 10 | Placa de procesamiento que trabaje con software libre. | X | RAS 4 |
| RAS 11 | El módulo de comunicación inalámbrica debe ser compatible con la placa de procesamiento. | X | |
| RAS 12 | El sensor de flujo y la electroválvula deben ser adaptables a tuberías de ½ pulgada. | X | |
| RAS 13 | La electroválvula debe contar con el modo de trabajo normalmente abierta para el paso del agua. | X | RSS 5 |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Arduino Mega | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 2560 | | | | | | | |
| Arduino Nano | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| Cumple=1 No cumple = 0 | | | | | | | |

Se selecciona la placa de procesamiento Arduino Uno, ya que se ajusta a todos los lineamientos o requerimientos que debe presentar la placa. Principalmente, cuenta con el número de pines necesarios tanto analógicos como digitales. Adicionalmente esta placa, tiene una memoria flash de 32kB, que es suficiente para el almacenamiento del código, tomando en cuenta las variables y constantes que se usarán. De igual forma el costo de la placa de procesamiento Arduino Uno es menor al de la placa de procesamiento Arduino Mega 2560, ratificando su selección y ajustándose a las condiciones económicas.

Fuente: Autoría Propia

En la Tabla 14 se presenta las características técnicas de la placa de Arduino Uno.

Tabla 14.
Características del Arduino Uno

Arduino Uno



| | |
|--|------------|
| Procesador | ATmega328P |
| Voltaje operación | 5V |
| Voltaje de alimentación (Recomendado) | 7-12V |

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| I/O Analógicas | 6 |
| I/O Digitales | 14 (6 salidas) |
| Digitales PWM | 6 |
| Corriente Continua por I/O pin | 40Ma |
| Memoria Flash | 32KB |
| SRAM | 2KB |
| EEPROM | 1KB |
| Velocidad de reloj | 16MHz |

Fuente: Datasheets Arduino Uno

3.4.1.2. Módulo de Comunicación Inalámbrica.

Para la elección del módulo de comunicación, es importante basarse en la tecnología que mejor se adapte a la realidad de la zona y en los requerimientos previamente planteados. La función de este módulo es la comunicación entre dispositivos para que la información pueda ser almacenada en la base de datos. En la Tabla 15 se observa una comparación de acuerdo con los requerimientos que se deben cumplir.

Tabla 15.
Elección del módulo de comunicación para la transmisión de datos

| Módulo de Comunicación | Requerimientos | | | | Valoración |
|---------------------------------------|----------------|-------|---------------|--------|------------|
| | RSK 3 | RSS 6 | RAS 7 | RAS 11 | |
| Módulo GSM/GPRS con SIM900 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Módulo GSM/GPRS con SIM800 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| | Cumple=1 | | No cumple = 0 | | |

El módulo de comunicación GSM/GPRS con SIM900, es el que cumple con todos los requerimientos o características, las cuales permitirán una transmisión de información confiable. Una de sus principales características, es que brinda una comunicación inalámbrica de hasta 5 Km de distancia.

Este módulo es considerado un Shield, ya que permite apilarse sobre la placa de Arduino Uno, permitiendo así aumentar sus capacidades.

Fuente: Autoría Propia

En la Tabla 16 se puede apreciar las características técnicas del módulo de comunicación GSM/GPRS con SIM900.

Tabla 16.

Características Técnicas del módulo GSM/GPRS con SIM900

Módulo GSM/GPRS con SIM900



| | |
|--------------------------------|--|
| Fuente de alimentación | 5V |
| GPRS multi-slot clase | 10/8 |
| GPRS mobile station | Clase B |
| Potencia de transmisión | Clase 4: 2W (AT) 850/900 MHz Clase 1: 1W (AT) 1800/1900 MHz |
| Compatible | GSM fase 2/2+ |
| Comandos de control | AT |

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Soporta RTC Consumo | 1.5 mA |
| Temperatura de operación | -40 °C a +85 °C |

Fuente: Datasheet del módulo GSM/GPRS con SIM900

3.4.1.3. Sensor de Flujo.

La elección del sensor de flujo es fundamental para la elaboración del dispositivo electrónico, debido a que este elemento permite medir la cantidad de flujo de agua que pasa a través de una tubería de ½ pulgada. En la Tabla 17 se puede apreciar algunas opciones las cuales son evaluadas de acuerdo a los parámetros previamente establecidos.

Tabla 17.
Elección del sensor de flujo, que cumplan mayor valoración

| Sensor de Flujo | Requerimientos | | | | Valoración |
|------------------------|-----------------------|-------|-------|--------|-------------------|
| | RSS 3 | RSS 4 | RAS 7 | RAS 12 | |
| YF-S201 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| YF-S401 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| FS400A | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |

Cumple=1 No cumple = 0

El sensor de flujo YF-S201, cumple con todos los requerimientos y es compatible con la mayoría de las placas de procesamiento. Una de las características más importante del sensor, es que se adapta fácilmente a una tubería ½ pulgada y el trabajo de caudal es de 1 a 30 l/m, lo implica que tiene una alta efectividad en la medición.

Fuente: Autoría Propia

En la Tabla 18 se muestra las características técnicas del sensor de flujo de agua.

Tabla 18.
Características técnicas del sensor YF-S201

Sensor de flujo de agua YF-S201



| | |
|---|--|
| Voltaje de funcionamiento | 5 a 18 V DC |
| Máximo consumo de corriente | 15 mA a 5 V |
| Trabajo Caudal | de 1 a 30 litros / minuto |
| Temperatura de funcionamiento | -25 a 80 °C |
| Presión máxima del agua | 2,0 MPa |
| Precisión | ± 5% |
| Rango de flujo | 1-30L/min |
| Pulsos por litro | 450 |
| Velocidad de flujo características del pulso | Frecuencia (Hz) = 7,5 * Caudal (L / min) |
| Diámetro exterior de la rosca | ½ Pulgada |

Fuente: Datasheets YF-S201

3.4.1.4. *Electroválvula.*

La electroválvula es un elemento que debe ser instalado en la tubería principal, cuya función es habilitar y deshabilitar el servicio de agua, por tal motivo es necesario elegir la mejor opción disponible en mercado. La Tabla 19 muestra una comparación de algunas opciones y se elige la de mayor valoración.

Tabla 19.

Elección de electroválvula, para habilitar y deshabilitar el servicio de agua potable.

| Electroválvula | Requerimientos | | | Valoración |
|----------------|----------------|--------|--------|------------|
| | RSS 5 | RAS 12 | RAS 13 | |

| | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|
| Pulg Arduino | 0 | 1 | 0 | 1 |
| KLQD 12VDC | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Cumple=1 No cumple = 0 | | | | |

La electroválvula que tiene mayor valoración es la KLQD 12V DC, por ende, es la seleccionada, debido a que cumple con la mayoría de los requerimientos. Principalmente es una electroválvula normalmente abierta, que se adapta fácilmente a una tubería de ½ pulgada y funciona con corriente continua.

Fuente: Autoría Propia

En la Tabla 20, se indica las características técnicas de la electroválvula seleccionada.

Tabla 20.
Características Técnicas de la electroválvula

Electroválvula KLQD 12V DC



| | |
|------------------------|---|
| Tipo de válvula | 2 vías, Normalmente abierta |
| Acción | Diafragma de elevación directa unidireccional |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Presión Operacional | 0 a 150 PSI |
| Temperatura de funcionamiento | Media: -5 a 80 ° C; Ambiente: -5 a 45 ° C |
| Voltaje | 12V DC |
| IP | 00/65 |
| Ciclos de vida | Más de 500,000 ciclos |

Fuente: Datasheet de la electroválvula KLQD 12V DC

3.4.1.5. Batería.

La batería es un elemento de respaldo que permitirá que el dispositivo de medición se mantenga energizado, ante la falta de energía en la red eléctrica.

3.4.1.5.1. Análisis de Durabilidad de la Batería de Respaldo.

De acuerdo a la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A EmelNorte, en la Parroquia de San Antonio de Ibarra, han ocurrido algunos cortes de energía eléctrica por algunos factores como; cambio de conductor de medio voltaje, cambio de posteria y mantenimiento en las subestaciones, mismos que han tenido diferentes tiempos de duración. Estos registros de corte del servicio han permitido obtener un promedio de aproximadamente 3 horas de duración. En este sentido la batería de respaldo debe proporcionar energía por más de 3 horas, cuando suceda un ~~Parto~~ ~~entregado~~ ~~los~~ ~~cálculos~~ es necesario determinar el consumo de voltaje y corriente de todos los elementos del sistema. En la Tabla 21 se puede observar el consumo energético de cada uno de los elementos.

Tabla 21.

Consumo energético de los elementos que forman parte del dispositivo

| Dispositivo | Voltaje | Corriente |
|--------------------|----------------|------------------|
| Arduino Uno | 7-12V | 170mA |

| | | |
|---|----|-------|
| Módulo GSM/GPRS con SIM900 | 5V | 400mA |
| Sensor de flujo de agua YF- S201 | 5V | 15mA |
| Pantalla LCD 20x4 | 5V | 5mA |
| Módulo Relay 2 canales | 5V | 4mA |

Fuente: Datasheets de los dispositivos electrónicos

Una vez determinado el consumo energético, es necesario realizar el cálculo de la capacidad total de la batería, el cual se determina mediante el producto entre el voltaje y corriente como se muestra en la Ecuación 2.

$$C_{bat} = V_{bat} \times I_{bat}$$

Ecuación 2. Cálculo de la capacidad de la batería

Fuente: (Vergara, 2016)

$$C_{bat} = 12 V \times 2Ah$$

$$C_{bat} = 24 [W]h$$

Posteriormente, se realiza el cálculo de consumo del sistema, para lo cual se utiliza el voltaje de la batería y la corriente que consume el sistema de acuerdo a la Tabla 22. La Ecuación 3 permite determinar el consumo de energía del sistema.

$$C_{sis} = V_{bat} \times I_{sis}$$

Ecuación 3. Ecuación para el consumo de energía del Sistema

Fuente: (Vergara, 2016)

$$C_{sis} = 12 V \times 0.594A$$

$$C_{sis}=7.128 [W]$$

Una vez obtenido estos valores, se procede a determinar el tiempo de respaldo que va a proporcionar la batería, mediante la aplicación de la Ecuación 4, que es una división entre la capacidad y el consumo de energía de la batería.

$$Tiempo_{res} = \frac{C_{bat}}{C_{sis}}$$

Ecuación 4. Ecuación para calcular el tiempo de respaldo de la batería

$$Tiempo_{res} = \frac{24[W]h}{7.128[W]}$$

$$Tiempo_{res} = 3.36 h$$

Finalmente, se obtuvo que con una batería de 12V y 2A da un tiempo de respaldo de 3 horas con 36 minutos, satisfaciendo así el tiempo promedio de corte de energía en el sector de San Antonio de Ibarra.

3.4.1.5.2. Selección de la Batería

En la Tabla 22 se puede observar una comparación entre algunas de opciones.

Tabla 22.
Elección de baterías, para garantizar la alimentación permanente de energía

| Baterías | Requerimientos | | | Valoración |
|------------------------------------|----------------|---------------|--------|------------|
| | RSS 11 | RAS 14 | RAS 15 | |
| FirstPower FP1220A (12V-2A) | 1 | 1 | 1 | 3 |
| FirstPower FP6120 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| | Cumple=1 | No cumple = 0 | | |

La batería que obtuvo mayor valoración es la FirstPower FP1220A12V y 2.A, por tal motivo, es la seleccionada para brindar energía cuando exista un corte de servicio.

Este tipo de baterías son bajo costo y brindan un alto rendimiento para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Fuente: Autoría Propia

En la Tabla 23 se muestra las características técnicas que presenta la batería seca FirstPower 12V.

Tabla 23.

Características Técnicas de la Batería FirstPower FP1220A (12V 2A)

Baterías Seca FirstPower FP1220A (12V 2A)



| | |
|--|----------------------|
| Capacidad mínima | 2000mAh |
| Temperatura de funcionamiento nominal | 25°C±3°C(77°F±5°F) |
| Corriente de carga máxima | 0.6A |
| Material | Cobre |
| Peso | 0.82kg (1.76lbs)±5% |
| Tamaño del paquete | 7.01 x 1,38 x 2,4 mm |
| Corriente máxima de descarga | 30A(5 sec.) |

Fuente: Datasheet de la batería FirstPower FP1220A (12V 2A)

3.4.2. Selección Software.

Una vez seleccionado los dispositivos que formarán parte del proyecto, es importante determinar las mejores opciones de software y plataformas, que permitan un correcto funcionamiento del sistema a desarrollarse.

3.4.2.1. Software de Programación de la Placa de Procesamiento.

La elección del software se realiza en base a una valoración de requerimientos, el cual permitirá elegir la mejor opción, tomando en cuenta que la placa de procesamiento tendrá que integrar distintos elementos que deben ser programados para ejecutar acciones. En la Tabla 24, se presentan las opciones con su respectiva valoración de las características que se deben

Tabla 24.
Elección del software para la placa de procesamiento

| Software de Programación | Requerimientos | | Valoración |
|--------------------------|----------------|---------------|------------|
| | RAS 1 | RAS 3 | |
| IDE Arduino | 1 | 1 | 2 |
| MBLOCK | 1 | 0 | 1 |
| | Cumple=1 | No cumple = 0 | |

El software con mayor valoración y por ende, el seleccionado es IDE Arduino, el cual es compatible con la placa de procesamiento, ya que es desarrollado por el mismo fabricante y brinda mayores facilidades a la hora integrar algunos dispositivos.

Fuente: Autoría Propia

3.4.2.2. Plataforma de Almacenamiento.

Esta plataforma, permitirá el almacenamiento de los datos generados, en una base de datos. Misma que se seleccionará de acuerdo con los requerimientos planteados con anterioridad. En la Tabla 25 se puede identificar algunas opciones, que son evaluadas según una valoración.

Tabla 25.

Elección de la plataforma de almacenamiento

| Plataforma de Almacenamiento | Requerimientos | | Valoración |
|------------------------------|----------------|-------|------------|
| | RAS 4 | RAS 5 | |
| ThingSpeak | 1 | 0 | 1 |
| MySQL | 1 | 1 | 2 |

Cumple=1 No cumple = 0

La plataforma seleccionada, ha sido Mysql, debido a que cumple con los requerimientos y brinda facilidades en el desarrollo de proyectos, que están enfocados al IoT.

Fuente: Autoría Propia

3.5. Diseño del Sistema

Una vez seleccionado los elementos que formarán parte del sistema, la siguiente etapa de la metodología aplicada (Modelo en V), es el diseño del dispositivo, donde se hace una explicación detallada del funcionamiento, los procesos y la integración del sistema desarrollado.

3.5.1. Diagrama de Bloques.

El diagrama de bloques explica de forma gráfica, el funcionamiento y conexión del sistema, el cual está formado por varias etapas que permiten tener un resultado final. En Figura 25 se puede observar el diagrama, dividido en tres bloques.

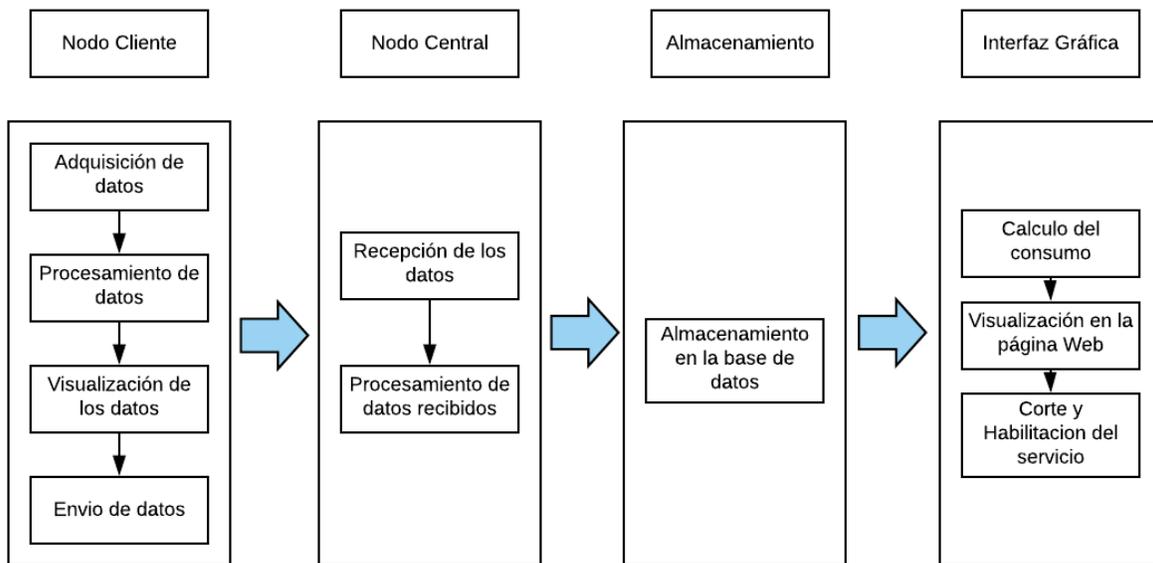


Figura 25. Diagrama de Bloques del Sistema

Fuente: Lucidchart

3.5.1.1. *Nodo Cliente.*

En este bloque se realiza la adquisición de los datos a través del sensor de flujo, el cual está conectado directamente con la placa de procesamiento, que se encarga de transformar los pulsos de frecuencia en información comprensible que posteriormente será visualizada por los usuarios, mediante una pantalla LCD, que indicará el consumo en metros cúbicos y en litros.

La placa de procesamiento también estará conectada al módulo relay que permitirá el accionamiento de la electroválvula y al módulo de comunicación inalámbrica, el cual se encargará del envío de la información por mensajes SMS, hacia un receptor.

3.5.1.1.1. *Diagrama de flujo del Nodo Cliente.*

El diagrama de flujo inicia con la declaración de variables que corresponde a los datos a obtener y cálculos a realizar, continuamente se debe efectuar la lectura de datos generados por el sensor de flujo, para realizar el procesamiento que consiste en transformar los pulsos de frecuencia en

información comprensible por los usuarios, esta información se podrá observar por medio de una pantalla LCD.

Este proceso se realiza durante el periodo de 30 días, debido a que los datos del consumo son registrados mensualmente. Por último, estos datos son enviados hacia el nodo central.

Para la habilitación y corte del servicio, el nodo cliente debe recibir un mensaje SMS, mismo que debe ser procesado, para ejecutar la acción correspondiente.

En la Figura 26 se muestra la estructura del diagrama de flujo del nodo cliente, que permite determinar el consumo de agua potable.

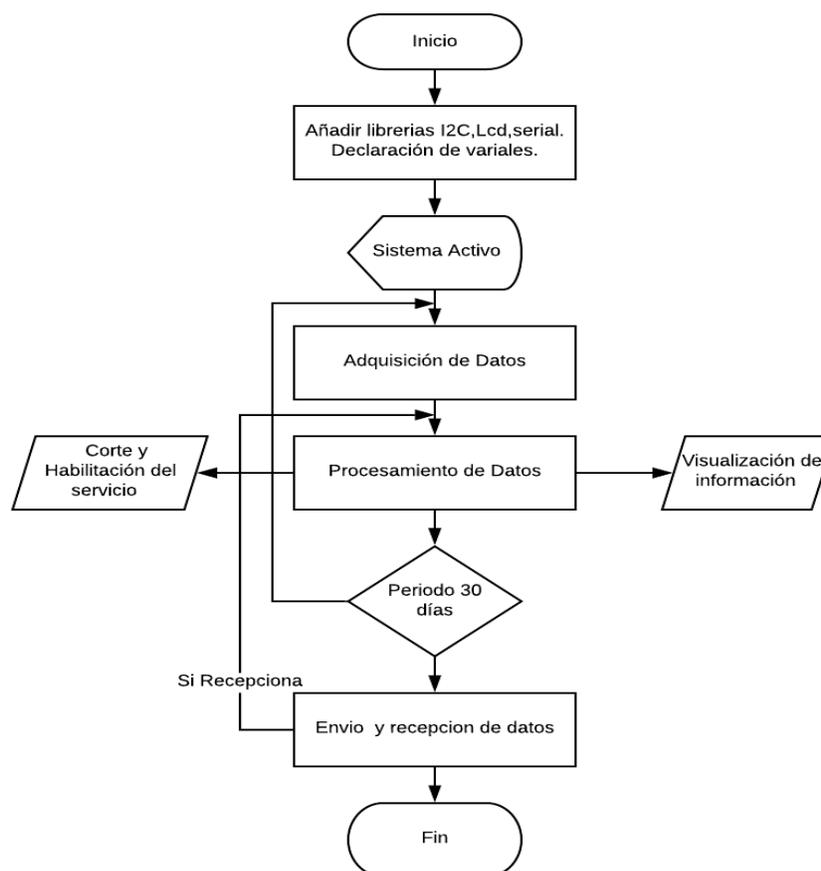


Figura 26. Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo Cliente

Fuente: Lucidchart

3.5.1.1.2. Diagrama Esquemático de Conexión del Nodo Cliente.

En la Figura 28 se muestra el diagrama esquemático de conexión del nodo cliente, donde a la placa principal de Arduino Uno van conectados el módulo GSM/GPRS SIM900, el sensor de flujo YF-S201, la pantalla LCD y el módulo relay de dos canales que permite que la electroválvula se active o desactive para el corte o habilitación del servicio. Finalmente, el nodo está conectado a una fuente de energía y a la batería de respaldo.

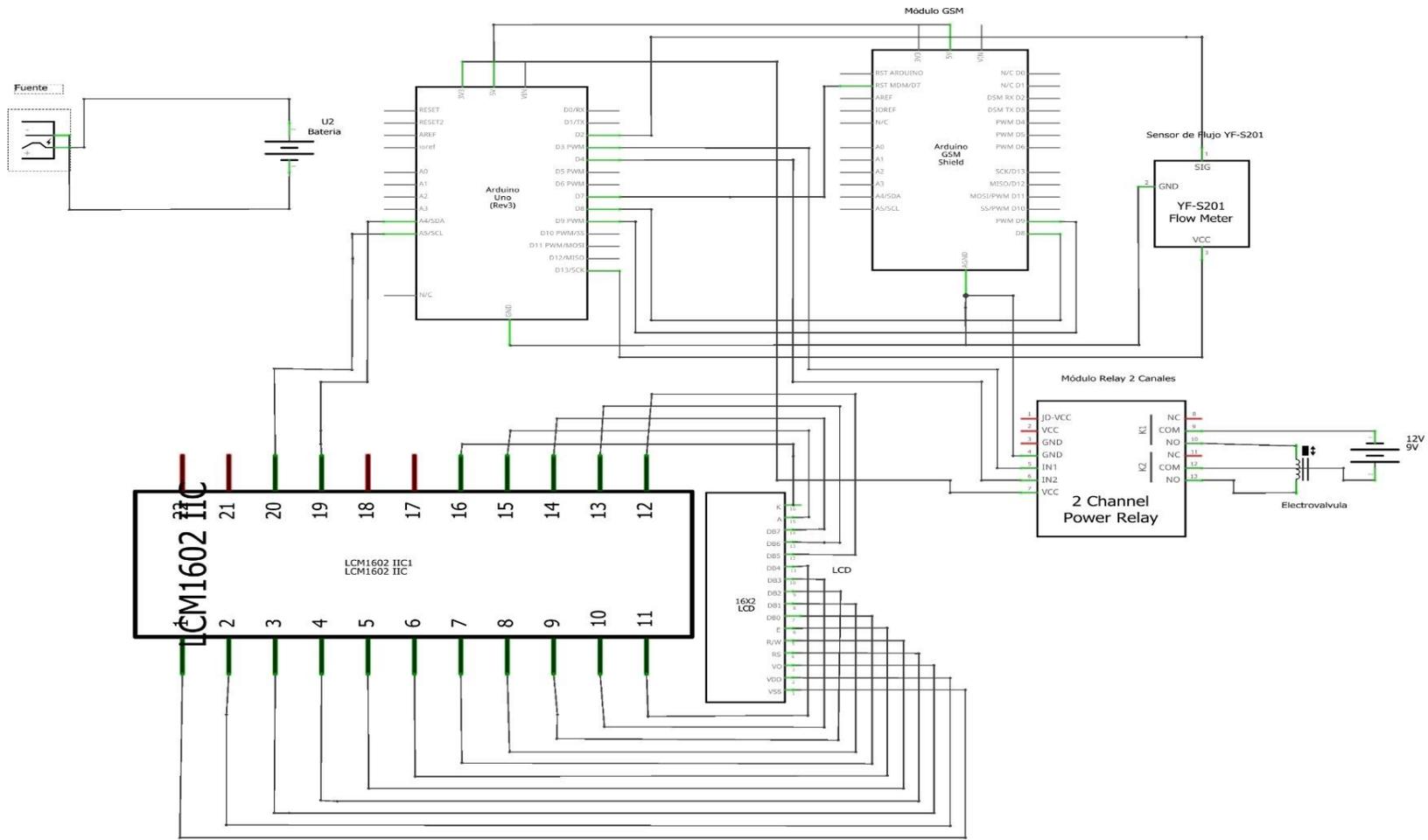


Figura 27. Diagrama esquemático del Nodo Cliente
Fuente: Fritzing

3.5.1.2. *Nodo Central.*

Una vez que los datos son enviados, es importante receptorlos y almacenarlos. Se recepta por medio de un módulo GSM/GPRS SIM900, que estará conectado a un Arduino Uno el cual procesará los datos recibidos y los enviará por medio de un módulo Ethernet hacia la base de datos.

3.5.1.2.1. *Diagrama de Flujo del Nodo Central.*

El nodo central se inicia añadiendo la librería serial y declarando una variable, que servirá para almacenar los datos de los mensajes entrantes. Si el nodo recibe un mensaje SMS, los datos son almacenados para posteriormente enviarlos hacia la base de datos. Mientras que, si el nodo central recibe datos por medio de la comunicación serial, los envía por medio de un mensaje SMS hacia el nodo cliente. En la Figura 27 se puede observar el diagrama de flujo del nodo central.

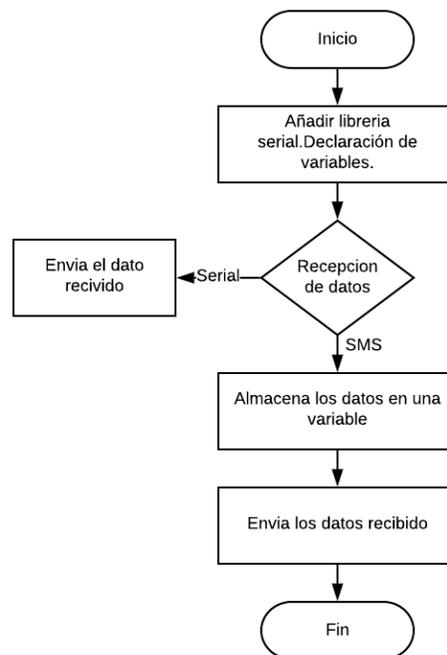


Figura 28. Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo Central

Fuente: Lucidchart

3.5.1.2.2. *Diagrama Esquemático de Conexión del Nodo Central.*

En la Figura 29 se muestra el diagrama esquemático de conexión del nodo central, donde a la placa principal de Arduino Uno van conectados el Shield Ethernet y el módulo GSM/GPRS SIM900.

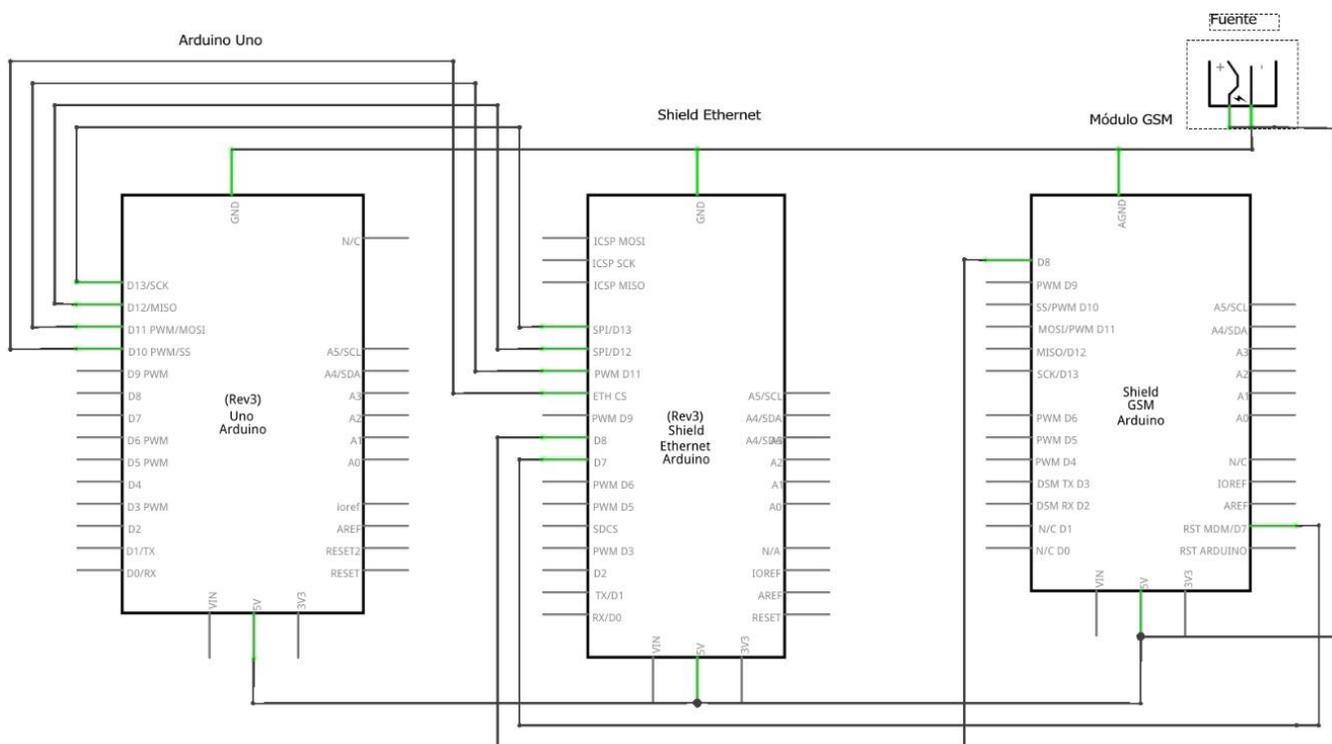


Figura 29. Diagrama esquemático del Nodo Cliente

Fuente: Fritzing

3.5.1.3. Almacenamiento.

Para el almacenamiento de la información se utiliza la base de datos MySQL, que permite que la información sea gestionada automáticamente.

3.5.1.3.1. Diagrama de Flujo de la Base de Datos.

El diagrama de flujo de la base de datos el_dique, tiene 6 tablas y cada una de ellas contiene diferentes tipos de columnas como se muestra en la Figura 30. En la parte superior se observa la tabla usuario que es considerada una entidad fuerte que tiene relación con las entidades débiles. El diagrama de flujo cuenta con varias relaciones entre columnas, la primera relación

de la tabla usuario es de la columna idusuario que se relaciona con las tablas datos, consumo y alerta. La segunda relación de la tabla usuario es la columna rol con tabla rol. La tercera relación es entre la tabla consumo y factura la columna nfactura. Cada una de estas relaciones permite un mejor manejo en la estructura de la información.

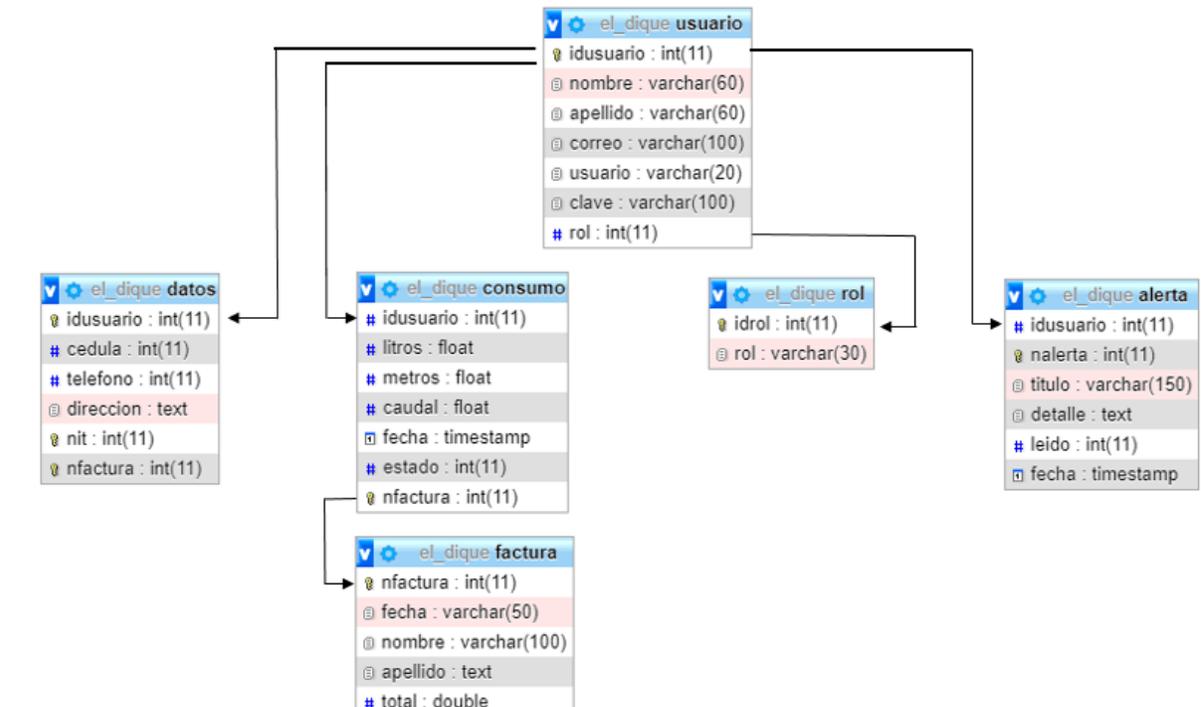


Figura 30. Diagrama de Flujo de la Base de Datos

Fuente: phpMyAdmin

3.5.1.4. Interfaz Gráfica.

Los datos que son almacenado en la base datos, son necesarios para realizar cálculos tanto del consumo del servicio como del valor a pagar. Esta información el usuario podrá acceder, mediante el uso de la página web de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, donde cada usuario tendrá su respectiva cuenta.

Adicionalmente el secretario de la organización podrá gestionar la información por medio de una cuenta de administrador en la página web, que permite visualizar el consumo y realizar acciones como el corte o activación del servicio y la emisión de facturas.

3.5.2. Diagrama de Conexión de la Placa de Procesamiento y el Sensor de Flujo.

El sensor YF S201, según sus características presenta tres cables para la conexión; el rojo (5 Voltios), negro (GND) y el amarillo para la salida de pulsos. En la Figura 31 se puede observar la conexión entre el sensor de flujo y el Arduino Uno, donde el cable rojo y negro va conectado a la alimentación y el amarillo al pin 2. Se utiliza este pin, debido a que tiene interrupciones externas.

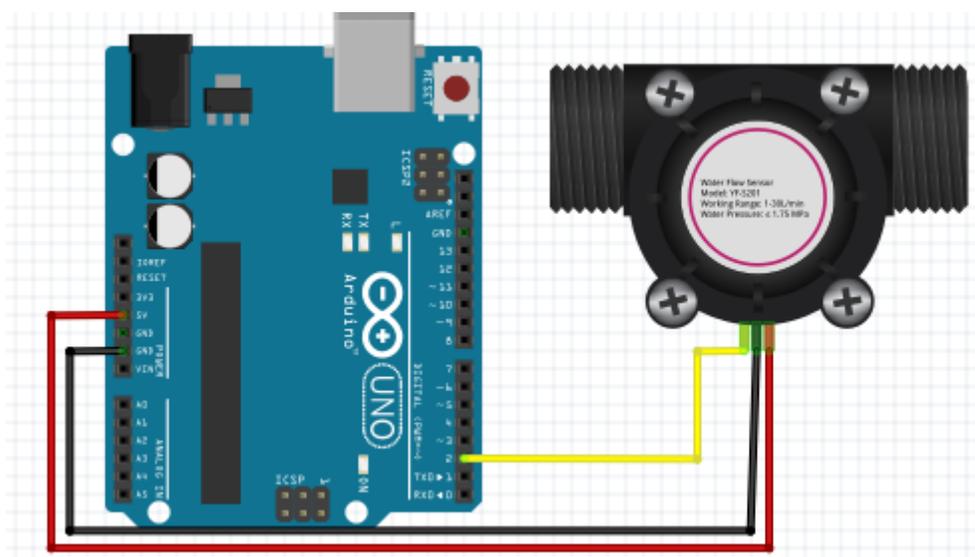


Figura 31. Esquema de conexión de la placa de procesamiento y el sensor de flujo

Fuente: Fritzing

3.5.2.1. Calibración y Medición del Sensor de Flujo con el Arduino Uno.

El sensor de flujo Yf-S201, de acuerdo con su fabricante tiene un factor de conversión K de 7.5, el cual sirve para transformar la frecuencia de pulsos en caudal de agua.

Para una medición más apropiada del sensor es necesario la calibración de este, mediante el cálculo del factor K , el cual se basa en medir dos variables que son; el número de pulsos y el

volumen de agua. Estas variables se las puede medir con exactitud y mediante la siguiente formula calcular el factor de conversión K.

$$K = \frac{\text{Numero de Pulsos}}{\text{Volumen} * 60}$$

Ecuación 5. Constante de factor de conversión

Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html

K: Es el factor de conversión.

Numero de pulsos: Son los pulsos medidos por el sensor de acuerdo con el volumen de agua.

Volumen: Es la cantidad de agua que pasa por el sensor.

60: Corresponde a los segundos que contiene un minuto.

Para tener valores exactos, es importante tomar varias muestras con distintos volúmenes de agua, utilizando frascos calibrados. En la Tabla 26 se puede observar los datos obtenidos con distintas muestras para determinar el factor K.

Tabla 26.

Mediciones para la calibración del sensor de flujo

| Litros | Nivel | Pulsos | K |
|-----------------|--------------|---------------|-------------|
| 3 | Alto | 1296 | 7.20 |
| | Alto | 1306 | 7.25 |
| | Medio | 1308 | 7.26 |
| | Medio | 1296 | 7.20 |
| | Bajo | 1269 | 7.05 |
| | Bajo | 1244 | 6.91 |
| Promedio | | 1287 | 7.14 |
| | Alto | 2641 | 7.33 |
| | Alto | 2632 | 7.31 |

| | | | |
|----------|-----------------|-------------|-------------|
| | Medio | 2613 | 7.25 |
| 6 | Medio | 2623 | 7.28 |
| | Bajo | 2531 | 7.03 |
| | Bajo | 2536 | 7.04 |
| | Promedio | 2596 | 7.20 |

Fuente: Autoría Propia

Se realizó las pruebas con dos niveles de agua de 3 y 6 litros, donde se obtuvo los valores promedios de 7.14 y 7.20, dando un así un promedio de la constante de conversión K de 7.17, el cual permitirá tener mayor precisión en la conversión a caudal de agua. El promedio de los pulsos para el volumen de 3 litros de agua es de 1287 y para 6 litros es de 2596.

Estos promedios permiten calcular el número de pulsos, que equivale a 1 litro de agua, dando así un valor de 431 pulsos por litro.

En la Figura 32 se puede apreciar los cálculos que se realiza, para obtener los valores de consumo.

```

void loop() {
  if(millis() - TiempoPasado > 1000){
    TiempoPasado = millis();           //Actualizo el nuevo tiempo
    SumatoriaPulsos += NumeroPulsos;   //Pulsos Acumulados
    LitrosHora=(NumeroPulsos*60/7.17); //Q = frecuencia * 60/ 7.17 (L/Hora)
    NumeroPulsos = 0;                  //Pongo nuevamente el número de pulsos a cero
    Litros = SumatoriaPulsos*1.0/431;  //Cálculo del consumo en litros,cada 431 pulsos equivale a un litro
    metros3=Litros/1000;              //Cálculo del cunsumo en metros cúbicos
  }
}

```

Figura 32. Líneas del código de programación para el cálculo del consumo

Fuente: IDE Arduino

En la Figura 33 se puede observar los valores medidos por el sensor de flujo, mismo que están transformados en información comprensible como, por ejemplo; caudal y consumo en metros cúbicos.

| Numero de pulsos | Caudal | Metros3 |
|------------------|-----------|----------------|
| 484Hz | 92.050L/h | 0.0011229699M3 |
| 495Hz | 92.050L/h | 0.0011484919M3 |
| 506Hz | 92.050L/h | 0.0011740139M3 |
| 517Hz | 92.050L/h | 0.0011995359M3 |
| 528Hz | 92.050L/h | 0.0012250579M3 |
| 539Hz | 92.050L/h | 0.0012505800M3 |
| 550Hz | 92.050L/h | 0.0012761020M3 |
| 561Hz | 92.050L/h | 0.0013016241M3 |
| 572Hz | 92.050L/h | 0.0013271462M3 |
| 583Hz | 92.050L/h | 0.0013526680M3 |
| 594Hz | 92.050L/h | 0.0013781902M3 |
| 604Hz | 83.682L/h | 0.0014013919M3 |
| 615Hz | 92.050L/h | 0.0014269142M3 |
| 626Hz | 92.050L/h | 0.0014524362M3 |
| 637Hz | 92.050L/h | 0.0014779581M3 |
| 648Hz | 92.050L/h | 0.0015034804M3 |

Figura 33. Datos generados por el sensor de flujo

Fuente: IDE Arduino

3.5.3. Diagrama de Conexión del Arduino Uno y el Módulo GSM/GPRS SIM900.

El módulo GSM/GPRS con SIM900, es el que encarga de la comunicación inalámbrica del sistema y está conectado directamente con el Arduino Uno. En Figura 34 se puede observar la conexión entre el módulo GSM/GPRS SIM900 con el Arduino Uno, donde para alimentación del módulo se utiliza el cable rojo (5V) y negro (GND), los pines 7 y 8 tanto del Arduino como del módulo, se usan para la transmisión y recepción de datos. El pin 9 de los elementos se usa para encender la SIM por software.

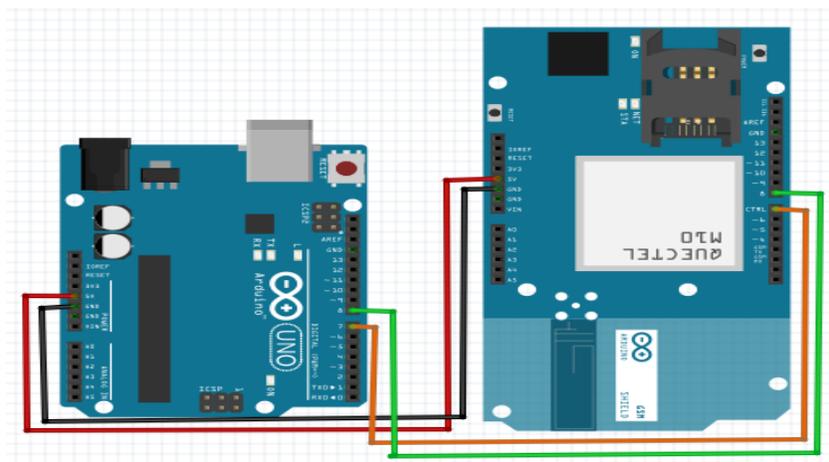


Figura 34. Esquema de conexión del Arduino Uno con el módulo GSM/GPRS SIM900

Fuente: Fritzing

3.5.3.1. Selección de Operadora Móvil.

Para la transmisión de datos mediante el módulo GSM/GPRS con SIM900, es necesario contar con un chip móvil, es por ello que se debe realizar un análisis de cobertura de la tecnología 3G y los costos del servicio que proporcionan las diferentes operadoras en el sector Norte de San Antonio de Ibarra.

3.5.3.1.1. Cobertura de Operadoras Móviles.

El módulo de comunicación GSM/GPRS con SIM900, de acuerdo a sus características técnicas, trabaja en las bandas de frecuencia de 850, 900, 1800 y 1900 MHz, lo que implica que hay relación directa con las redes de tercera generación 3G. Motivo por el cual es necesario verificar mediante el uso de herramientas, la cobertura de telefonía móvil en zona a implementar.

En la actualidad, el Ecuador cuenta con 4 operadoras que brindan el servicio de telefonía móvil, de las cuales se va a realizar el estudio de tres que son; Claro, Movistar y CNT, mismas que se usará para realizar un mapeo de cobertura. El primer mapeo, corresponde a la operadora móvil Claro, como se muestra en la Figura 35 donde se observa las zonas cobertura de la tecnología 3G, en el sector de San Antonio.

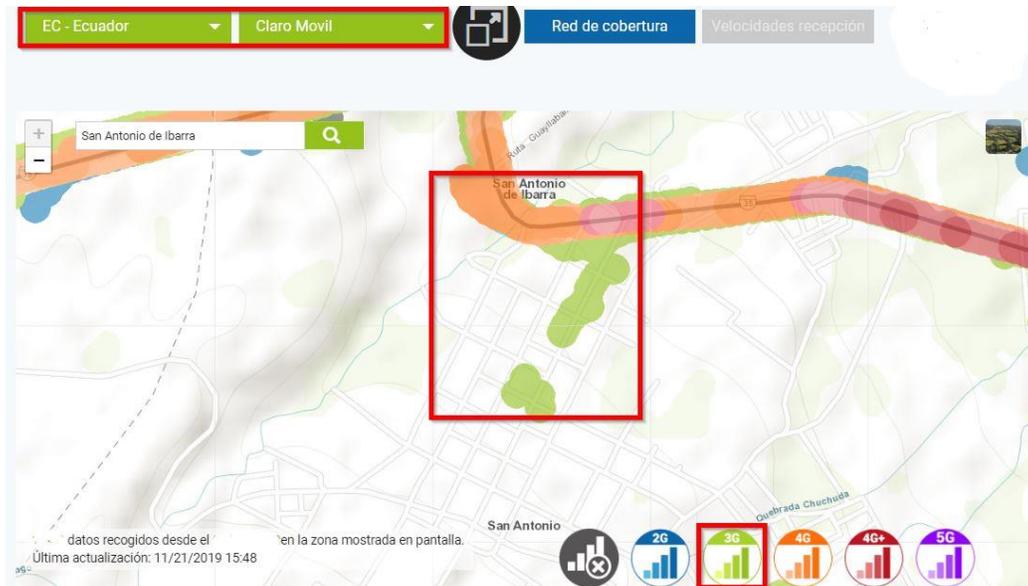


Figura 35. Mapeo de cobertura de la operadora móvil Claro

Fuente: nperf

La Figura 36 corresponde al análisis de cobertura de la operadora móvil Movistar, en el cual se establecen los mismos parámetros de mapeo.



Figura 36. Mapeo de cobertura de la operadora móvil Movistar

Fuente: nperf

Por último, en la Figura 37 se realizó el análisis de cobertura de la operadora móvil CNT.



Figura 37. Mapeo de cobertura de la operadora móvil CNT

Fuente: nperf

3.5.3.1.2. Costo por el Servicio de Mensajería SMS.

Las operadoras móviles, brindan una variedad de alternativas en cuanto al servicio de mensajería SMS, ya sean prepago o pospago y sus costos cambian de acuerdo con la operadora. Por lo general los precios son menores, cuando se contrata un plan pospago, pero las ofertas por este servicio tienen un alto costo, por ende, la mejor opción es realizar recargas prepago para que se descuenta de acuerdo con los mensajes SMS consumidos.

En la Tabla 27 se puede observar los precios de las tres operadoras móviles, estos costos se obtuvieron de la información oficial publicada en las páginas web de; Claro, Movistar, CNT.

Tabla 27.
Costos por el Servicio de Mensajes SMS

| Operadoras Móviles | |
|--------------------|----------|
| Operadoras | SMS |
| Claro | \$0.0672 |
| Movistar | \$0.0684 |

CNT

\$0.0672

Fuente: Autoría Propia

De acuerdo a la Tabla 27, la operadora que presenta menores costos por el servicio de mensajería SMS es; CNT y Claro, pero en cuanto a la cobertura de la tecnología 3G, la operadora que posee las mejores condiciones de cobertura es Claro. Por tal motivo, la operadora seleccionada para prestar el servicio es Claro.

3.5.4. Diagrama de Conexión de la Placa de Procesamiento y la Electroválvula.

Para esta conexión se utiliza un módulo relé de dos canales, el cual va a permitir el control de la electroválvula para el corte y habilitación del servicio. El modo de operación de la electroválvula es des energizada normalmente abierta y debe estar conectado a una fuente de corriente de continua (12V), como sus características técnicas lo indica. En la Figura 38 se observa la conexión del Arduino Uno, con el módulo relé y la electroválvula.

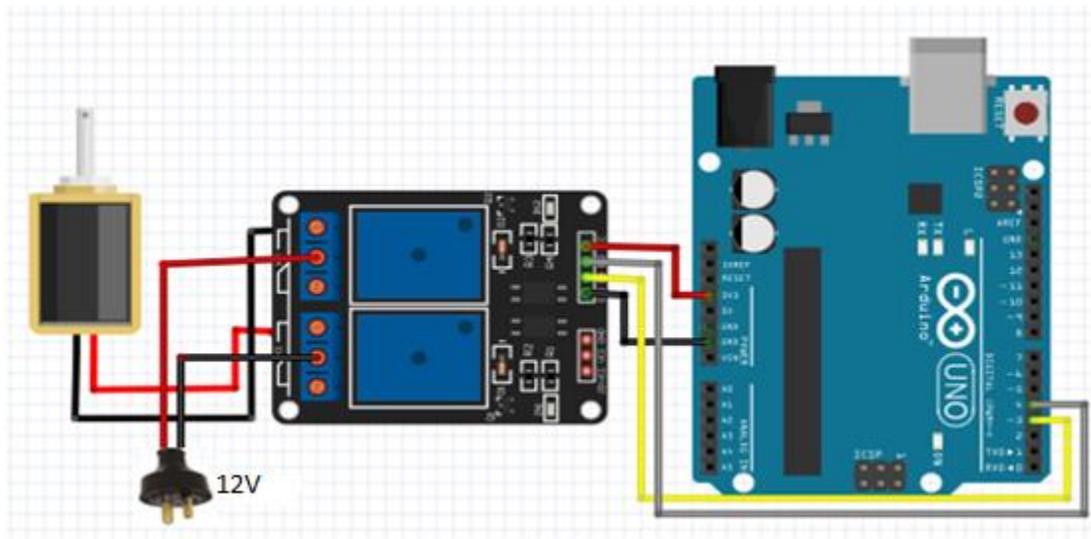


Figura 38. Diagrama de conexión de la electroválvula y el Arduino Uno

Fuente: Fritzing

3.5.4.1. Prueba de Funcionamiento de la Electroválvula.

Para verificar el correcto funcionamiento de la electroválvula, se desarrolló un algoritmo que permita realizar la habilitación y corte del servicio de agua potable, cuando el administrador lo determine de acuerdo con el registro de pagos. En la Figura 39 se puede observar las líneas de código para ejecutar esta acción.

```

if (incoming_char == 'a'){
    digitalWrite(3, LOW);           // Si lee una A, los pines 3 y 4 se ponen en un estado LOW
    digitalWrite(4, LOW);         // Estado del pin 3, bajo
    delay(100);                   // Estado del pin 4, bajo
}                                  // Retardo
if (incoming_char == 'A'){
    digitalWrite(3, HIGH);        // Si lee una a, los pines 3 y 4 se ponen en un estado HIGH
    digitalWrite(4, HIGH);       // Estado del pin 3, alto
    delay(100);                   // Estado del pin 4, alto
}                                  // Retardo
}

```

Figura 39. Líneas de código de programación para habilitar o deshabilitar el servicio

Fuente: IDE Arduino

En la Figura 40 se puede evidenciar que cuando se realiza el corte del servicio, los dos leds del relé se activan, cerrando así circuito para cortar el servicio.

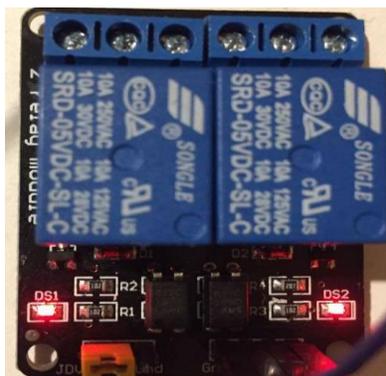


Figura 40. Módulo Relé, encendido de la activación o corte del servicio

Fuente: Autoría Propia

3.5.5. Desarrollo de la Base de Datos.

Para el desarrollo de la base de datos, es necesario instalar Xampp, que es una herramienta de código abierto que presta servicios de base de datos MySQL y servidor web con lenguaje php y perl, en el Anexo 9 se presenta una guía de instalación de Xampp. Una vez instalada la herramienta Xampp se accede al panel de control donde se activa los servicios de MySQL y apache como se muestra en la Figura 41.

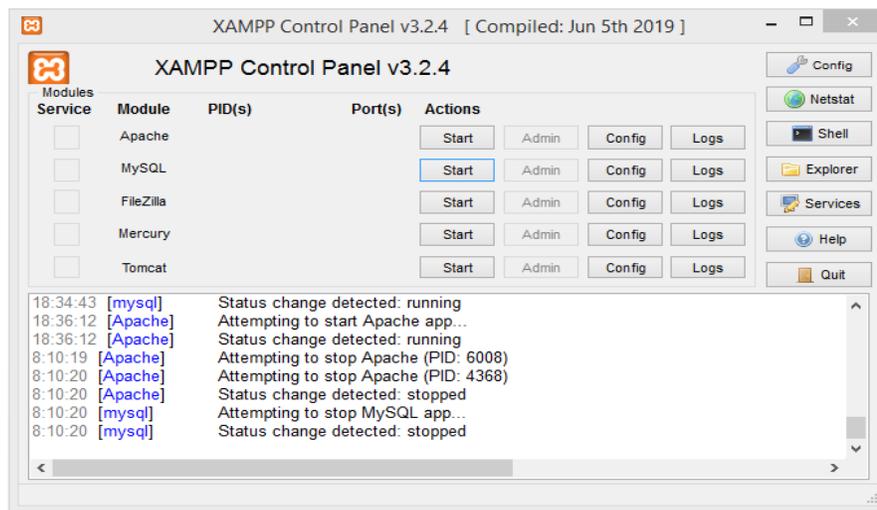


Figura 41. Panel de control para activar los servidores MySQL y Apache

Fuente: XAMPP

Una vez que se ubica en phpMyAdmin, se desarrolla la base de datos con sus respectivas tablas de acuerdo con nuestras necesidades. Para el desarrollo de este proyecto se creó una base de datos con el nombre el_dique, misma que contiene 6 tablas; alerta, consumo, datos, factura, rol y usuario. En la Figura 42 se puede observar la base datos el_dique.

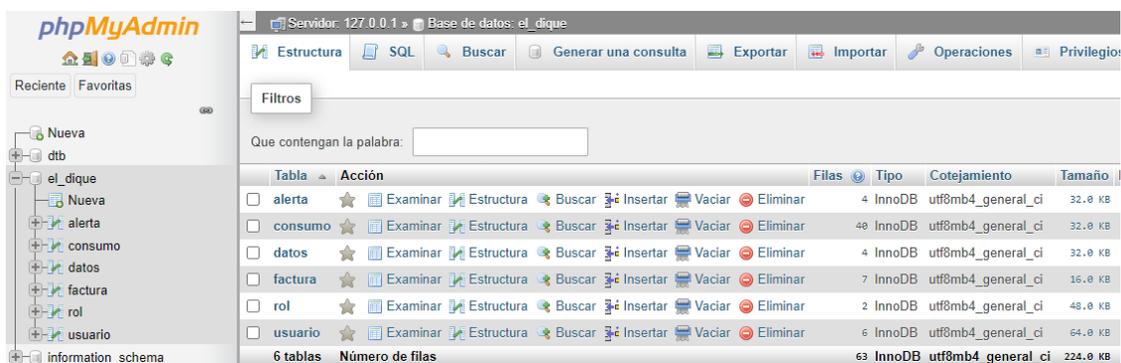


Figura 42. phpMyAdmin base de datos el_dique.

Fuente: phpMyAdmin

3.5.6. Pruebas de Integración Basadas en el Modelo en V.

En este apartado se detallan las pruebas de funcionalidad del sistema, mismas que permiten determinar el cumplimiento de los requerimientos del diseño. Las pruebas realizadas se basan en el modelo en V, donde se encuentra algunos casos de pruebas que garantizan el correcto funcionamiento del sistema.

3.5.6.1. Test del Sistema Eléctrico.

Esta prueba se realiza, con la finalidad de verificar que se cumpla con los niveles de corriente adecuado, para que los elementos que forman parte del dispositivo tengan un funcionamiento correcto. En la Tabla 28 se detalla la prueba del subsistema eléctrico.

Tabla 28.

Test del Subsistema Eléctrico

| | Prueba del Subsistema | Eléctrico |
|--|--------------------------|--------------|
| Test Eléctrico | Prueba despliegue | SI/No |
| Descripción: Prueba del dispositivo basado en el subsistema eléctrico | | |
| Prerrequisitos: | | |
| 1. Adquisición de la fuente de alimentación de 12V. | | |

-
2. Conexiones de los dispositivos, a los pines del Arduino Uno y al módulo de comunicación GSM/GPRS con SIM900.
 3. Verificar que los dispositivos estén bien ubicados.
-

Pasos:

- Verificar el encendido del Arduino Uno.
 - Verificar el encendido del módulo GSM/GPRS SIM900.
 - Comprobar que el sensor de flujo y la pantalla LCD estén encendidas.
 - Verificar que la alimentación energética, se proporcione de forma continua a los elementos.
 - Verificar el tiempo de duración de la batería de respaldo del nodo cliente.
-

Resultado esperado:

Que la fuente de alimentación del dispositivo, proporcione la suficiente energía para un correcto funcionamiento de todos elementos y que el dispositivo cumpla con las funciones para las que fue diseñado.

Fuente: Autoría Propia

El resultado de la prueba ha sido positiva, ya que se ha verificado que tanto el Arduino Uno, como los dispositivos electrónicos que van conectados, han tenido un funcionamiento correcto en la presente prueba.

En cuanto a la batería de respaldo del dispositivo, ha funcionado adecuadamente satisfaciendo los niveles de energía de todos elementos.

3.5.6.2. Test del Subsistema Pasivo.

Esta prueba se realiza con la finalidad de verificar la conectividad en el dispositivo y comprobar que el sistema esté conectado de acuerdo con el diseño establecido. En la Tabla 29 se muestra la prueba del subsistema pasivo.

Tabla 29.
Test del Subsistema Pasivo

| | Prueba del Subsistema | Pasivo |
|---|--------------------------|--------------|
| Test del Subsistema Pasivo | Prueba despliegue | SI/No |
| Descripción: Prueba del diseño del subsistema Pasivo | | |

Prerrequisitos:

1. Adquisición de cables para la conexión de los distintos elementos del dispositivo.
2. Adquisición de conectores para los elementos electrónicos.
3. Integración de todos los elementos según el diseño.

Pasos:

- Comprobar que los cables no tengan daños.
- Verificar que los cables estén bien conectados en los pines que correspondan.
- Verificar que las conexiones con los conectores estén bien realizadas.

Resultado esperado:

Las conexiones del Arduino Uno con el sensor de flujo, el módulo GSM/GPRS, la pantalla LCD y módulo relay, deben estar bien realizadas para evitar problemas de desconexión o daños en los cables que eviten la operatividad del dispositivo.

Fuente: Autoría Propia

Se pudo verificar que las conexiones de los elementos electrónicos con el Arduino Uno, están realizadas adecuadamente en los pines que corresponden. De igual forma las conexiones de la batería de respaldo y los conectores están elaboradas de acuerdo al diseño.

3.5.6.3. Test del Subsistema Activo.

Consiste en comprobar el adecuado funcionamiento, de la placa designada al procesamiento información, donde se verifica la comunicación a través del puerto COM, cargar el código en la placa y la comunicación por medio del módulo GSM/GPRS. En la Tabla 30 se muestra más detalladamente la prueba del subsistema activo.

Tabla 30.

Test del subsistema Activo

| | Prueba del Subsistema | Activo |
|----------------------------|--------------------------|--------------|
| Test del subsistema Activo | Prueba despliegue | SI/No |

Descripción: **Prueba del diseño del dispositivo en base al subsistema Activo**

Prerrequisitos:

1. Adquirir un Arduino Uno, módulo GSM/GPRS, sensor de flujo.
2. Configurar el puerto COM en el ordenador.
3. Desarrollo de los algoritmos para toma de datos y la conectividad del sistema.

Pasos:

- Verificar que el ordenador reconozca el Arduino Uno a través del puerto COM.
- Comprobar que el código ha sido cargado exitosamente.
- Comprobar la conectividad para el envío de datos.

Resultado esperado:

Que exista conectividad de la placa de Arduino Uno, con el ordenador por medio de los puertos COM. Verificar que se cargue el código desarrollado y comprobar la conectividad para el envío de datos.

Fuente: Autoría Propia

Se obtuvo como resultado que el Arduino Uno, está funcionando correctamente y que el sensor flujo, el módulo GSM/GPRS, el módulo relé y la pantalla LCD se acoplaron adecuadamente.

Se verifico que el Arduino Uno del nodo cliente ha sido reconocido por la computadora a través del puerto COM5, lo que implica que se puede cargar el código de programación. En la Figura 43 se observa el reconocimiento del Arduino Uno.

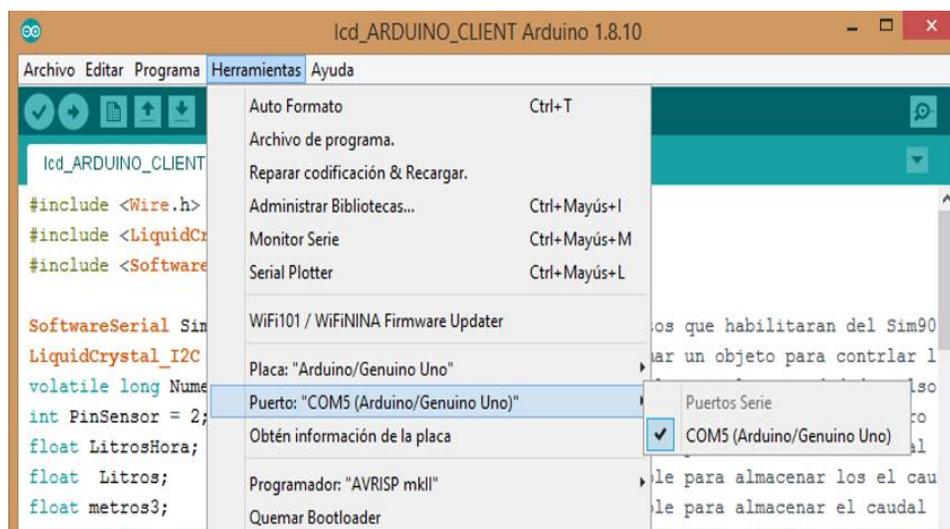


Figura 43. Reconocimiento del Arduino Uno mediante el puerto COM5.

Fuente: IDE Arduino

En la Figura 44 se puede apreciar el reconocimiento de la computadora al Arduino Uno del nodo central, mediante el puerto COM6.

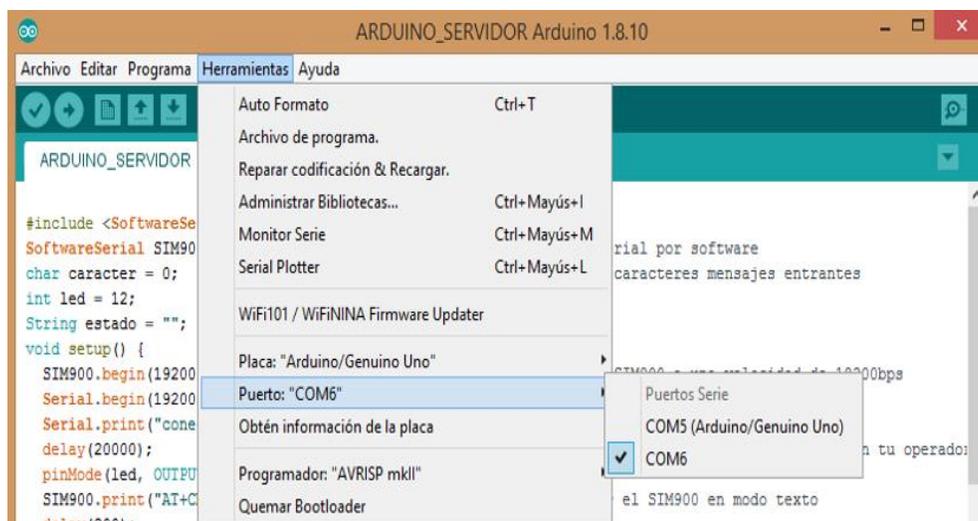


Figura 44. Reconocimiento del Arduino Uno mediante el puerto COM6.

Fuente: IDE Arduino

Una vez que el nodo cliente ha sido reconocido es importante cargar el sketch, en la Figura 45 se puede observar que el sketch se ha subido exitosamente, ocupando un 36% de espacio de almacenamiento de programa y un 36% de memoria dinámica, lo implica que tendrá un funcionamiento correcto.

```

lcd_ARDUINO_CLIENT
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial Sim900Serial(7, 8);           // Puertos que habilitaran del
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);        // Creamar un objeto para cont
volatile long NumeroPulsos = 0;           //Variable para la cantidad de

```

```

Subido
Usado: C:\Program
Usando librería Wire con versión 1.0 en la carpeta: C:\Program Files
Usando librería LiquidCrystal_I2C-master con versión 1.1.2 en la carpeta: E:\RESPALD
Usando librería SoftwareSerial con versión 1.0 en la carpeta: C:\Program Files
"C:\Users\SEBASTIAN\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\
El Sketch usa 11720 bytes (36%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo
Las variables Globales usan 742 bytes (36%) de la memoria dinámica, dejando 1306 bytes

```

Figura 45. Carga del sketch en el Arduino Uno del nodo cliente.

Fuente: IDE Arduino

En la Figura 46 se puede observar que el sketch se ha subido exitosamente al Arduino del nodo central, ocupando un 15% del espacio de almacenamiento de programa y un 19% de memoria dinámica.

```

ARDUINO_SERVIDOR
|
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(7, 8);           //Configuración de los pines serial por software
char caracter = 0;                    // Variable para guardar los caracteres mensajes entrantes
int led = 12;
String estado = "";
void setup() {

```

Subido

Usando librería SoftwareSerial con versión 1.0 en la carpeta: C:\Program Files
"C:\Users\SEBASTIAN\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmel3.6
El Sketch usa 5140 bytes (15%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 392 bytes (19%) de la memoria dinámica, dejando 1656 bytes para las var

Figura 46. Carga del sketch en el Arduino Uno del nodo central.

Fuente: IDE Arduino

Para verificar la conectividad, se abre el monitor del IDE-Arduino, donde se observa los comandos AT que se usan para verificar la conexión y el envío de datos. En la Tabla 31 se observa un listado de mensajes AT.

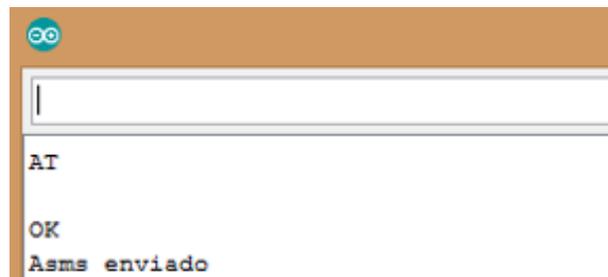
Tabla 31.
Comandos AT para el uso del módulo GSM/GPRS SIM 900

| Comando AT | Acción |
|-----------------|--|
| AT | Sirve para verificar si el módulo SIM900 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando. Al enviar AT el SIM deberá contestarnos con un OK |
| AT+IPR=? | Preguntar el Baud Rate en el que puede operar el SIM |
| AT+IPR? | Sirve para preguntar el Baud Rate actual |
| AT+COPS? | Nombre de la compañía telefónica |
| +CMT | Indica el contenido del mensaje SMS |
| AT+CMGF? | Ver el formato de un mensaje, ya sea PDU(0) o SMS(1) |

| | |
|----------------------------|--|
| AT+CMGS=04455XXXXXX | Enviar un SMS Se despliega el símbolo mayor que > Escribir mensaje y al finalizar presiona Ctrl+Z retornará OK si el SMS se envió correctamente. |
| AT+CNMI=2,2,0,0,0 | Saca el contenido del SMS por el puerto serie del GPRS |
| AT+CMGL=ALL | Sirve para ver todos los mensajes que nos han llegado al SIM |

Fuente: *(De la Cámara, 2017, págs. 46,47)*

En este caso el nodo cliente primero envía un comando AT para verificar la conectividad y el módulo responde con un Ok, indicando que la conexión es exitosa, posteriormente se envía un mensaje SMS de confirmación de conectividad hacia el nodo central como se muestra en la Figura 47.



```

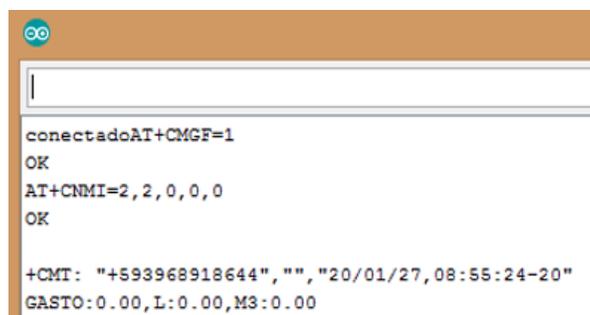
AT
OK
Asms enviado

```

Figura 47. Comando AT de confirmación de conectividad del nodo cliente.

Fuente: IDE Arduino

En la Figura 48, se puede observar que el nodo central está conectado a la red y por medio del comando AT+CMGF=1 indica que va a recibir un mensaje de tipo texto, el comando AT+CNMI=2, 2, 0, 0,0 saca el contenido del texto por el serial y el comando +CMT muestra el contenido del mensaje SMS, de confirmación del nodo cliente.



```

conectadoAT+CMGF=1
OK
AT+CNMI=2,2,0,0,0
OK
+CMT: "+593968918644", "", "20/01/27,08:55:24-20"
GASTO:0.00,L:0.00,M3:0.00

```

Figura 48. Comando AT de confirmación de conectividad del nodo central.

Fuente: IDE Arduino

3.5.6.4. Test de Hardware.

Esta prueba se realiza, con la finalidad de verificar el funcionamiento de los elementos que forman parte del dispositivo como; sensor de flujo, pantalla LCD. En la Tabla 32 se muestra detalladamente la prueba de hardware.

Tabla 32.
Test de Hardware

| | Prueba del Subsistema | Hardware |
|--|-----------------------|----------|
| Test Hardware | Prueba despliegue | SI/No |
| Descripción: Prueba de los elementos que forman parte del sistema | | |
| Prerrequisitos: | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición del sensor de flujo, pantalla LCD, módulo relé. 2. Conectar los elementos a la placa de procesamiento. 3. Cargar las correspondientes librerías. | | |
| Pasos: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que todos los elementos estén encendidos. • Comprobar la funcionalidad de cada elemento. • Verificación de conectores. • Verificar que los datos obtenidos sean enviados correctamente. | | |

Resultado esperado:

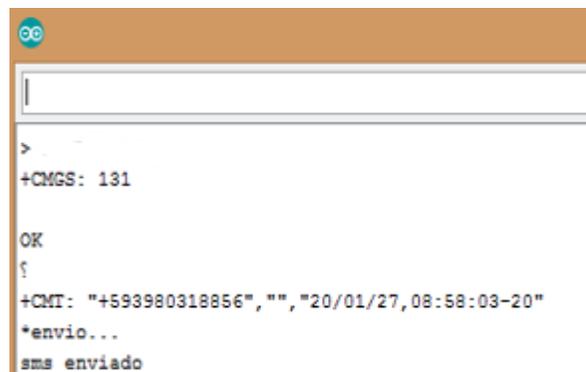
Los dispositivos electrónicos ya integrados, deben tener un funcionamiento correcto y estar alimentados energéticamente. El sensor de flujo debe ser capaz de realizar mediciones exactas sobre el consumo de agua potable, para que los datos sean enviados hacia el nodo central.

Fuente: Autoría Propia

Se concluye que el dispositivo de medición se encendió exitosamente y que todos los elementos están funcionando de forma correcta, principalmente el sensor de flujo, el cual se encargará de realizar las mediciones del flujo de agua.

De igual forma se verificó que el sensor de flujo YF-S201, ha sido calibrado correctamente, ya que sus mediciones son muy acertadas.

Para comprobar que los datos son enviados por parte del nodo cliente, en la Figura 49 se observa el comando +CMT el cual permite leer el mensaje entrante, mismo que está realizando la petición para que el dato del consumo sea enviado. El mensaje mostrado “SMS enviado” confirma que el dato se ha enviado exitosamente hacia el nodo central.



```
> .
+CMGS: 131
OK
!
+CMT: "+593980318856", "", "20/01/27,08:58:03-20"
*envio...
sms enviado
```

Figura 49. Lectura y envío del consumo de agua del nodo cliente

Fuente: IDE Arduino

En Figura 50 se puede apreciar el comando +CMGS que indica que se ha recibido el mensaje SMS número 81 y mediante el comando +CMT se lee el contenido del mensaje SMS donde están los datos tanto del consumo en litros y metros cúbicos. Cabe mencionar que en la comunicación entre el nodo cliente y el nodo central, existe un delay de 16 segundos.

```
>
+CMGS: 81

OK

+CMT: "+593968918644", "", "20/01/27,08:58:19-20"
GASTO:3.71,L:3.71,M3:0.00
```

Figura 50. Confirmación y lectura del mensaje SMS en el nodo central.

Fuente: IDE Arduino

3.5.6.5. Test de Aplicación.

Esta prueba consiste en evaluar la funcionalidad de todo sistema, donde se verifica que los datos sean enviados y almacenados en la base de datos, para posteriormente mostrarlos en un formato adecuado a los usuarios y al administrador del sistema. En la Tabla 33 se muestra detalladamente la prueba de aplicación.

Tabla 33.
Test de Aplicación

| | Prueba del Subsistema | Aplicación |
|---|-----------------------|------------|
| Test de aplicación | Prueba despliegue | SI/No |
| Descripción: Prueba de diseño del dispositivo basado en la aplicación | | |
| Prerrequisitos: | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalar la herramienta XAMPP. 2. Configuración de puertos 3. Activar el servicio de base de datos y el servidor Apache. | | |

-
4. Creación la base de datos con sus respectivas tablas.
 5. Diseño de página web
-

Pasos:

- Almacenar la información del consumo en la base de datos.
 - Visualizar la información.
 - Realizar cálculos para determinar el valor a pagar.
 - Mostrar la información del consumo a los usuarios.
-

Resultado esperado:

Mediante la aplicación de esta prueba, se espera la ratificación del funcionamiento del dispositivo y del envío de la información para almacenarla y posteriormente visualizar mediante una página web.

Fuente: Autoría Propia

El sistema de medición de consumo de agua potable está funcionando adecuadamente, ya que, si hay conectividad a la red móvil tanto del nodo cliente y del nodo central, se puede transmitir los datos correctamente hacia la base de datos, que es la que se encarga de almacenarlos.

En la Figura 51 se puede observar que los datos del consumo del usuario número 2, si se están registrando de forma correcta en la base de datos.

Mostrar todo | Número de filas: ▼ Filtrar filas: Ordenar según

+ Opciones

| | | | idusuario | litros | metros | caudal | fecha | estado | |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|---------|--------|-------|---------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Editar | Copiar | Borrar | 2 | 1050.71 | 1.05 | 0.19 | 2020-04-14 14:36:43 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Editar | Copiar | Borrar | 2 | 1470.01 | 1.47 | 0.27 | 2020-04-14 14:48:06 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Editar | Copiar | Borrar | 2 | 1843.64 | 1.84 | 0.3 | 2020-04-14 14:56:40 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | Editar | Copiar | Borrar | 2 | 1958.16 | 1.958 | 0.28 | 2020-04-14 15:00:04 | 1 |

Figura 51. Registro de datos de consumo en la base de datos phpMyAdmin

Fuente: phpMyAdmin

Una vez que los datos del consumo se encuentran en la base de datos es importante procesarlos para determinar el valor de pago de acuerdo con el consumo mensual. Para el cálculo del pago del servicio, se lo realiza mediante la aplicación de una tabla, que indica que los usuarios que se encuentren en el rango de los $20m^3$, realizarán el pago de la tarifa base que es de 2.50\$, mientras que los usuarios cuyo consumo sea mayor a la tarifa base, pagarán 0.25 centavos por cada metro cubico adicional. En la figura 52 se muestra la interfaz gráfica de la cuenta del administrador con la tabla registros de consumo.

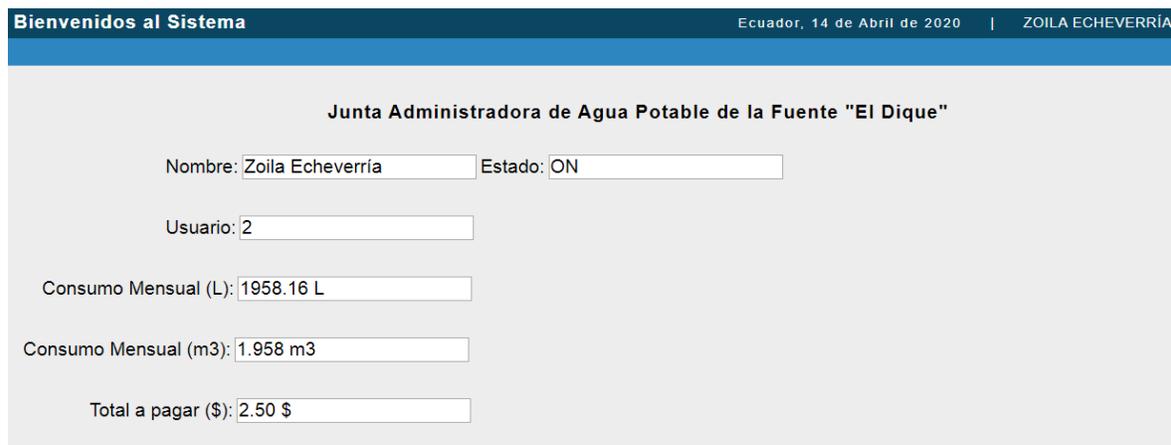


| ID | Nombre | Apellido | Consumo(litros) | Consumo(m3) | Valor a pagar(\$) | Fecha | Estado |
|----|--------|------------|-----------------|-------------|-------------------|---------------------|--------|
| 2 | Zoila | Echeverría | 1050.71 L | 1.05 m3 | 2.50 \$ | 2020-04-14 14:36:43 | ON |
| 2 | Zoila | Echeverría | 1470.01 L | 1.47 m3 | 2.50 \$ | 2020-04-14 14:48:06 | ON |
| 2 | Zoila | Echeverría | 1843.64 L | 1.84 m3 | 2.50 \$ | 2020-04-14 14:56:40 | ON |
| 2 | Zoila | Echeverría | 1958.16 L | 1.958 m3 | 2.50 \$ | 2020-04-14 15:00:04 | ON |

Figura 52. Interfaz gráfica de la lista de consumo de la cuenta del administrador

Fuente: Autoría Propia

En la Figura 53 se puede observar la interfaz gráfica de la cuenta del usuario, con la información del consumo mensual y el valor a cancelar.



Bienvenidos al Sistema Ecuador, 14 de Abril de 2020 | ZOILA ECHEVERRÍA

Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique"

Nombre: Zoila Echeverría Estado: ON

Usuario: 2

Consumo Mensual (L): 1958.16 L

Consumo Mensual (m3): 1.958 m3

Total a pagar (\$): 2.50 \$

Figura 53. Interfaz gráfica de la cuenta de un usuario con los datos del consumo mensual.

Fuente: Autoría Propia

4. Capítulo IV. Implementación y Pruebas de Funcionamiento

En este capítulo, se presenta las pruebas de funcionamiento del sistema electrónico; medición del flujo de agua, visualización de la información, corte y habilitación del servicio y el sistema de facturación. Finalmente, se realiza un análisis de costos y beneficios del sistema

4.1 Implementación del Sistema de Electrónico de Medición

Para realizar las pruebas funcionamiento fue necesario implementar el dispositivo electrónico de medición, en tres domicilios que están ubicados en diferentes zonas de cobertura 1, 2 y 3. Donde cada zona cuenta con diferentes condiciones de trabajo para el dispositivo de medición tanto; por la presión del agua en la tubería y la cobertura del servicio de telefonía móvil. En este sentido, las pruebas de funcionamiento validarán la funcionalidad del sistema inteligente de medición en la zona de cobertura que la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” brinda el servicio. En el Anexo 10 se muestra la instalación del

4.2 Pruebas de Medición del Consumo de Agua Potable

Una vez que el dispositivo de medición ha sido instalado correctamente, se verifica que la lectura del medidor de agua electrónico, comparado con las lecturas del medidor de agua convencional sean las adecuadas. Para ello, se realizó algunas mediciones con diferentes niveles de presión de agua (bajo, medio y alto) y con un volumen de 10 litros, estas mediciones permiten determinar la eficiencia en la lectura de datos del dispositivo medición desarrollado. En la Tabla 33 se muestra el registro de mediciones realizadas del medidor convencional y electrónico con el porcentaje de error, correspondiente a la relación entre estas dos mediciones.

Tabla 34.
Registro de las lecturas de datos del medidor de agua

| Nivel | Medidor Convencional (litros) | Medidor Electrónico (litros) | Porcentaje de error (%) |
|--------------|--|---|------------------------------------|
| Bajo | 10 | 9,99 | 0,1 |
| | 10 | 9,97 | 0,3 |
| | 10 | 9,98 | 0,2 |
| Medio | 10 | 10,03 | 0,3 |
| | 10 | 10,04 | 0,4 |
| | 10 | 9,99 | 0,1 |
| Alto | 10 | 10,02 | 0,2 |
| | 10 | 10,04 | 0,4 |
| | 10 | 10,01 | 0,1 |

Fuente: Autoría Propia

Como resultado de las mediciones, se obtuvo que el dispositivo cuenta con un porcentaje de error de 2,3%, mismo que se encuentra en el rango de error que presenta el sensor de flujo YF-S201 que es del 5%, de acuerdo a sus características técnicas.

En la Figura 54, se puede apreciar la gráfica del registro de mediciones, tanto del medidor convencional como del medidor electrónico. Donde se puede identificar la línea de color azul, que corresponde a las mediciones del medidor convencional y la línea de color naranja al medidor electrónico, comprobando así que existe una alta eficiencia en la lectura de datos.

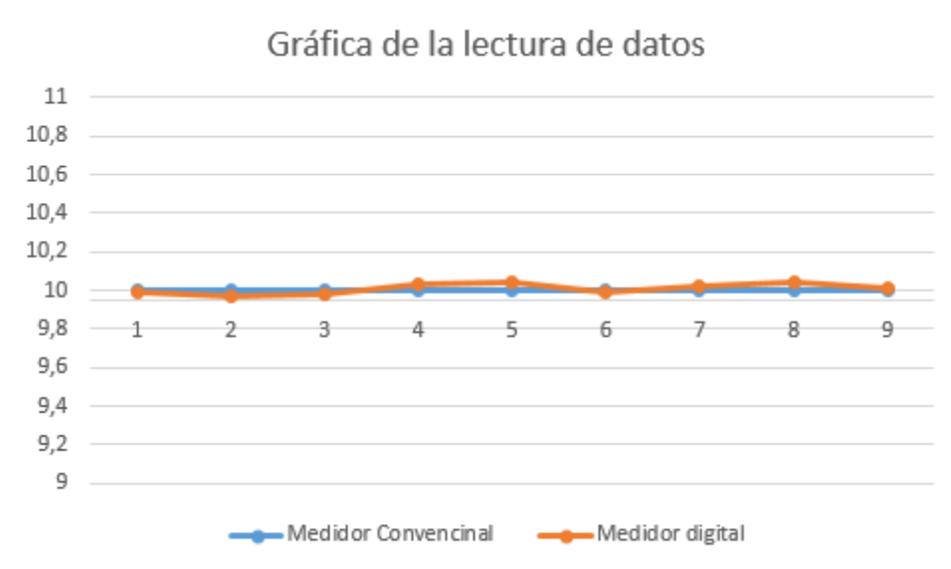


Figura 54. Grafica de las mediciones de los medidores

Fuente: Excel

4.3. Prueba de Visualización de la Información en la Pantalla LCD

En este apartado, se verifica que los datos obtenidos por medio del sensor de flujo sean transformados a información comprensible y que los datos sean reales. Esta información se podrá visualizar en una pantalla LCD 20x4, que indica el número de usuario, el estado del medidor, el consumo en litros, metros cúbicos y el caudal volumétrico. Se tomó varias mediciones para evidenciar una correcta visualización en la pantalla. En la Figura 55 se muestra la pantalla LCD del nodo cliente, indicando la información del registro del consumo.



Figura 55. Información que muestra a los usuarios en el dispositivo

Fuente: Autoría Propia

4.4.Pruebas de Conectividad

Para verificar que exista una buena cobertura por parte de la red de telefonía móvil Claro en la zona que se va implementar el sistema inteligente de medición, es importante realizar algunas pruebas de conectividad, que permitan determinar la confiabilidad que tendrá el sistema, cuando se envíe la información, ya sea desde el nodo cliente al nodo central o viceversa.

Las pruebas se realizaron en la zona de cobertura del servicio, misma que esta fraccionada en tres zonas como se indica en la Figura 24. En cada zona se realizó tres pruebas de conectividad cada 15 minutos, las pruebas consistían en realizar una petición desde la cuenta del administrador hacia el dispositivo de medición, el cual envía los datos de consumo al nodo central para que posteriormente se registren en la base de datos. En la Tabla 35 se muestra los resultados de las pruebas.

Tabla 35.
Pruebas de conectividad en zona donde se implementa el sistema

| Cobertura | Conectividad | Error |
|------------------|---------------------|--------------|
| Zona 1 | OK | 0% |
| | OK | |
| | OK | |
| Zona 2 | OK | 0% |
| | OK | |
| | OK | |
| Zona 3 | OK | 0% |
| | OK | |
| | OK | |

Fuente: Autoría Propia

Como resultado de las pruebas se obtuvo, que en la zona donde brinda el servicio la Junta de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, existen las condiciones adecuadas de cobertura de la red móvil, para la conexión y envío de información teniendo una confiabilidad del 100%.

4.5. Pruebas de Habilitación y Corte del Servicio

Para comprobar la funcionalidad del sistema, es necesario que se instale el dispositivo de control o electroválvula en la tubería principal del servicio de agua de potable, junto al sensor de flujo. Para la habilitación y corte del servicio se lo realiza desde la página web en la cuenta del administrador, misma que se encarga de enviar información para que se ejecute una acción en el dispositivo de medición. El dispositivo cuenta con un módulo relé de dos canales, el cual se encarga de activar o desactivar la electroválvula normalmente abierta, de acuerdo a la información procesada. En la Figura 56 se puede observar la interfaz gráfica del listado de usuarios y en cada perfil se encuentra la acción de habilitar y deshabilitar el servicio.

| ID | Nombre | Apellido | Correo | Usuario | Rol | Configuración | Acciones |
|----|-----------|-------------|------------------------|-----------|---------------|---|--|
| 1 | David | Fuentes | info@junta.com | admin | Administrador | Editar | Habilitar o Deshabilitar |
| 2 | Zoila | Echeverría | zoilaE@gmail.com | zoila | Usuario | Editar Eliminar | Habilitar o Deshabilitar |
| 3 | Carlos | Rivadeneira | crivadeneira@gmail.com | carlitos | Usuario | Editar Eliminar | Habilitar o Deshabilitar |
| 4 | Cristobal | Terán | ctcristobal@gmail.com | cristobal | Usuario | Editar Eliminar | Habilitar o Deshabilitar |

Figura 56. Lista de los perfiles de los usuarios

Fuente: Autoría Propia

Para realizar el corte y habilitación del servicio, es necesario ingresar al perfil del usuario para que se despliegue el sistema de control de acciones que contiene dos botones tanto para habilitar y deshabilitar el estado de la base de datos y una opción para ingresar un código para que el dispositivo de medición realice una acción. La electroválvula tiene un estado inicial de normalmente abierta, por ende, para deshabilitar el servicio es necesario enviar el signo (\$), el cual

permitirá cambiar a un estado high del módulo relé y para habilitar se envía el signo (?) para cambiar a un estado low. En un estado high la electroválvula se activa y en un estado low esta inactiva.

El estado del dispositivo de medición dependerá de la acción que realice el administrador de la página de acuerdo con los pagos realizados mensualmente. En la Figura 57 se muestra el sistema de control de acciones, que en este caso el servicio está activado, lo que implica que usuario puede ser deshabilitado.

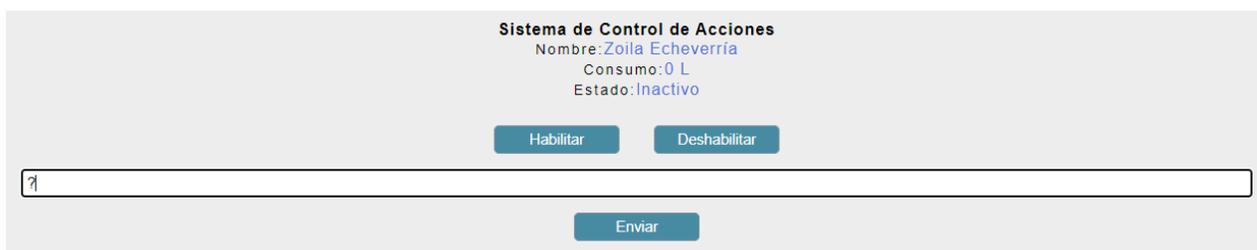


The screenshot displays a web interface titled "Sistema de Control de Acciones". It shows the following information: "Nombre: Zoila Echeverría", "Consumo: 34.71 L", and "Estado: Activo". Below this information are two buttons: "Habilitar" and "Deshabilitar". At the bottom, there is a long input field containing a question mark "?" and an "Enviar" button below it.

Figura 57. Estado activo del dispositivo de medición

Fuente: Autoría Propia

Para el cambio de estado del dispositivo es necesario que se presione el botón habilitar para que se ejecute la acción. En la Figura 58 se muestra que el usuario esta desactivado, por ende, su consumo es 0.



The screenshot displays a web interface titled "Sistema de Control de Acciones". It shows the following information: "Nombre: Zoila Echeverría", "Consumo: 0 L", and "Estado: Inactivo". Below this information are two buttons: "Habilitar" and "Deshabilitar". At the bottom, there is a long input field containing a question mark "?" and an "Enviar" button below it.

Figura 58. Estado desactivado del dispositivo de medición

Fuente: Autoría Propia

Se realizó una muestra de 20 pruebas para habilitar y deshabilitar el servicio desde el sistema de control de acciones, el cual permita determinar la confiabilidad. En la Tabla 36 se observa los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 36.
Pruebas de habilitación y deshabilitación del servicio

| Acción | Numero de muestras | Error |
|------------------------|--------------------|-------|
| Habilitación | 20 | 1 |
| Deshabilitación | 20 | 0 |
| Promedio | | 2.50% |

Fuente: Autoría Propia

Como resultado de las pruebas realizadas se obtuvo que existe 2.5% de error y una confiabilidad del 97.5 %, lo implica que tiene una alta eficiencia al realizar las acciones de habilitar y deshabilitar el servicio.

4.6.Pruebas del Sistema de Facturación

Una vez que los datos son almacenados y mostrados al usuario mediante la página web, se vio la necesidad de desarrollar un procedimiento adecuado para de emisión de facturas, por lo se implementó el sistema de facturación. El sistema se basa en la generación de facturas de acuerdo a la información almacenada en la base datos, del consumo de los usuarios. Para la generación de la factura, una vez que se conoce el consumo mensual se dirige a nueva factura y se busca al usuario por; el nombre, apellido o usuario como muestran en la Figura 59.

Figura 59. Interfaz gráfica para generar la factura.

Fuente: Autoría Propia

Una vez que se dirige a la opción buscar, nos genera un documento pdf con los datos del consumo del último mes. Este pdf puede ser impreso o guardado para tener un respaldo del pago. En la Figura 60 se muestra la estructura de la factura generada, que corresponde al consumo mensual del usuario 2.

Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique"



Dirección: Sucre y Francisco Téran
 Teléfono: 2932-532
 Correo: eldique@gmail.com

RUC: 6723

Suministro: 11

| Nombre: Zoila Echeverría | | Cédula: 1007586904 |
|---|----------------|--------------------|
| Fecha: 16-04-2020 12:08 | | Telefono: 2932139 |
| Dirección: Ramón Teanga y Eloy Alfaro 465 | | |
| Detalle | Consumo | Precio Total |
| Valor por el servicio de agua potable | 1958.16 L | 2.50 \$ |
| Total a pagar: | 2.50 \$ | |

Figura 60. Estructura de la factura emitida por pago del servicio.

Fuente: Autoría Propia

Para llevar el registro de las facturas, se almacena en la base de datos con la fecha de emisión de la factura. En la Figura 61 se muestra el registro de las facturas generadas.

| Sistema de Administración | | | | Ecuador, 16-04-2020 12:09 | DAVID FUENTES |
|---------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|
| INICIO | USUARIOS | MONITOREO DE CONSUMO | FACTURAS | | |
| Lista de Facturas | | | | | |
| Numero de factura | Nombre | Apellido | Fecha de emisión de factura | Total del pago (\$) | |
| 11 | Zolla | Echeverría | 16-04-2020 12:08 | 2.5 \$ | |

Figura 61. Registro de la factura generada

Fuente: Autoría Propia

Para verificar la funcionalidad del sistema, se realizó algunas muestras de generación de factura con diferentes usuarios, para determinar la confiabilidad.

Tabla 37.
Pruebas del sistema de facturación.

| Número de Usuarios | Facturas generadas | Error |
|--------------------|--------------------|-------|
| 5 | 10 | 0 |
| Promedio | | 0% |

Fuente: Autoría Propia

Como resultado de las pruebas de emisión de facturas, se comprobó que tiene una eficiencia del 100%, ya que se generaron y registraron correctamente.

4.7.Resultados de las Pruebas de Funcionamiento

Una vez concluidas las pruebas de funcionamiento, es necesario determinar la confiabilidad total del sistema. El sistema de medición cuenta con una confiabilidad total del 98.8%, lo implica que su uso, ayuda de forma eficiente al manejo de la tanto de recolección de información y del tratamiento de esta.

Tabla 38.
Resultado de las pruebas de funcionamiento

| Pruebas | Confiabilidad |
|------------------------|---------------|
| Prueba de medición | 97.7% |
| Prueba de conectividad | 100% |

| | |
|---|--------------|
| Prueba de habilitación y corte del servicio | 97.5% |
| Prueba de facturación del sistema | 100% |
| Promedio | 98.8% |

Fuente: Autoría Propia

4.8. Costos del Sistema

En este punto, se presenta todos los gastos implicados en el desarrollo del sistema electrónico, donde intervienen tanto los costos de hardware, software e infraestructura del prototipo.

4.8.1. Costos de Hardware.

A continuación, en la Tabla 39, se detallan los costos unitarios de todos elementos electrónicos, para la elaboración del sistema de medición.

Tabla 39.

Costo unitario de los elementos electrónicos.

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Arduino Uno | 2 | \$10,00 | \$20,00 |
| Módulo GSM/GPRS SIM900 | 2 | \$30,00 | \$60,00 |
| Shield Ethernet W510o Arduino | 1 | \$10,00 | \$10,00 |
| Sensor YF-S201 | 1 | \$8,50 | \$8,50 |
| Electroválvula | 1 | \$50,00 | \$50,00 |
| Pantalla LCD 20X4 | 1 | \$11,00 | \$11,00 |
| Batería FirstPower 12V | P | \$15,00 | \$15,00 |
| Módulo I2C LCD | 1 | \$2,50 | \$2,50 |
| Modo Relé 2 canales | 1 | \$3,00 | \$3,00 |
| TOTAL | | | \$180,00 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.2. Costos de Software.

En la Tabla 40 se observa los costos del software que se usó para el desarrollo del proyecto.

Tabla 40.

Costos del software del sistema

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| IDE Arduino | 1 | 0 | 0 |
| Xampp | 1 | 0 | 0 |
| Sublime Text | 1 | 0 | 0 |
| Hosting página WEB | 1 | 0 | 0 |
| Total | | | \$0 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.3. Costos de Estructura.

En la Tabla 41 se muestra los costos de las estructuras de protección tanto del nodo cliente como del nodo central.

Tabla 41.

Costos de la estructura protectora de los nodos

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Caja Protectora | 2 | \$5 | \$10 |
| Total | | | \$10 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.4. Costos Totales del Sistema.

En la Tabla 42 se muestra la sumatoria de todos los costos que interviene el sistema de monitoreo.

Tabla 42.
Costo total del sistema

| Descripción | Costo Total |
|----------------------|--------------------|
| Costos de Hardware | \$180 |
| Costos de software | \$0 |
| Costos de Estructura | 10\$ |
| Total | \$190 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.5. Costo Total de Implementación del Sistema de Medición.

Una vez determinado el costo unitario del sistema de monitoreo, es importante realizar el cálculo de la implementación de los dispositivos para toda la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, que en la actualidad cuenta con 132 usuarios.

4.8.5.1. Costo de Hardware.

En la Tabla 43 se muestran los costos totales del hardware, para la implementación de nodos clientes para todos los usuarios que forma parte de la Junta.

Tabla 43.
Costo de los elementos para toda la Junta de Agua

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Arduino Uno | 133 | \$10,00 | \$1.330 |
| Módulo GSM/GPRS SIM900 | 133 | \$30,00 | \$3.990 |
| Shield Ethernet W510o Arduino | 1 | 10 | \$10 |
| Sensor YF-S201 | 132 | \$8,50 | \$1.122 |
| Electroválvula | 132 | \$50,00 | \$6.600 |
| Pantalla LCD 20X4 | 132 | \$11,00 | \$1.452 |

| | | | |
|------------------------|-----|---------|-----------------|
| Batería FirstPower 12V | 132 | \$15,00 | \$1.980 |
| Módulo I2C LCD | 132 | \$2,50 | \$330 |
| Modo Relé 2 canales | 132 | \$3,00 | \$396 |
| TOTAL | | | \$17.210 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.5.2. Costo de software.

En la Tabla 44 se muestra los costos totales de software del sistema de medición.

Tabla 44.

Costos totales de software del sistema

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| IDE Arduino | 1 | 0 | 0 |
| MySQL | 1 | 0 | 0 |
| Hosting página WEB | 1 | 0 | 0 |
| Total | | | 0\$ |

Fuente: Autoría Propia

4.8.5.3. Costos de Estructura.

En la Tabla 45, se muestra los costos totales de las cajas protectoras de los para los nodos del sistema de medición.

Tabla 45.

Costos de la estructura de los dispositivos

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Caja Protectora | 133 | \$5 | \$665 |
| Total | | | \$665 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.5.4. Costos Totales del Sistema.

En la Tabla 46 se indica los costos totales para la implementación del sistema de medición para todos los usuarios de Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Tabla 46.

Costo total del sistema

| Descripción | Costo Total |
|----------------------|--------------------|
| Costos de Hardware | \$17.210 |
| Costos de software | 0\$ |
| Costos de Estructura | \$665 |
| Total | \$17.875 |

Fuente: Autoría Propia

El costo total para la implementación del sistema medición es de \$17.875, que incluye los costos de estructura, hardware y software para los 132 usuarios de la organización.

4.8.6. Indicadores de Rentabilidad del Proyecto.

Para determinar la viabilidad del proyecto es necesario realizar un análisis real de los indicadores de rentabilidad, que permiten garantizar que la inversión de la organización, en un periodo de tiempo sea recuperable y proporcione réditos económicos.

4.8.6.1. Flujo Activo Neto (FAN).

Es un indicador económico que describe los ingresos y egresos de efectivo de una organización en un periodo de tiempo. Para calcular el flujo activo neto de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” es necesario hacer una proyección anual durante un periodo de 5 años que se estima la recuperación de la inversión. En la Tabla 47 se muestra el flujo activo neto para un periodo de 5 años de duración.

Tabla 47.
Flujo Activo Neto de la Junta Administradora de Agua Potable.

| Año | Flujo Activo Neto (FAN) |
|------------|--------------------------------|
| 1 | \$4.916 |
| 2 | \$5.006 |
| 3 | \$5.096 |
| 4 | \$5.240 |
| 5 | \$5.384 |

Fuente: Autoría Propia

4.8.6.2. Valor Actual Neto (VAN).

El valor actual neto es un indicador que establece que una inversión es rentable solo si su valor actual neto es mayor que cero. Es decir, si el proyecto de inversión brinda una rentabilidad mayor que invertir el capital en el sistema financiero (Carrquiry, Piaggio, & Sena, 2019, pág. 50). El interés anual para inversión en proyectos productivos corporativos es de aproximadamente 9.24% según (Banco Central del Ecuador, 2020). El VAN se calcula mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FAN_t}{(1+i)^t}$$

Ecuación 6. Cálculo del valor actual neto.

Fuente: (Carrquiry, Piaggio, & Sena, 2019)

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

FAN = Flujos activos netos.

t = Periodo de tiempo.

i = Interés anual.

$$VAN = -17.875 + \frac{4.916}{(1 + 0,0924)} + \frac{5.006}{(1 + 0,0924)^2} + \frac{5.096}{(1 + 0,0924)^3} + \frac{5.240}{(1 + 0,0924)^4} + \frac{5.384}{(1 + 0,0924)^5}$$

$$VAN = -17.875 + 4.500,18 + 4.194,95 + 3.909,16 + 3.679,63 + 3.460,96$$

$$VAN = 1.869,88$$

Se obtuvo un VAN positivo que explica que la inversión es factible, ya que en los 5 años de implementación se tendrá una ganancia de \$ 1.869,88. Por ende, se concluye que este proyecto es viable en la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

4.8.6.3. Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa interna de retorno es un criterio que se usa para medir en términos económicos y financieros la viabilidad de un proyecto. Según (Nunes, 2016), la TIR representa el retorno generado por determinada inversión, o sea, la tasa de interés con la cual el capital invertido generaría exactamente la misma tasa de rentabilidad final. Es decir, representa una tasa que, cuando se le utiliza como tasa de descuento, hace el VAN igual a cero. La Ecuación 7 permite calcular la TIR.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{FAN_t}{(1 + i)^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 7. Cálculo de la tasa interna de rentabilidad

Fuente: (Nunes, 2016)

Donde:

I_0 = Inversión inicial

FAN = Flujos activos netos.

t = Periodo de tiempo.

i = Interés anual.

$$TIR = -17.875 + \frac{4.916}{(1+i)} + \frac{5.006}{(1+i)^2} + \frac{5.096}{(1+i)^3} + \frac{5.240}{(1+i)^4} + \frac{5.384}{(1+i)^5} = 0$$

$$TIR = 13\%$$

Para el cálculo de la TIR se utilizó el software Excel dando como resultado un 13%, que significa el interés máximo al que se puede realizar la inversión sin generar pérdidas. La TIR al ser mayor que el interés anual 9.24% según (Banco Central del Ecuador, 2020) el proyecto es totalmente rentable.

4.8.6.4. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

El PRI es un método que se utiliza para conocer en qué tiempo se recupera la inversión del proyecto, siendo un indicador que mide tanto la liquidez y la viabilidad del proyecto como el riesgo del mismo (Zambrano Solís, 2018, pág. 11). En la Tabla 48 se muestra el periodo de recuperación de la inversión, el cual se encuentra dentro de los 5 primeros años.

Tabla 48.

Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

| Años | Flujos Netos (USD) | Recuperación de la Inversión (USD) |
|--------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Inversión Inicial | -17.875 | -17.875 |
| 1 | 4.916 | -12.959 |
| 2 | 5.006 | -7.953 |
| 3 | 5.096 | -2.857 |
| 4 | 5.240 | +2.383 |
| 5 | 5.384 | +7.767 |

Fuente: Autoría Propia

Para determinar el periodo de recuperación se realiza operaciones básicas entre la inversión inicial y el flujo neto de los primeros tres años donde la recuperación da valores negativos.

$$PRI = -17.875 + 4.916 + 5.006 + 5.096 = -2.857$$

$$PRI = \frac{2.857}{5.240} = 0,54$$

$$PRI = 3 + 0,54$$

$$PRI = 3,54$$

$$PRI = 3 \text{ años}, 6 \text{ meses}, 15 \text{ días}$$

Como resultado se obtuvo que la implementación del sistema inteligente de medición es factible, debido a que la inversión realizada se recuperará en un tiempo de 3 años, 6 meses y 15 días, de operatividad del sistema. Después de este tiempo los ingresos de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” serán netamente activos.

4.8.6.5.Costo/Beneficio.

El análisis costo beneficio es un proceso cuantitativo que evalúa la relación entre los beneficios y los costos para determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto. Es importante mencionar que este tipo de inversiones en organizaciones que brindan servicios son necesarias para mantenerse renovados tecnológicamente y dar un mejor servicio. Según (Castañer, 2014) para obtener la relación costo /beneficio se aplica la Ecuación 8.

$$\frac{B}{C} = \frac{B_t}{C_i}$$

Ecuación 8. Calculo costo/beneficio

Fuente: (Castañer, 2014)

Donde:

Bt=Beneficios totales del proyecto

Ci= Costos de inversión inicial

$$\frac{B}{C} = \frac{25.642}{17.875}$$

$$\frac{B}{C} = 1.43$$

El resultado de la relación C/B es mayor que 1, por ende, la implementación del proyecto es totalmente factible en la Junta Administradora de Agua Potable de Fuente “El Dique”. El valor obtenido es de 1.43, lo que significa que, por cada dólar invertido, se tiene un retorno de \$1.43.

Debido a que esta organización es sin lucro y todos sus ingresos están enfocados en mejorar la estructura y el servicio que se brinda a los usuarios. Por lo tanto, no se tiene previsto la recuperación de la inversión inicial. No obstante, el mayor beneficio que percibirá la organización es realizar una mejor recaudación del consumo mensual de los usuarios, lo que se verá reflejado en un aumento de los ingresos que serán destinados al pago de la inversión durante un periodo de 5 años.

4.9. Beneficios de la implementación del sistema de medición en Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”

Los beneficios que se genera con la implementación del sistema de medición se basan principalmente en mejorar el manejo de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, tanto en el ámbito tecnológico, económico y social.

4.9.1. Beneficios Tecnológicos.

El principal beneficio con la implementación de este proyecto es contar con un sistema electrónico de medición, que permita realizar lecturas remotas del consumo y procesamiento de la información, para determinar un valor de pago, proporcional al consumo de agua potable.

El sistema también brinda una mejora en el proceso de digitalización de la información tanto de los datos personales como del consumo mensual de los usuarios, permitiendo así que el administrador del sistema tenga la información mejor estructurada para que proporcione facilidades en la gestión.

Otro beneficio importante es la automatización del proceso de facturación, que permite que las facturas sean emitidas de forma eficiente, reduciendo considerablemente el tiempo y el costo destinado a este fin. Las facturas serán generadas mensualmente y registradas de acuerdo con su emisión.

El sistema también proporciona una cuenta privada a los usuarios para que se mantengan informados sobre el consumo y el valor de pago mensualmente, misma que pueden acceder mediante el uso de la tecnología.

4.9.2. Beneficios Económicos.

En base a la información cuantitativa, obtenida de algunos indicadores de rentabilidad el beneficio económico que generará este proyecto, es una mayor recaudación de dinero por el pago del servicio de agua potable que realizan los usuarios de la organización. El pago por el servicio, se realiza dependiendo del consumo mensual del recurso hídrico.

Los beneficios económicos se visibilizarán de mejor manera a partir del tercer año y seis meses, debido a que estos años son de recuperación de la inversión inicial. Después de este periodo, los ingresos de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, serán netamente activos y estarán a disposición de la directiva.

4.9.3. Beneficios Socio-Ambientales.

Mediante la implementación de este tipo de proyectos, se busca generar un cambio en los comportamientos y hábitos de los usuarios de la organización en cuanto al uso adecuado del recurso hídrico. Permitiendo así que los beneficiarios acepten la responsabilidad ambiental que implica el uso racional del agua potable. Estos cambios son principalmente de conducta social, los cuales pueden permitir que se reduzca el desperdicio del agua y se pueda aumentar el número de beneficiarios.

Otro factor importante, es que se evita molestias e interrupciones en las actividades diarias de los usuarios, causadas por las visitas constantes del operador para el registro manual de información.

Finalmente, el beneficio social se basa en generar concientización en los usuarios de la organización, sobre uso adecuado del agua potable, para que no sean afectados económicamente en sus planillas mensuales.

5. Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

En el presente capítulo, se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron como resultado final del proyecto investigativo.

5.1. Conclusiones

- El sistema propuesto representa una gran oportunidad de transformar y modernizar el actual manejo de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, hacia un modelo de gestión eficiente, lo que fortalecerá la capacidad institucional.
- La página web está desarrollada de forma dinámica, posee contenido útil y genera datos veraces, donde los usuarios de la organización podrán acceder fácilmente a la información mediante su cuenta personal para monitorear el consumo y pagos mensuales por el servicio de agua potable.
- El sistema inteligente de medición tiene una confiabilidad del 98.8%, lo que implica que su implementación ayudará de manera eficaz, en la recolección, procesamiento, almacenamiento y visualización de la información, para mejorar el manejo administrativo de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.
- Es totalmente factible la implementación de los dispositivos electrónicos de medición para todos los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” ya que los indicadores de rentabilidad del proyecto, reflejaron criterios económicos positivos (VAN =1.869,88 y TIR=13%).
- La implementación del sistema inteligente de medición en la Junta Administradora de Agua Potable de la “El Dique” brindará una mejora en la automatización de procesos, los cuales serán realizados en un menor tiempo y con una alta confiabilidad en los datos generados.

5.2.Recomendaciones

- En la instalación del dispositivo electrónico de medición, es necesario que se adapte a la tubería principal, la electroválvula junto con el sensor de flujo, para verificar que en caso de un corte de servicio el sensor no genere mediciones.
- El dispositivo electrónico de medición debe estar ubicado en un lugar donde se evite el contacto con la lluvia y el polvo para garantizar una mayor durabilidad.
- Para el funcionamiento continuo del sistema, es importante que el administrador realice una recarga prepago de un (1) dólar cada cuatro meses para el envío de la información y evitar la inhabilitación del servicio de telefonía móvil.
- La elección del módulo de comunicación GSM/GPRS SIM900, se realizó con base al análisis de la situación actual, considerando que esta es la tecnología que mejor se adapta a la realidad de la zona de cobertura y a la falta de disponibilidad de servicio básico de internet.
- Este sistema puede ser replicado para otras juntas de agua con problemáticas similares a la institución que fue objeto del presente estudio.
- La directiva de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, debe gestionar adecuadamente el proceso de cambio con todos los usuarios que conforman la organización para la implementación de este proyecto.

Bibliografía

Chellappa, M. R., Prabakaran, R., & Shanmugaraj, M. (2011). Study On ZigBee Technology.

ResearchGate, 2.

Flickenger, R., Drewett, L., Johnston, K., & Krag, T. (2013). *Redes Inalámbricas para Países en*

Desarrollo. Creative Commons Attribution.

Gonzalez, H. B. (2014). *Diseño y Análisis de un Sistema Basado en un Transceptor Inalámbrico*

Embebido en una Tabla de Surf. Panpplona: Escuela Técnica Superior de Ingenieros

Industriales y de Telecomunicación.

Granger Brown, G. (2001). *Scribd*. Obtenido de Scribd:

[http://es.scribd.com/doc/143343855/Operaciones-Basicas-de-La-Ingenieria-Quimica-](http://es.scribd.com/doc/143343855/Operaciones-Basicas-de-La-Ingenieria-Quimica-Brown)

[Brown](http://es.scribd.com/doc/143343855/Operaciones-Basicas-de-La-Ingenieria-Quimica-Brown)

Lescano, F. (2011). *Sistemade Comunicación Utilizando Tecnología Wireless para Proporcionar*

Servicio de Comuniación en la Zonas Comerciales de los Cantones de la Provincia del

Tungurahua. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Liua, K., & Donga, L.-j. (2012). Research on Cloud Data Storage Technology and Its.

ELSEIVER, 134.

Prakash, G., & Pal, S. (2012). WIMAX Technology and Ints Applications. *International Journal*

of Engineering Research and Applications, 1.

Primorac, C. (2014). *Computación en Nube*. Universidad Nacional del Nordeste.

Reingar, M., & Dominguez, S. (2014). Diplomatura abierta en Software Libre. *Simposio*

Argentino de Tecnología y Sociedad, 1-2.

Villalta Pacheco, L. J., & Buñay Yugsi , S. I. (2016). *EVALUACIÓN ENERGÉTICA-*

ECONÓMICA EN EL USO DE. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca .

- Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2009). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 2-3.
- Arduino. (2019). *Arduino*. Obtenido de Arduino: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Assosation, O. S. (2019). *Open Source Hardware Assosation*. Obtenido de Open Source Hardware Assosation: <https://www.oshwa.org/definition/spanish/>
- Avala, N. (24 de Abril de 2015). *Ingeniería en Software*. Obtenido de Ingeniería en Software: <https://ingenieriaensofwarenathalyalava.wordpress.com/>
- Azco. (2017). Solenoid Valves. *Engineering Information Solenoid Valves*, 1.
- Baldion Albarracin, L. P., & Celis Baracaldo, L. M. (2015). *Análisis comparativo de las Herramientas Unacloud y Boinc en un Ambiente Oportunista*. Bogota-Colombia: Universidad Catolica de Colombia.
- Blanco, J. (2017). Bosques, Suelo y Agua: Explorando sus Interacciones. *ResearchGate*, 6.
- CMAS. (s.f.). *CMAS*. Obtenido de CMAS: https://cmasxalapa.gob.mx/pdf/conoce_tu_medidor.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Sistemas de Medición del Agua: Producción, Operación y consumo*. México.
- Cornejo Orellana, A. M., & Díaz Escalante, C. F. (2015). *Análisis, Diseño e Implementación de Cloud Computing para una red de voz, sobre IP*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .
- Enríquez, E. (2018). *Diseño de una Red Inalámbrica para una WSN de un Sistema de Alerta temprana de Incendios para “Bosque Protector Guayabillas”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Fororaspberry. (2017). *Fororaspberry*. Obtenido de Fororaspberry:

<https://www.fororaspberry.es/viewtopic.php?t=2750>

Francois, J. (2012). *Medidores de flujo por velocidad*. Merida-Venezuela: Escuela de Ingeniería Mecánica-ULA.

García Gutierrez, L. (2013). Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. *ITGE*, 32.

García, L. (2015). *TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES Y VOLÚMENES DE AGUA*.

Obtenido de http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

García, L. (s.f.). *Medida y evaluación de las extracciones de agua subterránea*. *ITGE*. Obtenido de TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES Y VOLÚMENES DE AGUA:

http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

Gestión y Mantenimiento de Redes. (2010). *Gestión Administrativa y Tarifación*. Obtenido de Gestión Administrativa y Tarifación:

<http://cidta.usal.es/Cursos/redes/módulos/Libros/unidad%2010/tarifacion.PDF>

Guzmán Chamorro, E. D. (2018). *Impacto de la implementación del software de gestión para la fase de análisis de requerimientos funcionales en la Cooperativa Financiera Atuntaqui*.

Ibarra: Universiada Técnica del Norte.

Herrera, M. (2009). *Ingeniería del software : Metodologías y ciclo de vida*. España: Inteco.

Hope, C. (21 de Mayo de 2018). *Free Computer*. Obtenido de Free Computer:

<https://www.computerhope.com/jargon/w/webpage.htm>

Huey Gil, F. M. (s.f.). *APLICACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO EN*. Zaragoza-Mexico:

Universidad Autónoma de Mexico.

Ibáñez, J. J. (05 de Mayo de 2006). *Madrid* . Obtenido de Madrid:

<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/05/05/21147>

Jalanoca Cruz, N. F., & Benavides Añamuro, S. A. (2017). *Implementacion de un sistema*

SCADA para riego. Puno-Peru: Universidad Nacional del Antiplano.

Kanchan , K., Taranvir , K., & Jaspinder , K. (2015). ZigBee based Wireless Sensor Networks.

International Journal of Computer Science and Information Technologies, 1-2.

M2M. (2016). Obtenido de [https://www.m2maplicaciones.es/es/servicios/lectura-remoto-](https://www.m2maplicaciones.es/es/servicios/lectura-remoto-sensores-IoT/1/)

[sensores-IoT/1/](https://www.m2maplicaciones.es/es/servicios/lectura-remoto-sensores-IoT/1/)

Molina, A., Pozo, M., & Serrana, J. C. (2018). *Agua, Saneamto e Higene*. Quito-Ecuador: Diseño

Editorial.

National Instruments. (24 de Mayo de 2019). *Sensor Terminology*. Obtenido de Sensor

Terminology: <http://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/13/sensor-terminology.html>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, I. C. (2009). *El Agua es un Mundo en*

Constante Cambio . UNESCO. Obtenido de Principales datos del agua en el mundo:

<https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/el-agua-en-el-mundo-agua-y-vida/principales-datos-del-agua-en-el-mundo/>

Pazmiño, A., & Sanchez, A. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO*

INALÁMBRICORF PARA EL MONITOREO DE LA SEGURIDAD RESIDENCIAL

DEFORMA REMOTA EMPLEANDO LA INTERNET. Quito: Universidad Politécnica

Nacional.

Ramiro Anrango, Á. A. (02 de 2014). *Sistemas Open Harware y Open Source Aplicados a la*

Enseñanza de la Electronica. Obtenido de www.uniquindio.edu.co

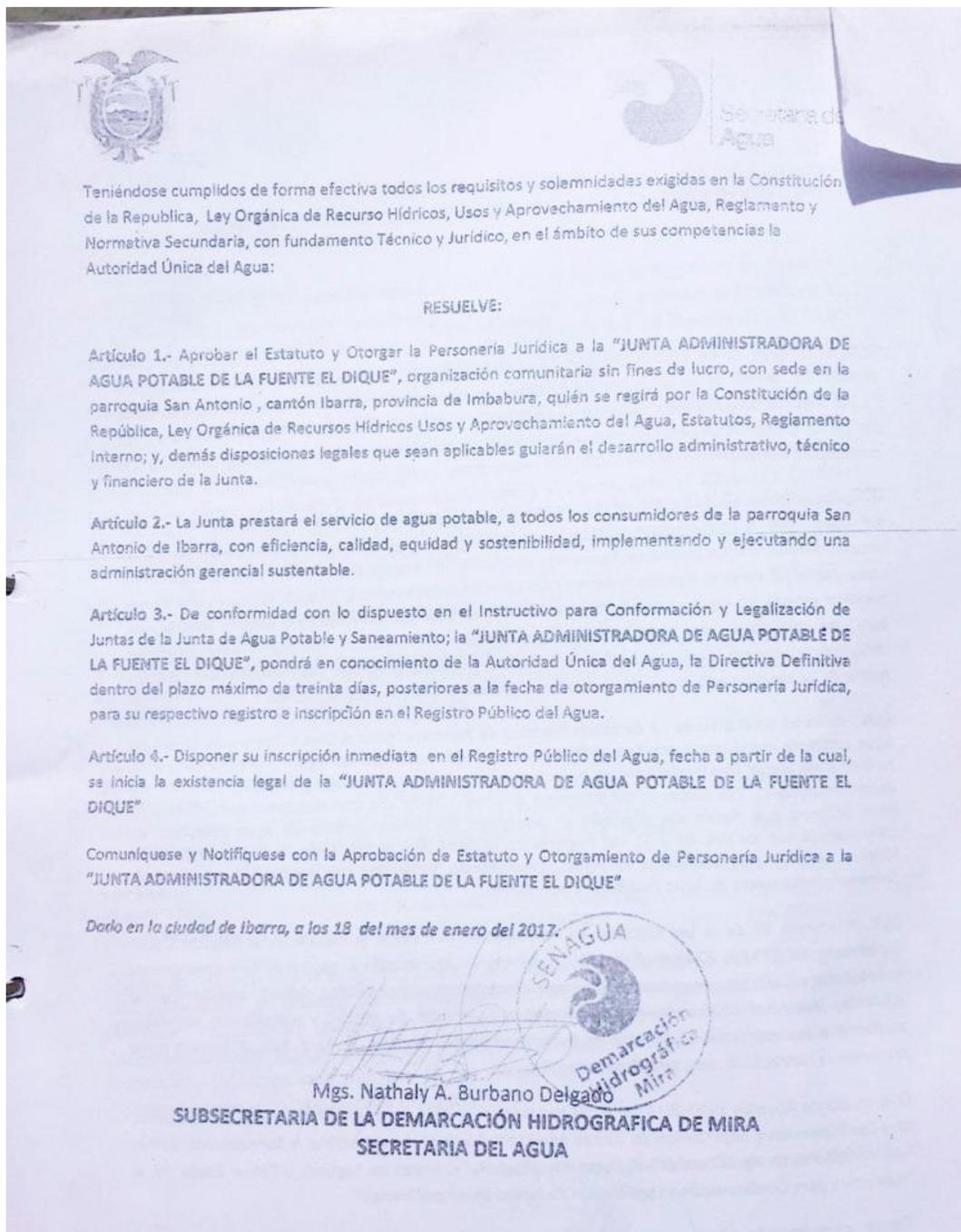
- Rodriguez, P. (2010). Abastecimiento de Agua Instituto de tecnologia de Oaxaca.
- SAAE. (2017). *Hidrómetro*. Obtenido de <http://www.saeitapetinga.com.br/conhecendo-o-hidrometro/>
- Sánchez Lopez, J. (2013). Sistema Operativo y software de aplicacion. *Redcirculos*, 1-2.
- Sanga Hernández, B. D. (2018). *Estudio y Análisis comparativo de las tecnologías LTE y WiMAX para el*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- SAPIENSMAN. (s.f.). *VALVULAS SOLENOIDE*. Obtenido de http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/valvula_solenoides.php
- SIMAS. (2012). *APRENDE A LEER TU MEDIDOR DE AGUA*. Obtenido de <http://www.simassabinas.com.mx/leermedidor.php>
- Simón, G. (01 de Julio de 2017). *Chirona Campos*. Obtenido de Chirona Campos: <http://fontaneriachirona.com/2017/07/01/detectar-fuga-agua-casa/www-siss-gob-cl577w3-article-8583-html/>
- Slattery, C., & KE Li. (2016). Electromagnetic Flow Meters: Design Consideration and Solution. *Analog Dialogue*, 2.
- Tipán Jinde, J. C. (2017). *ESTUDIO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN SECTORES RESIDENCIALES DE LA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INCIDENCIA EN LA CURVA DE CONSUMO DIARIO*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Universo, E. (21 de Marzo de 2013). 76,51% de hogares ecuatorianos tienen acceso al agua potable. *El Universo*, págs. 1-2.
- VEGA, R. (2016). *Patrones De Diseño IOT*. Obtenido de <https://ricveal.com/blog/patrones-dise%C3%B1o-iot/>

Vikethozo , T., & Gypsy , N. (2014). Bluetooth Technology: Security Issues and Its Prevention.

International Journal of Computer Applications in Technology, 1.

ANEXOS.

Anexo 1. Aprobación Estatuto y Otorgamiento de Personería Jurídica



Anexo 2. Autorización del Derecho de Uso del Agua




I-1367-2017 A)
**AUTORIZACIÓN DEL DERECHO
 DE USO DEL AGUA**
 ENERO- 2018

SECRETARÍA DEL AGUA.- SUBSECRETARÍA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE MIRA.- CENTRO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO DE IBARRA.- Ibarra, 15 de enero de 2018, a las 08h15.- **VISTOS:** Avoco conocimiento de la presente causa en calidad de Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano de Ibarra, Demarcación Hidrográfica de Mira, Secretaría del Agua.- Mediante Memorando Nro. SENAGUA-SDHMR.17-2018-0001-M de fecha 01 de enero de 2018. A esta Dependencia comparece el señor Luis David Fuentes Villegas, ecuatoriano con cédula de identidad 1001889198, en calidad de presidente de la Junta Administradora de Agua Potable Fuente del Dique de la parroquia de San Antonio cantón Ibarra provincia de Imbabura, de acuerdo a la Resolución emitida por la Secretaría del Agua proceso MI-IB-0024D4-1986-INTR. Comparezco ante usted muy comedidamente con lo siguiente: Manifiesto que desde más de 60 años la población de San Antonio del sector centro norte ha venido haciendo uso del Agua para consumo humano por medio de grifos públicos ubicados en diferentes intersecciones de las calles de la localidad. Que a partir del 13 de febrero el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos-Agencia Ibarra con tramite N° I-86-2424 resolvió conceder el aprovechamiento de las Aguas de la Fuente El Dique antes Denominada Agua Vieja en un caudal de 2.2 l/s y con tramite N° I-06-784 (N) de diciembre del 2006 se anexa un caudal de 1.1 l/s destinadas para consumo humano, con acometidas domiciliarias. En la actualidad la Junta Administradora de Agua Potable Fuente El Dique tiene 117 acometidas domiciliarias y 4 acometidas a instituciones Educativas, dando un servicio aproximado a 3200 usuarios, cumpliendo dentro del uso debido y legal para que fue concedido (consumo humano) encontrándonos dentro del término legal del plazo...” Que de acuerdo a la transitoria de la Ley Orgánica del Agua, se sustituye la palabra concesión por Autorización del Uso y Aprovechamiento del Agua. Mi petición como presidente se fundamenta por lo dispuesto en los Art. 3, 17, 18 literales g y h 123 de la Ley de Aguas vigente. Adjunto Catastro de Usuarios, Acta de Construcción de la Pre-Junta Administradora de Agua Potable de la fuente el Dique, perteneciente a la parroquia San Antonio del cantón Ibarra provincia de Imbabura realizada el 8 de enero del 2005. Acta de la elección de la directiva. Copia de la resolución emitida por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos. Notificaciones que me correspondan recibiré en el correo electrónico hermanofuentes@yahoo.com felipeluis16@hotmail.es y/o número telefónico 0980611547 aceptada a trámite se practican las siguientes diligencias. **PRIMERO.-**De conformidad con el Art. 412 de la Constitución de la República del Ecuador, que en su parte pertinente dispone: “La Autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control”, así como también en los Arts. 12, 318 del mismo cuerpo legal antes enunciado, con lo dispuesto en los Artículos 3, 17, 18 literal g) 87, 89, 90, 98 y 123 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua; y Artículos 82 inc. 2 y 108 del Reglamento General para la Aplicación de nuestra Ley en vigencia. **SEGUNDO.-** A la solicitud presentada se le ha dado el trámite estipulado en el Art. 108 y siguientes del Reglamento General para la Aplicación de la Ley de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua y, con fundamento en el derecho del debido proceso, a la tutela efectiva, imparcial y expedita, establecido en la Constitución de la República del Ecuador, sujeto a los principios de seguridad jurídica, de Inmediación, celeridad y a una justicia sin dilaciones; y, sin que se haya omitido solemnidad sustancial alguna, se declara la validez del proceso de todo lo actuado. **TERCERO.-** A fs. 17 y 18 de autos consta la solicitud de autorización de uso de agua presentada por el señor Luis David Fuentes Villegas, en calidad

Calle Juan Pablo II 8-10a y Av. Ricardo Sánchez
 Teléfono: (593) 3552 358
 Ibarra - Ecuador
www.agua.gob.ec



de Presidente de la Junta de Aguas de la Fuente El Dique, adjuntando la documentación respectiva, señalando el correo electrónico hermanofuentes@yahoo.com felpeluis16@hotmail.es y/o número telefónico 0980611547 para las correspondientes notificaciones. **CUARTO.-** A fs. 19 de autos consta la calificación de la petición de autorización de uso de agua. **QUINTO.-** A fs. 20 reverso de los autos constan la razón de la secretaría jurídica, sobre la entrega de las comisiones de fijaciones de carteles dirigidas mediante comisión librada al señor Teniente Político de la parroquia de San Antonio. **SEXTO.-** A fs. 20 y 21 de autos consta la razón de fijación de carteles realizada por parte del señor Teniente Político de la parroquia San Antonio, en los lugares más frecuentados como son: en las calles Luis Enrique Cevallos diagonal al parque Francisco Calderón, Sub centro de salud de la parroquia y en la Iglesia parroquial, por el plazo de diez días. **SÉPTIMO.-** A fs. 23 de reverso de autos consta la providencia, indicando que se ha cumplido con el término para presentar oposición o adhesión a la presente causa, sin existir oposición o adhesión alguna. Se señala día y hora para el cumplimiento de la diligencia de Inspección Técnica, designando a la Ing. Geovana Yacelga, Analista Técnica del Centro de Atención al Ciudadano Ibarra de la Demarcación Hidrográfica de Mira, Secretaria del Agua. **OCTAVO.-** A fs. 24 a 26 de autos consta el informe técnico realizado por la Ing. Geovana Yacelga Analista Técnica del Centro de Atención al Ciudadano Ibarra de la Demarcación Hidrográfica de Mira, Secretaria del Agua y manifiesta en los acápite: "6.- Situación Actual: 6.2.- Estas aguas son provenientes de un margen derecho de la quebrada San Antonio, a través de unos túneles que son construidos hasta llegar al tanque de captación, el cual va recolectando los remanentes del agua que brota de la quebrada. 6.3.- El agua es conducida desde la captación hasta el tanque de tratamiento en una distancia de un kilómetro aproximadamente a través de una tubería de acero de 4 pulgadas y luego continua de PVC, hasta el tanque. 6.4.- Se observó que la Junta de Agua Potable fuente el Dique cuenta con una captación de hormigón armado, ya que estas aguas son utilizadas por más de 60 años atrás por el sector centro norte de la parroquia San Antonio. 6.5.- Junta de Agua Potable fuente el Dique, ya cuenta con una autorización de 1.1 l/s legalizadas a nombre de la junta, por lo que se verificó que el caudal de 2,2 l/s que anteriormente eran autorizadas a nombre de la comunidad de agua vieja el cual en la actualidad se llama Junta Administradora de Agua fuente del Dique. 6.6.- La Junta Administradora de Agua fuente el Dique cuenta con 128 consumidores que se encuentra el padrón de consumidores dando un total de 768 personas, de las cuales cuatro acometidas son de las instituciones educativas. 9.- Conclusiones: 9.1.- De la revisión de los archivos de esta Dependencia y la base de datos se determina que está quebrada San Antonio cuenta con autorizaciones tal como se lo especifica en el cuadro de la parte de arriba en el literal 4 del informe. 9.1.- De acuerdo al cálculo realizado para la cantidad de población que benefician la Junta Administradora de Agua Potable fuente el Dique es de 786 personas que corresponden a los 128 consumidores..." 9.3.- Se concluye que la Junta Administradora de Agua Potable fuente el Dique, está haciendo uso de los 3.30 l/s el cual abastece a 128 consumidores. 10. Recomendaciones: 10.1.- Que es factible emitir Autorización de uso de las aguas de la quebrada San Antonio denominado vertiente El Dique, a favor de la Junta Administradora de Agua fuente Del Dique en un caudal de 2.2 l/s para consumo humano ubicado en la parroquia San Antonio, cantón Ibarra provincia de Imbabura en las coordenadas UTM: X: 814190 mE; Y=10036795 M; Z=2396 m.s.n.m **NOVENO.-** A fs. 27 de autos se corre traslado a las partes con el Informe técnico suscrito por la Ing. Geovana Yacelga, para que en el término de tres días apruebe o impugne el informe. **DÉCIMO.-** A fs. 28 de autos consta el escrito presentado por el señor Luis David Fuentes Villegas, en calidad de Presidente de la Junta de Aguas fuente el Dique, aprobando el informe técnico y solicitando autos a



resolver. **DÉCIMO PRIMERO.-** A fs. 29 reverso de autos consta la providencia, agregando el escrito del peticionario e indicando que al no haber más diligencias que evacuar o practicarse se notifica con autos a resolver. *En todo lo demás, esto es, respecto a la información requerida, las condiciones y obligaciones que deben asumir los titulares de una autorización, se estará a lo previsto en esta Ley*, y hallándose la causa en estado de resolver, esta Autoridad **RESUELVE:** Dentro del expediente de Autorización del derecho de uso del agua, signado con el N° I - 1367 - 2017 (A), respetar los derechos de la naturaleza establecidos en el Artículo 71 Inciso 1 y el caudal ecológico de conformidad a lo establecido en el Artículo 318 Inc. IV de la Constitución de la República del Ecuador; respetar el derecho adquirido de las autorizaciones legalmente otorgadas, las mismas estarán sujetas a los derechos y condiciones establecidas en la Ley vigente. **ACEPTAR,** la petición de Autorización del Derecho de Uso de Agua; con fundamento Técnico y Jurídico se dispone: **AUTORIZAR** a favor de la Junta de Administradora de Agua Potable Fuente El Dique representada por el señor Luis David Fuentes Villegas en su calidad de presidente; las aguas que provienen de la Quebrada San Antonio en un caudal de 2.2 l/s., para consumo humano ubicado en la parroquia San Antonio, cantón Ibarra provincia de Imbabura en las coordenadas UTM: X: 814190 mE; Y=10036795 Mn; Z=2396 m.s.n.m. 1.- La presente Autorización de Uso, destinada para consumo humano de conformidad al artículo 87 numeral 1 lit. a) de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, será renovada cada veinte años 2.- El beneficiario de esta autorización por concepto de consumo humano queda exenta de pago, de conformidad a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. 3.- El beneficiario de la presente autorización en caso de no utilizar el caudal autorizado deberán notificar a la Institución para que se proceda con la reversión de la misma, caso contrario serán sancionados de conformidad a la Ley vigente 4.- El beneficiario es corresponsable en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua así como evitar la tala indiscriminada del bosque andino, la quema de vegetación existente en el sector, quedando prohibido todo tipo de contaminación del recurso hídrico, caso contrario se iniciara el procedimiento administrativo sancionador. 5.- La fuente hídrica materia de esta autorización se encuentra ubicada de acuerdo a la División Hidrográfica del Ecuador para la Administración del Agua: Vertiente: Pacífico (F); Sistema: Río Mira (02); Cuenca: Río Mira (02); Subcuenca: Río Mira (01); Microcuenca: Río Ambi y Dren al Río Mira (07); Fuente: Quebrada San Antonio – Fuente El Dique. Código Pfafstetter 15482; cuya captación se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: X: 814190 mE; Y=10036795 Mn; Z=2396 m.s.n.m División Política: Provincia: Imbabura (10); Cantón: Ibarra (01); Parroquia: San Antonio (57); Sector Fuente el Dique. Ejecutoriada que sea la presente resolución, confíerese copia certificada para su inscripción y el Registro Público del Agua. Cúmplase y Notifíquese.- Msc. Nidya Teresa Cuasapud Guadir.

Ibarra 15 de enero del 2018

Lo que notifico para los fines pertinentes


Abg. Andrea A. Guzmán
SECRETARIA JURÍDICO

Anexo 3. Código de Programación del Nodo Cliente

```

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial Sim900Serial(7, 8);           // Puertos que habilitaran del Sim900

LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 20, 4);       // Crear un objeto para controlar la LCD

volatile long NumeroPulsos = 0;           //Variable para la cantidad de pulsos recibidos

int PinSensor = 2;                         //Sensor conectado en el pin numero 2

float LitrosHora;                          //Variable para almacenar el caudal en (L/H)

float Litros;                               //Variable para almacenar los el caudal en litros

float metros3;                             //Variable para almacenar el caudal en metros cúbicos

unsigned long TiempoPasado = 0;           //Variable para calcular el tiempo transcurrido

unsigned long SumatoriaPulsos = 0;        // Variable que almacena el número de pulsos
acumulados

String destinationNumber = "+593988223616";

char incoming_char;                        // Variable que guarda los caracteres que manda el SIM

float dato = 125.25;

int cliente = 2;                           // Variable del número de usuario

void ContarPulsos(){

  NumeroPulsos++;                          //Conteo de número de pulsos }

void setup(){

  pinMode(3, OUTPUT);

  pinMode(4, OUTPUT);

  Wire.begin();

```

```

lcd.begin(20, 4);

lcd.backlight();

pinMode(PinSensor, INPUT);

attachInterrupt(0, ContarPulsos, RISING); //Interrupción 0(pin2),función, Flanco de
subida)

interrupts(); //Habilitamos las interrupciones

TiempoPasado = millis(); //Asignación del valor de la función tiempo a una variable

delay(1000); // Retardo

Sim900Serial.begin(19200); //Configuración la velocidad serial del SIM

Serial.begin(19200); // Configuración de la velocidad serial del Arduino

Sim900Serial.println("AT"); // Habilitar SI900

delay(25000); // Retardo

envioMensaje();}

void loop(){

if (millis() - TiempoPasado > 1000) {

//----- Cálculos -----

TiempoPasado = millis(); // Actualizo el nuevo tiempo

SumatoriaPulsos += NumeroPulsos; // Pulsos Acumulados

LitrosHora = (NumeroPulsos * 60 / 7.17); // Q = frecuencia * 60/ 7.17 (L/Hora)

NumeroPulsos = 0; // Pongo nuevamente el número de pulsos a cero

Litros = SumatoriaPulsos * 1.0 / 431; // Cada 431 pulsos equivale a un litro

metros3 = Litros / 1000;

//Serial.print("Numero de pulsos = ");

```

```
//Serial.print(SumatoriaPulsos, DEC);  
  
//Serial.print("Hz\tCaudal= ");  
  
//Serial.print (LitrosHora, 3);  
  
//Serial.print("L/h\tMetros3= ");  
  
//Serial.print (metros3, DEC);  
  
//Serial.println("M3");  
  
lcd.setCursor(3, 0);  
  
lcd.print("JUNTA EL DIQUE");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
  
lcd.print("USUARIO:1  ACTIVO");  
  
lcd.setCursor(0, 2);  
  
lcd.print("GASTO:");  
  
lcd.print(Litros);  
  
lcd.setCursor(12, 2);  
  
lcd.print("L");  
  
lcd.setCursor(14, 2);  
  
lcd.print(metros3);  
  
lcd.setCursor(18, 2);  
  
lcd.print("m3");  
  
lcd.setCursor(0, 3);  
  
lcd.print("CAUDAL V:");  
  
lcd.print(LitrosHora);  
  
lcd.setCursor(15, 3);
```

```

    lcd.print("L/H"); }

    if (Sim900Serial.available() > 0){

incoming_char = Sim900Serial.read(); //Guardamos el carácter que llega desde el SIM900

    Serial.print(incoming_char);          //Mostramos el carácter en el monitor serie

    delay(100);                          //Retardo

    if (incoming_char == '*') {          //Si lee un *, envía los datos

        Serial.println("envio...");

        delay(200);

        envioMensaje(); }

    if (incoming_char == '?') { // Si lee una ?, los pines 3 y 4 se ponen en un estado LOW

        digitalWrite(3, LOW);          // Estado del pin 3, bajo

        digitalWrite(4, LOW);          // Estado del pin 4, bajo

        delay(100);}                  // Retardo

    if (incoming_char == '$') { // Si lee una $, los pines 3 y 4 se ponen en un estado HIGH

        digitalWrite(3, HIGH);          // Estado del pin 3, alto

        digitalWrite(4, HIGH);          // Estado del pin 4, alto

        delay(100);                  // Retardo

    }}}

void mostrarDatosSeriales() {          //Muestra los datos que va entregando el sim900

    while (Sim900Serial.available() != 0)

        Serial.write(Sim900Serial.read());}

void envioMensaje() {

    Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r"); // Establece el modo de texto

```

```
delay(1000);

Sim900Serial.println("AT+CMGS=\"0968918644\""); ; //Reemplazar por el número a enviar
el mensaje

delay(1000);

Sim900Serial.println("&" + String(cliente) + "," + String(Litros) + "," + String(metros3) +
"," + String(LitrosHora));          // Reemplazar por el texto a enviar

delay(1000);

Sim900Serial.println((char)26);

delay (1000);          //Retardo

Sim900Serial.println ();

delay(5000);

Serial.println("sms enviado");          // Mensaje de confirmación del envió
```

Anexo 4. Código de Programación del Nodo Central

```

#include <SoftwareSerial.h>

#include <Ethernet.h>

#include <SPI.h>

// Configuración del Ethernet Shield

byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Dirección MAC

byte ip[] = { 192, 168, 1, 14 }; // Dirección IP del Arduino

byte server[] = { 192, 168, 1, 10 }; // Dirección IP del servidor

EthernetClient client;

float temperatura;

int analog_pin = 0;

SoftwareSerial SIM900(7, 8); //Configuración de los pines serial por software

char character = 0; // Variable para guardar los caracteres mensajes entrantes

int led = 12;

String estado = ""; //Variable para el estado

char message[17]

void setup() {

    SIM900.begin(19200); //Arduino se comunica con el SIM900 a una velocidad
de 19200bps

    Serial.begin(19200); //Velocidad del puerto serial de Arduino

    Serial.print("conectado"); //Mensaje para comprobar la conectividad

    Ethernet.begin(mac, ip); // Se inicia el Ethernet Shield

    delay(20000); //Tiempo prudencial para el escudo inicie sesión de red con tu
operador

```

```

pinMode(led, OUTPUT);

SIM900.print("AT+CMGF=1\r");    //Comando AT para configurar el SIM900 en modo
texto

delay(200);

SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); //Configuramos el módulo para que muestre los
SMS por el puerto serie.

delay(200);}

void loop() {

  if (Serial.available() > 0) {    //Verificamos si hay datos disponibles desde el SIM900

    caracter = Serial.read();    // Leemos los datos y los almacenamos en la variable
mensaje

    Serial.print(caracter);    //Imprime los datos entrantes uno a uno en el terminal serial

    if (caracter == '*') {    // Condiciones para pedir información y habilitación de pines
3 y 4

        envioMensaje(estado); }

    if (caracter == 'a') {    // Condición para activar

        valvulaON();}

    if (caracter == 'A') {    // Condición para desactivar

        valvulaOFF();}

    if (caracter == 'r') {    // Condición para desactivar

        Visualización ();}

    if (caracter == 'f') {    // Condición para desactivar

```

```

    entero(); } }

if (SIM900.available() > 0) { //Verificamos si hay datos disponibles desde el SIM900

    caracter = SIM900.read(); // Leemos los datos y los almacenamos en la variable
message[Serial.println(caracter); //Imprime los datos entrantes uno a uno en el terminal serial

    if (caracter == '&') {

        //Serial.println(" ");

        recepcion(); }}}

void recepcion(){

if (SIM900.available() > 0) { //Verificamos si hay datos disponibles desde el SIM900

    int user = Serial.parseInt();

    for (byte i = 0; i < 19; i = i + 1) {

caracter = SIM900.read();

message[i] = caracter;} }

    ethernet();}

void visualizacion(){

for (byte i = 0; i < 19; i = i + 1) {

Serial.print(message[i]); }}

void entero(){

    Serial.println(message);

    delay(3000);

    Serial.println(message);

    delay(3000);

    Serial.println(message);}

```

```

void ethernet(){
  char recibe=client.read();

  if (recibe == '*')

  Serial.println("Connecting...");

  if (client.connect(server, 80) > 0) { // Conexión con el servidor

    client.print("GET /curso/iot.php?valor="); // Enviamos los datos por GET

    client.print(message);

    client.println(" HTTP/1.0");

    client.println("User-Agent: Arduino 1.0");

    client.println();

    Serial.println("Conectado");

  } else {

    Serial.println("Fallo en la conexión"); }

  if (!client.connected()) {

    Serial.println("Disconnected!"); }

  client.stop();

  client.flush();

  delay(60000); // Espero un minuto antes de tomar otra muestra

}

void envioMensaje(String estado){

  SIM900.println("AT + CMGS = \"0980318856\"); //reemplazar por el número a enviar el
mensaje

  delay(200); // Delay

```

```

SIM900.println("*");           // Reemplazar por el texto a enviar
delay(200);

//Finalizamos este comando con el carácter de sustitución (→) código ASCII 26 para el
envió del SMS

SIM900.println((char)26);
delay(200);
SIM900.println();}

void valvulaON(){

SIM900.println("AT + CMGS = \"0980318856\"); //Reemplazar por el número a enviar
el mensaje

delay(200);

SIM900.println("A");           // Reemplazar por el texto a enviar
delay(200);

//Finalizamos este comando con el carácter de sustitución (→) código ASCII 26 para el
envio del SMS

SIM900.println((char)26);
delay(200);
SIM900.println();}

void valvulaOFF(){

SIM900.println("AT + CMGS = \"0980318856\"); //Reemplazar por el número a
enviar el mensaje

delay(200);

SIM900.println("a");           // Reemplazar por el texto a enviar

```

```
delay(200);
```

```
//Finalizamos este comando con el carácter de sustitución (→) código ASCII 26 para el  
envio del SMS
```

```
SIM900.println((char)26);
```

```
delay(200);
```

```
SIM900.println();}
```

Anexo 5. Código de programación de la página web y link de descarga de los archivos html-php.

```

<!DOCTYPE html>

<html lang="en">

<head>

    <meta charset="UTF-8">

    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/estilo.css">

    <title>Sitio web</title>

</head>

<body>

    <div id="contenedor">

        <header id="encabezado">

            <h1>Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique "</h1>

            </header>

            <nav id="horizontal">

                <h2>Sistema Inteligente de Medición del Consumo de Agua Potable</h2>

            </nav>

        <div id="contenedor">

            <section id="contenido">

                <p>La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El
Dique”es una organización comunitaria sin fines de lucro, que hace uso del recurso hídrico
para el consumo humano por más de 60 años. Esta Junta Administradora ha tenido su
aprobación de estatutos y otorgamiento de personería jurídica el 18 de enero del 2017.

```

```

        </p> </section> </div>

<div id="login">

<form action= "" method="post">

<h3> Iniciar Sesión</h3>



<input type="text" name="usuario" placeholder="Usuario">

<input type="password" name="clave" placeholder="Contraseña">

<div class="alert"><?php echo isset($alert) ? $alert :"; ?></div>

<input type="submit" value="INGRESAR">

</form>

<form1 action= "usuario/index.php" method="post">

<h3> Iniciar Sesión</h3>



<input type="text" name="usuario" placeholder="Usuario">

<input type="password" name="clave" placeholder="Contraseña">

</form1></div>

</body>

</html>

```

<https://utneduec->

[my.sharepoint.com/:f:/g/personal/bsgarridot_utn_edu_ec/EjnKgts0y1BOuMujlD6b7AAB15c-MUEjTyzZbeBSa6BSfw?e=DNmaDP](https://utneduec-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/bsgarridot_utn_edu_ec/EjnKgts0y1BOuMujlD6b7AAB15c-MUEjTyzZbeBSa6BSfw?e=DNmaDP)

Anexo 6. Entrevista



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNIACION

El objetivo de esta entrevista es recolectar información necesaria, que permita reconocer e identificar las mejores características y funciones que se deben tomar en cuenta en el desarrollo del proyecto de titulación.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos:

Cargo que ejerce en la Organización:

Edad:

ENTREVISTA

1. **¿Cuánto tiempo, ha estado en el cargo que ejerce en la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” y que función cumple?**
2. **¿En qué fecha, se concesionó el permiso a la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, ¿para el uso del agua de la vertiente natural?**
3. **De acuerdo a su experiencia, me podría explicar cuál es el proceso de captación y distribución del agua potable:**
4. **¿En la actualidad, la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, ¿presenta problemas de registro información del consumo de agua?**

Si ()

No ()

Si la respuesta es afirmativa, mencione el problema.

5. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios paguen un valor justo por el servicio de Agua Potable?

Si ()

No ()

Si la respuesta es afirmativa, justifique su respuesta.

6. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?

Si ()

No ()

Por qué?

7. De acuerdo a su experiencia, cuál sería el mejor proceso para la recolección y registro del consumo del agua;

8. ¿Estaría usted, de acuerdo con la implementación de un sistema de medición del consumo de agua potable, para la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”?

Si ()

No ()

Por qué?

9. En su opinión, que características o funcionalidades debe presentar el dispositivo electrónico para medición del consumo del agua.

Anexo 7. Ficha de Observación

| FICHA DE OBSERVACIÓN | |
|--|----------------------------------|
| Localización | San Antonio de Ibarra |
| Observador | Sebastián Garrido |
| Ubicación | Sector Centro-Sur de San Antonio |
| Infraestructura de captación del agua y acometidas de los usuarios | |
| Captación del Agua | |
| Red de transporte del Agua | |
| Tanque reservorio | |
| Sistema cloración | |
| Acometidas de los usuarios | |
| Observación | |

La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, cuentan con varias estructuras las cuales hacen posible que el agua llegue hasta un tanque reservorio posterior. Cuenta con una estructura de hormigón armado en la vertiente natural, que evita que el agua sea contaminada por personas o animales que se encuentre en la zona. Esta estructura está conectada directamente, con la red de tuberías del agua, que se encarga del transporte del recurso hasta el tanque reservorio, es aquí donde se realizan el último proceso de purificación y cloración para su posterior distribución hacia los usuarios de la organización.

En cuanto a las acometidas en los domicilios de los usuarios se pudo identificar que la mayoría de los miembros de la organización, cuentan con medidores mecánicos, pero todavía en la actualidad faltan algunas instalaciones de estos elementos.



Figura 62. Estructura de captación del agua

Fuente: Propia Autoría



Figura 63. Estructura del tanque reservorio de agua

Fuente: Propia Autoría



Figura 64. Equipo Pulsar System 1 de cloración de agua

Fuente: Propia Autoría

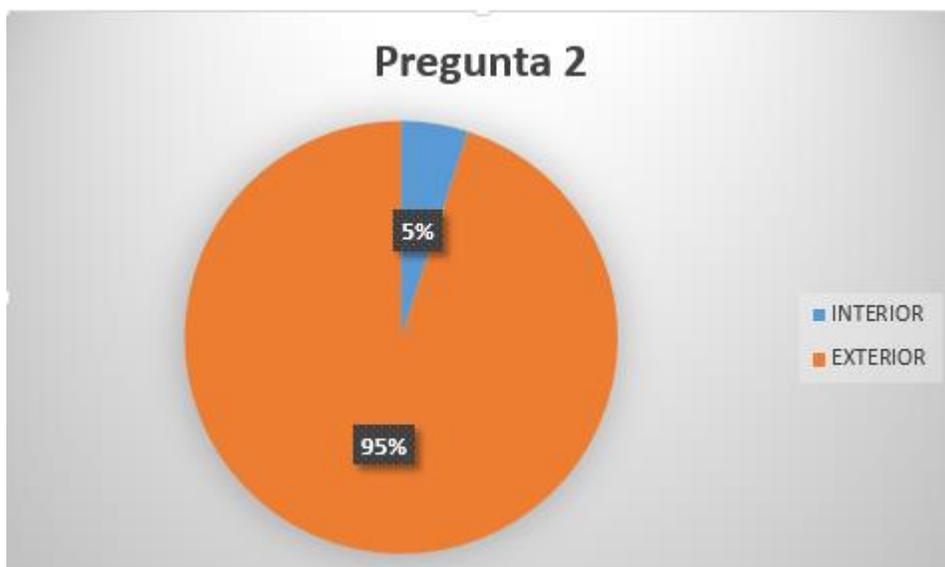
Anexo 8. Tabulación de la Encuesta

Pregunta 1: ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?



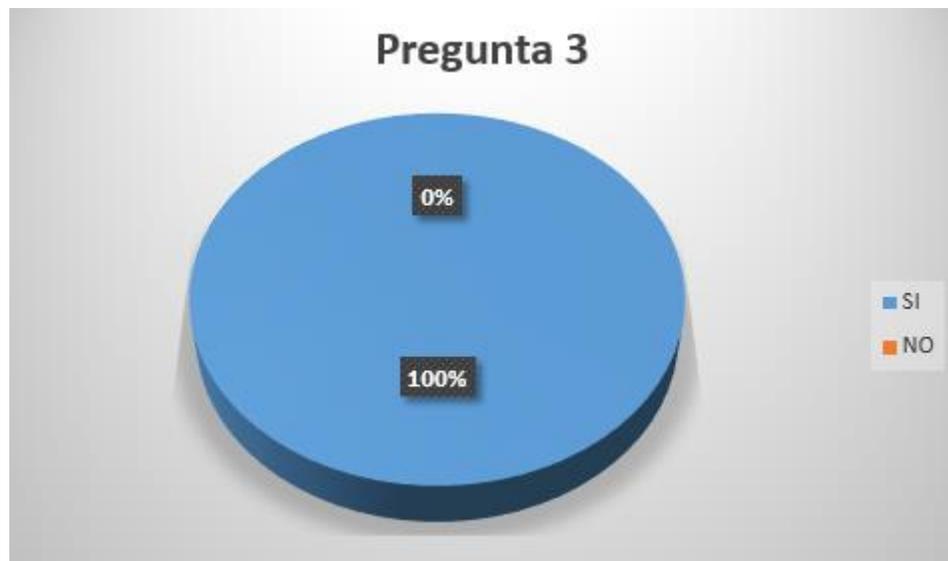
De acuerdo a la información obtenida, el 100% de los usuarios cuenta con un medidor mecánico, que permite medir el consumo de agua en los hogares.

Pregunta 2: El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en;



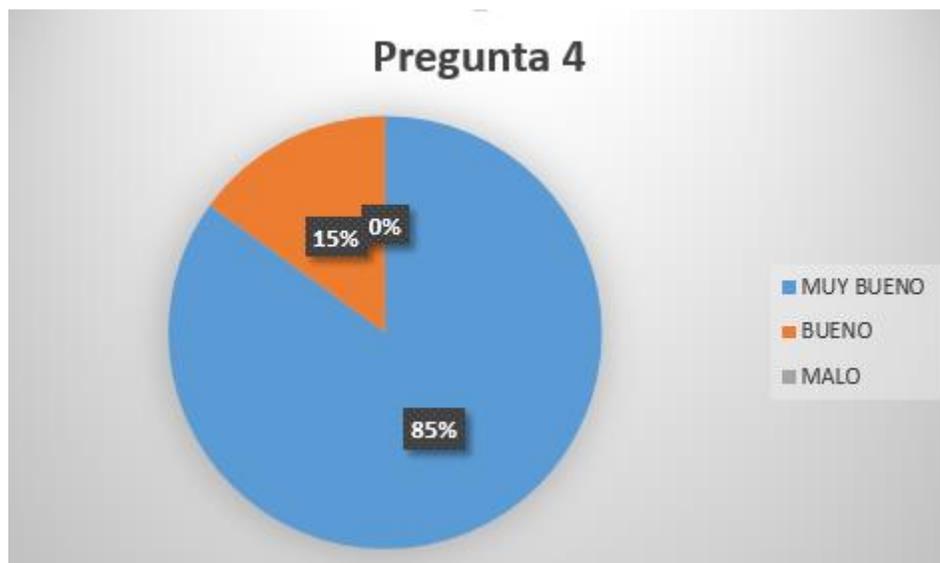
La información recopilada, determina que el 95,00% se encuentra instalado en exterior de los hogares y el 5,00% en interior.

Pregunta 3: ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, es distribuida durante las 24 horas del día, ¿de forma ininterrumpida?



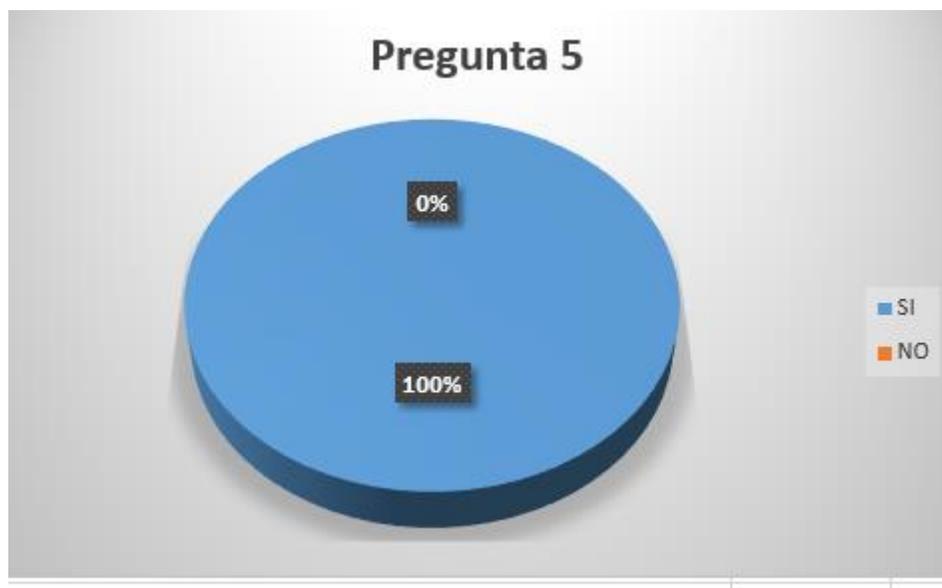
La encuesta determina que el 100% de los usuarios, tienen el servicio de agua potable las 24 horas del día sin ininterrupción.

Pregunta 4: En su opinión, el servicio de agua potable es:



Según el 85,00% de los usuarios, el servicio de agua potable es considerado muy bueno y el 15,00% considera bueno.

Pregunta 5: ¿La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?



De acuerdo a los datos obtenidos, el 100% de los usuarios ha estado informado sobre el registro del consumo de agua potable.

Pregunta 6: ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?



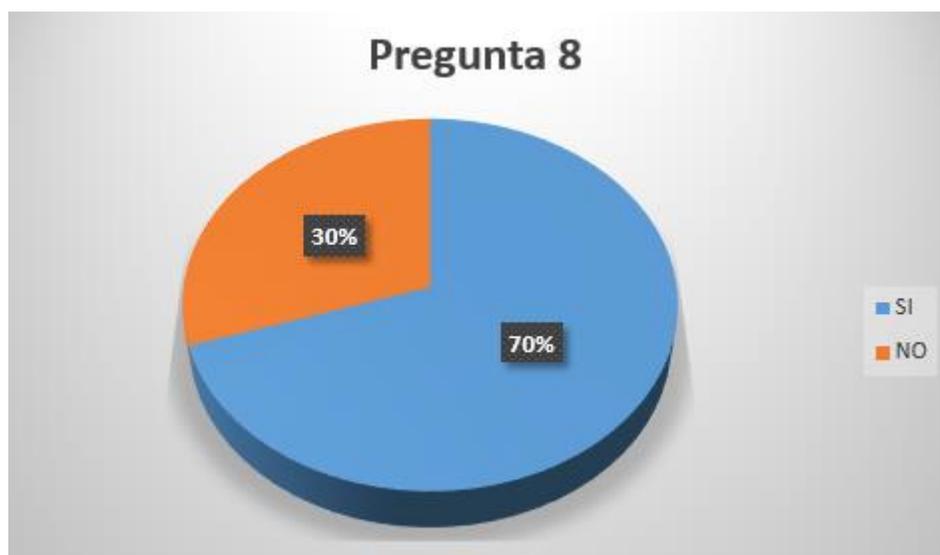
El 100% de los usuarios, considera que es importante pagar un valor justo por el consumo del recurso hídrico.

Pregunta 7: ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?



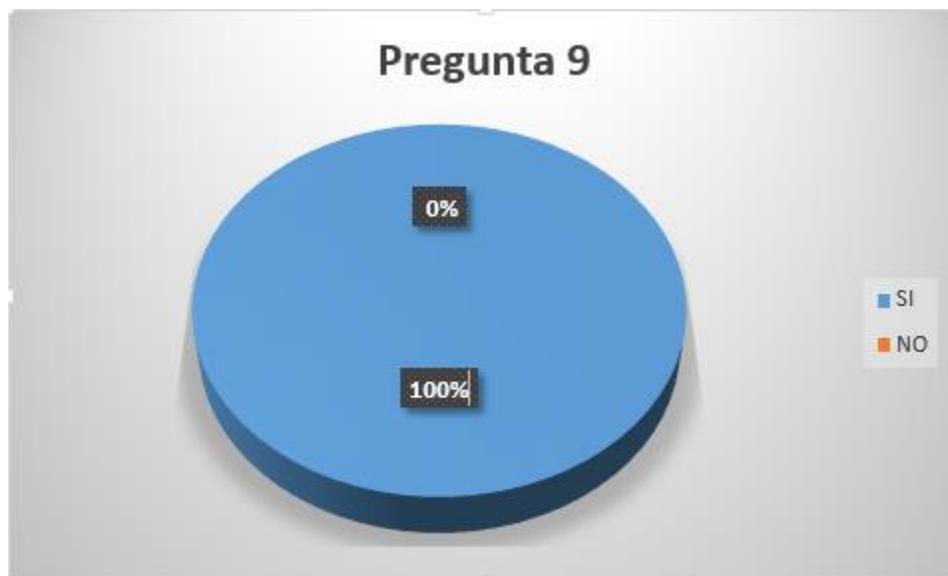
El 90,00 % considera que el uso de la tecnología beneficiaría en el proceso de registro y cálculo del consumo de agua.

Pregunta 8: ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?



De acuerdo a la encuesta, se pudo obtener que el 70% de los usuarios cuenta con servicio de internet en sus hogares, mientras que el 30% no acceso a este servicio.

Pregunta 9: ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua Potable, mediante una página web?



Se pudo obtener que el 100% de las personas encuestas, les gustaría consultar el consumo mensual del agua potable, a través de una página web

Encuestas Aplicadas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNIACIÓN

El objetivo de esta encuesta es recolectar datos y estadísticas necesarias, que aporten al desarrollo del proyecto cuyo tema es: DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos: Eduardo Cordero.....

Cargo que ejerce en la Organización: Usuario

Edad: 45....

ENCUESTA

1. ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?
 Sí No
2. ¿El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en;
 - Interior del domicilio
 - Exterior del domicilio
3. ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", es distribuida durante las 24 horas del día, de forma ininterrumpida?
 Sí No

4. ¿En su opinión, el servicio de agua potable es :
- Muy Bueno
 - Bueno
 - Malo
5. La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?
- Sí No
6. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?
- Sí No
7. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?
- Sí No
8. ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?
- Sí No
9. ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua potable, mediante una página web?
- Sí No



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNIACIÓN

El objetivo de esta encuesta es recolectar datos y estadísticas necesarias, que aporten al desarrollo del proyecto cuyo tema es: DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos: Concepción Rivas.....

Cargo que ejerce en la Organización: Usuario

Edad: 79.....

ENCUESTA

1. ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?
 Sí No
2. ¿El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en;
 - Interior del domicilio
 - Exterior del domicilio
3. ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", es distribuida durante las 24 horas del día, de forma ininterrumpida?
 Sí No

4. ¿En su opinión, el servicio de agua potable es :
- Muy Bueno
 - Bueno
 - Malo
5. La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”, realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?
- Sí No
6. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?
- Sí No
7. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?
- Si No
8. ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?
- Si No
9. ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua potable, mediante una página web?
- Sí No



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNIACIÓN

El objetivo de esta encuesta es recolectar datos y estadísticas necesarias, que aporten al desarrollo del proyecto cuyo tema es: DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos: Moisés Robillo.....

Cargo que ejerce en la Organización: Usuario

Edad: 38...

ENCUESTA

1. ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?
 Sí No
2. ¿El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en:
 - Interior del domicilio
 - Exterior del domicilio
3. ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", es distribuida durante las 24 horas del día, de forma ininterrumpida?
 Sí No

4. ¿En su opinión, el servicio de agua potable es :
- Muy Bueno
 - Bueno
 - Malo
5. La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?
- Sí No
6. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?
- Sí No
7. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?
- Sí No
8. ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?
- Sí No
9. ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua potable, mediante una página web?
- Sí No



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNIACIÓN

El objetivo de esta encuesta es recolectar datos y estadísticas necesarias, que aporten al desarrollo del proyecto cuyo tema es: DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos: Elena Velasco.....

Cargo que ejerce en la Organización: Usuario

Edad: 50...

ENCUESTA

1. ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?
 Sí No
2. ¿El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en;
 - Interior del domicilio
 - Exterior del domicilio
3. ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", es distribuida durante las 24 horas del día, de forma ininterrumpida?
 Sí No

4. ¿En su opinión, el servicio de agua potable es :
- Muy Bueno
 - Bueno
 - Malo
5. La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?
- Sí No
6. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?
- Sí No
7. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?
- Sí No
8. ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?
- Sí No
9. ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua potable, mediante una página web?
- Sí No
-



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES
DE COMUNICACIÓN

El objetivo de esta encuesta es recolectar datos y estadísticas necesarias, que aporten al desarrollo del proyecto cuyo tema es: DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE "EL DIQUE" DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

Datos Generales;

Nombres y Apellidos: David Fuenler.....

Cargo que ejerce en la Organización: Usuario

Edad:

ENCUESTA

1. ¿En la actualidad, usted cuenta con un medidor mecánico, que permita medir el consumo de agua potable?
 Sí No
2. ¿El medidor de agua que usted posee, se encuentra instalado en;
 - Interior del domicilio
 - Exterior del domicilio
3. ¿El agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", es distribuida durante las 24 horas del día, de forma ininterrumpida?
 Sí No

4. ¿En su opinión, el servicio de agua potable es :

- Muy Bueno
- Bueno
- Malo

5. La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente "El Dique", realiza el registro del consumo de agua, mensualmente?

Sí No

6. ¿Cree usted, que es importante que los usuarios realicen sus pagos en función del consumo real de agua potable?

Sí No

7. ¿Cree usted, que con el uso de la tecnología se podrá tener un mejor manejo del registro de la información, por parte de la administración de la Junta?

Sí No

8. ¿En la actualidad, usted cuenta con servicio de internet en su domicilio?

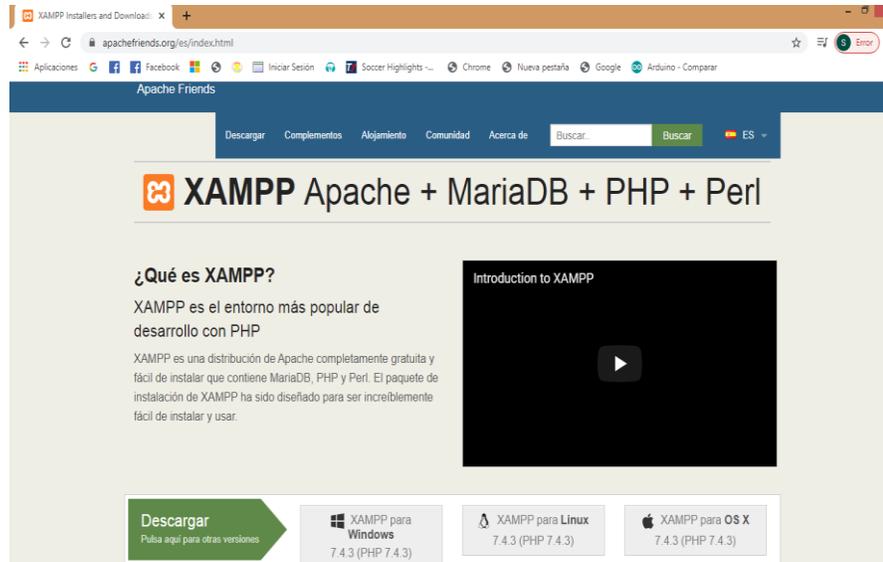
Sí No

9. ¿Le gustaría a usted, estar informado sobre el consumo de agua potable, mediante una página web?

Sí No

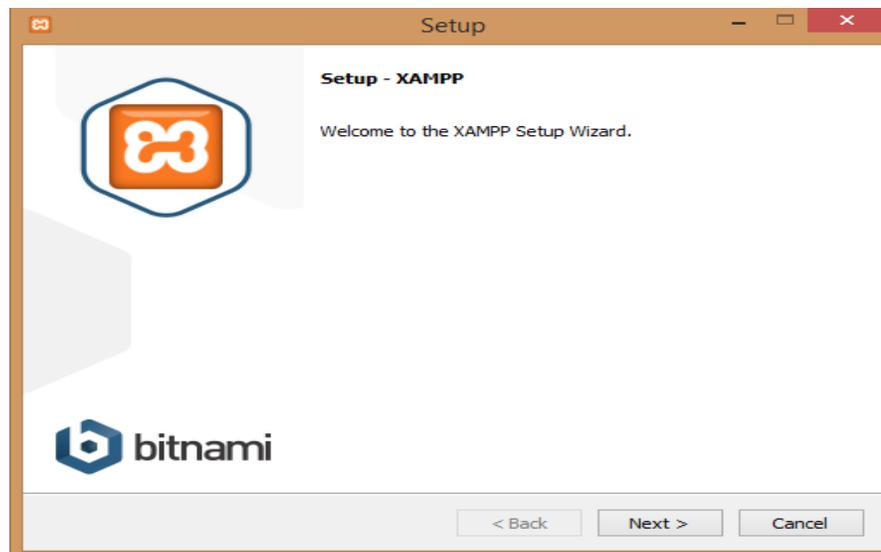
Anexo 9. Guía de Instalación de Xampp

1. Para la instalación de Xampp es necesario descargar el archivo de la página oficial en el siguiente enlace; <https://www.apachefriends.org/es/index.html>.

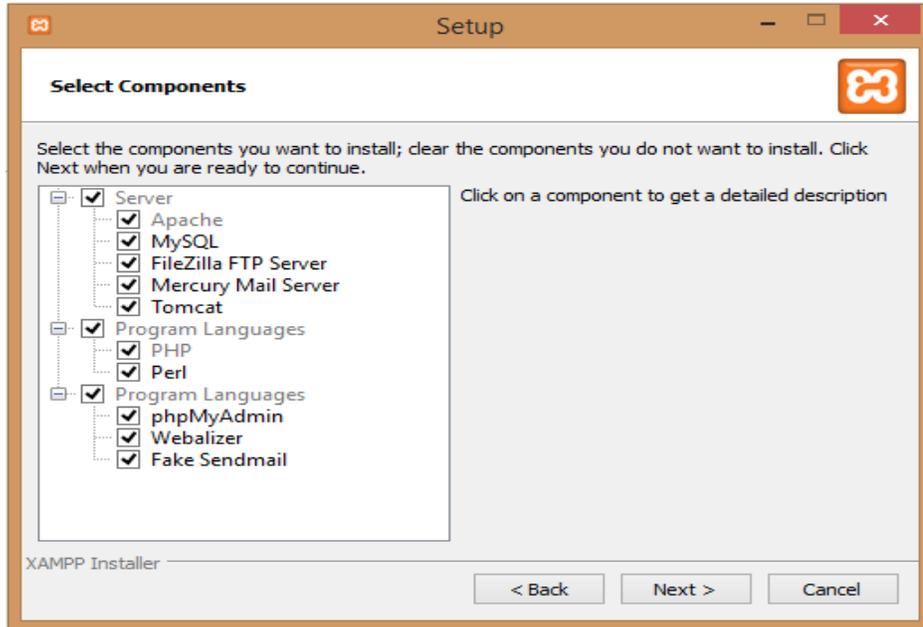


2. Antes de la instalación se recomienda desactivar el programa de antivirus y el UAC (User Account Control) de la computadora donde se va realizar la instalación.
3. Se ejecuta el archivo.exe.
4. Una vez que se ejecuta el archivo aparece una ventana de inicio, donde se da click en next.

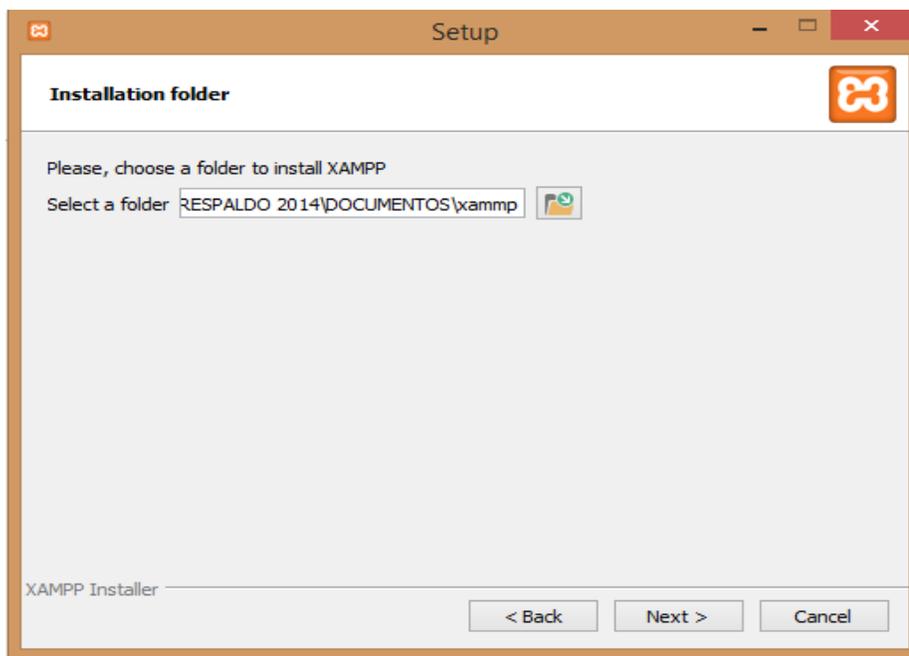
5. En la



configuración estándar se selecciona todos los componentes para la instalación y se da click en next.



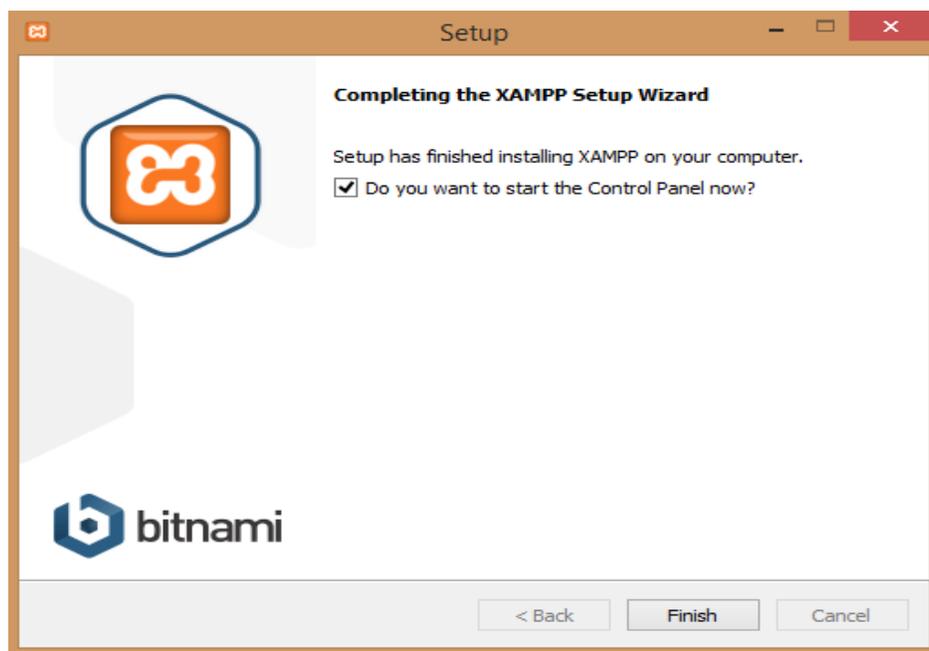
6. Selecciona el directorio donde se instalará el Xampp y se da click en next.



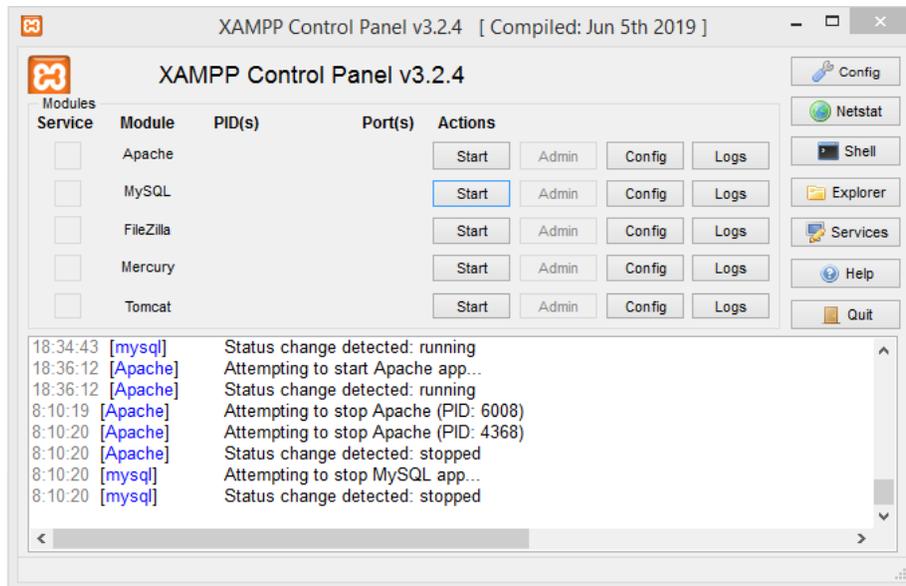
7. Inicia el proceso de la instalación de Xampp en el directorio previamente seleccionado.



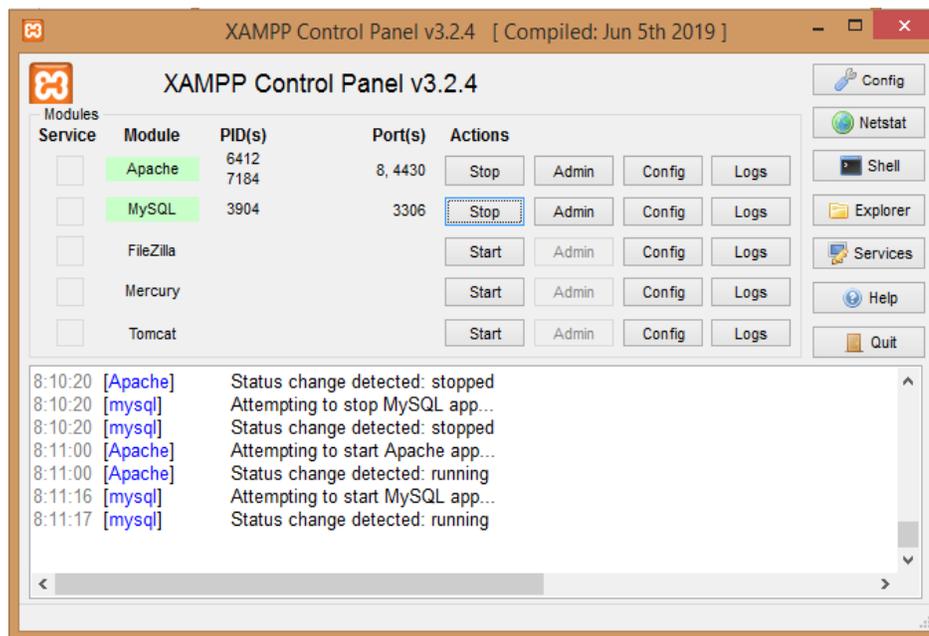
8. Una vez instalados todos los paquetes, se da clic en finalizar la instalación de Xampp.



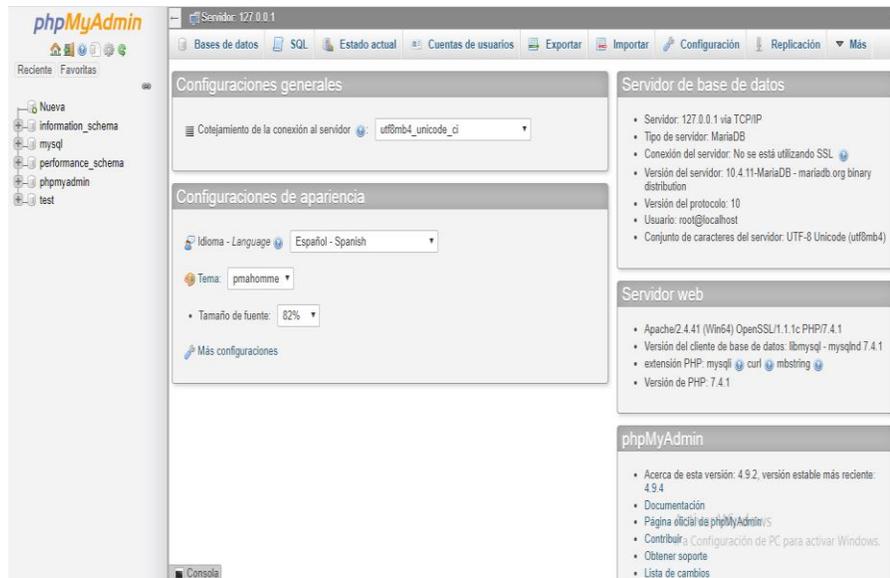
9. Ya finalizada la instalación, se accede al panel de control de los usuarios, donde se puede activar o desactivar los servicios tanto Mysql como Apache



10. Para acceder al servidor de base de datos MySQL, se inicia el servicio y se dirige a la opción Admin, para ingresar a PhpMyadmin.

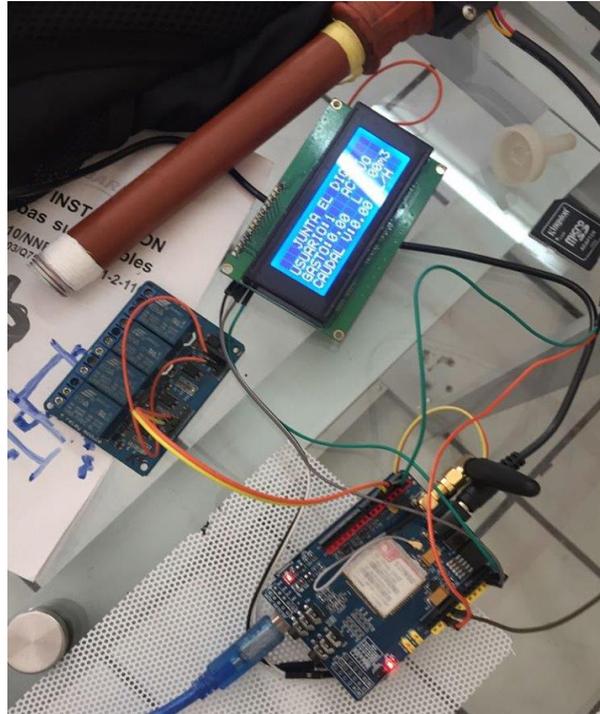


11. Una vez que se encuentra en phpMyAdmin, se desarrolla la base de datos con las respectivas tablas de acuerdo a nuestras necesidades.



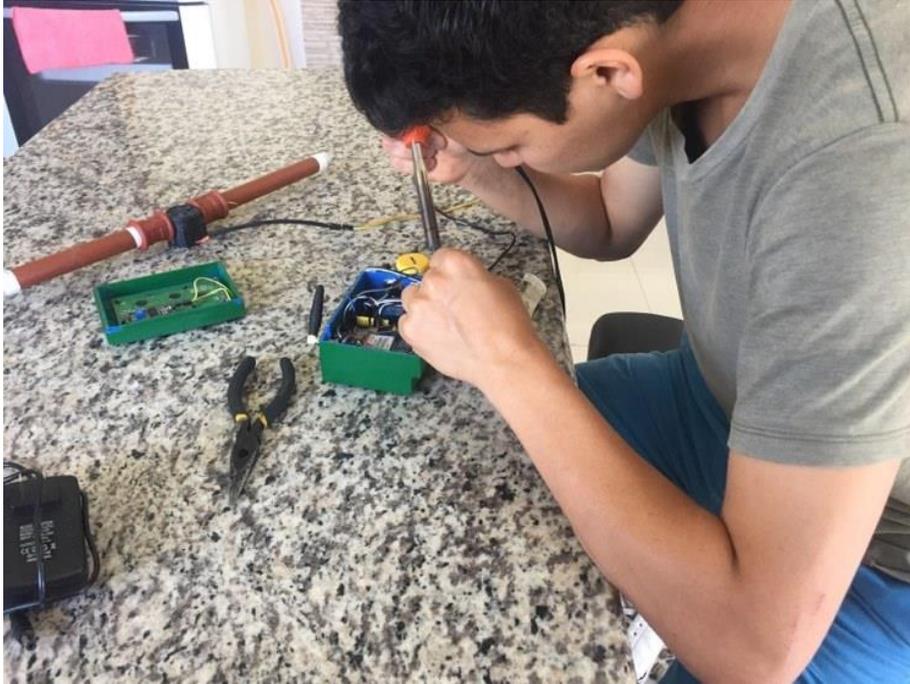
Anexo 10. Fotos del proceso de elaboración del sistema de medición.

1. Integración de los dispositivos electrónicos del nodo cliente



2. Conexión y soldadura de los dispositivos electrónicos y adaptadores.





3. Nodo cliente y central terminados con sus respectivas cajas de proteccion.



4. Instalación del sistema electrónico de medición en el domicilio de un usuario de Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.



5. Pruebas de funcionamiento del sistema Implementado





6. Presentación del sistema de medición al presidente de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.



Anexo 11. Certificado de haber trabajado en el proyecto del sistema inteligente de medición en la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”.

Ibarra, 21 de septiembre del 2020

A quien corresponda,

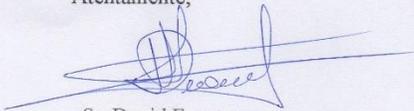
La Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique”,

Certifica que:

El señor **GARRIDO TERAN BOLIVAR SEBASTIAN** con cédula de identidad No. **1003774807**, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, de la Universidad Técnica del Norte, realizó todo el proceso de implementación, pruebas de funcionamiento y presentación del SISTEMA INTELIGENTE DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE a la directiva de la Junta Administradora de Agua Potable de la Fuente “El Dique” de San Antonio de Ibarra el 05 de junio del 2020.

Considero que este sistema será de gran utilidad para nuestra Junta, por lo que agradecemos por el proyecto presentado por el Sr. Garrido.

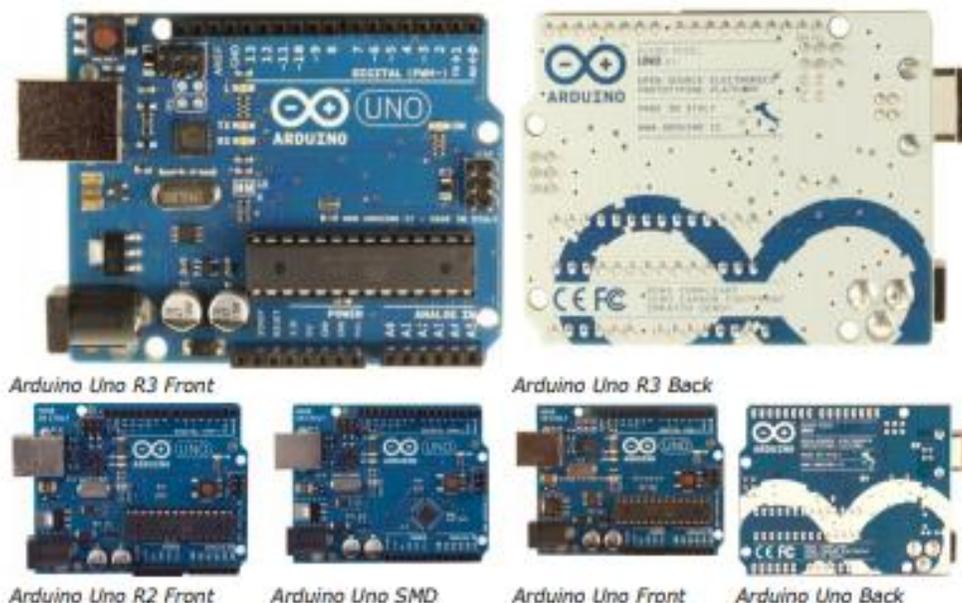
Atentamente,



Sr. David Fuentes
**PRESIDENTE DE LA JUNTA
ADMINISTRADORA DE AGUA
POTABLE DE LA FUENTE “EL DIQUE”.**

Anexo 12. Datasheet Arduino Uno

Arduino Uno



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Microcontroller | ATmega328 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |

| | |
|-------------------------|--|
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328. Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

Anexo 13. Datasheet del módulo GSM/GPRS SIM 900



G50EFC56E3197F

GSM/GPRS Shield

Datasheet



Tinysine Electronics © 2014
Version 1.0

INTRODUCTION

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

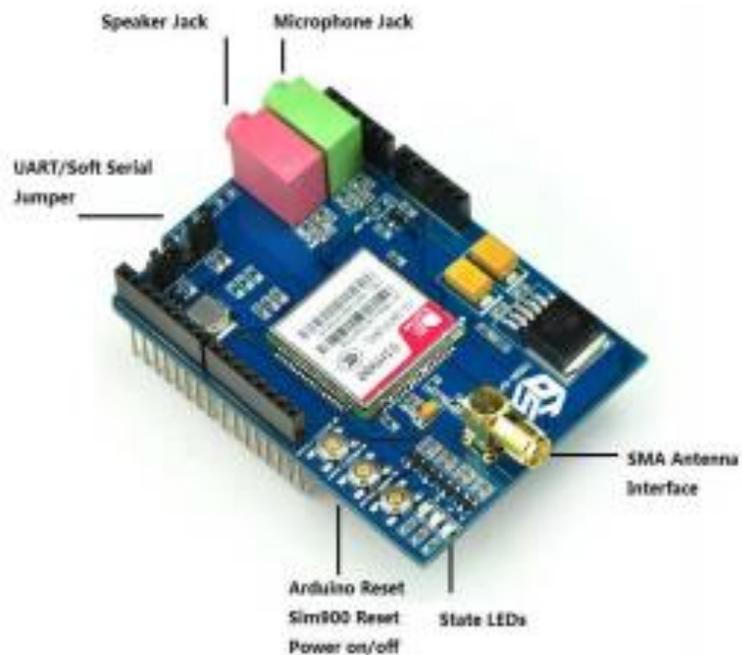
- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W@850/900MHz)
- Class 1 (1W@1800/1900MHz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino interface

Overview



The indicator LEDs

The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.

GSM Shield power(P):

This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield. If the external power supply is connected to the Arduino board, then the GSM Shield will get power, this LED will light on.

SIM900 power(S):

This LED is used to indicate the power status of the SIM900. After the SIM900 is powered on, the status LED will light on.

Net Status(N):

This LED is used to indicate the net status. The LED will blink slowly or quickly according to different states.

| Status | Description |
|--------------------|-----------------------------------|
| Off | SIM900 is not running |
| 64ms On/800ms Off | SIM900 not registered the network |
| 64ms On/3000ms Off | SIM900 registered to the network |
| 64ms On/300ms Off | GPRS communication is established |

The buttons

There are 3 buttons on the GSM shield board.

SIM900 Power Button:

Stack the GSM shield on your arduino main board. The GSM shield will running automatically when you power up your arduino main board. If you want turn on/off the SIM900 module manually. Just press the the sim900 power button one second.

SIM900 Reset Button

Reset the SIM900 module.

Arduino Reset Button:

Reset the Arduino main board. Same function as the Reset Button which on the arduino main board.

Note: Our test sketch will control D8 pin to turn on the SIM900 when the arduino board is powered up.

Anexo 14. Datasheet Sensor Yf -S201

MODEL: YF-S201

Description:

Water flow sensor consists of a plastic valve body, a water rotor, and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls. Its speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse signal. This one is suitable to detect flow in water dispenser or coffee machine. We have a comprehensive line of water flow sensors in different diameters. Check them out to find the one that meets your need most.

Features:

- Compact, Easy to Install
- High Sealing Performance
- High Quality Hall Effect Sensor
- RoHS Compliant

Specifications:

- Working Voltage: DC 4.5V-24V
- Normal Voltage: DC 5V-18V
- Max. Working Current: 15mA (DC 5V)
- Load capacity: ≤ 10 mA (DC 5V)
- Flow Rate Range: 1-30L/min
- Load Capacity: ≤ 10 mA (DC 5V)
- Operating Temperature: $\leq 80^{\circ}\text{C}$
- Liquid Temperature: $\leq 120^{\circ}\text{C}$
- Operating Humidity: 35%~90%RH
- Allowing Pressure: ≤ 1.75 MPa
- Storage Temperature: $-25 \sim + 80^{\circ}\text{C}$
- Storage Humidity: 25%~95%RH
- Electric strength 1250V/m
- Insulation resistance $\geq 100\text{M}\Omega$
- External threads: 1/2"
- Outer diameter: 20mm
- Intake diameter: 9mm
- Outlet diameter: 12mm



Application:

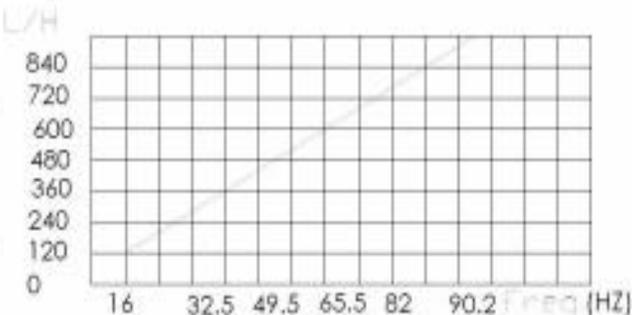
Water heaters, credit card machines, water vending machine, flow measurement device

Circuit:

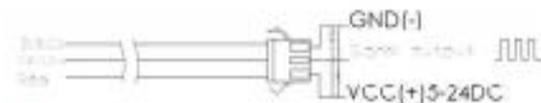
- Red: Positive
- Black: GND
- Yellow: Output signal

Flow Range: 100L/H-1800H-L/H

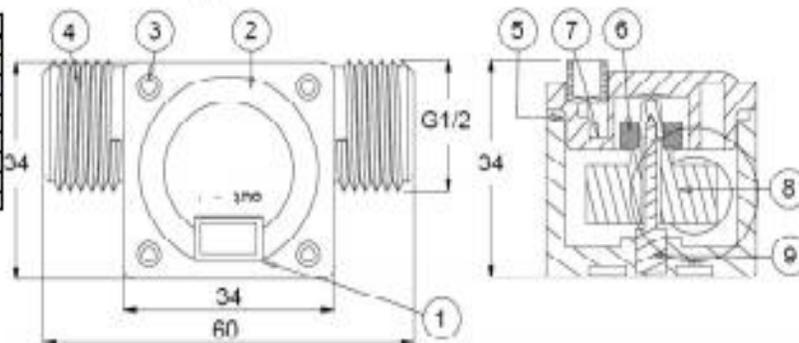
| Flow (L/H) | Freqz (Hz) | Erro range |
|------------|------------|----------------|
| 120 | 16 | ± 10 5% |
| 240 | 32.5 | |
| 360 | 49.3 | |
| 480 | 65.5 | |
| 600 | 82 | |
| 720 | 98.2 | |



Connection method:



| Nº | Item | Material |
|----|-------------|-------------|
| 1 | Wire | PVC |
| 2 | Bonnet | PA |
| 3 | Screw | Zinc-Plated |
| 4 | Valve Body | PA |
| 5 | Press Valve | |
| 6 | Magnet | |
| 7 | Hall | |
| 8 | Impeller | PCM |
| 9 | Steel Shaft | SUS304 |



Closed