

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL
ENERGÉTICAMENTE INDEPENDIENTE CON TRANSMISIÓN DE DATOS
EN LA COMUNIDAD DE PAQUIESTANCIA**

**AUTORES:
CARLOS GABRIEL CAMPOVERDE CUEVA
JUAN ANDRÉS GUALOTO CACHAGO**

**TUTORA:
LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO**

Quito, noviembre del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Carlos Gabriel Campoverde Cueva con documento de identificación N° 1723304273 y Juan Andrés Gualoto Cachago con documento de identificación N° 1720352911, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL ENERGÉTICAMENTE INDEPENDIENTE CON TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA COMUNIDAD DE PAQUIESTANCIA.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de la Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Carlos Gabriel Campoverde Cueva
C.I. 1723304273



Juan Andrés Gualoto Cachago
C.I. 1720352911

Quito, noviembre del 2018.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL ENERGÉTICAMENTE INDEPENDIENTE CON TRASNSMISIÓN DE DATOS EN LA COMUNIDAD DE PAQUIESTANCIA.”, realizado por Carlos Gabriel Campoverde Cueva y Juan Andrés Gualoto Cachago, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre del 2018.



Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso

C.I. 1710953967

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado, primero, a Dios que es aquel que me provee de inteligencia, perseverancia, de humildad para poder realizar cada uno de los planes en mi vida.

A mis padres Pablo y Melva quienes han dedicado su vida para poder regalarme la oportunidad de salir adelante y así continuar con mis metas académicas y espirituales.

A mis hermanos quienes han sido entes que han entregado cada uno su grano de arena para mi crecimiento personal, así como en la parte laboral.

Y, por último, a mis compañeros y profesores; y, en especial, a Andrés que gracias a su paciencia y enseñanza me compartieron todos los conocimientos necesarios para mi vida profesional.

Carlos

A la Virgen del Quinche, al Divino Niño, a Santa Anita y San Joaquín por haberme brindado salud y protección a lo largo de mi carrera Universitaria y poder culminar mis estudios.

A mis padres Juanita y Andrés por ser el pilar fundamental en mi vida, por su bendición, sus consejos y ayuda incondicional a pesar de los inconvenientes que se presentaban a lo largo de mi formación profesional, siempre teniendo en cuenta la sencillez y humildad, sin olvidar que me dejan la herencia más grande que puede existir: la educación. ¡Gracias por todo!... Los amo.

A mi hermana, Delcy, por apoyarme cuando más lo necesitaba y ser la motivación de mi lucha a pesar de los tropiezos que se puede presentar en la vida demostrando que nunca se debe rendir y seguir adelante. A mi hermana, Carolina, por su apoyo incondicional en estos años. Te deseo lo mejor en tu vida universitaria... Las quiero.

A mis sobrinos, Stalyn y Jostyn, por las ocurrencias que viven día a día; en especial, a mi ahijado Stalyn que desde su temprana edad compartió conmigo momentos agradables. Te deseo lo mejor en tu vida y que te encamines por el camino del bien.

Además, a todos mis abuelitos, tíos y primos, especialmente, a David. ¡Gracias!, ya que pude estar el último día contigo antes de una terrible tragedia. Te agradezco por lo que pudimos compartir. A mi prima, Yolanda, que cuando la necesitaba me supo brindar su ayuda.

Finalmente, gracias de todo corazón a mis amigos Jeremy, Diego, Anderson, Cristhian y Carlos por compartir materias, laboratorios y proyectos en la Universidad.

Juan

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a familiares y amigos que con sus buenos deseos han aportado para que culminemos los estudios en Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica Salesiana, ya que con sus consejos y experiencias han marcado nuestra carrera universitaria, dejando a su paso conocimientos para su aplicación en el ejercicio profesional con disciplina y responsabilidad.

Agradecemos a la Ingeniera Luisa Sotomayor que con su conocimiento ha guiado este proyecto de titulación hasta su culminación.

Queremos hacer un agradecimiento al Ingeniero Jorge Sandoval de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus-Cayambe por el tiempo y la amistad que supo brindarnos para poder culminar nuestro Trabajo de Titulación.

A nuestros padres que han sido un pilar fundamental para llegar a concretar nuestros objetivos.

Carlos y Juan

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Beneficiarios del Proyecto.....	2
1.5 Metodología.....	2
CAPÍTULO 2.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Evolución del sistema de riego en Cayambe-Paquiestancia	4
2.2 El riego en Paquiestancia	4
2.2.1 Descripción del nivel de organización de los usuarios	5
2.3 Métodos de Medición de Caudal.....	5
2.4 Sensor de Caudal Tipo Vórtex Modelo LVB-25.....	7
2.5 Fuente de Energía Panel Solar.....	8
2.6 Industruino.....	9

2.7	El internet de las cosas (IoT).....	10
2.7.1	Un servicio en la nube.....	10
CAPÍTULO 3.....		11
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL.....		11
3.1	Diseño del proceso	11
3.2	Diagrama de bloques del sistema de medición de caudal	11
3.3	Diseño del sistema de medición por Vórtex.....	12
3.4	Conexión entre Industruino y Caudalímetro	12
3.5	Módulo de transmisión GSM/GPRS/GPS Sim808	13
3.6	Sistema de alimentación	14
3.6.1	Energía diaria consumida por la estación.....	14
3.6.2	Potencia requerida para el panel fotovoltaico	16
3.6.3	Dimensionamiento de las baterías.....	17
3.6.4	Regulador de Carga.....	18
3.7	Aplicación para dispositivo móvil con visualización de datos de caudal ...	19
3.8	Estructura metálica	20
3.9	Diseño de acoples en el Caudalímetro tipo Vórtex	22
3.10	Ubicación del Caudalímetro en tubería de 1 pulgada.....	23
3.11	Programación Industruino D21G	24
3.11.1	Desarrollo de un servicio en la nube	25
3.11.2	Configuración de alertas en Ubidots	26
3.11.3	Visualización de datos en la página web.....	27
CAPÍTULO 4.....		30
PRUEBAS Y RESULTADOS ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDAL.....		30
4.1	Estación de medición de caudal	30
4.2	Ubicación de componentes en el tablero de control.....	31

4.3	Visualización de datos en la app mediante un dispositivo móvil.....	31
4.4	Visualización de datos mediante una página web	32
4.5	Reportes de la plataforma Ubidots	34
4.6	Validación de datos	35
4.7	Calculo del error	39
4.8	Datos obtenidos por el PLC Industruino D21G	39
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		43
REFERENCIAS		44
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Tipos de Medidores de Caudal	6
Figura 2.2. Sensor Caudalímetro Tipo Vórtex	7
Figura 2.3. Patrón de Vórtices Von Kármán	7
Figura 2.4. Fuente fotovoltaica	9
Figura 2.5. PLC Industruino	9
Figura 3.1. Sistema medición de caudal	11
Figura 3.2. Diagrama de bloques medición de caudal	12
Figura 3.3. Diseño del sistema de medición por Vórtex	12
Figura 3.4. Industruino	13
Figura 3.5. Conexión módulo GSM/GPRS/GPS Sim808 con Industruino	14
Figura 3.6. Ubicación del panel solar en la estación	17
Figura 3.7. Ubicación de la batería en la estación	18
Figura 3.8. Regulador de carga CM20K	19
Figura 3.9. Aplicación para dispositivo móvil	20
Figura 3.10. Estructura metálica con estacas	21
Figura 3.11. Vistas de la estación con sus respectivas cotas (cm)	21
Figura 3.12. Componentes del Tablero de Control	22
Figura 3.13. Acoples de cobre para el Caudalímetro	23
Figura 3.14. Ubicación del sensor en tubería de 1 pulgada	24
Figura 3.15. Diagrama de flujo para la medición de caudal	25
Figura 3.16. Creación del TOKEN en Ubidots	26
Figura 3.17. Variables para la medición de caudal	26
Figura 3.18. Alertas por correo electrónico	27
Figura 3.19. Selección de Hosting	28
Figura 3.20. Código Embebido plataforma Ubidots	29
Figura 4.1. Ubicación de la estación de medición de caudal	30
Figura 4.2. Tablero de Control	31
Figura 4.3. Visualización de datos en la app	32
Figura 4.4. Página web desarrollada	33
Figura 4.5. Visualización de datos en la página web	34
Figura 4.6. Recipiente para la utilización del método volumétrico	36
Figura 4.7. Mediciones obtenidas por el caudalímetro LVB-25	38

Figura 4.8. Datos obtenidos por el sensor PLC Industruino 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Producción agrícola	4
Tabla 2.2. Características de las Conexiones Eléctricas	8
Tabla 3.1. Valores de energía que consume sistema.....	16
Tabla 3.2. Características del Controlador de Carga.....	19
Tabla 3.3. Características del Controlador de Carga.....	22
Tabla 4.1. Visualización de datos descargados desde la plataforma Ubidots.....	35
Tabla 4.2. Obtención de datos mediante el método volumétrico.....	36
Tabla 4.3. Obtención de datos en (litros/segundos) método volumétrico.....	37
Tabla 4.4. Obtención de datos mediante el caudalímetro	37
Tabla 4.5. Datos de caudal obtenidos por el caudalímetro (litros/segundos).....	38
Tabla 4.6. Calculo del error.....	39

RESUMEN

En la Comunidad de Paquiestancia existe la distribución de agua para el riego en diferentes parcelas, esto se lo realiza por tuberías de 1 pulgada para los diferentes pastizales, existiendo consumo inapropiado del agua, se tiene la necesidad de realizar la medición de caudal en dicha tubería para tener un control de consumo.

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad visualizar el caudal que pasa a través de una tubería de 1 pulgada, cuyos datos serán enviados hacia un servicio en la nube para luego ser visualizados en una página web y una aplicación para dispositivo móvil al presidente de la junta de regantes de la Comunidad de Paquiestancia.

Después de analizar el sistema se determinó para este proyecto el caudalímetro tipo Vórtex LVB-25 ya que es el idóneo, por lo que el agua no es totalmente pura, este medidor posee las ventajas de tener salida digital y otra analogía de corriente de 4 a 20 mA.

Las señales que se obtiene del caudalímetro son frecuencias de oscilación, entregadas por el sensor mecánico interno del mismo, las mismas que se transforman en salida de corriente dando una señal lineal directamente proporcional al caudal de fluido. Esta señal será monitoreada y enviada a un servicio en la nube y además el mismo dato es enviado a una *app* en Android para dispositivo móvil y hacia una página web.

ABSTRACT

In the Community Paquiestancia there distribution of water for irrigation in different plots, this is done by pipes 1 inch for different pastures, there inappropriate consumption of water, is the need for flow measurement in said pipe to have a consumption control.

The purpose of this project is to visualize the flow that passes through a 1-inch pipe, whose data will be sent to a service in the cloud to be displayed on a web page and an application for mobile device to the president of the Irrigation Board of the Community of Paquiestancia.

After analyzing the system was determined for this project type vortex flowmeter LVB-25 since it is the ideal, so that water is not completely pure, this sensor has the advantages of having digital output and another analogy current 4 20 mA.

The signals obtained from the flow meter are oscillation frequencies, delivered by the internal mechanical sensor thereof, which are transformed into a current output giving a linear signal directly proportional to the fluid flow rate. This signal will be monitored and sent to a service in the cloud and in addition the same data is sent to an Android *app* for mobile device and to a web page.

INTRODUCCIÓN

En la Parroquia de Ayora existe una Comunidad llamada Paquiestancia ubicada en el Cantón Cayambe, para que el agua sea distribuida de forma equitativa se necesita que exista un riego controlado y automatizado, de tal forma que permita saber cuántos litros de agua se están consumiendo en cada parcela.

En la actualidad, su mayor necesidad es el riego porque es el sustento de la parte ganadera y agricultora, pero estos tienen métodos de riegos de forma tradicional, donde el agricultor riega el terreno dependiendo a su experiencia, ante esta problemática se propone un control de riego midiendo el flujo del caudal que pasa por la tubería que está en la parcela del agricultor, empleando un controlador que permita saber cuántos litros de agua se están consumiendo en tiempo real.

El capítulo uno describe el tema del proyecto, planteamiento del problema, justificaciones, objetivo general, objetivos específicos, beneficiarios del proyecto y metodología a emplear.

El capítulo dos detalla conceptos generales del lugar donde se desarrolla el proyecto como el nivel organizativo del sistema de riego, especificaciones técnicas del controlador, sensor y demás dispositivos electrónicos que conforman el proyecto, además, los métodos existentes para la medición de caudal.

En el capítulo tres se muestra los diagramas del sistema de control, diagrama de bloques del funcionamiento de hardware para la medición del caudal, se muestra los dimensionamientos de la fuente fotovoltaica con sus respectivos cálculos y diseño de la estructura que soporta el panel solar, baterías, elementos electrónicos y diagrama de flujo del controlador; finalmente se muestra la página web donde se encuentran los datos a tiempo real.

El capítulo cuatro muestra la implementación electrónica, mecánica, interfaz gráfica y pruebas de campo con el método referencial de los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana Campus-Cayambe, donde los datos obtenidos por el prototipo son comparados con el método volumétrico.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

En el Cantón Cayambe, se encuentra la cuenca del Río Pisque y distribuye el agua para los distintos sectores ganaderos y agrícolas del lugar uno de estos es la Comunidad de Paquiestancia. Con la Junta de Regantes se ha informado que no existe un sistema de medición de caudal en esta zona al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha (GADPP) y con la Universidad Politécnica Salesiana (UPS).

La distribución del agua en este sector no es equitativa ya que muchos dueños de los terrenos desperdician este líquido vital y afecta de manera directa a los demás terrenos causando erosión en el suelo, insuficiencia en la cantidad de riego en las otras parcelas, deterioro de la vegetación y una mala calidad de los pastizales.

Si se continua con esta problemática se incrementa las pérdidas económicas del sector y también la calidad de vida de los habitantes que se encuentran en el lugar, por esta razón se propone desarrollar un sistema de medición de caudal energéticamente independiente con transmisión de datos.

1.2 Justificación

Este proyecto permitirá el estudio del caudal de agua en la Comunidad de Paquiestancia la cual beneficiará a los habitantes ganaderos y agricultores de la cuenca baja de este canal, la distribución del agua se lo realiza bajo pedido y de forma manual, causando que la distribución del agua no sea equitativa.

Para mejorar la situación descrita el GADPP y la población ubicada en la cuenca del Río Pisque que fluye por este canal, propone una distribución equitativa tanto del agua como del pago del consumo de la misma, para lo cual se ha pedido a la Universidad Politécnica Salesiana y la Carrera de Ingeniería Electrónica realizar un sistema de medición de caudal en la tubería de 1 pulgada, para tener el control de la distribución y el pago de consumo equitativo para cada habitante del sector de Paquiestancia, además de que el sistema implementado permitirá monitorear remotamente y

almacenar en una base de datos para su futura facturación de la Junta de Regantes de la Comunidad Paquiestancia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de medición de caudal en tubería de 1 pulgada energéticamente independiente para la recolección y transmisión de datos en la comunidad de Paquiestancia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las características ambientales que afectan al fluido que pasa por la tubería de 1 pulgada para determinar el método de medición más adecuado.
- Desarrollar un prototipo de sistema de medición de caudal en tubería de 1 pulgada del canal de riego en la Comunidad de Paquiestancia para recolectar datos de uso y consumo de agua.
- Implementar un módulo energéticamente independiente para alimentar el prototipo.
- Validar los datos obtenidos con patrones en sitio y en base de datos para corroborar la entrega de los mismos.

1.4 Beneficiarios del Proyecto

Este proyecto beneficiará a los profesionales del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Centro de Apoyo Cayambe de la Universidad Politécnica Salesiana e indirectamente a los habitantes de las comunidades agrícolas cercanas a Cayambe.

1.5 Metodología

Investigar la información relacionada a medición de caudal, de fuentes bibliográficas tales como: tipos de sistemas de medición existentes, tipos de fluidos y porcentajes de sólidos existentes en el canal.

Se recogerá los datos necesarios para la elaboración del proyecto haciendo una investigación de campo permitiendo conocer cuál es el mejor método de medición para los terrenos de esta comunidad.

Se procederá al análisis con la información recopilada del lugar a tiempo real y así permitirá obtener conocimientos de los datos, mediante un sensor de caudal que ingresa por una tubería cerrada de 1 pulgada.

La experimentación se realiza mediante la implementación del transductor electrónico para el riego construyendo un sistema capaz de obtener los datos de la variable de caudal mediante un transductor, procesarlos con un controlador y leerlos y transmitirlos hacia el servicio en la nube, con una validación de los últimos tres meses para su almacenamiento.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Evolución del sistema de riego en Cayambe-Paquiestancia

La modernización no solo llega a la industria sino también a la parte agrícola y en este caso en el Cantón Cayambe se ubica la Comunidad de Paquiestancia, se dedica al cultivo de maíz, papas, chochos y pasto, el último es porque existe la parte ganadera y los otros productos son para el mercado local. (Cachipuendo Ulcuango, Sandoval Cuascota, Gualavisí Cachiguango, Sandoval Montenegro, & Moya Mejia, 2017)

La comunidad cuenta con una superficie total de 704,57 ha, la producción del cultivo de pasto cubre una superficie de 432,93 ha, un poco menos de la mitad es un pasto mejorado. La comunidad también se dedica a la producción de cultivos como: melloco, quinua, choclos, hortalizas, frejol, habas, trigo, chocho, para el consumo de la población. En la Tabla 2.1 se observa el tipo de cultivo dependiendo el área que cubre y el tiempo en el cual se siembra y se cosecha, pero esto depende de la parte climatológica y también por el mal uso del agua en estos tiempos variando la cosecha de estos. (Secretaría del agua, 2017)

Tabla 2.1. Producción agrícola

Cultivos de Pastizales, bosques y rendimientos					
Cultivo	Área	Mes de siembra	Mes de cosecha	Rendimiento	Unidad
Pasto mejorado	208,78	Permanente	Permanente	***	***
Pasto no mejorado	224,15	Permanente	Permanente	***	***
Papa	22,17	Febrero- Noviembre	Mayo - Febrero	150	qq/ha
Maíz	22,39	Enero- Octubre	Agosto - Mayo	10	qq/ha
Choco	22,50	Enero- Octubre	Agosto -Mayo	15	qq/ha

Tabla con especificaciones de áreas cultivadas con tiempos de siembra y cosecha, Fuente (Secretaría del agua, 2017)

2.2 El riego en Paquiestancia

La Comunidad de Paquiestancia puede hacer uso del recurso hídrico por medio de reservorios que son llenados mediante desvíos de la cuenca del Rio Pisque, de esta manera cada terreno puede tener agua para el riego de sus cultivos, pero todo este

proceso se lo realiza de forma manual dependiendo de la experiencia del agricultor. (Ushiña Guaján, 2014)

La persona encargada para establecer los días y tiempos del uso del agua para el riego en las parcelas es el presidente de la Junta de la comunidad, con la colaboración de un operario se realiza la apertura y cierre válvula de la tubería de 2 pulgadas y también se realiza un recorrido diariamente para verificar si existe desperdicio en los canales de agua. Existen terrenos que tienen su propio reservorio que permite el riego de sus plantaciones en tiempo de sequía. (Cachipundo Ulcuango, Sandoval Cuascota, Gualavisí Cachiguango, Sandoval Montenegro, & Moya Mejia, 2017)

2.2.1 Descripción del nivel de organización de los usuarios

Conformada por 14 sectores agrícolas la Comunidad de Paquiestancia, 12 de estos usan la acequia Ugshapamba, los habitantes del lugar cuentan con 2 reservorios y con canales de hormigón con una extensión de 5km además de tubos de PVC a su salida con diferentes diámetros y longitudes dependiendo del terreno y equipos que se encuentran a este nivel. (Ushiña Guaján, 2014)

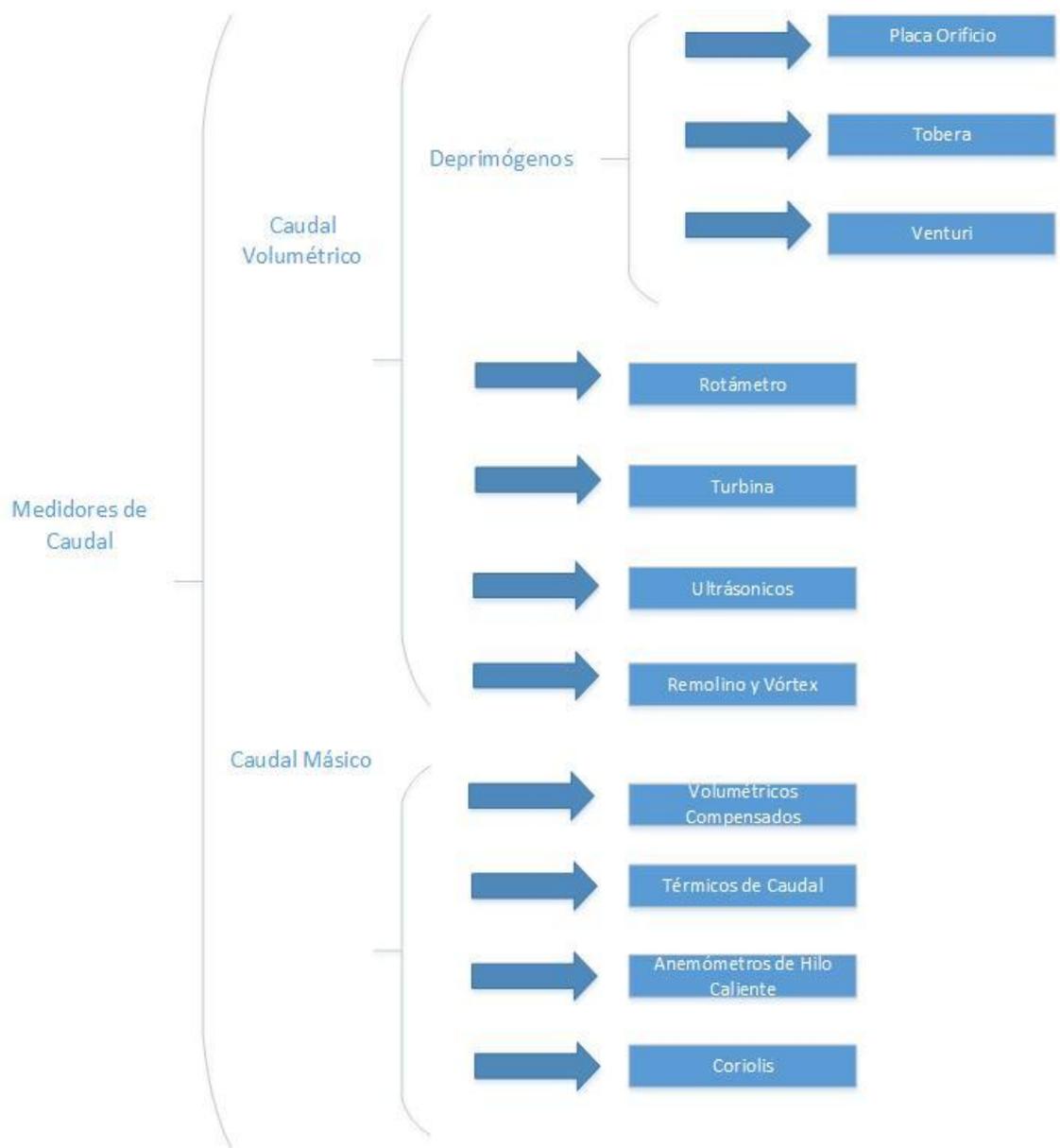
Para satisfacer la necesidad el agua, el presidente organiza el uso por turnos en épocas de verano, los turnos suelen ser de 12 horas, pero cada 8 días, estos tienen el coste de un dólar cada turno utilizado, dinero que es dado para limpieza, arreglo y mantenimiento del sistema de riego. (Ushiña Guaján, 2014)

2.3 Métodos de Medición de Caudal

Los métodos que se puede encontrar para la medición de caudal se los puede observar en la Figura 2.1, la diferencia entre usar el caudal másico y volumétrico se basa en el coste de los instrumentos y el uso de los mismos.

De estos se elige el de medición de caudal volumétrico tipo Vórtex porque es aquel que cumple con las especificaciones tales como presión y caudal para poder realizar el proyecto. (Marllelis Gutiérrez, 2017)

Figura 2.1. Tipos de Medidores de Caudal



Medidores de Caudal. Fuente: (Creus, 2011)

2.4 Sensor de Caudal Tipo Vórtex Modelo LVB-25

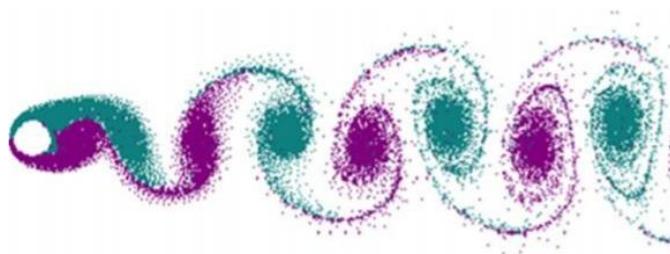
Figura 2.2. Sensor Caudalímetro Tipo Vórtex



Sensor caudalímetro tipo vórtex modelo LVB-25. Fuente: (Bronkhorst, 2018)

En la Figura 2.2 se ve un caudalímetro que utiliza el principio de vórtex. Se coloca una obstrucción en el flujo normal del líquido y este arroja remolinos aguas abajo a una frecuencia que tiene proporción con la velocidad que tiene el líquido. Este principio trabaja bajo un patrón de vórtices que tiene por nombre Von Kármán como se observa en la Figura 2.3. Mediante el sensor piezoeléctrico se los detecta y se crean pulsos eléctricos. Este sensor se puede colocar en cualquier posición y sus escalas de trabajo completas van desde los 10 l / min hasta los 150 l / min con una presión máxima de 12 bares. (Bronkhorst, 2018)

Figura 2.3. Patrón de Vórtices Von Kármán



Formas de aguas bajo el patrón de vórtices Von Kármán. Fuente: (Bronkhorst, 2018)

Este instrumento es utilizado para medir agua potable y residual, en las partes electrónicas de este instrumento no tiene ningún inconveniente en trabajar con agua ya que cuentan con protección IP65. La ventaja de este sensor de caudal son sus conexiones eléctricas, como se observa en la Tabla 2.2 porque se puede tener salidas de corriente de 4-20 mA con un voltaje de 10-30 Vdc, esto permite que el control para medir el caudal tenga menos error al momento de presentar los resultados. (Bronkhorst, 2018)

Tabla 2.2. Características de las Conexiones Eléctricas

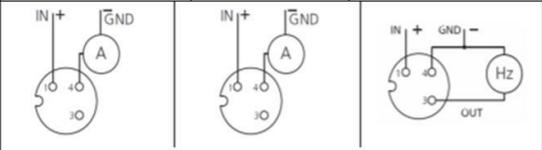
	Análogo		Pulso
	Modelos AD	Modelo A	Modelo P
Salida	4...20mA	4...20mA	Señal de Pulso Cuadrada
Fuente de Alimentación	10...30 Vdc	8...33 Vdc	4.75...33 Vdc
Carga	$< (U_{in}-10V) / 20 \text{ mA}$	$< (U_{in}-8V) / 20 \text{ mA}$	$< 1 \text{ mA}$
Consumo de Corriente			$< 2 \text{ mA}$
Tipo de Conexión	M12 x 1	M12 x 1	M12 x 1
Montaje			
	<p>Pin Color</p> <p>1 Café</p> <p>2 Azul</p> <p>3 Negro</p>		

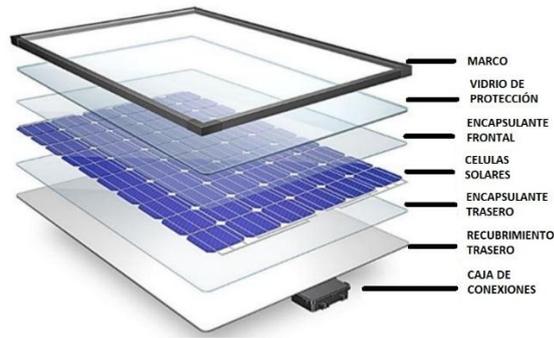
Tabla de las especificaciones de las conexiones del sensor vórtex modelo LVB-25
Fuente: (Bronkhorst, 2018)

2.5 Fuente de Energía Panel Solar

Mediante componentes eléctricos, electrónicos y algunos mecánicos podemos conseguir una forma de energía independiente autosustentable y que se lo realiza mediante el conjunto de estos componentes, lo que hace este conjunto es dar paso a un panel solar que transforma la energía proporcionada por el sol en energía eléctrica, esto hace mediante un efecto llamado fotoeléctrico que se da cuando tenemos una corriente eléctrica en materiales que se logran iluminar por la radiación electromagnética. (Falk, Dürschner , & Remmers, 2006)

Estos sistemas o conjuntos consisten en celdas fotovoltaicas, reguladores de carga y baterías. Toda la energía que se logra obtener por radiación solar se la puede almacenar en baterías y el sistema de control se alimenta de esta por medio del regulador de carga. Esta es una forma de energía limpia y renovable. Las partes de un panel solar se describen en la Figura 2.4. (Fernandez, 2010)

Figura 2.4. Fuente fotovoltaica



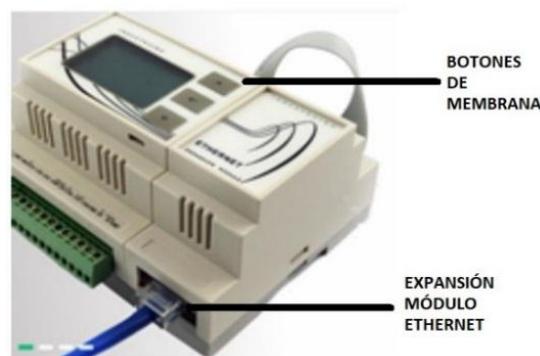
Despiece de un Panel Solar Fotovoltaico. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

2.6 Industruino

Cuando hablamos de Arduino industrial sale a la vista el Industruino ya que este puede utilizar voltajes de 0 V – 10 V, su rango de corriente va de 4 mA hasta los 20 mA, pero en las salidas y entradas que son de tipo relé, y se los puede manejar a conveniencia del usuario.

Sus características como memoria flash 32 KB (32u4) / 128 KB (1286), memoria SRAM 2.5 KB, memoria EEPROM 1 KB, compatible con la IDE de Arduino y puerto USB de programación, posee un microcontrolador de 32u4, caja para montar en carril DIN, está compuesta por una pantalla (LCD) Liquid Cristal Display retroiluminado de 128x64 pixeles y un panel superior de botones de membrana como se observa en la Figura 2.5. Este instrumento nos da la facilidad de usar el software Arduino para su programación. (Industruino, 2015)

Figura 2.5. PLC Industruino



Industruino con el módulo ethernet. Fuente: (Industruino, 2015)

2.7 El internet de las cosas (IoT)

Es un sistema que permite la interconexión y la transferencia de datos al ciberespacio mediante equipos de computación, la interacción del ser humano a las computadoras ya no es necesaria. Se ha logrado un crecimiento de estos equipos móviles que se llegó a tener 12,5 millones de equipos conectados al ciberespacio, si bien la humanidad aumento su número a 7000 millones de personas, se puede ver que el número de quipos por persona conectados es mucho más alto que 1 para ser exactos el 1.84 por primera vez. (Evans, 2011)

2.7.1 Un servicio en la nube

Mediante ventajas como facilidad en cuanto al uso, no es necesario el mantenimiento, seguridad, y ahorro en la inversión de un software o hardware o los dos; este servicio lo que permite es que no se instala ningún software para su uso, sino que mediante el ciberespacio se puede acceder. (GeekLand, 2016)

Ubidots es un ejemplo de este servicio que mediante la activación de una cuenta se accede a una plataforma donde se puede administrar, visualizar, enviar, adquirir, monitorear los datos tanto de sensores como actuadores en tiempo real, también da la facilidad de crear aplicaciones para los diferentes proyectos, la ubicación de almacenamiento no es conocida. (Ubidots, 2014)

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL

El presente capítulo describe el diseño de software y hardware para la medición caudal. Se va a especificar la ubicación de cada elemento de control y potencia utilizados para el proyecto de titulación.

3.1 Diseño del proceso

El sistema de medición se inicia al circular agua por la tubería de 1 pulgada, pasando por un caudalímetro tipo Vórtex, la salida será en litros/minuto y el volumen en litros, estos datos serán enviados al (PLC) Programmable Logic Controller para obtener una lectura de corriente.

Figura 3.1. Sistema medición de caudal

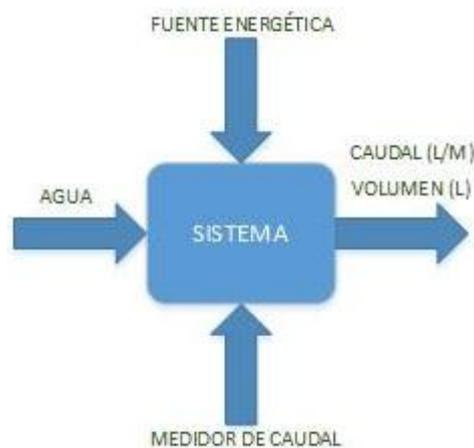


Diagrama sistema de medición de caudal. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.2 Diagrama de bloques del sistema de medición de caudal

Este proceso se describe un diagrama en bloques de la medición de caudal como se observa en la Figura 3.2, el agua ingresa por la tubería de 1 pulgada donde se encuentra un medidor tipo Vórtex, realizando una lectura mediante un algoritmo implementado en el PLC Industuino, este valor es enviado por GPRS (General Packet Radio Service) hacia un servicio en la nube y la visualización en una página web de dicha variable.

Figura 3.2. Diagrama de bloques medición de caudal

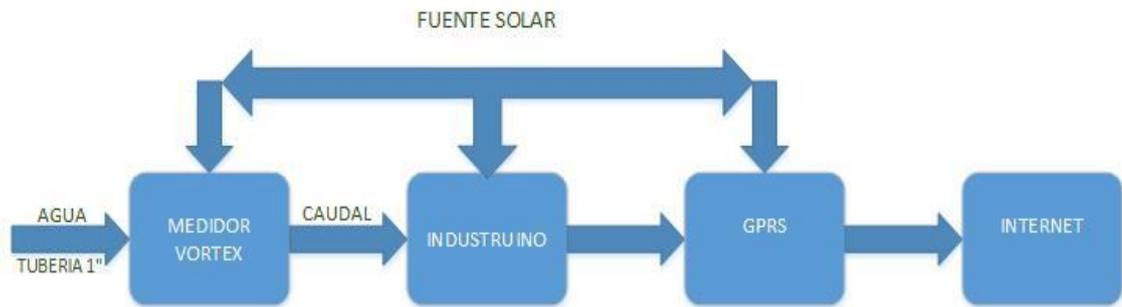
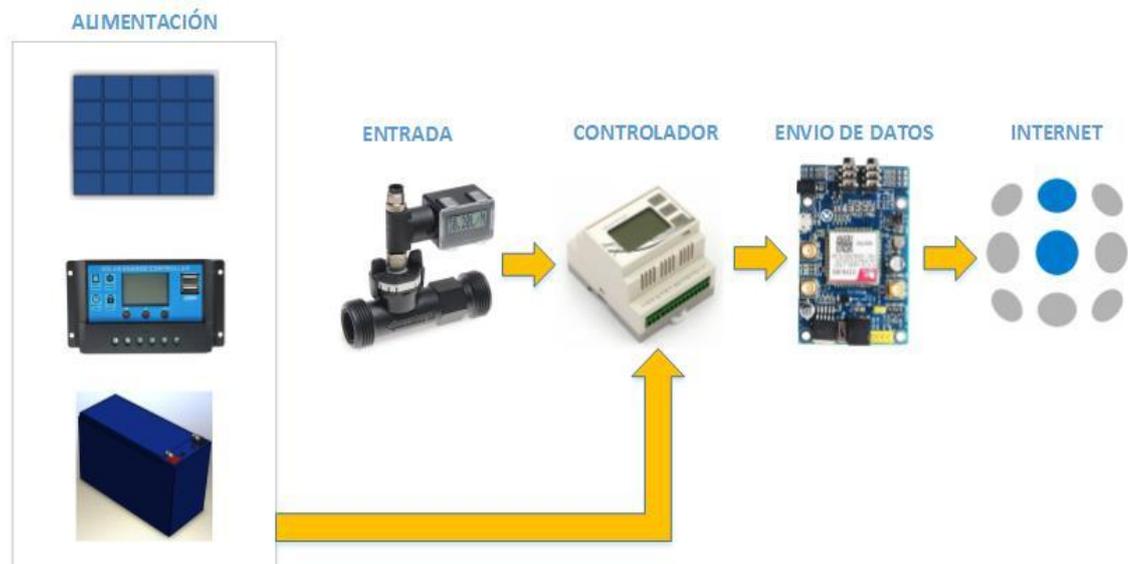


Diagrama de bloques medición de caudal. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.3 Diseño del sistema de medición por Vórtex

El diseño del sistema de medición por Vórtex consta de varios procesos que incluyen: una fuente de alimentación por medio de un panel solar para la etapa de control y potencia, la adquisición de datos se lo realiza mediante un caudalímetro tipo vórtex, el Industruino lee el dato analógico de 4-20 mA, finalmente el dato del caudal y volumen son enviados hacia un servicio en la nube mediante un módulo Shield GSM/GPRS/GPS Sim808 como se lo observa en la Figura 3.3.

Figura 3.3. Diseño del sistema de medición por Vórtex



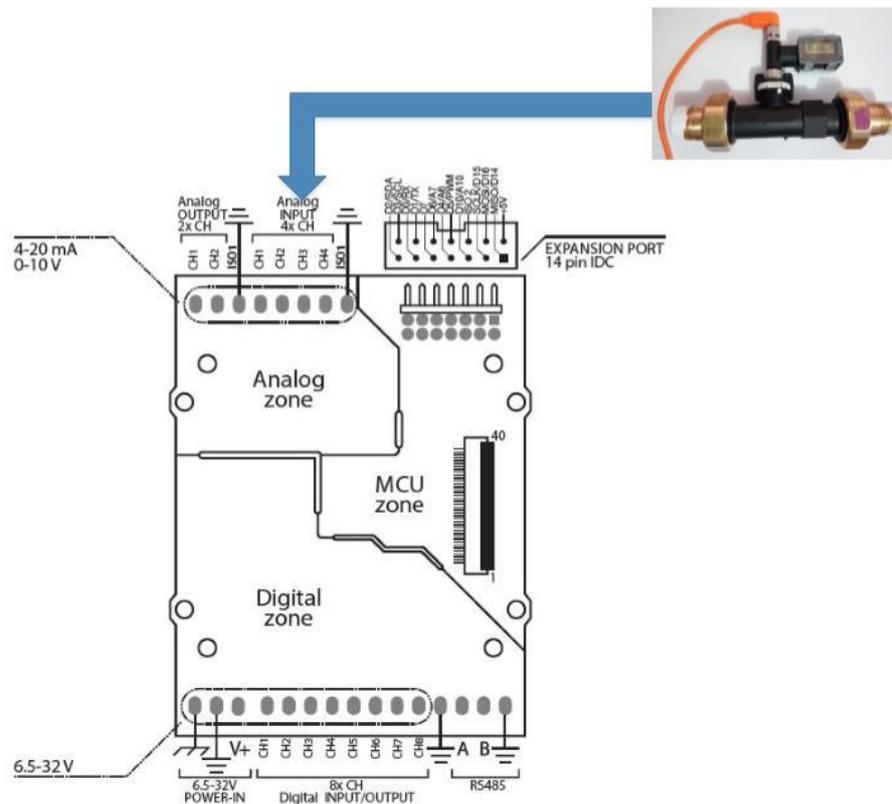
Diseño de bloques para la medición por Vórtex. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.4 Conexión entre Industruino y Caudalímetro

Como se puede observar en la Figura 3.4, la conexión del caudalímetro se lo realiza en la entrada analógica (CH3) del PLC debido a que este canal puede leer valores que

van desde los 4 a 20 mA, para la salida del caudalímetro que posee una salida de corriente. (Industruino, 2015)

Figura 3.4. Industruino



Conexión entre el Industruino y caudalímetro. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.5 Módulo de transmisión GSM/GPRS/GPS Sim808

Para la programación del PLC Industruino se utiliza el puerto serial 1 y el módulo SIM808 lo realiza por el puerto serial 2, de tal manera se utiliza el puerto de expansión del Industruino permitiendo la conexión entre ambos dispositivos a través de los pines RX(D5) y TX(D10). Para que los datos del caudal sean enviados al Internet debemos escoger una APN (Access Point Name) dependiendo la operadora que se vaya a utilizar, por la cobertura que existe en la comunidad de Paquiestancia se elige la operadora CNT, con la APN internet3gsp.alegro.net.ec.

Donde:

P =Potencia Nominal[W]

V =Voltaje DC[V]

I =Corriente[A]

En la Tabla 3.1 se muestran los valores de Potencia Nominal con el tiempo al que va a estar funcionando la estación en la comunidad de Paquiestancia, obteniendo el valor de la energía diaria consumida en unidades Vatio/Hora.

$$E = P \times H$$

Ec. (3.2)

Donde:

E =Potencia Diaria Consumida[W/H]

P =Potencia Nominal[W]

H =Tiempo de funcionamiento [H]

Con los datos obtenidos en la Tabla 3.1 se conoce que la energía diaria consumida por la estación es 44.16 W/H, finalmente se puede encontrar el valor Total de Energía afín a las características de la batería a dimensionar. (Caluña & Jordan, 2017)

$$E = \frac{\text{Energía Diaria Consumida}}{n}$$

Ec. (3.3)

$$E = \frac{44.16}{0.95}$$

$$E = 46.48 \text{ W}$$

Tabla 3.1. Valores de energía que consume sistema

Dispositivo	Cantidad	Voltaje de Operación (V)	Corriente de consumo (A)	Potencia nominal (W)	Tiempo de Operación (H)	Energía diaria (W/H)
Convertidor Buck DC-DC	2	12	0,05	0,06	24	1,44
Caudalímetro	1	10	0,02	0,75	24	18
PLC Industriano	1	12	0,08	0,96	24	23,04
Sim 808	1	5	0,02	0,07	24	1,68
total						44,16

Descripción de la energía que consume los componentes en la estación, Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.6.2 Potencia requerida para el panel fotovoltaico

Una vez que se determina la energía total mediante la ecuación 3.3, se puede saber el número de paneles necesarios para la alimentación de la estación, teniendo en cuenta el dimensionamiento de este. (Caluña & Jordan, 2017)

$$NT = \frac{ET}{Pp \times hps \times Fg}$$

Ec. (3.4)

Donde:

ET = Energía Total Consumida es el parámetro de consumo total de carga

Fg = Factor Global de Pérdidas (Rango 0.65 - 0.90)

Pp = Potencia pico del panel solar (50W)

Se tomó en cuenta la energía total que es de 46.48 W, consideramos un factor global de perdidas 0.9 obteniendo $NT = 0.21$ (21%), determinando que con la mitad de capacidad del panel cubre la demanda de energía en la estación.

En la Figura 3.6 se muestra la ubicación del panel solar en la estación, la misma que es autoajutable dependiendo el lugar donde se instale la estación en caso de que se requiera tener mayor cantidad de incidencia de luz para la etapa de control y etapa de potencia en la estación.

Figura 3.6. Ubicación del panel solar en la estación



Ubicación del panel solar utilizado en el proyecto. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.6.3 Dimensionamiento de las baterías

Una vez definido el panel solar se realiza el dimensionamiento de la batería para el almacenamiento de la energía solar en la estación. Sabemos que la energía consumida del sistema es de 46.48 W/H de la Ec. (3.3).

Posteriormente se procede a dividir el valor de la energía del sistema por la tensión de la batería en amperios hora (A/h).

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{46.48}{12} = 3.87 \text{ A/h}$$

En el caso de la estación de medición de caudal, estandarizaremos el valor de la batería a utilizar la cual es de 12 V - 7 (A/h) para prolongar su funcionamiento, como se observa en la Figura 3.7.

Figura 3.7. Ubicación de la batería en la estación



Ubicación de la batería utilizada (12 V – 7 A/h) en la estación. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.6.4 Regulador de Carga

Para la selección del regulador carga se toma en cuenta los valores obtenidos anteriormente tanto del panel solar 50 W Ec. (3.3) y capacidad de la batería 12 - 7 A/h. En la Ec. (3.5) se muestra la ecuación matemática que nos permite saber cuál es la capacidad óptima para el regulador. (Caluña & Jordan, 2017)

$$I_{reg} = \frac{P_{max}}{V_{bat}}$$

Ec. (3.5)

Donde:

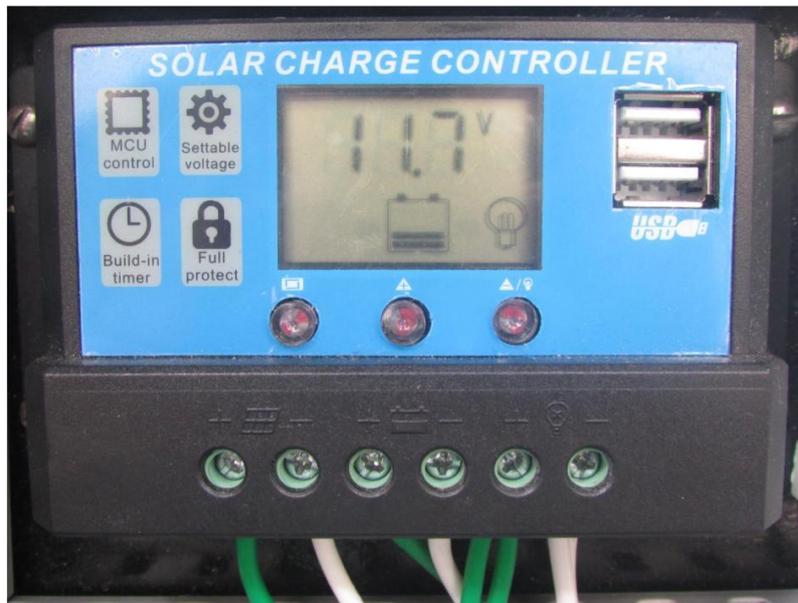
I_{reg} = Corriente total requerida del sistema

P_{max} = Potencia máxima del panel solar

V_{bat} = Voltaje de la batería

La corriente que necesita la estación es de 4.16 A, en este caso se selecciona un controlador de 20 A, debido a que es un estándar más cercano. En la Figura 3.8 se muestra el regulador de carga seleccionado CM20K- 20 A con sus respectivas características.

Figura 3.8. Regulador de carga CM20K



Regulador de carga CM20K-10A 12/24 V utilizado en el proyecto con sus respectivas características. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

Tabla 3.2. Características del Controlador de Carga

CARACTERISTICAS	RANGO
Voltaje de la batería:	12V / 24V
Corriente de carga:	20A
Corriente de descarga:	20A
Temperatura de trabajo:	35 °C a + 60 °C
Carga de flotación:	13V
Parada de descarga:	10.7V
Reconexión de descarga:	12.6V
pantalla LED:	133 x 70 x 32 mm
Carga de la batería:	PWM

Descripción de los componentes en el controlador de carga Cm20k. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.7 Aplicación para dispositivo móvil con visualización de datos de caudal

En la Figura 3.9 se muestra una *app* para un dispositivo móvil desarrollado en Appinventor donde se puede verificar el consumo de agua de la parcela, los datos a

visualizar son: caudal (litros/min), consumo mensual (litros), datos históricos del caudal (fecha de apertura y cierre de la llave), gráficas del caudal (litros/min), caudal promedio (litros/min).

Figura 3.9. Aplicación para dispositivo móvil



Aplicación desarrollada en Appinventor para la medición de caudal. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.8 Estructura metálica

La estación posee una estructura metálica con tubos de acero rectangulares galvanizado y pintura anticorrosiva, estos tienen una dimensión de 4x4 cm con 2 mm de espesor. En la Figura 3.10 se muestra las bases regulables para la adecuación en cualquier tipo de terreno.

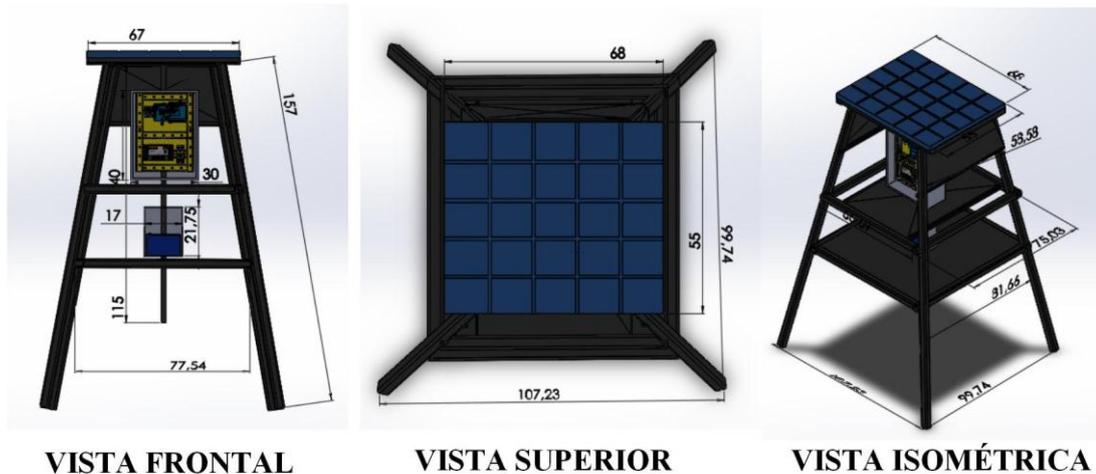
Figura 3.10. Estructura metálica con estacas



Estructura metálica con estacas para la regulación en terrenos inclinados. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Figura 3.11 se indica las dimensiones en centímetros de toda la estación desarrollado con el software Solidwork, el cual consta en la parte superior con el panel solar, en la parte central se ubica el tablero de control, en la parte inferior se observa la batería.

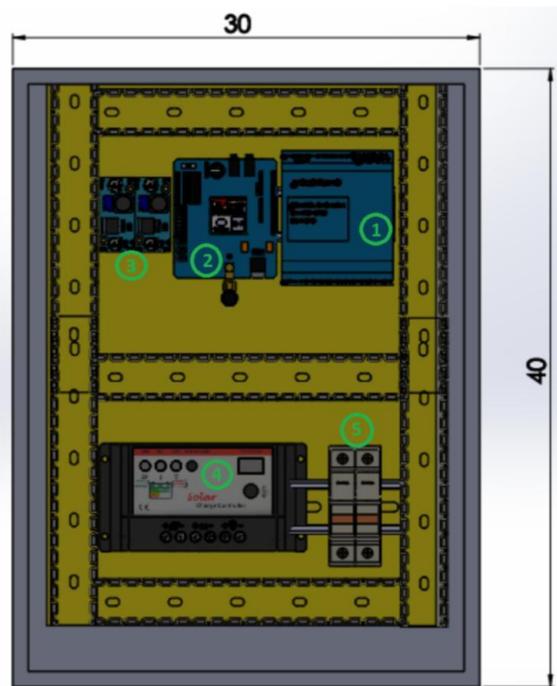
Figura 3.11. Vistas de la estación con sus respectivas cotas (cm)



Vista frontal, vista superior y vista isométrica de la estación (medidas en cm). Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

La caja de control tiene dimensiones 30x40 cm, internamente contiene la etapa de control: 1 PLC Industruino D21G, 2 convertores Buck DC-DC LM2596S, 1 módulo GSM/GPRS/GPS Sim808. En la etapa de potencia posee: 1 regulador de carga CM20K (12 V – 20A), 2 portafusibles para las etapas respectivamente.

Figura 3.12. Componentes del Tablero de Control



Tablero de control 30x40 cm con sus componentes. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

Tabla 3.3. Características del Controlador de Carga

TABLERO DE CONTROL
1. PLC Industruino D21G
2. Módulo Sim 808
3. Conversor Buck
4. Regulador de Carga Cm20K
5. Protección Fusibles

Descripción de la energía que consume los componentes en la estación, Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.9 Diseño de acoples en el Caudalímetro tipo Vórtex

Para un buen funcionamiento del caudalímetro tipo Vórtex se diseñan acoples de cobre hembra-macho de 1 pulgada, de tal forma no exista pérdidas de agua por las entradas

de la tubería y salidas de esta, adicional se ubica acoples de caucho dentro los acoples de cobre para mejorar el sistema de caudal como se visualiza en la Figura 3.13.

Figura 3.13. Acoples de cobre para el Caudalímetro

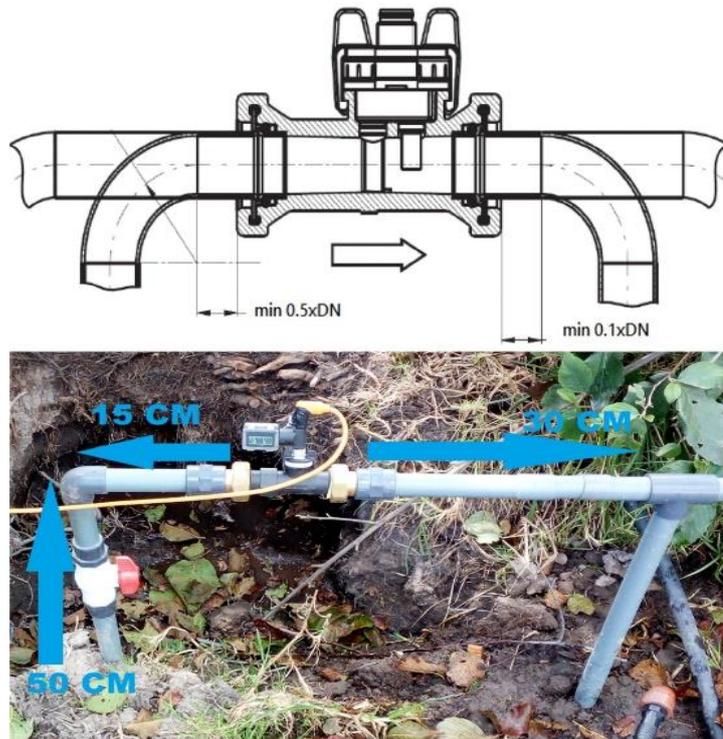


Acoples de cobre y acoples de caucho para tubería de 1 pulgada. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.10 Ubicación del Caudalímetro en tubería de 1 pulgada

La ubicación del sensor deber ser de forma horizontal y por encima del suelo, por tal motivo se lo ubica a 50 cm del suelo con 15 cm de distancia de la entrada de los acoples del caudalímetro y así evitar algún inconveniente de medición de caudal, en la Figura 3.14 se puede observar la ubicación correcta del caudalímetro tomando en cuenta el manual de usuario proporcionado por la Empresa DirectIndustry fabricante del sensor de caudal.

Figura 3.14. Ubicación del sensor en tubería de 1 pulgada



Ubicación correcta del sensor sobre el suelo. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.11 Programación Industruino D21G

Para la medición de caudal se procede a realizar un algoritmo en el PLC Industruino D21G como se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 3.13. En la primera parte se define las librerías y se declara las variables, se establece la velocidad del puerto serial (115200) para que se pueda comunicar con el Sim 808, se declara las entradas analógicas del PLC para la conexión del caudalímetro LVB-25, en este caso usamos el Ch3 ya que esta entrada permite leer datos de corriente de 4 a 20 mA.

Figura 3.15. Diagrama de flujo para la medición de caudal

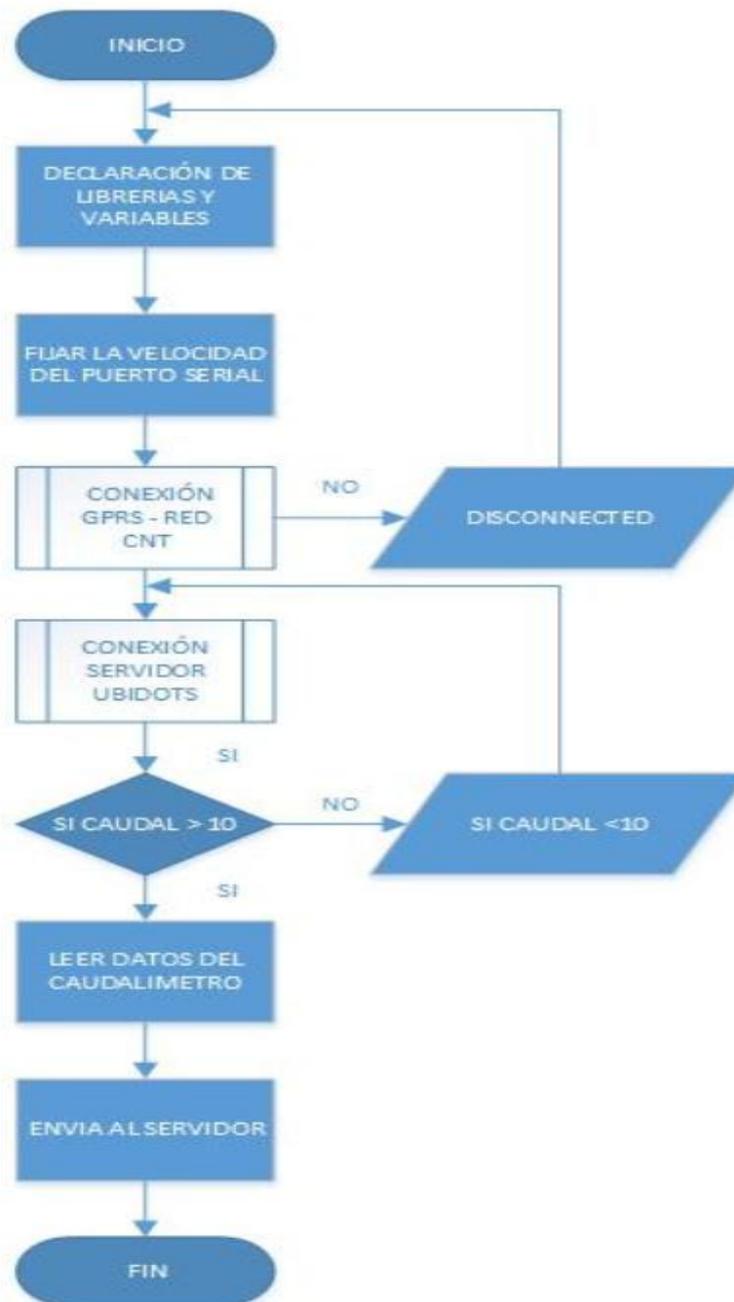
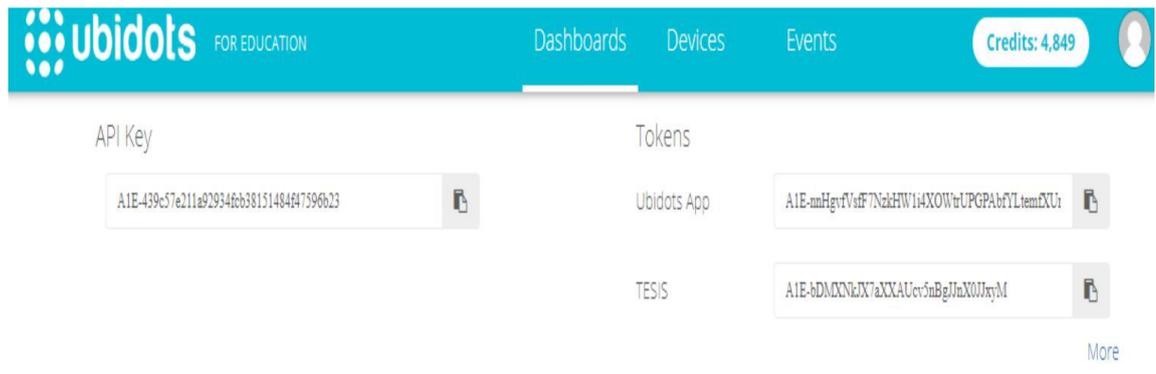


Diagrama de flujo para la medición de caudal PLC Industruino. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto.

3.11.1 Desarrollo de un servicio en la nube

Los datos son enviados vía GPRS por el Sim 808 hacia el servicio en la nube Ubidots, este almacena y visualiza los datos mediante graficas en una página web. En la página www.ubidots.com se crea un usuario y contraseña, al crear una variable se obtienen un TOKEN para ingresar al API de Ubidots como se observa en la Figura 3.14.

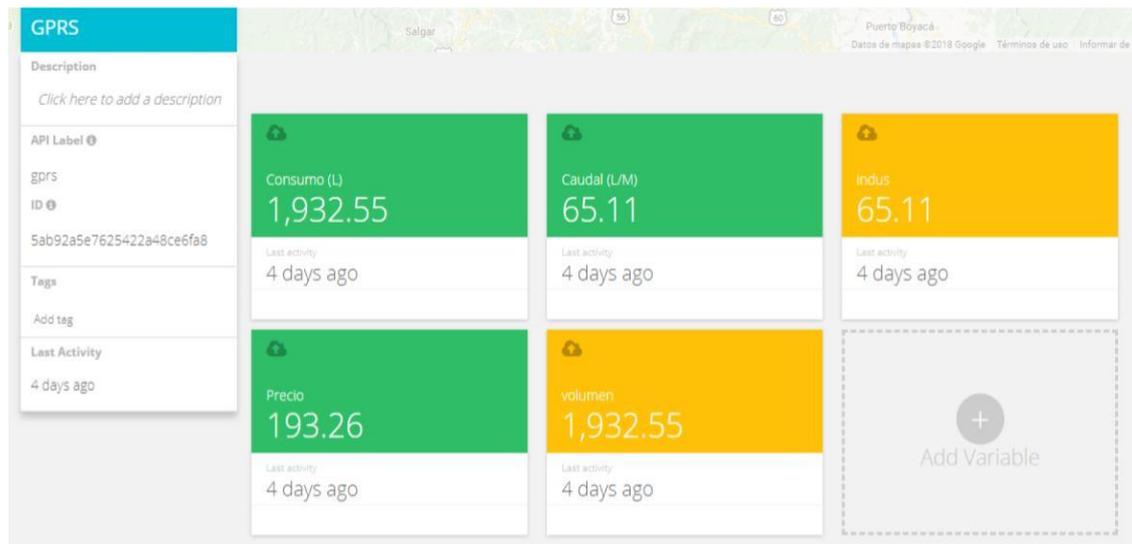
Figura 3.16. Creación del TOKEN en Ubidots



Credenciales API y creación del TOKEN página Ubidots. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Figura 3.15 se observa las variables que intervienen en la estación de medición de caudal, con la variable indus el caudal (litros/min), con la variable volumen los litros totales que pasan por el caudalímetro LVB-25.

Figura 3.17. Variables para la medición de caudal



Variables creadas en Ubidots para la medición de caudal mediante el caudalímetro LVB-25. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.11.2 Configuración de alertas en Ubidots

La plataforma Ubidots permite enviar alertas cuando empieza a circular agua y cuando no circule la misma a través del caudalímetro LVB-25, esto mediante un correo electrónico como se observa en la Figura 3.16, de esta manera se optimiza la información del consumo de agua. Para que las alertas sean enviadas, por el

caudalímetro debe pasar un caudal mayor 9 litros/min y este envía un correo a la dirección asignada ejemplo, correo: jgualoto@est.ups.edu.ec, alerta: apertura de llave de agua Comunidad Paquiestancia. Cuando el caudal es igual a 0 (litros/min) envía otra alerta, por ejemplo, correo: jgualoto@est.ups.edu.ec, alerta: cierre de llave de agua Comunidad de Paquiestancia.

Figura 3.18. Alertas por correo electrónico



Envío de alertas por correo electrónico si el caudal > 9 y si el caudal es < 9 (caudalímetro LVB-25).

Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

3.11.3 Visualización de datos en la página web

Para la visualización de los datos de caudal se crea una página web desarrollada en WordPress usando plantillas y plugins que facilitan el desarrollo. De esta manera se adquiere un dominio y un hosting, para que el público en general pueda visualizar el consumo de caudal de la parcela desde cualquier lugar en el que se encuentre, en la Figura 3.17 se observa el dominio a utilizarse para la medición de caudal.

Figura 3.19. Selección de Hosting



The image shows a web hosting control panel interface. At the top, there is a logo for 'México' featuring a stylized face with orange hair and green sunglasses. Below the logo, the heading 'My Account' is displayed. Underneath, there are two input fields: 'Nombre de usuario o n.º de cliente' with the value 'JuanGualoto' and 'Contraseña' with a masked password '.....'. Both fields have a 'Lo olvidé' link to the right. Below the login section, there is a section titled 'Los dominios de mis sitios' with the text 'controldecaudalups.com | 198.71.233.214 | Norteamérica'. Under this section, there is a 'Dominios' heading and a table listing the domain 'controldecaudalups.com' with the status 'Primario'.

Selección de hosting para la página web control de caudal. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

El siguiente paso es ver la disponibilidad del nombre del sitio web, en este caso el dominio disponible es www.controldecaudalups.com.

Para la visualizar los datos en la página web, se usa el código embebido proporcionado por la plataforma Ubidots en la opción de compartir. En la Figura 3.18 se observa como compartir el código de la plataforma Ubidots para que se visualice en la página web respectivamente.

Figura 3.20. Código Embebido plataforma Ubidots

HISTORIALES

Caudal (LITROS/MIN)

Date	Caudal (L/M)
July 28 2018 at 21:43:15	65.11
July 28 2018 at 21:41:23	64.85
July 28 2018 at 21:39:56	62.91
July 28 2018 at 21:38:49	67.41
July 28 2018 at 21:36:55	65.62
July 28 2018 at 21:34:41	56.27
July 28 2018 at 21:33:19	65.46

Incrustar: agregue el siguiente fragmento a su HTML

```
</> <iframe width="430" height="280" frameborder="0" src="https://app.ubidots.com/ubi/t
```

Código embebido plataforma Ubidots para visualización en la página webElaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDAL

En el presente capítulo se muestra la estación de medición de caudal sometida a pruebas ubicada en la Comunidad de Paquiestancia, se verifica que la transmisión de datos sea la correcta hacia un servidor en la nube con su respectiva visualización en la app mediante un dispositivo móvil, así como en la página web.

4.1 Estación de medición de caudal

En la Figura 4.1 se observa la estación finalizada con todos sus componentes necesarios para realizar la medición de caudal. En la parte superior se encuentra el panel solar, en la parte central se ubica el tablero de control, en la parte inferior se ubica la batería. Por último, se ubica el caudalímetro LVB-25 en la tubería de 1 pulgada en la parcela de la Comunidad de Paquiestancia.

Figura 4.1. Ubicación de la estación de medición de caudal

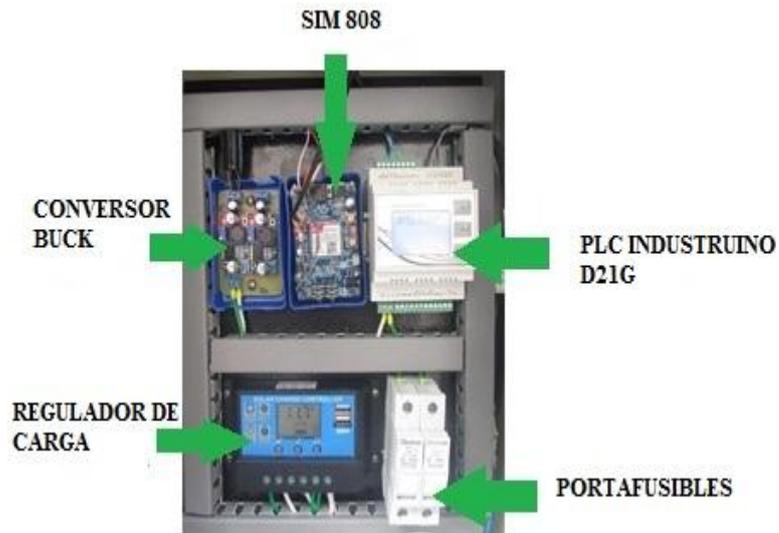


Ubicación de la estación de medición de caudal Comunidad Paquiestancia. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.2 Ubicación de componentes en el tablero de control

En la Figura. 4.2 se observa el tablero de control el cual consta de una caja de protección IP57, 2 conversores Buck DC-DC LM2596S, 1 modulo Sim 808, 1 PLC Industriuno, 1 regulador de carga CM20K, 2 Portafusibles de 4 A.

Figura 4.2. Tablero de Control

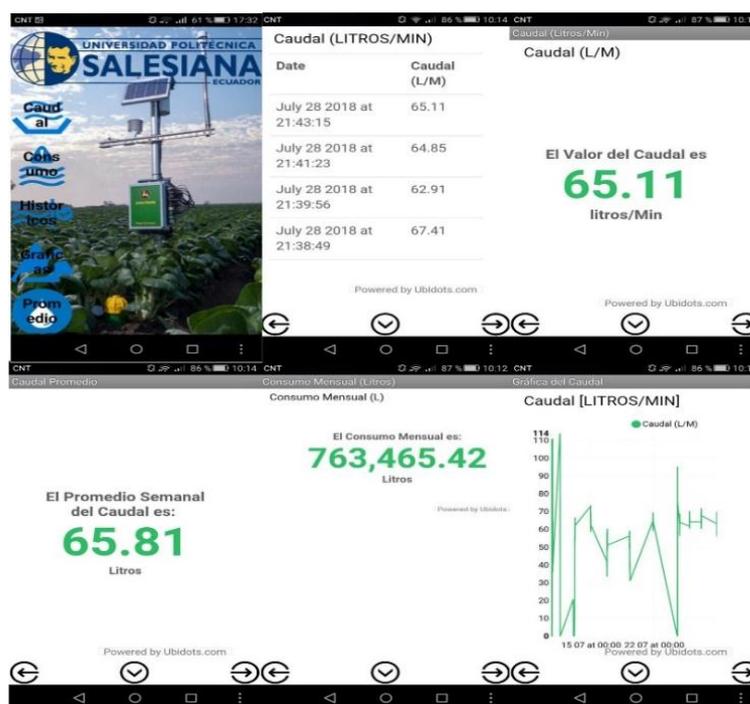


Ubicación de los componentes en el tablero de control. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.3 Visualización de datos en la app mediante un dispositivo móvil

En la Figura 4.3 se muestra la *app* la cual permite visualizar los datos del caudal, en la aplicación existe botones de caudal, consumo, históricos, gráficas y promedio. Dependiendo de la información que el usuario requiera verificar con los datos mencionados anteriormente.

Figura 4.3. Visualización de datos en la app



Visualización de datos de caudal mediante la app. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.4 Visualización de datos mediante una página web

La página web se lo realiza para visualizar los datos de la estación de medición de caudal, se debe ingresar en el navegador con la siguiente dirección www.controldecaudalups.com. En la Figura 4.4 se muestra información de los autores del proyecto de titulación, conceptos fundamentales de los componentes que intervienen en la estación.

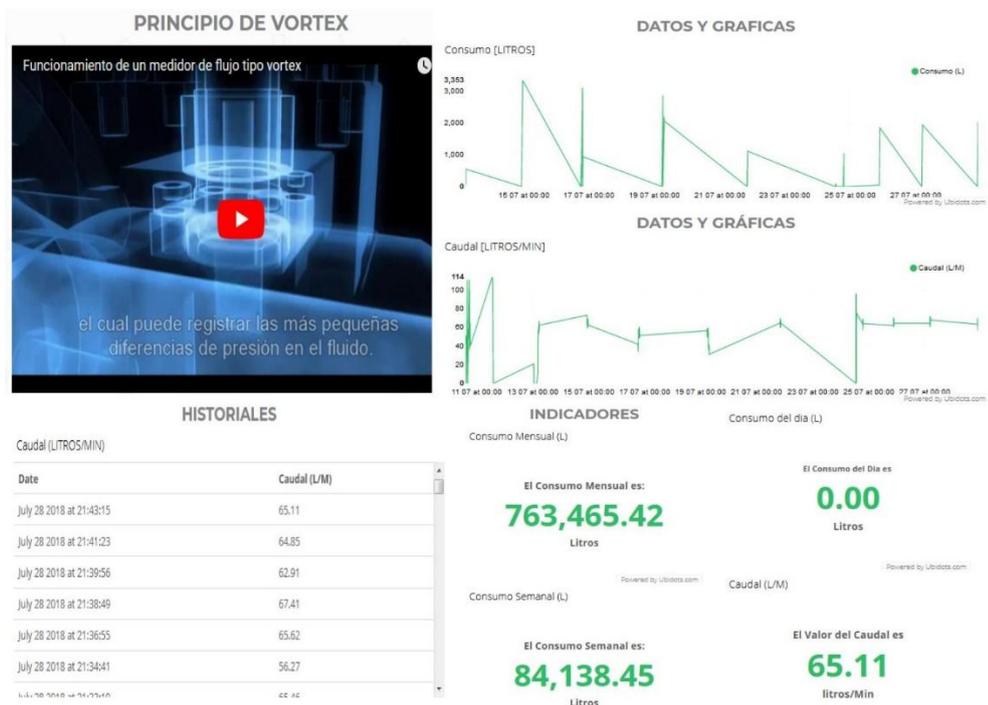
Figura 4.4. Página web desarrollada



Visualización de la página web controldecaudalups.com. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Figura 4.5 se observa el icono de un video el cual habla sobre el principio Vórtex del caudalímetro, los datos que se visualizan son al momento que circula agua por la tubería de 1 pulgada, podemos verificar el consumo mensual, las gráficas correspondientes al consumo y al caudal, mediante los indicadores se detalla el caudal promedio de la semanal y datos históricos de las horas de apertura de llave de agua.

Figura 4.5. Visualización de datos en la página web



Visualización de datos, gráficas e indicadores de caudal en la página web. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.5 Reportes de la plataforma Ubidots

Se realizan pruebas en la estación de medición de caudal transmitiendo datos del caudalímetro al servicio en la nube, Ubidots permite descargar un archivo de datos de caudal con la extensión CSV (Comma Separated Value) de Excel. En la Tabla 4.1 se muestra los datos obtenidos como: Fecha, hora y caudal (litros/m).

Tabla 4.1. Visualización de datos descargados desde la plataforma Ubidots

	A	B	C	D	E	F
1	FECHA- HORA	CAUDAL (L/M)	FECHA- HORA	CAUDAL (L/M)	FECHA- HORA	CAUDAL (L/M)
2	28/07/2018 21:43	65,11	27/07/2018 4:41	66,33	25/07/2018 21:26	64,13
3	28/07/2018 21:41	64,85	27/07/2018 4:40	69,04	25/07/2018 21:25	64,54
4	28/07/2018 21:39	62,91	27/07/2018 4:39	65,77	25/07/2018 21:24	63,42
5	28/07/2018 21:38	67,41	27/07/2018 4:38	64,85	25/07/2018 21:24	66,23
6	28/07/2018 21:36	65,62	27/07/2018 4:35	72,06	25/07/2018 21:23	62,7
7	28/07/2018 21:34	56,27	27/07/2018 4:33	65,41	25/07/2018 21:22	68,84
8	28/07/2018 21:33	65,46	27/07/2018 4:32	70,63	25/07/2018 21:21	64,85
9	28/07/2018 21:32	70,06	27/07/2018 4:31	65,21	25/07/2018 21:20	63,72
10	28/07/2018 21:31	67,55	27/07/2018 4:31	66,28	25/07/2018 21:18	66,23
11	28/07/2018 21:29	67,36	27/07/2018 4:30	71,59	25/07/2018 21:16	69,19
12	28/07/2018 21:28	66,39	27/07/2018 4:28	60,51	25/07/2018 21:15	70,12
13	28/07/2018 21:26	63,88	27/07/2018 4:27	65,87	25/07/2018 21:14	61,94
14	28/07/2018 21:25	66,79	27/07/2018 4:26	63,88	24/07/2018 19:11	64,09
15	28/07/2018 21:25	63,06	27/07/2018 4:25	70,06	24/07/2018 19:10	68,94
16	28/07/2018 21:23	67,26	27/07/2018 4:24	64,19	24/07/2018 19:10	61,89
17	28/07/2018 21:22	64,09	27/07/2018 4:24	68,02	24/07/2018 19:09	65,52
18	28/07/2018 21:20	65	27/07/2018 4:23	64,29	24/07/2018 19:08	62,35
19	28/07/2018 21:20	64,09	25/07/2018 21:42	64,34	24/07/2018 19:07	63,26
20	28/07/2018 21:19	63,57	25/07/2018 21:41	66,89	24/07/2018 19:07	62,81
21	28/07/2018 21:18	61,12	25/07/2018 21:40	63,72	24/07/2018 19:06	61,48
22	28/07/2018 21:17	68,73	25/07/2018 21:40	68,42	24/07/2018 19:05	65,46
23	28/07/2018 21:17	67,3	25/07/2018 21:38	62,45	24/07/2018 19:03	64,03
24	28/07/2018 21:15	64,85	25/07/2018 21:36	63,62	24/07/2018 19:02	62,5
25	28/07/2018 21:15	69,45	25/07/2018 21:35	60,55	24/07/2018 19:00	61,38
26	28/07/2018 21:14	63,93	25/07/2018 21:34	68,38	24/07/2018 19:00	65,46
27	28/07/2018 21:13	63,37	25/07/2018 21:34	64,49	24/07/2018 18:59	66,12
28	27/07/2018 4:51	67,86	25/07/2018 21:33	62,19	24/07/2018 18:58	62,55
29	27/07/2018 4:51	70,93	25/07/2018 21:32	62,85	24/07/2018 18:57	65,26
30	27/07/2018 4:50	63,37	25/07/2018 21:31	66,79	24/07/2018 18:56	63,16
31	27/07/2018 4:50	65,52	25/07/2018 21:30	68,99	24/07/2018 18:54	63,78
32	27/07/2018 4:47	66,74	25/07/2018 21:30	62,25	24/07/2018 18:53	59,59
33	27/07/2018 4:45	61,73	25/07/2018 21:28	61,63	24/07/2018 18:52	64,13

Visualización de datos generados en SCV, desde el servicio en la nube
Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.6 Validación de datos

Para validar los datos obtenidos por la estación de medición de caudal, se procede a utilizar el método volumétrico en el cual consiste ver la cantidad de agua que pasa por la tubería en 1 minuto, en este caso se utiliza un recipiente de 60 litros para la verificación de estos datos como se lo puede visualizar en la Figura 4.6.

Figura 4.6. Recipiente para la utilización del método volumétrico



Obtención de datos mediante el método volumétrico comunidad Paquiestancia. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Tabla 4.2 se puede ver los valores obtenidos durante 1 minutos a través de la tubería de 1 pulgada en este caso se procedió a tomar 4 muestras respectivamente.

Tabla 4.2. Obtención de datos mediante el método volumétrico

Nº	Método Volumétrico	
	Volumen	Tiempo
1	60 Litros	35,22 segundos
2	60 Litros	33,79 segundos
3	60 Litros	34,40 segundos
4	60 Litros	34,70 segundos

Tabla de obtención de datos durante 1 minuto, método volumétrico. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Tabla 4.3 se muestra la obtención de datos de caudal volumétrico en litros/segundo, al pasar agua por la tubería de 1 pulgada en 1 minuto.

Tabla 4.3. Obtención de datos en (litros/segundos) método volumétrico

Nº	Caudal Método Volumétrico
1	1,7035 Litros/segundos
2	1,7726 Litros/segundos
3	1,7441 Litros/segundos
4	1,7291 Litros/segundos

Tabla de obtención de datos durante 1 minuto, método volumétrico
Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

A continuación, procedemos a realizar la medición del caudalímetro durante 1 minuto para determinar cuánta agua pasó por la tubería de 1 pulgada y así poder ver su valor de caudal. En la Tabla 4.4 se observa los valores mínimos y máximos que pasan por el caudalímetro.

Tabla 4.4. Obtención de datos mediante el caudalímetro

Nº	Caudalímetro	
	Rango de Funcionamiento	Promedio
1	93 - 96 (Litros/minuto)	94,5 Litros/minuto
2	90 - 95 (Litros/minuto)	92,5 Litros/minuto
3	93 - 98 (Litros/minuto)	95,5 Litros/minuto
4	91 - 101 (Litros/minuto)	96 Litros/minuto

Tabla de obtención de datos durante 1 minuto, caudalímetro LVB-25
Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

De la misma manera se procede a realizar el método volumétrico en el caudalímetro obteniendo de esta manera el valor del caudal en litros/min como se observa en la Tabla 4.5.

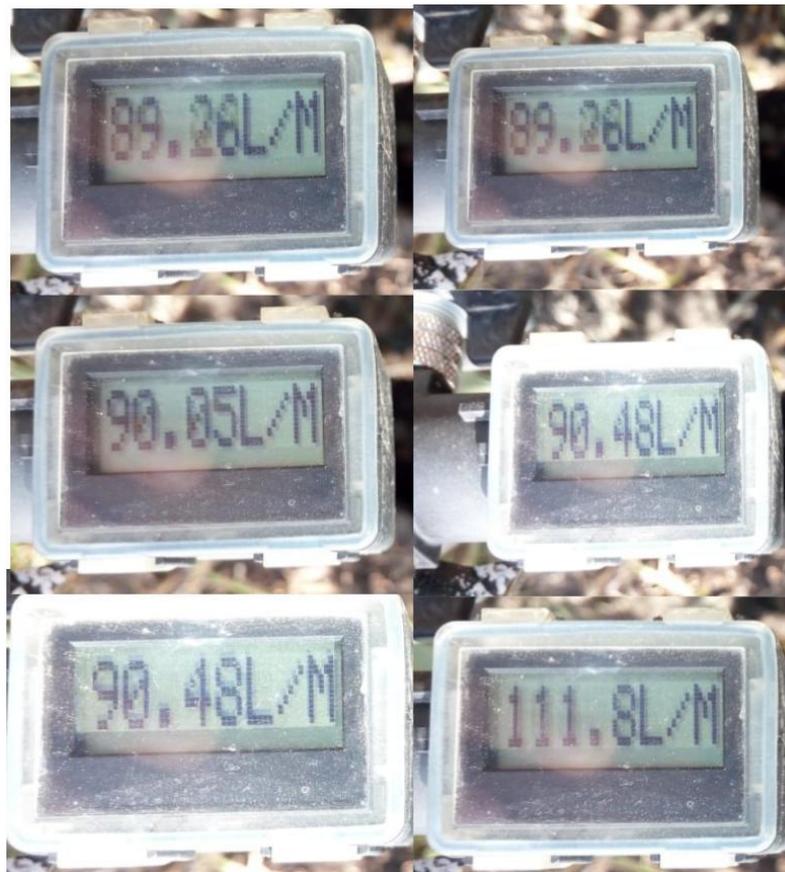
Tabla 4.5. Datos de caudal obtenidos por el caudalímetro (litros/segundos)

Nº	Caudal del Caudalímetro
1	1,575 Litros/segundos
2	1,5416 Litros/segundos
3	1,5916 Litros/segundos
4	1,6 Litros/segundos

Tabla de obtención de datos de caudal durante 1 minuto, caudalímetro LVB-25
Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

En la Figura 4.7 se observa las mediciones obtenidas por el caudalímetro tipo Vórtex mediante la tubería de 1 pulgada.

Figura 4.7. Mediciones obtenidas por el caudalímetro LVB-25



Obtención de datos mediante el caudalímetro LVB-25, comunidad Paquiestancia. Elaborado por:
Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

4.7 Cálculo del error

Considerando los valores obtenidos tanto del método volumétrico con los valores del caudalímetro obtenemos el promedio de ambas, luego realizamos los cálculos de error que existe en la estación de medición de caudal, como se puede observar en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Cálculo del error

X	Promedio Caudal Volumétrico
	1,7380 Litros / segundos
Y	Promedio Caudal del Caudalímetro
	1,57 Litros / segundos
Error (X-Y)	
0,16 Litros / segundos	
Error Relativo: 0,16%	

Obtención del error mediante método volumétrico y caudalímetro
Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

El error obtenido por el sistema de medición es de 0.16% lo que indica que el prototipo es validado para el proyecto.

4.8 Datos obtenidos por el PLC Industriano D21G

En la Figura 4.8 se puede observar los datos obtenidos del sensor, mediante un algoritmo implementado en el PLC, en la pantalla se muestra el tiempo de apertura de la llave, el caudal y el volumen respectivamente.

Figura 4.8. Datos obtenidos por el sensor PLC Industruino



Obtención de datos del caudalímetro LVB-25 mediante PLC. Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

CONCLUSIONES

De los diferentes tipos de caudalímetros investigados para la medición de caudal en tubería de 1 pulgada en la comunidad de Paquiestancia, el de tipo Vórtex es el más adecuado ya que mide la velocidad del fluido en litros/minutos mediante remolinos generados por el sensor, recolectando datos mediante un algoritmo en el PLC, enviados hacia una página web y hacia una aplicación en dispositivo móvil, eliminando la supervisión continua en cada parcela.

El caudalímetro se encuentra funcionando en la comunidad de Paquiestancia de la parroquia Ayora, desde el 25 de junio del 2018 de forma continua, estos datos pueden ser verificados y validados por los encargados del personal técnico de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cayambe.

El método de medición de caudal tipo Vórtex es la mejor opción para realizar las medidas en la tubería de 1 pulgada debido a que existe condiciones ambientales como impurezas o aguas residuales que se pueden mezclar con el agua de riego, así se logra exactitud y precisión a la hora de tomar las medidas.

La estación de medición de caudal consta de una etapa de control y otra de potencia, el cual es energéticamente independiente suministrando voltaje por un panel solar de 12 VDC a 50 W y una batería de 12 VDC-7 AH para un funcionamiento de 24 horas, permitiendo tener una recolección de datos de forma continua de las variables de caudal y consumo de agua en la comunidad de Paquiestancia.

El uso del sensor caudalímetro LVB-25 para la medición en la tubería de una pulgada resulto ser la mejor opción porque la presión y el caudal son las variables que puede medir este sensor sin sufrir alteraciones o inexactitudes en sus lecturas cumpliendo así el monitoreo continuo de la cantidad de agua utilizada por parcela.

El sistema tiene un módulo Industruino que recolecta datos del caudal cada que se activa la válvula de riego, se almacenan estos datos cada 2 minutos, tiempo propuesto por el centro de investigación de Cayambe los cuales realizan un estudio histórico del comportamiento de esta variable de caudal, lo que servirá para tener un registro de

consumo de agua en la parcela y una correcta distribución de agua a los diferentes pastizales en la comunidad de Paquiestancia.

Los datos obtenidos por la estación de medición de caudal fueron analizados y validados, realizando un cuadro que compara el método de medición Volumétrico y el Caudalímetro respectivamente con sus valores de 1.7380 litros por segundo y 1.57 litros por segundo, dándonos un error de 0.16% cumpliendo de esta forma con los requerimientos del Centro de Investigación de Cayambe.

Los datos leídos por el caudalímetro LVB-25 tienen una gran eficiencia debido a la correcta calibración y el algoritmo implementado en el PLC, mediante la salida digital del caudalímetro se visualiza en una LCD el valor de caudal, estos mismos datos leídos son corroborados en la página web mediante la salida analógica de 4 a 20 mA del mismo sensor mediante una función implementada en el PLC, por lo cual los datos leídos por el sensor son enviados al servicio en la nube, sin pérdida de datos facilitando el monitoreo del personal encargado en la Universidad de Cayambe .

RECOMENDACIONES

El caudalímetro tipo Vórtex LVB-25 que se implemente debe estar en un tramo de tubería recta para una obtención de datos fiables el cual permita realizar un estudio completo del comportamiento del fluido.

La instalación del caudalímetro debe ser sobre una superficie firme sin ángulos superiores a los 15 grados ni inclinaciones en las salidas del caudalímetro para que el sensor no falle al momento de las lecturas, utilizar amarres o una construcción completa del circuito de la tubería.

La aplicación que se instale en un dispositivo móvil debe ser revisada cada semana para que comprobar que los datos históricos estén dando los valores que cada parcela está utilizando.

El hosting y el dominio debe ser contratado cada año para que no exista pérdida de datos y que la estación esté funcionando correctamente.

Para reducir los costos de inversión en este proyecto se recomienda cambiar el PLC Industruino D21G por un controlador Arduino Atmega 2560, sin alteración de la exactitud y precisión de resultados.

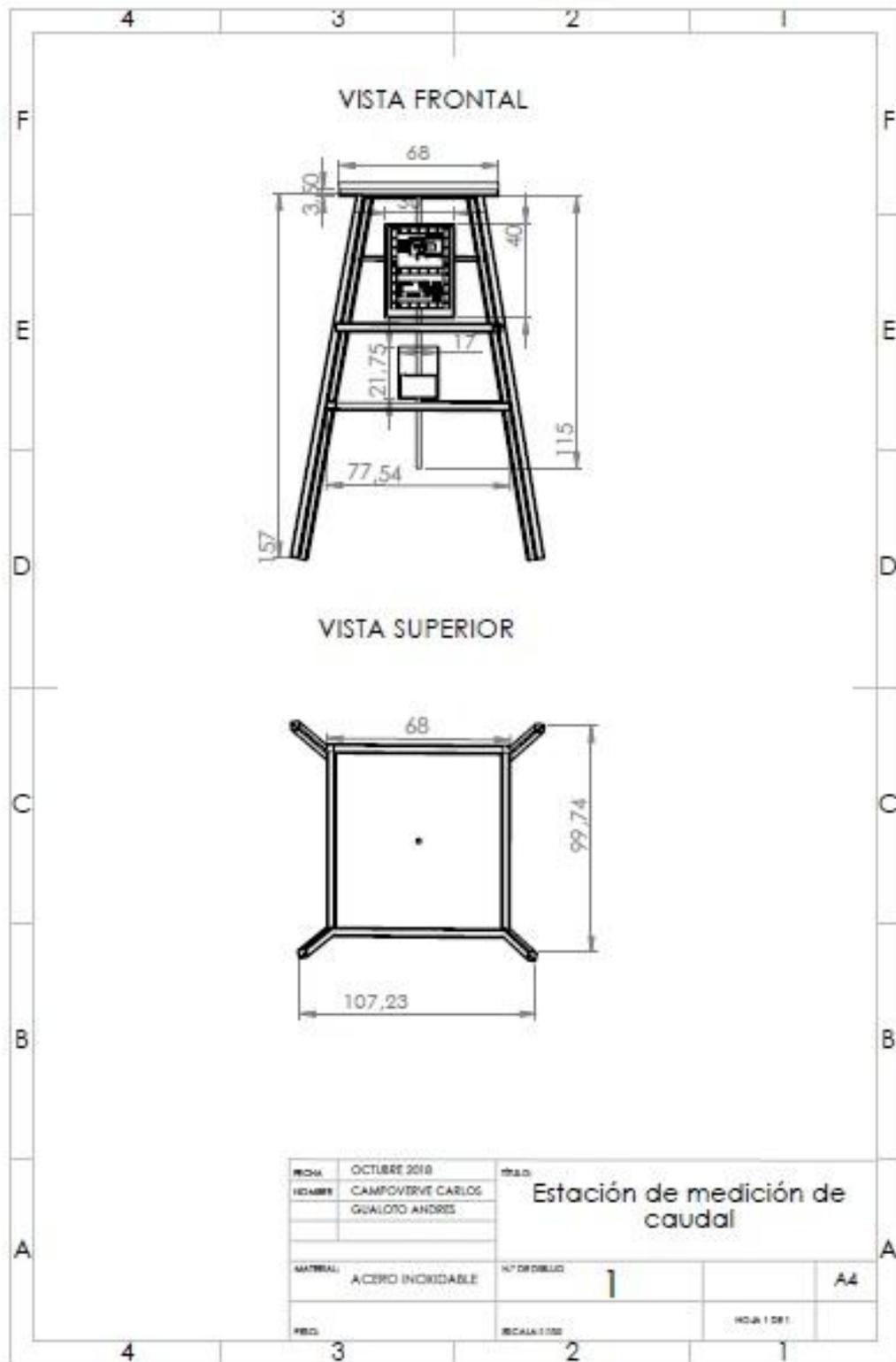
REFERENCIAS

- Falk, A., Dürrschner, C., & Remmers, K. H. (2006). *Fotovoltaica para profesionales. Diseño, instalación de plantas solares fotovoltaicas* (primera ed.). (R. Hernández Pérez, Trad.) Sevilla, España: Solarpraxis Censogar.
- Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. Oxford: Newnes.
- Bronkhorst. (24 de Abril de 2018). *DirectIndustry*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/bronkhorst/product-15524-1881426.html>
- Cachipundo Ulcuango, C. J., Sandoval Cuascota, J. L., Gualavisí Cachiguango, O. M., Sandoval Montenegro, C. E., & Moya Mejia, A. C. (2017). USO COMUNITARIO DEL AGUA Y DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE PASTURAS. *La Granja*, 15.
- Caluña, A., & Jordan, A. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo climático via gprs y automatización de la calibración del anillo del piranómetro en la estación meteorológica-Epoch*. Riobamba: ESPOCH.
- Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Evans, D. (Abril de 2011). *Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de Cisco: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf
- Fernandez, J. (2010). *Compendio de Energia Solar*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- GeekLand. (5 de Febrero de 2016). *¿Qué son los servicios en la nube?* Obtenido de <https://geekland.eu/que-son-los-servicios-en-la-nube/>
- Industrino. (4 de octubre de 2015). *Industrino*. Obtenido de Industrino: <http://industrino.es/productos/>
- Marllelis Gutiérrez, S. I. (2017). *Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control*. Santa Elena: UPSE.
- Martinez Jimenez, A., J. c., & Toledano. (2012). *Dimensionado de sistemas solares fotovoltaicas* (primera ed.). Madrid, España: Paraninfo S.A.
- Secretaría del agua. (2017). *MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA COMUNIDAD PAQUIESTANCIA, CANTÓN CAYAMBE - PROVINCIA DE PICHINCHA*. Cayambe: Publicaciones Universidad Politecnica Salesiana.

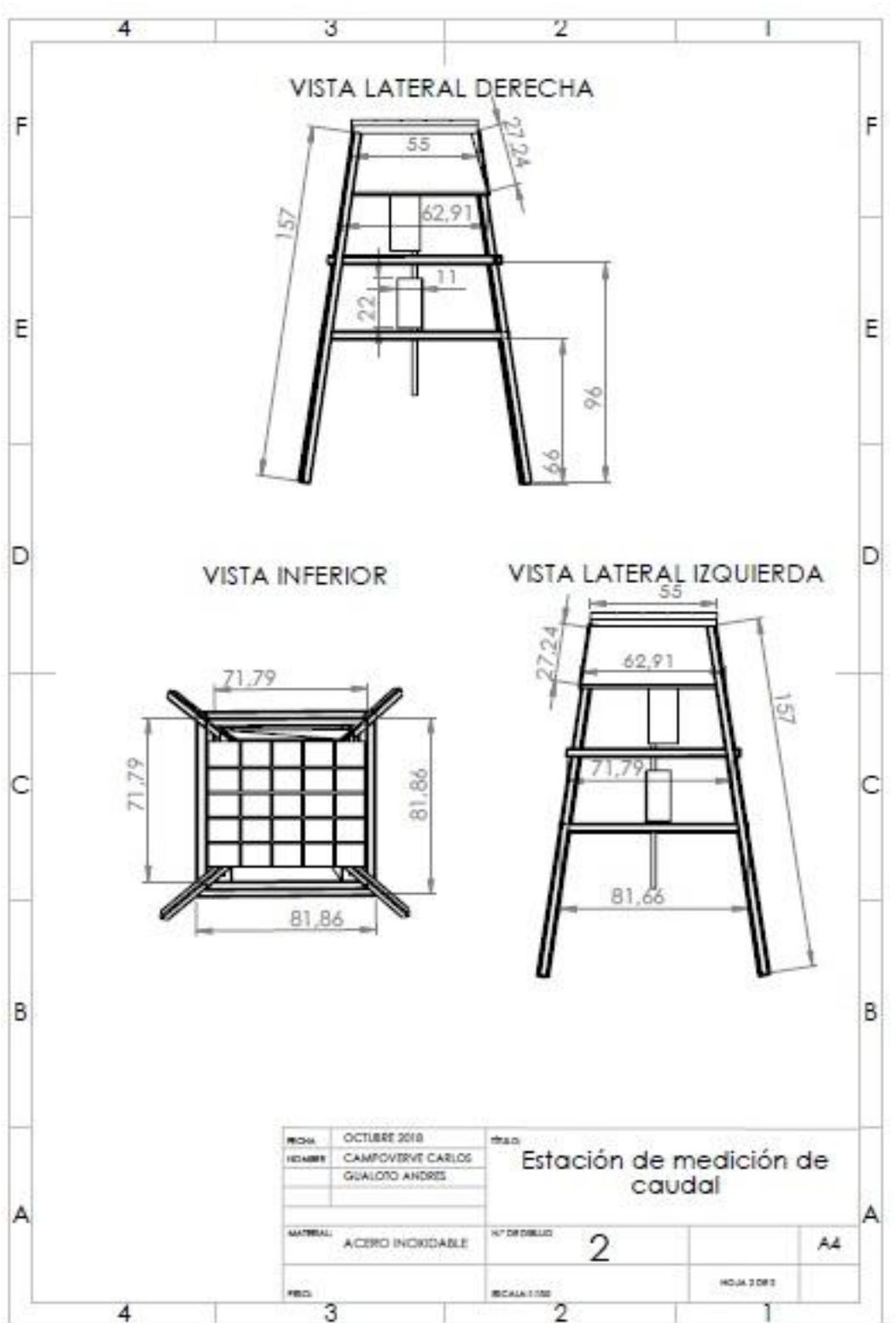
- SIMCOM. (s.f.). *SIMCOM.EE smart machines, smart decision*. Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de <https://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/>
- Ubidots. (2014). *Introducción: Internet de las Cosas con Ubidots*. Recuperado el 27 de Mayo de 2018, de Ubidots: https://ubidots.com/docs/es/get_started/introduccion.html
- Ushiña Guaján, D. G. (MARZO de 2014). *Sistema de agua de riego por aspersión de la comunidad Paquiestancia*. Quito: Repositorio Digital-UPS. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6236>

ANEXOS

ANEXO 1.- PLANOS DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDAL



Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto



Elaborado por: Carlos Campoverde y Andrés Gualoto

ANEXO 3.- ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN Y CULMINACIÓN DEL PROYECTO



Cayambe, 31 de Julio de 2018

PhD. Ramón Enrique Pérez Pineda
Director de la Carrera de Ingeniería Electrónica
Universidad Politécnica Salesiana
Presente

De nuestras consideraciones:

Por medio de la presente tenemos a bien certificar que los señores: Carlos Gabriel Campoverde Cueva con C.I. 1723304273 y Juan Andrés Gualoto Cachago con C.I. 1720352911 estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, han concluido satisfactoriamente con el Proyecto Técnico: Desarrollo de un sistema de medición de caudal energéticamente independiente con transmisión de datos en la comunidad de Paquiostancia aprobado con resolución No: 0340-009-2018-04-12

Este Proyecto ha sido aprobado en la comunidad de Paquiostancia de la parroquia Ayora del cantón Cayambe desde el 25 de junio de 2018 y cumple con las siguientes características requeridas:

- Resistente a la intemperie.
- Estructura compacta y regulable para el panel hasta 20°.
- Estructura con anclajes adaptables para terrenos inclinados.
- Sistema de energía con baterías y panel solar.
- Código abierto que permita cambios y mejoras.
- Transmisión de datos inalámbricos usando la red GPRS.
- Visualización del caudal y consumo en la aplicación para sistema Android y en la página web: www.controldecaudalups.com

Es todo cuanto podemos informar para los fines pertinentes.

Por la atención que le da a la presente le anticipamos nuestros agradecimientos.

Atentamente


Ing. Charles Cachipuede PhD.
C.I. 1711651040
Laboratorio de Sistemas
de Información Geográfica




Ing. Jorge Sandoval
C.I. 1721056909
Auxiliar del SIG

ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN

Por medio de la presente nosotros Carlos Gabriel Campoverde Cueva con C.I. 1723304273 y Juan Andrés Gualoto Cachago con C.I. 1720352911 estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, realizamos el trabajo de titulación: Desarrollo de un sistema de medición de caudal energéticamente independiente con transmisión de datos en la comunidad de Paquiestancia aprobado con resolución No: 0340-009-2018-04-12.

En este contexto realizamos la entrega de los siguientes equipos al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana centro de apoyo Cayambe, mismos que se encuentran instalados en la comunidad de Paquiestancia de la parroquia Ayora.

Cantidad	Descripción
1	Estructura metálica con regulación hasta 20° para el panel solar de tubo galvanizado de 4x4cm por 2mm de grosor, altitud de 1.57m con estacas regulables.
1	Panel solar 50w, regulador de carga de 12v-20 ^a , batería 12v-7Ah, caja de batería 220x170x120mm con protección IP65.
1	Caudalímetro Tipo Vórtex Modelo LVB-25 DN25 con cable de comunicación de conexión M12, con protección IP67
1	Caja de Control 400x400x200mm con 2 convertidores BUCK, modulo GPRS 808, modulo Industrino D21G, 2 portafusibles uno para la etapa de control y el otro para la etapa de potencia, antena 2.4GHz, SIM CNT
2	Acoples de cobre para el caudalímetro hembra-macho

Dichos equipos se encuentran en una etapa de pruebas desde el lunes 25 de junio de 2018 para su entrega final.

A continuación, se procede a dar fe de lo antes mencionado por las partes que intervienen.

Entrega:

Carlos Gabriel Campoverde Cueva
C.I. 1723304273

Juan Andrés Gualoto Cachago
C.I. 1720352911

Recibe Conforme:

Ing. Charles Cachipundo PhD.
Laboratorio de Sistemas de
Información Geográfica

Ing. Jorge Sandoval
Auxiliar del Laboratorio SIG

ANEXO 3.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN

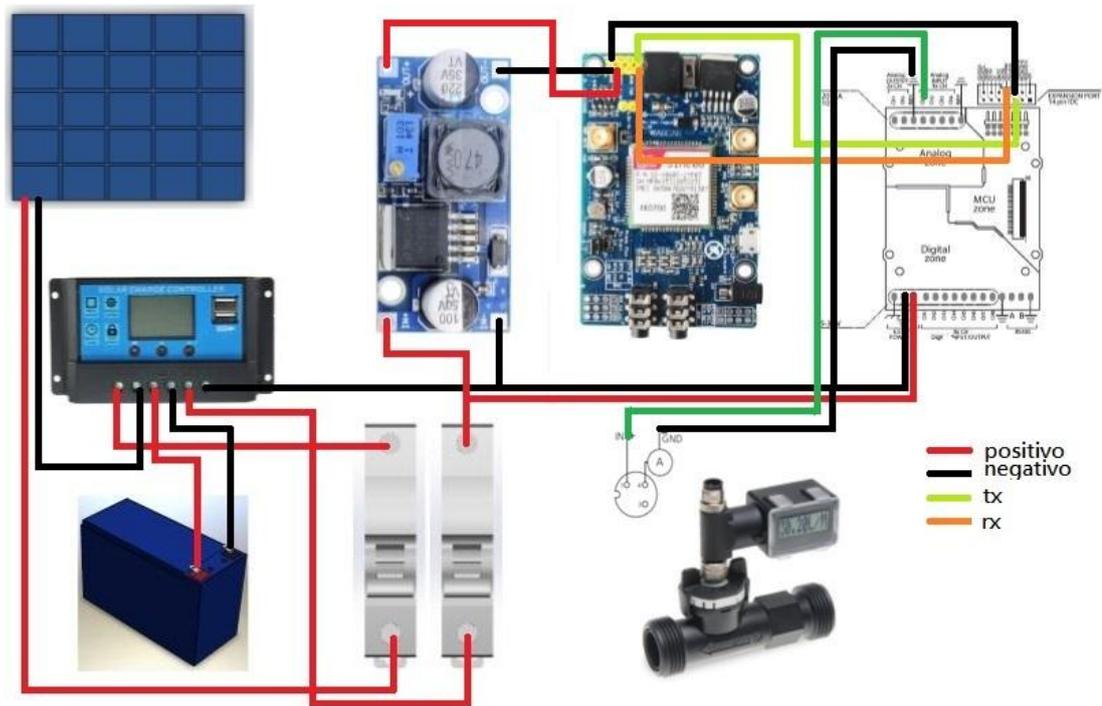


DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDAL

