

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN
DE AGUAS GRISES EN EL ÁREA DE ASEO PERSONAL DE LA UDEC, QUE
INCLUYA UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA
PARA AUDITAR EL CONSUMO Y GESTIONAR REMOTAMENTE EL SISTEMA**

**EDISSON ABDUL QUIROGA RUÍZ
MARTÍN ALONSO RAMOS JARAMILLO**

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ingeniería
Ing. Electrónica
Fusagasugá, Colombia
2017

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN
DE AGUAS GRISES EN EL ÁREA DE ASEO PERSONAL DE LA UDEC, QUE
INCLUYA UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA
PARA AUDITAR EL CONSUMO Y GESTIONAR REMOTAMENTE EL SISTEMA**

**EDISSON ABDUL QUIROGA RUÍZ
MARTIN ALONSO RAMOS JARAMILLO**

Tesis presentada como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electrónico

Director:

Ing. Leonardo Rodríguez Mujica

Codirector

Ing. Cesar Augusto Casas Díaz

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ingeniería
Ing. Electrónica
Fusagasugá, Colombia
2017

A mis padres Marco Julio Quiroga Romero y Ana Delia Ruiz de Quiroga, Por su sacrificio en algún tiempo incomprometido. Por su ejemplo de superación inalcanzable por su comprensión y confianza. Por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional. A Roció Jara, mi esposa, compañera y sobretodo amiga, que siempre ha creído en mí y me ha apoyado en todos los malos momentos, sin pedir nada a cambio. A mi hijo, Samuel Thomas Quiroga J., que da sentido a mi vida y que siempre está y estará en mi corazón con su amor.

Edisson A. Quiroga R.

A mis padre Angelino Ramos Benítez, a mi madre María Jaramillo Ortiz, Que privilegio tenerlos como padres, que gran regalo crecer sin olvidar, que agradable compañía, tanto esfuerzo y sacrificio a veces incomprometidos, solo se le entregan a alguien muy querido, por darme tanto de todo y por darme todo de ustedes. Hoy que mis estudios profesionales han sido concluidos les digo que algo me llena de orgullo está dentro de ustedes.

Martín A. Ramos J.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar nuestro más sincero agradecimiento a los Ingeniero Leonardo Rodríguez Mujica, y al Ingeniero Cesar Augusto Casas, quienes nos orientaron, ayudaron y estimularon constantemente en todos los aspectos de la tesis durante estos años. Agradecerles toda la confianza que siempre nos demostraron, así como la dedicación y la atención que en todo momento nos han ofrecido.

A nuestros Profesores del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Cundinamarca, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A nuestros amigos y colegas por el apoyo, y por estar siempre en los buenos y malos momentos, y a todos aquellos que de una u otra manera siempre estuvieron presente ayudándonos y apoyándonos.

No creo que no hay nada más excitante que el corazón humano que la emoción sentida por el inventor cuando ve una creación de su mente convirtiéndose en algo exitoso. Estas emociones son las que un hombre no olvida como sus sueños, amigos, amor, todo.

Nikola Tesla

CONTENIDO

1. RESUMEN.....	9
2. INTRODUCCION.....	11
3. DEFINICION DEL PROBLEMA	12
4. JUSTIFICACION	14
5. OBJETIVO GENERAL.....	16
5.1 Objetivos específicos.....	16
6. ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE Y DE LA TECNICA.	17
6.1 Estado del arte	17
6.2 Estado de la técnica	18
7. DISEÑO METODOLOGICO DEL PROTOTIPO	22
7.1 Sistema mecánico	23
7.1.1 Recolección y transporte del agua.	26
7.1.2 Filtros del sistema	27
7.1.3 Tanques de almacenamiento	29
7.1.4 Actuadores	29
7.2 Hardware	31
7.2.1 Arduino	31
7.2.2 Sensor de nivel	32
7.2.3 Sensor de caudal.....	33
7.2.4 Sensor pH.....	34
7.2.5 Reloj.....	37
7.2.6 Shield de Ethernet	37
7.2.7 PLC	38
7.3 software	45
7.3.1 Nivel de agua.....	45
7.3.2 Caudal	46
7.3.3 pH.....	47
7.3.4 Reloj	48
7.3.5 SD.....	48
7.3.6 Servidor web	50

7.3.7 Sistema de monitoreo y control remoto	51
8. AJUSTE Y VALIDACION DEL PROTOTIPO	57
8.1 Descripción ensamble prototipo	57
8.2 Cambios y/o modificaciones del prototipo inicial	61
8.3 Descripción instalación del prototipo	63
9 RESULTADOS	67
9.1 COSTO BENEFICIO	76
8 CONCLUSIONES	78
9 BIBLIOGRAFIA	80
ANEXOS.....	82
PONENCIAS	82
ARTICULO CIENTIFICO	83
9.1.1 REFERENCIAS.....	93
CODIGO FUENTE	94
INVENTARIO RECIBIDO.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estado del arte.....	17
Tabla 2 Estado de la técnica.....	18
Tabla 3 PINES HC-SR04	32
Tabla 4 Especificaciones HC-SE04	32
Tabla 5 Especificaciones FS300A	33
Tabla 6 Velocidad tecnologías PLC	40
Tabla 7 Transferencia de datos LAN.....	41
Tabla 8 Tasa de transferencia LAN.....	41
Tabla 9 Transferencia de datos PLC sin protección.....	42
Tabla 10 Tasa de transferencia PLC sin protección	43
Tabla 11 Transferencia de datos PLC con protección.....	44
Tabla 12 Tasa de transferencia PLC con protección	44
Tabla 13 Pruebas calibración sensor FS300A.....	46
Tabla 14 Medidas pH.....	69
Tabla 15 Registro de caudal febrero.....	70
Tabla 16 Registro de caudal marzo.....	71
Tabla 17 Registro caudal abril.....	72
Tabla 18 Costo-Beneficio	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de bloques del sistema	22
Figura 2 Diagrama funcionamiento.....	23
Figura 3 Espacio destinado para la instalación del prototipo.....	24
Figura 4 Imagen prototipo 3D inicial	24
Figura 5 Imagen vista 3D	25
Figura 6 Prototipo modificado e instalado	25
Figura 7 Tanque almacenamiento	26
Figura 8 Embudo recolección agua.....	26
Figura 9 Rejilla residuos solidos.....	27
Figura 10 Trampa de grasas	27
Figura 11 Filtro de partículas	28
Figura 12 Filtro de cloro.....	28
Figura 13 Tanque almacenamiento	29
Figura 14 Etapa de potencia.....	30
Figura 15 Motobomba.....	30
Figura 16 Electroválvula	30
Figura 17 Arduino mega 2560.....	31
Figura 18 HC-SR04	32
Figura 19 Diagrama de pulsos HC-SR04	33
Figura 20 Sensor de caudal	34
Figura 21 Estructura interna sensor de caudal	34
Figura 22 Cambios de pendiente en la medición de pH	36
Figura 23 Sensor de pH.....	36
Figura 24 Modulo DS3231	37
Figura 25 Shield de Ethernet.....	38
Figura 26 Modulación OFDM.....	39
Figura 27 TP-LINK AV 200 NANO	40
Figura 28 Tasa de transferencia (Kbps).	42
Figura 29 Tasa de transferencia (Kbps).	43
Figura 30 Tasa de transferencia (Kbps).	45
Figura 31 Monitoreo página web	52
Figura 32 Control remoto del sistema.....	52
Figura 33 Storyboard	53
Figura 34 Storyboard	54
Figura 35 Storyboard	54
Figura 36 Storyboard	55
Figura 37 Storyboard	55
Figura 38 Storyboard	56
Figura 39 Filtro residuos sólidos original.....	57
Figura 40 Trampa de grasas	58
Figura 41 Tanque almacenamiento	58
Figura 42 Motobomba.....	59
Figura 43 Sensor nivel e-tape.....	59

Figura 44 Electroválvula	59
Figura 45 Sensor caudal FS300A	59
Figura 46 Filtro partículas	60
Figura 47 Filtro de cloro.....	60
Figura 48 Tanque almacenamiento	61
Figura 49 Rejilla utilizada en el prototipo	61
Figura 50 Sensor de nivel ultrasonido	62
Figura 51 Caudalimetro de referencia	62
Figura 52 Conexión PVC	63
Figura 53 Entrada agua prototipo.....	63
Figura 54 Tanque 2.....	63
Figura 55 Filtro de cloro.....	64
Figura 56 Caudalimetro referencia.....	64
Figura 57 Salía de agua del sistema	64
Figura 58 Vista frontal prototipo	64
Figura 59 Vista Acometida Agua Saliente	65
Figura 60 Vista frontal reja de protección.	65
Figura 61 Vista punto de red.	65
Figura 62 Vista punto de red.	65
Figura 63 Vista toma corriente.	66
Figura 64 Registro nivel tanque 1	68
Figura 65 Registro nivel tanque 2	68
Figura 66 Registro nivel de pH.....	69
Figura 67 Registro caudal febrero.....	70
Figura 68 Registro caudal marzo	72
Figura 69 Registro caudal abril	73
Figura 70 Registro de caudal por semanas	74
Figura 71 Monitoreo remoto.	74
Figura 72 Monitoreo remoto.	75
Figura 73 Panel de control remoto.	75
Figura 74, Diagrama bloques del sistema	84
Figura 75, Diagrama funcionamiento	85
Figura 76, Etapas sistema mecánico	85
Figura 77, Trampa de grasas.....	85
Figura 78, Filtro de partículas.	86
Figura 79, Filtro de cloro.	86
Figura 80, Etapa de potencia.	86
Figura 81, Arduino MEGA 2560	86
Figura 82, Sensor HC-SR04	87
Figura 83, Sensor de caudal FS300A	87
Figura 84, Sensor de pH.....	88
Figura 85, Modulo shield de Ethernet	88
Figura 86, TP-LINK AV 200 NANO	88
Figura 87, Interfaz gráfica del servidor WEB.....	89
Figura 88, Interfaz del control remoto del sistema.....	89
Figura 89, Registro nivel del tanque 1.....	90

Figura 90, Registro nivel del tanque 2.....	90
Figura 91, Monitoreo desde el servidor WEB.....	92

1. RESUMEN

El proyecto de investigación, se desenvuelve en los campos del Desarrollo Sostenible y de la Ingeniería Electrónica, además se deriva a partir de la ejecución del proyecto denominado: “Diseño de un prototipo para el tratamiento y la reutilización del agua en el área de aseo personal en la UdeC”, financiado en la 2 convocatoria interna de investigación de la UdeC, se pretende diseñar un prototipo para la reutilización de las aguas grises que se generan en el área de los baños o de aseo personal de los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, específicamente el agua que se consume en el lavamanos para reciclarla y utilizarla en la cisterna de los inodoros.

Lo anterior, es teniendo en cuenta la gravedad de la crisis mundial y nacional, por la que atraviesa la sociedad actual, sobre todo en ciertas poblaciones marginales, sobre la disponibilidad y calidad de agua que se tiene para poder satisfacer las necesidades básicas y elementales de la vida y de la cual depende la supervivencia del ser humano.

Específicamente la Universidad de Cundinamarca, es una Institución educativa multicultural, con la presencia de más de 3000 estudiantes en la sede de Fusagasugá, quienes en un momento dado del día utilizan por lo menos una vez los baños para satisfacer sus necesidades fisiológicas, así como para el aseo personal.

Aunque posee una infraestructura adecuada sanitaria y ambientalmente, la universidad no cuenta con estudios que demuestren el uso y en algunos casos el abuso de los recursos naturales, especialmente del recurso agua, que se encuentran al interior del claustro. Al no tener estas fuentes reales de información, no ha sido posible elaborar e implementar verdaderas políticas que consoliden una cultura ambiental, un manejo sostenible de los recursos, como elementos que deberían identificar y caracterizar al egresado Udecino.

Para esto se seguirá una metodología que con un enfoque sistémico, se combinan diferentes estrategias, técnicas y métodos (entre otros estudios socio- ambientales, evaluación de impactos ambientales), con los cuales se generaran conocimientos, y se construirá una innovación tecnológica (ecotecnología) que ayudará a disminuir la presión o el impacto que se tiene sobre el recurso hídrico.

El prototipo consiste en un conjunto de sistemas que funciona mediante la aplicación de las leyes físicas y una serie de módulos electrónicos que permiten tecnificar el proceso de reutilización de aguas grises. Consta de un sistema de captación de aguas grises; de un sistema de almacenamiento, de un sistema de tratamiento de aguas y un sistema propulsión y uso del líquido tratado reciclado.

Este proyecto, seguirá tres fases interdependientes: En la primera se establecerá el estado de arte y el estado de la técnica, se llegará a proyectar el diseño básico de la ecotecnología.

En la segunda se realiza el diseño e implementación del prototipo en el baño para hombres ubicado en el 2 piso del bloque F de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá.

Finalmente se plantea la fase de apropiación social del conocimiento a partir de la difusión de los resultados en ponencias nacionales y/o internacionales y la gestión de productos de nuevo Conocimiento relacionada con artículos y un posible registro del modelo de utilidad.

2. INTRODUCCION

El avance técnico y tecnológico que se ha generado alrededor de la ecología y el medio ambiente, ha logrado tomar en parte diferentes ámbitos de estudio, donde se deben analizar las diferentes variables para poder optimizar procesos según necesidades que demanden la utilización de tecnologías que permitan optimizar los sistemas de acuerdo a parámetros requeridos. La utilización de un lavamanos es tan fundamental en el aseo personal, que a diario se implican consumos excesivos de los cuales no se han tomado decisiones seguras e idóneas para que estos consumos sean servibles para otra función.

Los baños de la Universidad de Cundinamarca en su mayoría se encuentran dotados de lavamanos, inodoros, y orinales, los cuales son muy mal utilizados por el cuerpo estudiantil, administrativo y demás, estos espacios no se encuentran dotados con ningún método que genere un impacto ambiental positivo frente a la pérdida de gran cantidad de agua, desconociendo en su totalidad la magnitud del consumo desperdiciado, sea por la mala utilización o por avería de los sistemas, y de no tener una rápida intervención en la solución de dichas averías.

La solución puede comprender distintos parámetros, como lo son el manejo de residuos sólidos, químicos y de coloración, por lo que se desea integrar una alternativa que facilite la sustracción de residuos sólidos, eliminación de químicos, y tonalidad, para tratar de dar un nivel de pH óptimo, para poder dar utilización en el mismo sistema, siendo el inodoro (cisterna) el lugar a donde se dirigirá el agua tratada.

Este sistema de tratamiento se concertará por dos piezas fundamentales, como lo son el software, y el hardware. El software permitirá tener, lectura, y manejo del sistema. La lectura se realizará sobre el protocolo HTML, y el manejo en el protocolo HTTP, para poder tener manipulación del sistema, de forma remota, para así poder dar dominación al usuario de activar o desactivar el sistema según criterio por información obtenida en la página web. El hardware es constituido por elementos como lo son: sensores (Nivel, Caudal, pH), una etapa de potencia, donde se acoplan, la tarjeta de adquisición y los actuadores, y un PLC (Power Line Communicator) el cual utiliza una línea de transmisión (red eléctrica) para la transmisión digital de la información permitiendo el acceso de la tarjeta de adquisición desde un punto remoto de la misma red eléctrica.

Todo este sistema se forma, para tener un impacto ambiental y económico notable, dado a la mala utilización y averías que presentan los baños de la institución.

3. DEFINICION DEL PROBLEMA

Según el estudio de la Universidad del Valle (1997), Colombia en 1990 ocupaba el cuarto lugar del mundo en mayor volumen de agua por unidad de superficie; según los expertos el rendimiento hídrico promedio era de 60 litro por kilómetro cuadrado, lo que era 6 veces mayor que el rendimiento promedio mundial y 3 veces el de Sur América. Sin embargo, para 1996, cita la investigación, que, según el último estudio del departamento nacional de planeación, citado en este estudio, ahora Colombia ocupa el puesto 17 a nivel mundial en volumen de agua por unidad de superficie. (AUPEC, 20 08 2015)

Factores como la tala indiscriminada de los bosques, el cambio del uso del suelo y de los ecosistemas para la expansión de las ciudades o de las zonas de producción agropecuaria; así como también el abuso y la falta de controles en las actividades agrícolas e industriales; además, el aumento del consumo doméstico por el incremento de la población para la satisfacción de las necesidades básicas y otras actividades secundarias como el aseo de la casa, lavado ropa entre otras, se pueden decir que son las principales causas que han confluído para llegar a estado crítico en Colombia.

Por otra parte, estudios de las Empresas Públicas de Medellín demuestran que el consumo promedio mensual de agua de una persona es de 4 a 5 metros cúbicos y el consumo promedio mensual de una familia de 4 miembros es de 16 a 20 metros cúbicos. Destacan, que aproximadamente entre el 30% al 40% del consumo de agua/persona, se utiliza en el área de los baños en el lavamanos, el sanitario y en la ducha. Agrega estos estudios, que se gasta en el área del baño entre 150 a 200 litros y la mitad de este consumo es en el sanitario, ya que se gasta inútilmente entre 8 a 10 litros cada vez que se emplea el sanitario para lavar las necesidades fisiológicas. (ecodes, 21 08 2015)

Con respecto al uso del agua para el consumo humano o doméstico en Fusagasugá, según el Plan de Integración Único de Fusagasugá (2012), se tiene que utilizar en total 2.170.637 metros cúbicos, de los cuales el 84,74%, corresponde al consumo residencial y el 15,26% consumo no residencial.

Específicamente, el consumo no residencial, aunque no se tiene datos exactos sobre el gasto de agua en las instituciones educativas, a la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, confluyen más de 3.200 estudiantes (UdeC, Admisiones, 2012), y más de 250 personas entre administrativos, docentes y operarios; y todos ellos, utilizan por lo menos una a dos veces los baños / día. Sin embargo, la universidad no cuenta con estudios acerca del consumo de agua, como también se observa que son escasas las políticas y los proyectos tendientes a crear una cultura ciudadana – ambiental tendiente al manejo racional de los recursos naturales.

Aunque hasta hace poco se remodelaron los baños en todos los bloques de aulas, se observa algunos casos en que las llaves de los grifos están dañadas y a veces queda escurriendo agua; también se observa que, en algunos orinales y algunas tasas, la cantidad de agua no está bien regulada. Por otra parte, se observa que el uso de los lavamanos por parte de los estudiantes, es constante, sin embargo, cuando se lavan las manos, es muy poco el tiempo que permanecen bañándose y por lo general queda agua que se desperdicia.

Es aquí donde surge la problemática, ya que frente a la crítica situación mundial, nacional y regional sobre inminente futuro de escases de agua, además, del mal manejo que se le da específicamente en el área de los baños, la UdeC, no ha dado pasos firmes y consecuentes para generar alternativas de conservación y protección de dicho elemento vital para existencia humana. (Cundinamarca, 21 08 2015)

Cabría preguntarse entonces ¿Qué cantidad de agua será posible reutilizar en los inodoros de una batería sanitaria típica de la UdeC, utilizando el prototipo?

4. JUSTIFICACION

Estudios de la Universidad del Valle, de Antioquia, y de la Nacional en Bogotá, han demostrado que, en las viviendas, el sector donde más se gasta agua potable es en el área de los baños, y dentro de esta, es en el inodoro donde se consume casi la mitad de dicho gasto de agua potable. (Mondragon, noviembre 2000)

Entonces, trasladando esta idea a la Universidad, pensando que igualmente es en el área de los baños o aseo de los estudiantes, donde más se consume y se desperdicia agua potable, si al implementar un sistema que permitiera reutilizar el agua que se consume en el lavamanos y las duchas, para llevarlo a las cisternas de los inodoros, se estaría correspondiendo en gran medida con el llamado internacional y nacional, ante la crítica situación que se encuentra este recurso, por las graves problemáticas a nivel regional, nacional y mundial, debido a complejas causas, como el aumento de la población y su consecuente presión sobre los servicios públicos; por el fenómeno de cambio climático; además, la pérdida de fuentes de agua y la contaminación de los cauces hídricos.

Organismos internacionales como la ONU, OEA, los gobiernos nacionales, empresas, están ejecutando acciones de toda índole, promulgando campañas, desarrollando políticas y normatividades, elaborando programas, planes o proyectos tendientes a la conservación y protección de los recursos naturales, en especial del agua, y en la última década se han inventado aparatos para uso racional del preciado líquido. (acuagvr, 2014)

Tanto local como empresarial, con este proyecto de innovación tecnológica, se estará ahorrando agua, no en el sentido económico, sino en el sentido de impacto ambiental que generará, ya que se conservaría el agua potable y se usaría para las actividades vitales del ser humano (aseo, alimentación). Esto equivale a decir que agua que se ahorre, es agua que posibilitará la existencia de futuras generaciones.

Otro impacto a generar con este proyecto, es la contribución a la ciencia, la tecnología y a la producción intelectual, que genera la universidad de Cundinamarca, ya que se puede convertir en una experiencia significativa que puede implementarse en toda institución educativa, que en el marco del modelo del desarrollo sostenible que se promulga en la constitución colombiana, se estará creando una alternativa socialmente apropiada, económicamente viable y ambientalmente sustentable.

Además, en el diseño e implementación del prototipo como se recogerá información y desarrollará estudios sociales y ambientales, se pretende encontrar y dilucidar acciones estratégicas, que puedan contribuir a generar una cultura ambiental, o a mejorar la calidad de vida

de la comunidad académica de la Universidad, así como también a generar ambientes sanos para el desarrollo de las personas, con el fin que todos ellos aporten a la construcción de sociedades de conocimientos.

5. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo para el tratamiento y reutilización de aguas grises en el área de aseo personal de la UdeC, que incluya un módulo de comunicación a través de la red eléctrica para auditar el consumo y gestionar remotamente el sistema.

5.1 Objetivos específicos

- Realizar el análisis del estado del arte (a partir de publicaciones arbitradas) y el estado de la técnica (a partir de bases de datos de patentes).
- Diseñar e implementar el prototipo de tratamiento y reutilización de aguas grises, que incluya módulos de gestión y comunicación a través de la red eléctrica.
- Ajustar el prototipo electrónico en el área de aseo personal (lavamanos y cisterna) para verificar y validar el funcionamiento del sistema.
- Determinar cuantitativamente (mediciones de caudal) el consumo de agua, en el lavamanos del bloque F de la UdeC.
- Generar al menos un Producto de Nuevo conocimiento (Artículo, registro modelo de utilidad, registro de software), y uno de Apropiación Social del Conocimiento (Ponencia, nacional y/o internacional)

6. ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE Y DE LA TECNICA.

6.1 Estado del arte

Tabla 1 Estado del arte

Países # artículos	Autores # artículos	Instituciones # artículos	Revistas # artículos	Temas interés	Tendencias de publicación
España # 3 artículos	Antonio Estevan Estevan [4] # 1 articulo M. Macías, J. García Navarro [5] # 1 articulo Julio Rodríguez Vivanco [6]	Fundación Nueva Cultura del Agua # 1 articulo Universidad Politécnica de Madrid # 1 articulo CENEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental) # 1 articulo	Partida Alfatares # 1 articulo Informes de la Construcción # 1 articulo Ecología de la vida cotidiana # 1 articulo	La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios VERDE El agua en la vivienda	2005 2010 2004
Colombia # 1 articulo	Nidia Cruz [7] # 1 articulo	CEGESTI # 1 articulo	Éxito Empresarial # 1 articulo	Reusó de agua: opciones disponibles en	
México # 1 articulo	Roberto Contreras Martínez, Oscar Monroy Hermosillo, Marisa Mazari	Universidad Autónoma Metropolitana # 1 articulo		Condiciones para un buen manejo y uso del agua tratada	2008

En los artículos referidos de los autores de la Tabla 1, presentan alternativas del cuidado del agua, condiciones para un manejo y uso adecuado, y como se evalúa la sostenibilidad en diferentes

edificaciones, también evidencian las investigaciones que han realizado con respecto a la reutilización del agua y de la importancia que tiene para el medio ambiente; como también las formas de poder reutilizar el líquido que es tan preciado para la humanidad.

Los artículos referidos hacen énfasis en la reutilización del agua alrededor del mundo sin importar si el lugar no presenta cortes o escases del líquido, en el artículo referido por Antonio Estevan Estevan se destaca los principales procesos que se tienen para reutilizar el agua en los cuales se presentan las siguientes fases: la captación en alta, la utilización del agua, la recogida de las aguas re generables y el tratamiento de regeneración; teniendo en cuenta estos procesos con el prototipo realizado se logra tener una gran similitud ya que el agua tratada, no presenta una gran contaminación por productos químicos los cuales son muy difíciles de remover. La implementación de tecnologías amigas con el medio ambiente en los edificios hacen que funcionen de una manera más eficiente como lo propone M. Macías, J. García Navarro donde buscan establecer la metodología verde buscan evaluar el edificio en relación con el medio ambiente. Aunque la reutiliza del agua se puede implementar en diferentes entornos los autores Julio Rodríguez Vivanco y Nidia Cruz en sus respectivos artículos buscan mostrar los grandes beneficios al utilizar un sistema de reusó de agua en una vivienda unifamiliar donde se estima de logra tener un ahorro de agua de 27.3%; estos sistemas propuestos son similares al prototipo desarrollado en la Universidad de Cundinamarca que está compuesto por una trampa de grasas y un proceso químico que son la base para realizar un reusó de agua en lugares donde no se presente contaminación química.

6.2 Estado de la técnica

Tabla 2 Estado de la técnica

Art.	Artículo 1	Artículo 2	Artículo 3	Artículo 4	Artículo 5
Datos autores	*MCDONNE LL FINBAR GERALD *GOHO RONOJOY *WADROP KRISTAN JAMES	JOHNSON CURT	HU WEI	KATAE SEIJI	YANG MINHUA
Título art.	Planta para reciclar y purificar aguas residuales	Sistema de reutilización y tratamiento del agua	Dispositivo de reutilización y tratamiento de agua	agua-a-ser reutilizada utilizando equipo	Tanque de aguas residuales para reutilizar

Sección	C: Química, metalúrgica	C: Química, metalúrgica	C: Química, metalúrgica	C: Química, metalúrgica E: construcciones	E: Construcciones fijas
Clase	02	02	02	02, 03	03
Subclase	F	F	F	F, B	C, D
Grupo	1/58, 1/66, 103/36	9/00	9/08	1/00, 1/00, 1/18	1/182, 1/35
Grupo principal/subgrupo	Tratamiento del agua, agua residual, de alcantarillado o fangos / Tratamiento del agua, agua residual o de alcantarilla	Tratamiento del agua, agua residual, de alcantarillado o fangos / Tratamiento del agua, agua residual o de alcantarilla	Tratamiento del agua, agua residual, de alcantarillado o fangos / Tratamiento del agua, agua residual o de alcantarilla	Tratamiento del agua, agua residual, de alcantarillado o fangos / instalaciones o procedimientos para obtener, recoger o distribuir agua	Instalaciones o procedimientos para obtener, recoger o distribuir agua / suministros de agua; evacuación de aguas

Descripción	La invención se relaciona con los métodos de purificación flujos residuales acuosos de un ácido tereftálico puro (PTA) planta de fabricación y reciclaje del agua purificada en la planta de PTA. La invención también relaciona a un nuevo flujo de residuos acuosos y agua purificada arroyo composiciones.	Sistema y métodos se comunicuen para el filtrado de las aguas residuales. Consta de un sistema de filtrado de agua con dos etapas de filtrado; donde los filtros recibe un flujo de aguas residuales y utiliza la electrocoagulación para separar partículas suspendidas de las aguas residuales y producir agua residual	El modelo de utilidad revela un dispositivo de tratamiento y reutilización de agua. El dispositivo de tratamiento y reutilización de agua compone de una cuenca de filtro, una bomba de agua, una pantalla de filtro grueso, un motor, una pantalla de filtro fino.	Equipo que utiliza agua reutilizada está dotado de un tanque de almacenamiento para las aguas residuales de un baño y un lavabo.	El modelo de utilidad se describe un tanque de agua del inodoro de aguas residuales reutilizadas. El tanque de agua del inodoro aguas residuales reutilizadas comprende un cuerpo de depósito de agua y una tapa del depósito, en el que la parte interior del cuerpo de depósito de agua está provisto de una cavidad que contiene agua del grifo y una cavidad que contiene las aguas residuales.
--------------------	---	---	---	--	---

En la tabla 2, se observa las patentes que se han hecho alrededor del mundo, a cerca de la reutilización del agua, esta información buscada en la página del Clasificación Internacional de Patentes (CIP) donde se muestra los niveles jerárquicos de la clasificación de citas y referencias acerca del tema.

Se hace énfasis en los artículos, de reciclar el agua para volver a proveer diferentes plantas, describen sistemas para filtrar las aguas residuales, en sus teorías dan a ver que manejan más de un filtro para mejorar el agua reutilizada, así lo describe Johnson Curt, también describe un tipo de filtrado del agua mecánicamente.

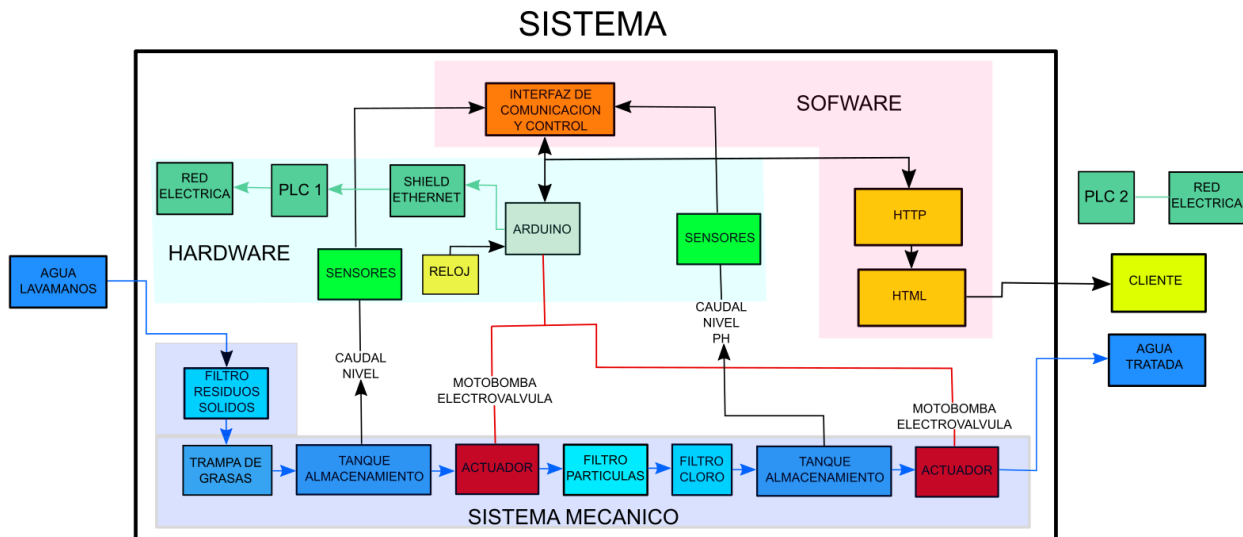
Hu Wei, tiene un modelo en el cual describe un dispositivo de tratamiento y reutilización de agua, en el que maneja bombas de agua, filtros de residuos de gran tamaño, motores, tubos de comunicación, y los niveles de agua los controla con un interruptor, dicho modelo informa que es de fácil operación, este modelo es muy parecido al prototipo utilizado en la Universidad de Cundinamarca, por su manejo, su composición y su fin, al igual Katae Seiji logra un ahorro de recursos, reduciendo el consumo de agua en instalaciones que consumen gran cantidad de agua, aunque el maneja calor para así calentar el agua y obtener vapor para la limpieza del agua, siempre teniendo en cuenta tanques de depósito del agua para almacenamiento de agua a tratar, y tanques de agua ya tratada, todo esto sin dejar a un lado que se maneja dentro del ámbito de los baños.

Yang Minhua, describe un modelo de tanque en el inodoro, manejando aguas grises al igual que agua limpia, el utiliza este modelo para descarga de la cisterna de un inodoro, todo sin afectar el uso normal de lo lavamanos, ni de la cisterna, y describiendo que el modelo es de bajo costo de fabricación y de fácil manejo.

7. DISEÑO METODOLOGICO DEL PROTOTIPO

El desarrollo del prototipo se realiza en el baño de los hombres ubicados en el 2 piso del bloque F en la Universidad de Cundinamarca con sede en Fusagasugá. El sistema recolecta el agua de dos lavamanos para ser procesada, el diseño cuenta con una serie de sensores los cuales permiten medir los diferentes parámetros que afectan al sistema, entre las diferentes variables que encontramos se tiene el nivel de agua que presenta los tanques de almacenamiento, el caudal que fluye por el sistema y el nivel de pH que posee el agua, estas medidas son almacenadas en una tarjeta SD para realizar estudios del comportamiento del sistema, el prototipo cuenta con una interfaz gráfica web en donde se tiene la posibilidad de visualizar las variables en tiempo real y poderlas controlarlas remotamente, el servidor web esta implementado en el Arduino mega.

Figura 1 Diagrama de bloques del sistema



El prototipo está compuesto por diferentes etapas por donde pasa el agua para ser tratada, además se lleva un registro del comportamiento y estado del líquido. Las etapas que tiene el sistema son: trampa de grasas, almacenamiento de agua pre procesada, proceso químico y almacenamiento final.

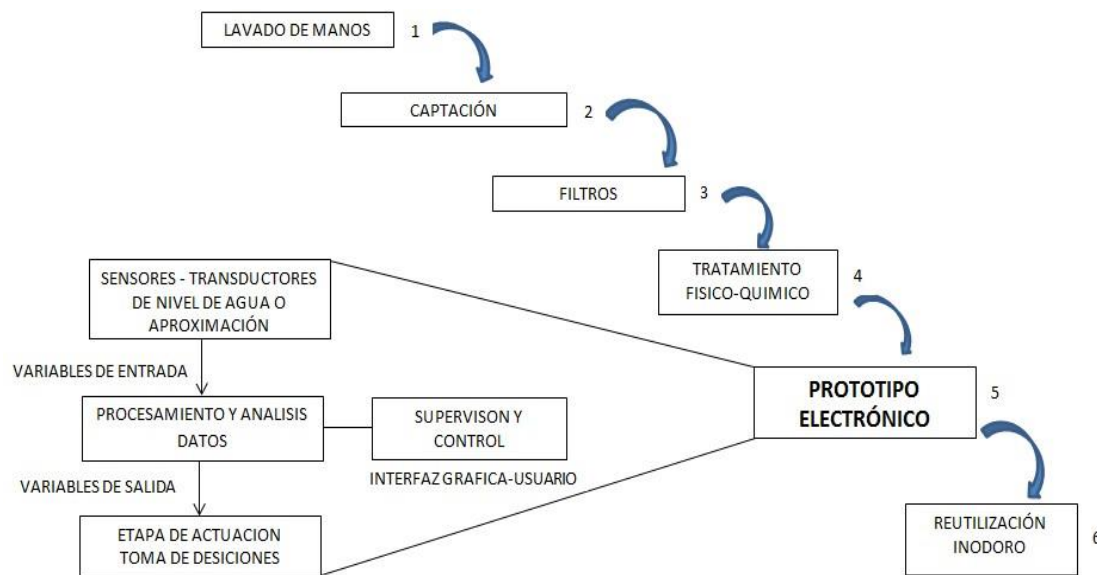
Trampa de grasas: en este espacio se retienen las grasas y los sólidos de mediano tamaño conocidos como los coloides.

Almacenamiento de agua pre-procesada: en este espacio se almacena agua pre-procesada, la cual es bombeada a presión a la siguiente etapa.

Procesamiento químico: en esa etapa se agrega cloro y colorante al agua para evitar males olores, y eliminar de manera química microorganismos patógenos.

Almacenamiento: final: en este espacio se almacena agua tratada como reserva para ser utilizada por el usuario final.

Figura 2 Diagrama funcionamiento

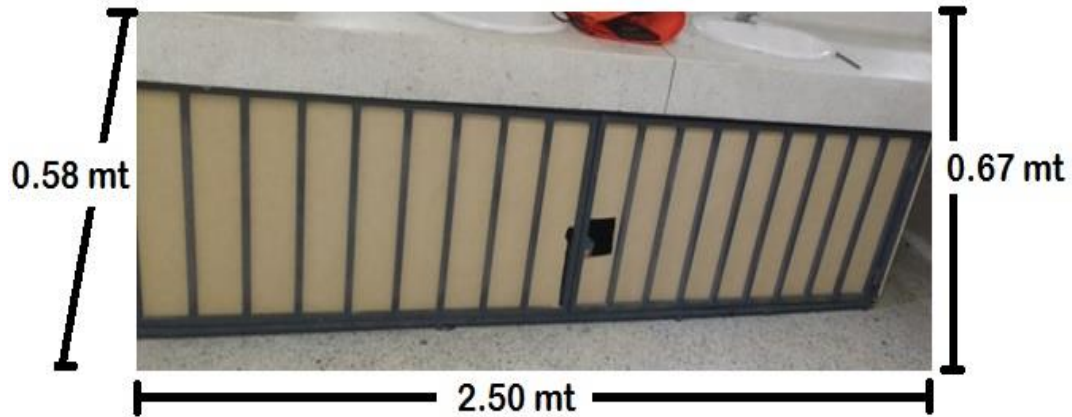


7.1 Sistema mecánico

En este capítulo se describe el funcionamiento del sistema mecánico que conforma el prototipo, en donde los diferentes elementos que componen el sistema se encargan de transformar o transmitir el flujo de agua entre las diferentes etapas.

Se presenta a la Universidad de Cundinamarca un prototipo de reutilización de aguas grises para los baños de la sede de Fusagasugá (Cundinamarca), presentando un prototipo inicial predispuesto con anticipación para el uso en los lavamanos, ya que en la parte de debajo de los lavamanos se encuentra en su mayoría un espacio vacío sin servicio, el cual será aprovechado para la instalación del prototipo.

Figura 3 Espacio destinado para la instalación del prototipo.



En esta imagen se evidencia el espacio que se utilizara para la instalación del prototipo, este es un espacio general que la mayoría de baños lo tienen, el baño donde se realizó la instalación del prototipo tiene las siguientes medidas: Alto 0.67 mt, Ancho 2.50 mt y Fondo 0.58 mt.

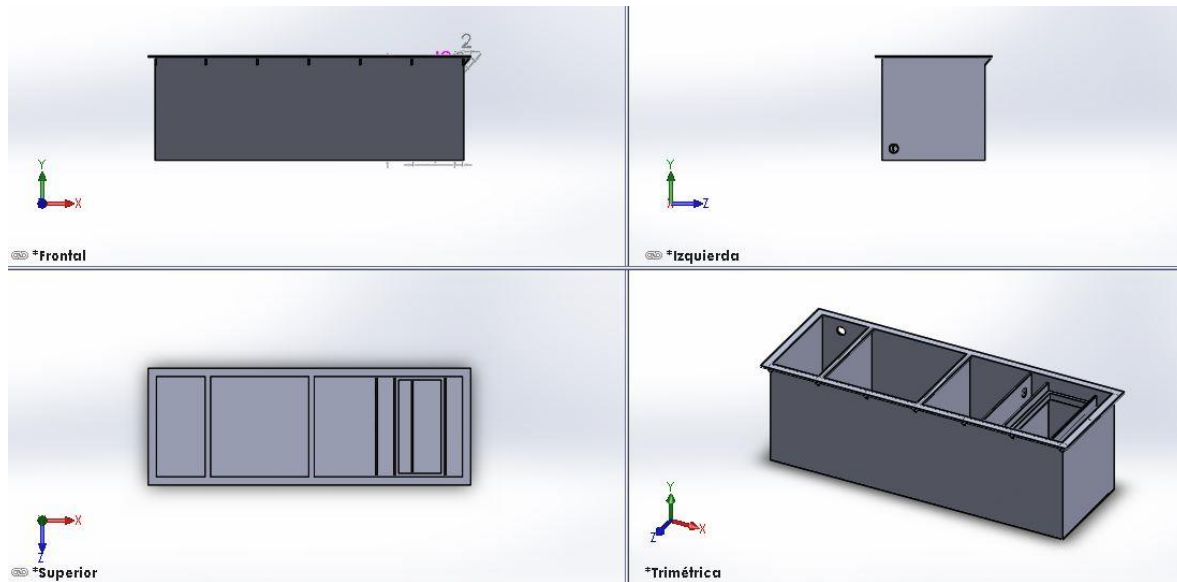
El prototipo inicial propuesto se genera en relación a la acomodación en los baños, siendo este un prototipo de una sola pieza, el cual cuenta con 4 cubículos o tanques predispuestos de la siguiente manera: (Derecha – Izquierda)

- Trampa de grasas
- Tanque No. 1
- Tanque No. 2
- Tanque de Elementos (Circuitos)

Figura 4 Imagen prototipo 3D inicial



Figura 5 Imagen vista 3D



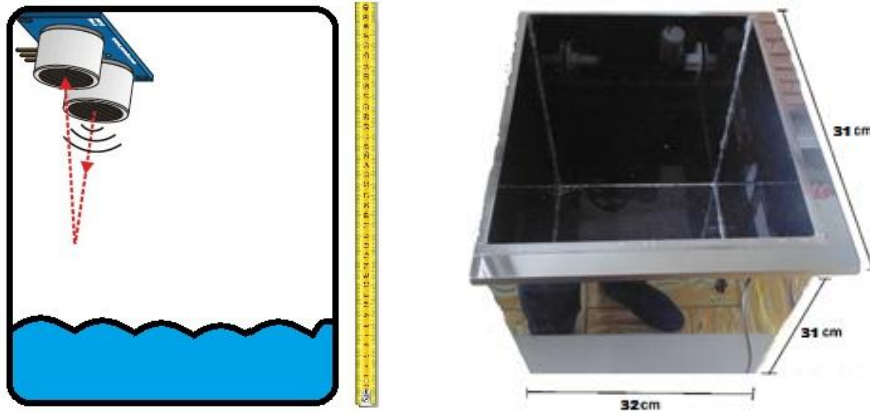
A este prototipo inicial se le realizan diferentes modificaciones en relación a lo principalmente planteado, ya que por motivos de ensamblaje tal como tubería, disposición de elementos, se procede a realizar la modificación, de un solo tanque con 4 cubículos, a 3 cubículos ensamblados por aparte.

Figura 6 Prototipo modificado e instalado



En esta imagen encontramos (derecha – izquierda), tanque trampa de grasas, tanque No. 1, tanque No. 2, evidenciando por qué se decide a hacer la modificación, la tubería de unión para cada uno de los cubículos, los elementos utilizados para el tratamiento se dejan fuera de los cubículos, ya que por espacio no pueden ir adentro de los cubículos por su tamaño, y por último la eliminación del cuarto cubículo, ya que la etapa de potencia y la fuente son situados a comodidad para la manipulación.

Figura 7 Tanque almacenamiento



En la anterior imagen se relaciona las medidas de uno de los tanques y la medida en la que se encuentra el sensor, todas estas medidas pueden ser variadas según el prototipo.

7.1.1 Recolección y transporte del agua.

El agua recolectada proviene de dos lavamanos la cual se une por medio de una tubería y desemboca al primer tanque del prototipo que es una trampa de grasas a continuación el agua pasa al siguiente tanque de almacenamiento de agua pre-procesada, después pasa al filtro de cloro en donde se realiza un proceso químico y finalmente el agua se transporta al tanque de almacenamiento. Estas uniones entre las diferentes etapas del sistema se realizan con tubería de ½ pulgada PVC.

Figura 8 Embudo recolección agua



7.1.2 Filtros del sistema

En el prototipo se tienen diferentes elementos con la finalidad de remover las impurezas que transporta el agua, para ello se utilizan una serie de componentes en donde siguiendo el orden del prototipo se puede encontrar:

7.1.2.1 Trampa de grasas

Una trampa de grasas es un dispositivo que tiene como finalidad separar residuos sólidos y grasas que transporta el agua, su funcionamiento se basa en colocar una rejilla en la entrada de tanque con el fin de no dejar pasar los residuos sólidos, la trampa de grasas tiene dos compartimientos en donde llegan los líquidos con sólidos disueltos y así el agua se separa de la grasa al ser más liviana. En la figura 5 se muestra la trampa de grasas utilizada en el prototipo.

Figura 9 Rejilla residuos solidos



Figura 10 Trampa de grasas



7.1.2.2 Filtro de partículas

Un filtro de partículas tiene como finalidad eliminar los sedimentos que se encuentran disueltos en el agua y así poder tener un líquido más limpio. En la figura 6 se muestra el filtro utilizado en el prototipo.

Figura 11 Filtro de partículas



7.1.2.3 Filtro de cloro

El filtro disuelve las pastillas de cloro que se encuentran en su interior al circular el agua que fluye por el sistema permitiendo mejorar la acidez del agua, para así tratar idealmente de mantener un nivel de pH neutro como lo indica la figura 7.

Figura 12 Filtro de cloro



7.1.3 Tanques de almacenamiento

En el prototipo se utilizan tanques para almacenar el agua pre procesada y procesada. En la figura 8 se muestra el tanque utilizado en el prototipo.

Figura 13 Tanque almacenamiento



7.1.4 Actuadores

Los actuadores son los elementos encargados de activar las motobombas y electroválvulas para controlar el flujo de agua que pasa por el sistema, cada tanque cuenta con una electroválvula y motobomba, que son controladas por el Arduino Mega dependiendo del nivel que agua que tenga el tanque. Los elementos funcionan con un voltaje de 12 V, y son encendidos y apagados por una etapa de potencia que consta de un optocoplador y un transistor de potencia como se puede ver en la figura 9.

Figura 14 Etapa de potencia

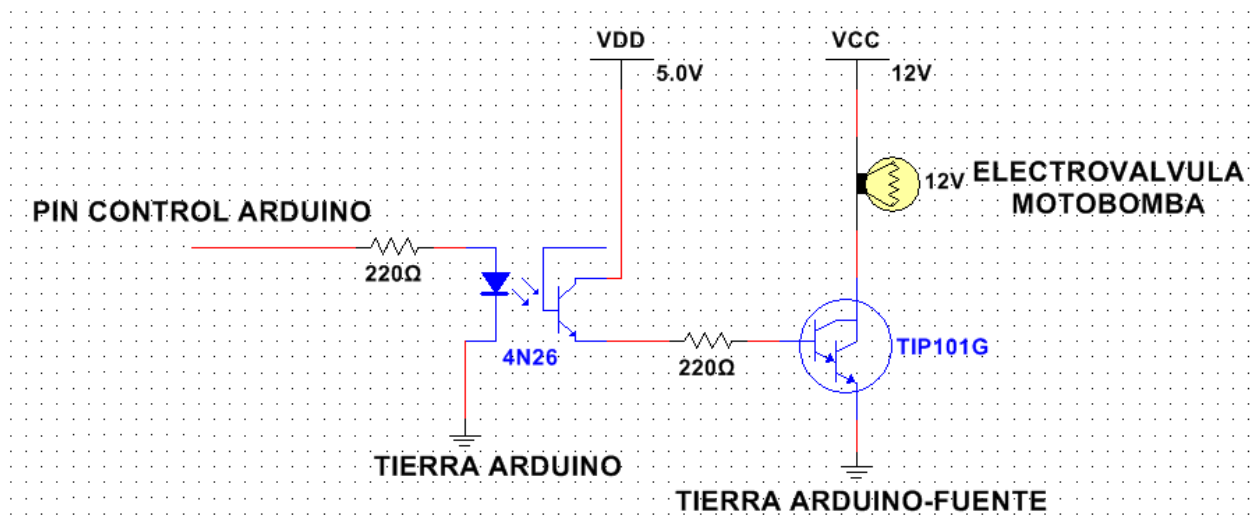


Figura 15 Motobomba



Figura 16 Electroválvula



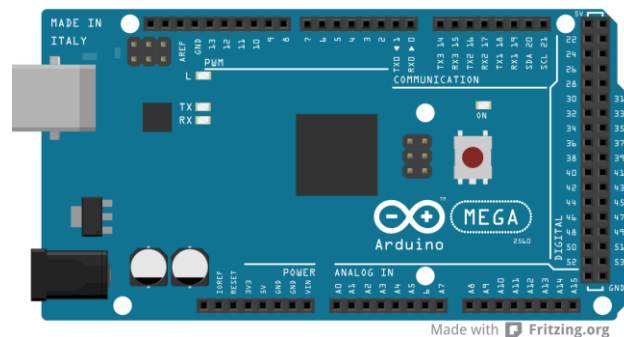
7.2 Hardware

En este capítulo se describe el funcionamiento del hardware que conforma el sistema, que está compuesto por los diferentes componentes físicos que hacen que el prototipo funcione de una manera adecuada.

7.2.1 Arduino

Para realizar el proyecto es indispensable la utilización de una tarjeta de adquisición de datos con el cual se podrá medir los diferentes parámetros que están presentes en el sistema y dependiendo de estos tomara acciones para el correcto funcionamiento del sistema, por ello se escogió un Arduino, dado que es un sistema de hardware libre, usando la tarjeta Arduino mega 2560 el cual dispone de 54 entradas/salidas digitales.

Figura 17 Arduino mega 2560



Las características principales de este dispositivo son:

- Microprocesador ATmega2560
- Tensión de alimentación (recomendado) 7-12V
- Integra regulación y estabilización de +5Vcc
- 54 líneas de Entradas/Salidas Digitales (14 de ellas se pueden utilizar como salidas PWM)
- 16 entradas Analógicas
- Máxima corriente continua para las entradas: 40 mA
- Salida de alimentación a 3.3V con 50 mA
- Memoria de programa de 256Kb (el bootloader ocupa 8Kb)
- Memoria SRAM de 8Kb para datos y variables del programa
- Memoria EEPROM para datos y variables no volátiles
- Velocidad del reloj de trabajo de 16MHz
- Reducidas dimensiones de 100 x 50 mm

7.2.2 Sensor de nivel

En este capítulo se describe como se mide el nivel de agua de los tanques. El nivel se toma con un sensor digital de distancia y su función es regular autónomamente el agua del sistema para que no se presente desbordamiento en los tanques, el nivel es establecido por el desarrollador. Teniendo a disposición los diferentes sensores que son acordes al Arduino se hace uso de un sensor digital de distancia, para determinar el nivel de agua de los tanques de almacenamiento, para lo cual se implementa el HC-SR04 Figura 13, que es un sensor ultrasónico que determina la distancia de un objeto empleando la reflexión del sonido (eco), y no requiere hardware adicional para su funcionamiento.

Figura 18 HC-SR04



La hoja de especificaciones que proporciona el fabricante indica:

Tabla 3 PINES HC-SR04

Tipo	Símbolo Pin	Descripción funcionamiento Pin
HC-SR04	VCC	5 Voltios
	Trig	Trigger pin
	Echo	Receive pin
	GND	Tierra

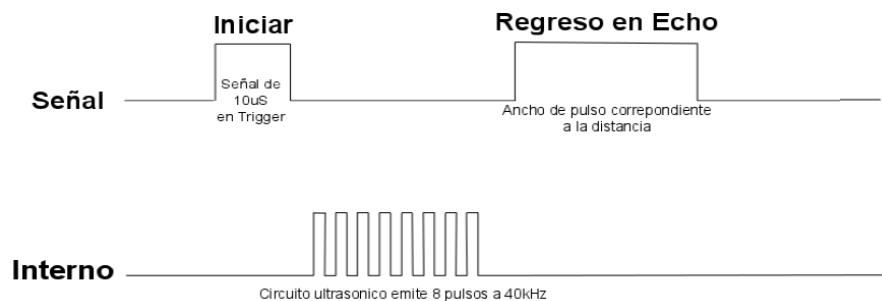
Tabla 4 Especificaciones HC-SE04

Parámetros eléctricos	Modulo Ultrasonido HC-SR04
Voltaje de trabajo	5v DC
Corriente de trabajo	15mA
Alcance máximo	4m
Alcance mínimo	2cm
Angulo de medida	Angulo de medición 15 grados
Señal de disparo de entrada	10us TTL pulse

Salida de señal de eco	Señal de nivel de salida TTL, proporcional Con rango
Dimensiones	45*25*14mm

El sensor está compuesto por un transmisor ultrasónico, un receptor y un circuito de control. El funcionamiento del dispositivo se realiza en el momento que un pulso sea enviado a la entrada Trigger, con esta señal hace que el circuito de control envíe desde el emisor una ráfaga ultrasónica; cuando la señal se refleja en el obstáculo, el receptor pone una señal en el pin de salida Echo. La distancia es proporcional a la duración del pulso y puede ser calcularla con las siguiente formula (Utilizando la velocidad del sonido = 340m/s): Distancia en cm (centímetros) = Tiempo medido en us x 0.017. Una fuente de poder conectada al pin *VDD* suministra la energía al circuito de control, los pines Echo y Trigger se conectan a los puertos digitales de el Arduino Mega.

Figura 19 Diagrama de pulsos HC-SR04



7.2.3 Sensor de caudal

En esta sección se describe las principales características que tiene el elemento encargado de medir la variable de caudal de agua que está recorriendo el sistema, para lo cual se utiliza un sensor FS300A, el cual tiene unos parámetros eléctricos, diseñados por el fabricante en la tabla 5.

Tabla 5 Especificaciones FS300A

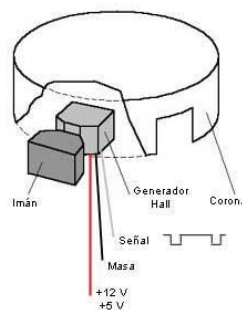
Voltaje de trabajo	4.5v DC
Corriente de trabajo	15mA
Rango de caudal	1-60 L/min
Temperatura de funcionamiento	≤80 °C
Temperatura del liquido	≤120 °C
Humedad de funcionamiento	35%-90%

Figura 20 Sensor de caudal



Este sensor de efecto Hall, se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Colocando un voltímetro entre dos puntos transversales de un cable se puede medir esa tensión. Para ello hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece, en la imagen 2, se puede apreciar la estructura interna de este sensor.

Figura 21 Estructura interna sensor de caudal



Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza el sensor ubicado a la salida de cada uno de los tanques de almacenamiento, para que, de esta manera, se establezca el caudal que circula por el sistema, esta serie de datos son almacenados en una tarjeta SD.

7.2.4 Sensor pH

Es esta sección se describe las principales características que tiene el sensor de pH para medir en qué nivel de acidez que tiene el tanque de almacenamiento, el cual entrega una señal análoga en

donde el fabricante brinda la relación de mV a una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.

Existen varios métodos para realizar la medición de pH, una de estas opciones es el uso de soluciones que presentan cambios de color a valores definidos de pH, a estos se les denomina indicadores; el papel tornasol es una cinta indicadora de pH que dependiendo de la concentración de iones de hidrogeno o hidroxilo en el agua hace un cambio de color para azul cuando la solución es básica y rosado en solución acida, para la solución neutra es de color violeta.

Para el prototipo se escogió un electrodo de vidrio que es un instrumento de medición electromecánica para pH, es un dispositivo versátil y preciso; el cual al entrar en contacto con una muestra, desarrolla un potencial a través de la superficie del bulbo sensible y ese potencial varía con respecto al pH, un electrodo de referencia provee un segundo potencial invariable que compara cuantitativamente los cambios del potencial de la membrana; los electrodos de pH combinados integran tanto electrodo sensor variable con el pH como el electrodo de referencia en un mismo cuerpo. Los dispositivos de lectura calculan la diferencia entre los electrodos, sensor y de referencia, en valores de mili-voltios, estos valores se convierten en unidades de pH para ser mostrados en pantalla.

El comportamiento del electrodo se describe por la Ecuación de Nerst:

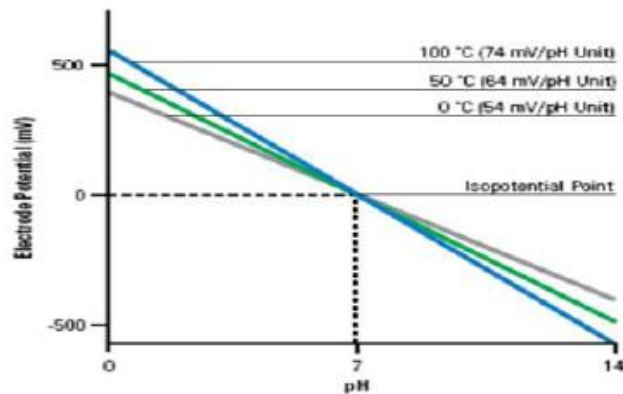
$$\text{Ecuación 2 Ecuación de Nerst. } E = E_0 + \left(\frac{2.3RT}{nF}\right) \log a_{H^+}$$

Dónde: E es el potencial de medición, E₀ el potencial del electrodo de referencia, (2.3RT/nF) es el factor de Nernst la que incluye una constante de la Ley de los Gases (R), la constante de Faraday (F), temperatura en grados Kelvin (T) y la carga del ion (n); debido a que R y F son constantes, el factor y el comportamiento del electrodo son dependiente de la temperatura; con una temperatura de 25°C en factor de Nernst se aproxima a 0,0591 tendremos por lo tanto la Ecuación 3:

$$\text{Ecuación 3 Aproximación factor de Nernst } E = E_0 + (0,0591 \text{ v}) * \text{pH}$$

Por lo tanto la pendiente teórica de Nernst es de 59.16 mV/unidades de pH, además cuando el pH es de 7 unidades a la salida es cero; debido a la dependencia de la temperatura al haber variaciones significativas de temperatura las mediciones pueden desviarse, algunos sistemas de medición tiene una forma de compensar los efectos de la temperatura con la integración de una sonda de temperatura la cual con los otros electrodos, sensor y referencia, permite el cálculo de pH compensado por temperatura utilizando la ecuación de Nernst.

Figura 22 Cambios de pendiente en la medición de pH

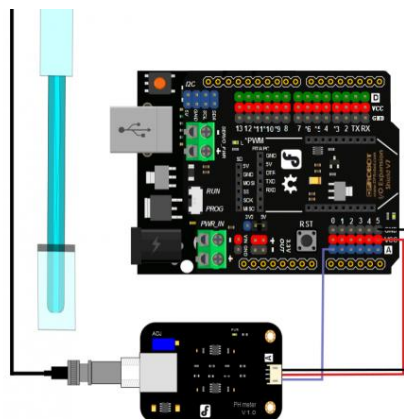


Las características principales de este dispositivo son:

- Alimentación del módulo: 5.00V
- Tamaño del módulo: 43 x 32 mm
- Rango de medida: 0 - 14pH
- La temperatura de medición: 0-60 °C
- Precisión: ± 0.1 pH (25 °C)
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 min
- Sensor de pH con conector BNC
- interfaz de pH 2,0 (3 pies parche)
- Ajuste de ganancia del potenciómetro
- Indicador LED de alimentación

Se utiliza este sensor, por su facilidad de conectividad con Arduino, ya que viene diseñado especialmente para esta plataforma, posee la conexión instantánea a la sonda permitiendo la facilidad de leer los valores de pH presentes en el agua.

Figura 23 Sensor de pH



Este valor de pH (potencial hidrogeno) es importante porque se puede verificar el estado del agua al salir de prototipo.

7.2.5 Reloj

Para tener la hora y fecha sincronizada se utiliza un módulo RTC SD3231 el cual mantiene el registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año, la fecha es ajustada a final de mes para meses con menos de 31 días.

Características modulo reloj DS 3231.

- RTC Alta exactitud, maneja todas las funciones para el mantenimiento de fecha/hora.
- Exactitud de $\pm 2\text{ppm}$ operando a una temperatura de 0°C a $+40^{\circ}\text{C}$.
- Módulo cuenta con reloj DS3231 y memoria EEPROM I2C.
- Cuenta con batería de respaldo
- Registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año con compensación de años bisiestos hasta 2100.
- El DS3231 Incluye sensor de temperatura con exactitud de ± 3 grados centígrados.
- 2 alarmas programables por hora/fecha.
- Salida de señal cuadrada programable.

Figura 24 Modulo DS3231

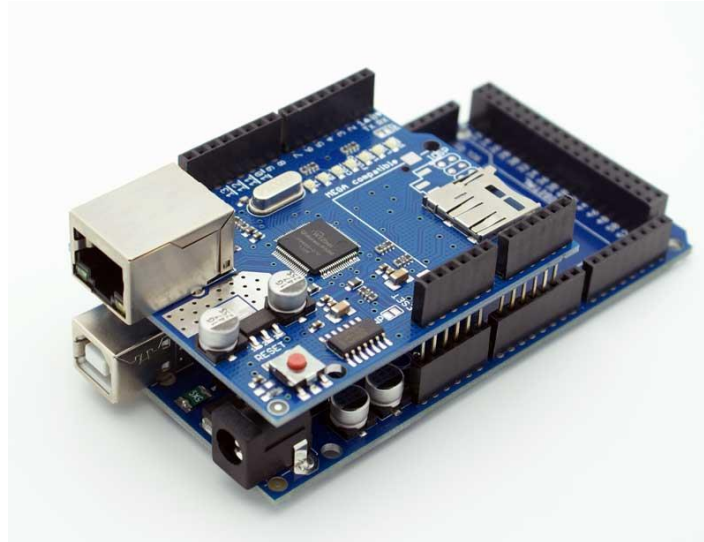


7.2.6 Shield de Ethernet

Una Shield es una placa de circuitos modulares la cual se monta sobre un Arduino o sobre otra Shield, la cual permite ampliar el hardware del Arduino. Su comunicación se realiza por medio de

pinos digitales, analógicos o por puerto serie, las Shield se alimentan generalmente a través de un Arduino mediante los pines 5v y GND.

Figura 25 Shield de Ethernet



La Shield de Ethernet permite al Arduino conectarse a internet por medio de un cable rj45, puede soportar hasta un máximo de 4 Shield simultáneas y solo es necesario utilizar la biblioteca de Ethernet. También añade una ranura para tarjetas micro-SD, la cual se puede utilizar para almacenar archivos utilizando la biblioteca SD. El protocolo de comunicación que utiliza es de un módulo w5100 y la tarjeta SD utiliza el bus SPI.

7.2.7 PLC

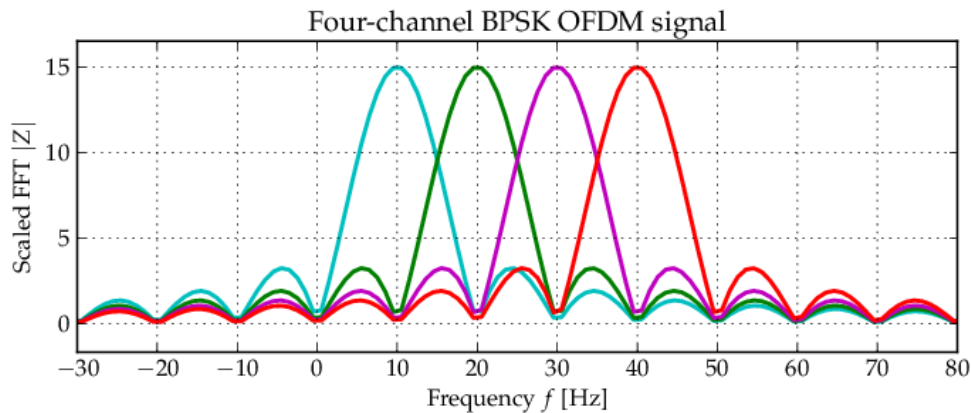
Los PLC (Power Line Communication) consiste básicamente en utilizar la red eléctrica para realizar la transmisión de datos, de forma que se puedan ofrecer todos los servicios que ofrecen las demás tecnologías. La principal ventaja de esta tecnología se basa en la utilización de una infraestructura ya existente y de muy extensa cobertura, como es la red eléctrica, para la prestación de servicios de telecomunicaciones.

Las redes de energía eléctrica tienen diferentes características que convierten la transmisión de señales de datos en un medio muy hostil, y teniendo en cuenta que el medio debe ser compartido con una señal de 50 o 60 Hz, se deben implementar técnicas de modulación de las señales de datos que permitan el mejor desempeño de la red. En cuanto a la modulación de las señales PLC, las cuales se encuentran en el espectro de 1.6 a 30 MHz, se tienen tres tipos de modulación de las señales que se muestran a continuación:

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), que se caracteriza porque puede operar con baja densidad espectral de potencia.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), que optimiza el uso del ancho de banda.

De las diferentes técnicas de modulación la más utilizada es OFDM, ya que posee una gran capacidad para transmitir las altas velocidades, en este sistema multiportador, es eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red de suministro eléctrico, ya que su rango espectral se divide en slots, permitiendo que los equipos se adapten de manera dinámica a las condiciones del medio, teniendo prioridad en aquellas frecuencias donde el ruido es menor y cancelando las que presentan un alto nivel de ruido.

Figura 26 Modulación OFDM



La cobertura de dispositivo es de aproximadamente 300 metros de cable de la red y su velocidad de transmisión del PLC varía dependiendo del fabricante y la tecnología que emplea en la siguiente tabla se puede ver las diferentes velocidades que se pueden tener.

Tabla 6 Velocidad tecnologías PLC

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbps
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbps
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbps
PLC (1ª Generación)	Hasta 45 Mbps
PLC (2ª Generación)	Hasta 130 Mbps
PLC (3ª Generación)	Hasta 200 Mbps

Para el proyecto se utiliza un PLC modelo TP-LINK AV 200 nano, el cual tiene una velocidad de transferencia de 200 mbps y una cobertura de 300 metros. Estos dispositivos se encuentran ubicados: el primer PLC, en el baño donde está puesto el prototipo y el otro PLC, está ubicado en la sala de Máquinas, del área de telemática, estos se encuentran conectados por medio de cable rj45 a internet.

Figura 27 TP-LINK AV 200 NANO



7.2.7.1 PRUEBAS PLC

Para establecer el correcto funcionamiento del PLC se realizaron diferentes pruebas de transmisión de datos para así poder establecer si el rendimiento es adecuado.

7.2.7.2 RED LAN

La velocidad o tasa de transferencia se enmarca por un valor fijo, que es definido por el proveedor de servicios. Para medir la máxima velocidad LAN se utiliza DU Meter el cual proporciona la medición exacta y precisa de los datos que fluyen a través de la conexión a Internet o local; esta lectura es presentada en formato gráfico y numérico en tiempo real.

Para realizar la prueba se utilizó una velocidad de conexión de 10 Mbps con un archivo de 217 MB.

Tabla 7 Transferencia de datos LAN

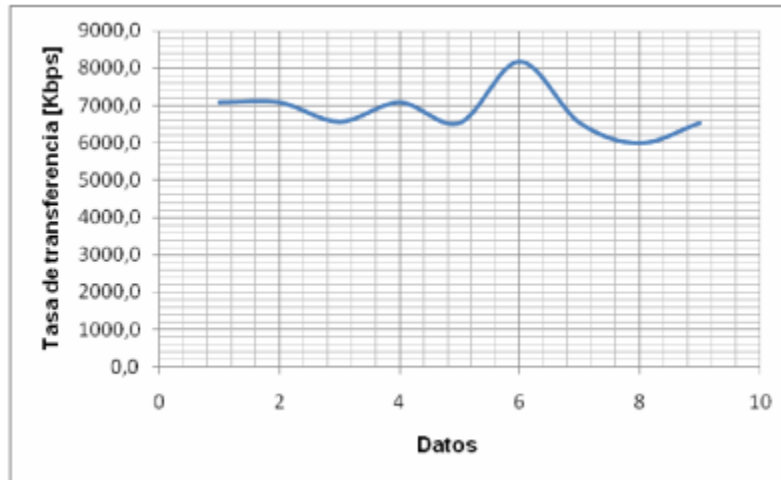
DU Meter 3.5			
TRANSFERENCIA DE DATOS - DESCARGA			
DATO	TOTAL	TASA MÁX.	TASA PROM. [kB/seg]
1	0 Kb	0 kB/seg	0,0
2	21,52 MB	1021,7 kB/seg	881,4
3	48,93 MB	1021,7 kB/seg	879,0
4	66,76 MB	1021,7 kB/seg	876,5
5	85,09 MB	1021,7 kB/seg	871,3
6	122,03 MB	1022,2 kB/seg	873,8
7	149,50 MB	1,06 MB/seg	874,8
8	173,59 MB	1,06 MB/seg	875,6
9	194,94 MB	1,06 MB/seg	875,5
10	230,53 MB	1,06 MB/seg	874,3

Tabla 8 Tasa de transferencia LAN

DU Meter 3.5				
TASA DE TRANSFERENCIA				
DATO	TIEMPO	DL [kB/seg]	UL [kB/seg]	DL [kbps]
1	00:00:00	1,5	0	12,0
2	00:00:26	885,0	865,1	7080,0
3	00:00:57	885,1	875,5	7080,8
4	00:01:18	820,3	798,6	6562,4
5	00:01:40	884,9	850,4	7079,2
6	00:02:24	816,9	825,4	6535,2
7	00:02:56	1021,5	986,4	8172,0
8	00:03:24	816,8	791,2	6534,4
9	00:03:48	748,8	782,5	5990,4
10	00:04:30	816,3	796,6	6530,4

El promedio de la tasa de transferencia DL es aproximadamente de 6.8 Mbps, o sea el 68% de la capacidad teórica.

Figura 28 Tasa de transferencia (Kbps).



7.2.7.3 PLC sin protección.

Para realizar la prueba se utilizó una velocidad de conexión de 10 mbps con un archivo de 217 MB.

Tabla 9 Transferencia de datos PLC sin protección.

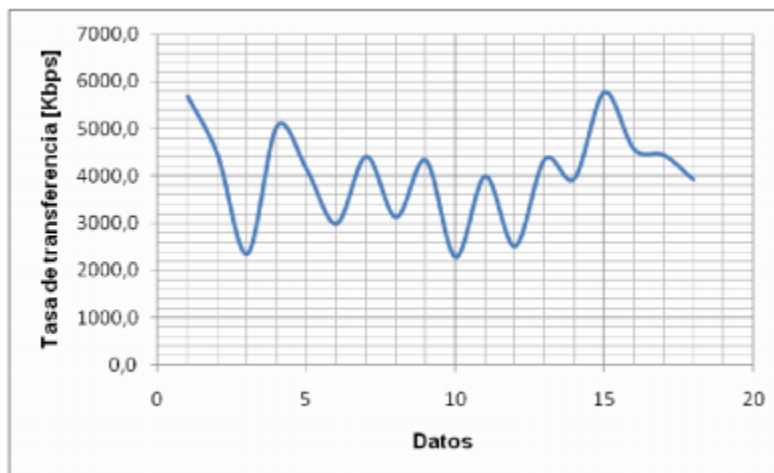
DU Meter 3.5			
TRANSFERENCIA DE DATOS - DESCARGA			
DATO	TOTAL [MB]	TASA MÁX. [kB/seg]	TASA PROM. [kB/seg]
1	0,00	0,0	0,0
2	33,53	759,6	470,4
3	57,22	759,6	509,5
4	74,17	781,3	527,5
5	89,53	856,6	529,9
6	110,17	856,6	537,2
7	127,34	856,6	536,6
8	151,45	856,6	531,1
9	172,78	856,6	531,3
10	184,92	856,6	531,9
11	201,63	856,6	532,1
12	230,34	856,6	530,0

Tabla 10 Tasa de transferencia PLC sin protección

DU Meter 3.5				
TASA DE TRANSFERENCIA				
DATO	TIEMPO	DL [kB/seg]	UL [kB/seg]	DL [kbps]
1	00:00:00	11,7	314,1	93,6
2	00:01:14	709,9	692,1	5679,2
3	00:01:55	556,3	542,7	4450,4
4	00:02:24	631,4	615,0	5051,2
5	00:02:53	373,3	364,3	2986,4
6	00:03:30	551,6	538,3	4412,8
7	00:04:04	541,3	528,0	4330,4
8	00:04:53	499,1	486,3	3992,8
9	00:05:33	544,3	532,4	4354,4
10	00:05:56	720,6	702,7	5764,8
11	00:06:29	555,1	541,3	4440,8
12	00:07:25	490,1	477,9	3920,8

El promedio de la tasa de transferencia DL es aproximadamente de 4.5 Mbps, o sea el 45% de la capacidad teórica.

Figura 29 Tasa de transferencia (Kbps).



7.2.7.4 PLC con protección.

Para realizar la prueba se utilizó una velocidad de conexión de 10 Mbps con un archivo de 217 MB.

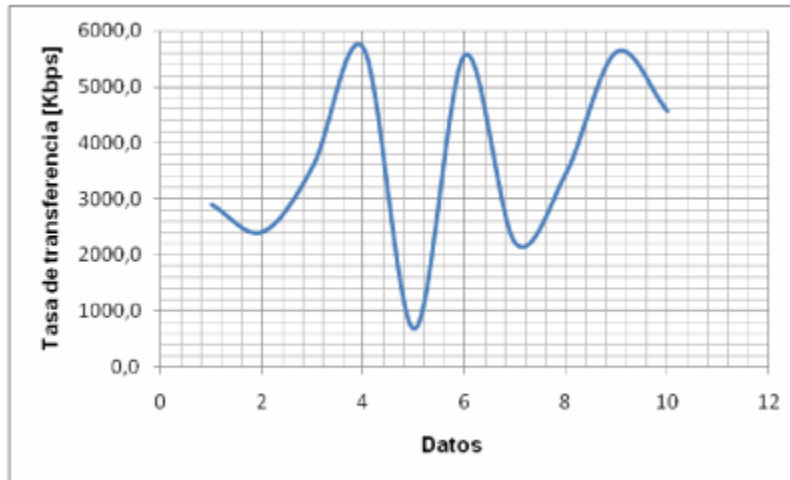
Tabla 11 Transferencia de datos PLC con protección.

DU Meter 3.5			
TRANSFERENCIA DE DATOS - DESCARGA			
DATO	TOTAL [MB]	TASA MÁX. [kB/seg]	TASA PROM. [kB/seg]
1	0,00	0,0	0,0
2	84,79	777,6	487,8
3	93,61	788,2	486,6
4	105,14	788,2	491,8
5	124,59	788,2	488,8
6	141,83	788,2	485,7
7	163,44	788,2	485,1
8	180,37	788,2	484,8
9	204,07	788,2	489,4
10	215,93	788,2	488,1
11	237,51	788,2	489,4

Tabla 12 Tasa de transferencia PLC con protección

DU Meter 3.5				
TASA DE TRANSFERENCIA				
DATO	TIEMPO	DL [kB/seg]	UL [kB/seg]	DL [kbps]
1	00:00:00	0,0	0,0	0,0
2	00:02:58	362,1	352,2	2896,8
3	00:03:17	300,2	292,8	2401,6
4	00:03:40	447,1	436,3	3576,8
5	00:04:21	711,3	693,6	5690,4
6	00:05:00	83,8	81,3	670,4
7	00:05:45	695,7	678,8	5565,6
8	00:06:21	275,6	269,2	2204,8
9	00:07:07	432,3	421,5	3458,4
10	00:07:33	703,4	686,2	5627,2
11	00:08:18	571,0	559,2	4568,0

Figura 30 Tasa de transferencia (Kbps).



De acuerdo al porcentaje de la tasa máxima y tasa promedio, se obtuvieron buenos resultados en la transmisión de datos a pesar de que la tecnología PLC presenta disminución apreciable en los empalmes y en el cambio de calibre en los conductores.

7.3 software

En este capítulo se describe el software que fue implementado en el sistema, el cual está compuesto por un equipo lógico que es necesario para cumplir tareas específicas que desarrolla el prototipo.

7.3.1 Nivel de agua

El nivel de agua de los tanques se mide con un sensor de ultrasonido HC-SR04 el cual entrega la media en cm, su programación se realiza en Arduino utilizando la biblioteca <Ultrasonic.h> la cual nos entrega la media exacta en centímetros llamando la función con ranging(CM). Los pines utilizados en el prototipo son: sensor 1: (22,24) y sensor 2: (23,25).

A continuación, se puede ver el código general que se utiliza para obtener la medida.

```
0 #include <Ultrasonic.h>
1 Ultrasonic ultrasonic(9,8);
2 void setup()
3 {
4 }
5 void loop()
6 {
7   Serial.print(ultrasonic.Ranging(CM));
```


8 }
(Codigo nivel, 2017)

7.3.2 Caudal

El caudal de agua que sale de los tanques se mide con un sensor de flujo FS300A el cual entrega la medida en litros/minuto, su programación se realiza en Arduino; el código funciona contando la cantidad de pulsos que genera el sensor en una determinada cantidad de agua, se realizaron 3 pruebas para calibrar el sensor de con 500ml y 1000ml.

Tabla 13 Pruebas calibración sensor FS300A

Prueba No.	Cantidad	Pulsos
1	500 ml	205
2	500 ml	198
3	500 ml	201
4	1000ml	388
5	1000ml	392
6	1000ml	397

Teniendo en cuenta los datos obtenidos se puede concluir que por cada litro de agua que pasa por el sensor se tienen 400 pulsos y su frecuencia de nuestro es de 1 segundo entonces para hallar el caudal se tiene que:

$$\text{litros (L)} = \text{pulsosAcumulados} * \frac{1.0}{400}$$

Los pines utilizados en el prototipo son: sensor 1: (37) y sensor 2: (35).

A continuación, se puede ver el código general que se utiliza para obtener la medida en cual se toman los flancos de subida y bajada para establecer la cantidad de pulsos que genera el sensor en un determinado tiempo y así poder establecer el nivel de caudal.

```
0 const int pinSensor = 2;  
1 int caudal;  
2 const unsigned long sampleTime=10;  
3 void setup()  
4 {  
5   pinMode(pinSensor, INPUT);  
6 }  
7 void loop()  
8 {
```

```

9  int kount=0;
10 boolean kflag=LOW;
11 unsigned long currentTime=0;
12 unsigned long startTime=millis();
13
14 while (currentTime<=sampleTime)
15     {
16     if (digitalRead(pinSensor)==HIGH)
17         {
18         kflag=HIGH;
19         }
20     if (digitalRead(pinSensor)==LOW && kflag==HIGH)
21         {
22         kount++;
23         kflag=LOW;
24         }
25     currentTime=millis()-startTime;
26     }
27 int kount2rpm = kount;
28 kount2rpm=kount2rpm*1/400; // Ecuacion
29 return kount2rpm;
30 }
(Codigo caudal, 2017)

```

7.3.3 pH

Para realizar la medida se utiliza un sensor de pH para Arduino el cual entrega la lectura exacta que tiene el agua, para calibrar el equipo se usó un sensor de pH que tiene la Universidad de Cundinamarca y es utilizado por el laboratorio de suelos, con este se contrasto que la medida sea correcta, el código funciona midiendo el voltaje análogo que arroja el sensor pasar establecer el nivel de pH. El pin utilizado es el A1, a continuación, se puede ver el código general que se utiliza para obtener la medida.

```

0 #define SensorPin 0
1 unsigned long int avgValue;
2 float b;
3 int buf[10],temp;
4 void setup()
5     {
6     pinMode(13,OUTPUT);
7     Serial.begin(9600);

```

```

8  Serial.println("Ready");
9  }
10 void loop()
11 {
12  for (int i=0; i<10; i++) //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
13  {
14    buf[i]=analogRead(SensorPin);
15    delay(10);
16  }
17  for (int i=0; i<9; i++) //sort the analog from small to large
18  {
19    for (int j=i+1; j<10; j++)
20    {
21      if (buf[i]>buf[j])
22      {
23        temp=buf[i];
24        buf[i]=buf[j];
25        buf[j]=temp;
26      }
27    }
28  }
29  avgValue=0;
30  for (int i=2; i<8; i++) //take the average value of 6 center sample
31    avgValue+=buf[i];
32  float phValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert the analog into millivolt
33  phValue=3.5*phValue;
34  }
(Codigo pH, 2017)

```

7.3.4 Reloj

Para establecer la hora y fecha con que se realizan las medias se utiliza un módulo DS3231, para configurar este módulo es necesario programar la hora y fecha primero utilizando una pila para que funcione continuamente y así no pierda el registro que tiene, posteriormente se utiliza la biblioteca <RTC.h> que es la encargada que el modulo funcione, para llamar la hora en el código se utiliza la función `rtc.getData()`; la cual entrega año, mes, día, hora, minutos y segundos.

7.3.5 SD

Para guardar los datos tomados por los diferentes sensores en el prototipo se utiliza una tarjeta SD que es puesta en la Shield de Ethernet, para ello es necesario declarar la biblioteca <SD.h> estos

datos son almacenados con hora y fecha. A continuación, se puede ver el código general para guardar los datos.

```
0 #include <SPI.h>
1 #include <SD.h>
2 File myFile;
3 void setup()
4 {
5 }
6 Serial.println("initialization done.");
7 myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE);
8 if (myFile)
9 {
10  Serial.print("Writing to test.txt...");
11  myFile.println("testing 1, 2, 3.");
12  myFile.close();
13  Serial.println("done.");
14 }
15 else
16 {
17  Serial.println("error opening test.txt");
18 }
19 myFile = SD.open("test.txt");
20 if (myFile)
21 {
22  Serial.println("test.txt:");
23  while (myFile.available())
24  {
25    Serial.write(myFile.read());
26  }
27  myFile.close();
28 }
29 else
30 {
31  Serial.println("error opening test.txt");
32 }
33 }
34 void loop()
35 {
36 }
```

(Codigo SD, 2017)

7.3.6 Servidor web

El servidor web es desarrollado sobre un Arduino mega utilizando la Shield de Ethernet, se realiza allí ya que su funcionamiento no depende de ningún factor externo y así podrá funcionar autónomamente. Su funcionamiento se basa en el código que incluye Arduino para la Shield de Ethernet en el cual se encuentran todos los parámetros necesarios para implementar un servidor web. A continuación, se puede ver el código general para crear un servidor.

```
0 #include <SPI.h>
1 #include <Ethernet.h>
2 byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
3 IPAddress ip(192, 168, 1, 177);
4 EthernetServer server(80);
5 void setup()
6 {
7   Ethernet.begin(mac, ip);
8   server.begin();
9   Serial.print("server is at ");
10  Serial.println(Ethernet.localIP());
11 }
12 void loop()
13 {
14   EthernetClient client = server.available();
15   if (client)
16     {
17     Serial.println("new client");
18     boolean currentLineIsBlank = true;
19     while (client.connected())
20       {
21       if (client.available())
22         {
23         char c = client.read();
24         Serial.write(c);
25         if (c == '\n' && currentLineIsBlank)
26           {
27           client.println("<!DOCTYPE HTML>");
28           }
29         break;
30       }
31       if (c == '\n')
```

```

32     {
33     currentLineIsBlank = true;
34     }
35     else if (c != '\r')
36     {
37     currentLineIsBlank = false;
38     }
39     }
40   }
41   client.stop();
42   Serial.println("client disconnected");
43   }
44   }

```

(Codigo servidor web, 2017)

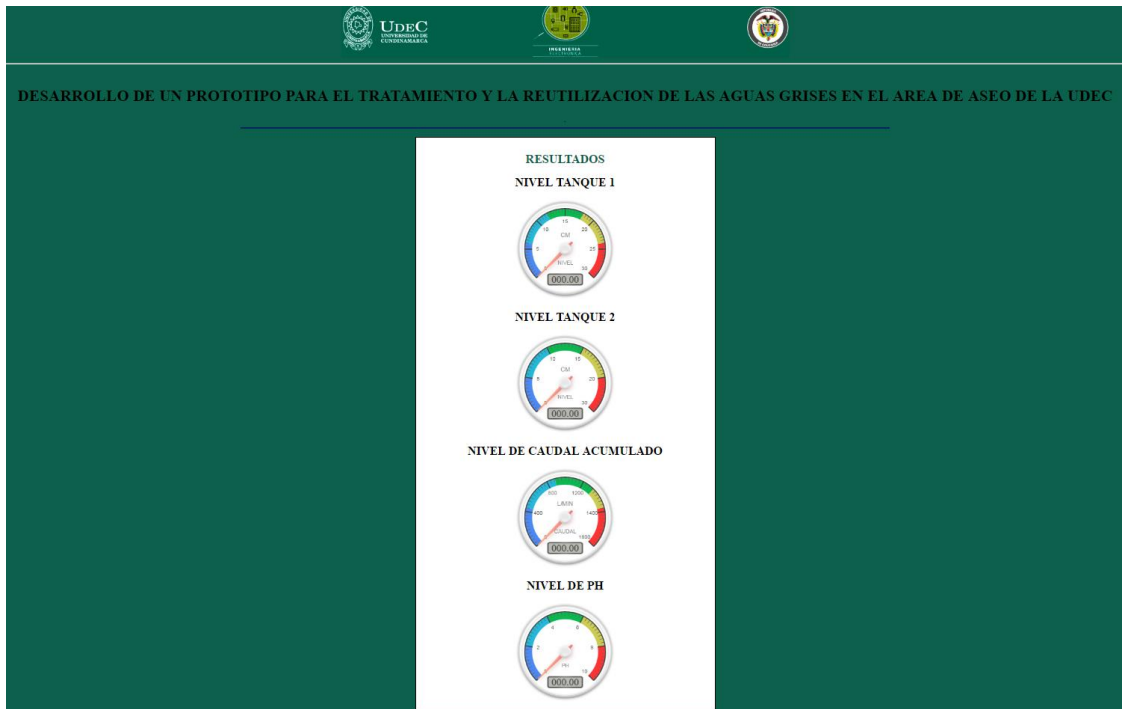
7.3.7 Sistema de monitoreo y control remoto

En esta sección se describe como se presentan las diferentes variables medidas en el sistema de una forma clara y legible para que puedan ser visualizadas por medio de una interfaz. La cual permite al usuario monitorear en tiempo real el nivel de agua de cada uno de los tanques, el caudal que fluye a la salida de cada uno de los tanques y el nivel de pH que tiene el agua procesada al final del sistema, además permite controlar el sistema para restringir o aumentar el flujo de agua en el sistema.

El desarrollo de la página web se realizó utilizando el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), Este protocolo es utilizado para para transmitir las diferentes peticiones que requiere el servidor para que la página web se pueda visualizar de una forma correcta.

La página web es desarrolla en HTML en la cual se podrá hacer el monitoreo del sistema cuenta con varios relojes en los cuales se puede apreciar la medida que tienen los diferentes sensores que están ubicados en el prototipo. Estos estos relojes nos muestran en tiempo real el estado de nivel de agua que tiene cada tanque, el caudal total que ha pasado y el nivel de pH como se ve en la figura 23. (electronics, 2017)

Figura 31 Monitoreo página web



Para acceder a la página web donde se hace el control remoto del sistema se da clic sobre el logo de la UDEC, allí se tiene una interfaz donde se permite controlar el agua que tiene cada tanque de agua teniendo varias opciones como lo es, encendido y apagado del tanque 1 y tanque 2, y el encendido y apagado de los tanques 1 y tanque 2 al mismo tiempo. Para regresar a la página de monitoreo se le da clic sobre el logo de la UDEC.

Figura 32 Control remoto del sistema

SISTEMA PARA CONTROLAR EL ESTADO DEL SISTEMA

UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Control de las motobombas y electrovalvulas.

Funcionamiento remoto	Tanque 1	Tanque 2	Evacuar sistema
Encender	Encender	Encender	Encender
Apagar	Apagar	Apagar	Apagar

Sistema de control del sistema:

Para controlar el sistema remotamente se debe activar con el interruptor la opcion de funcionamiento remoto, para asi poder manipar las difrentes variables.

El interruptor de tanque 1 permite controlar el nivel de agua que tiene.

El interruptor de tanque 2 permite controlar el nivel de agua que tiene.

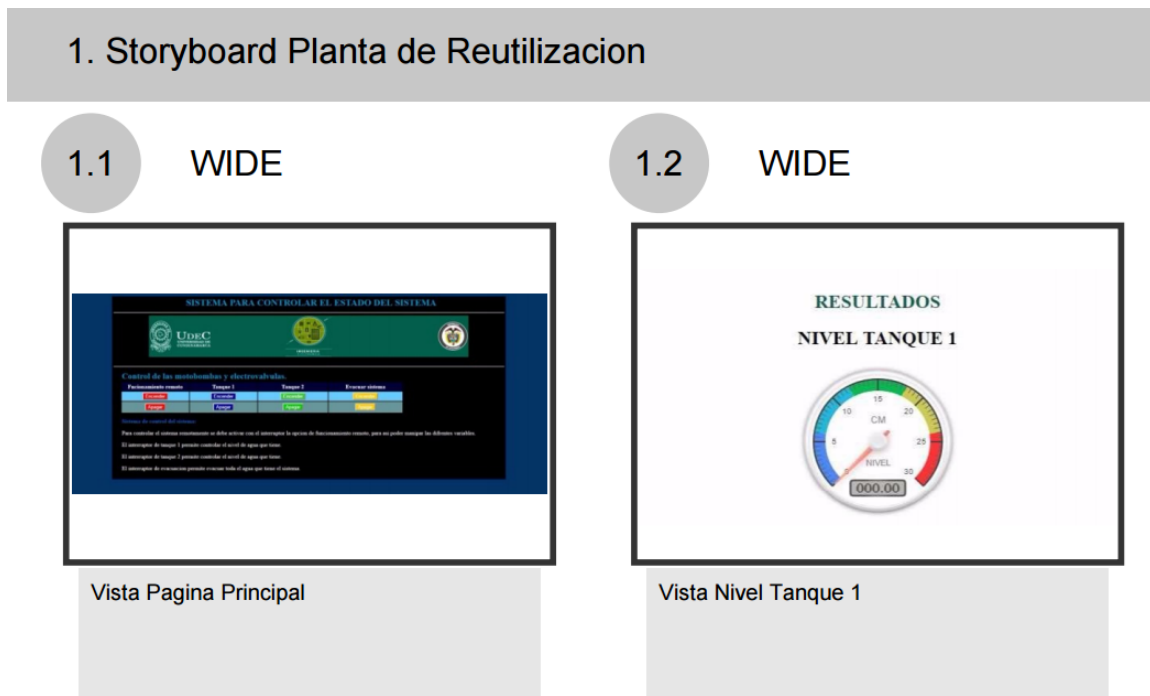
El interruptor de evacuacion permite evacuar toda el agua que tiene el sistema.

Un storyboard es un conjunto de ilustraciones presentadas de forma secuencial con el objetivo de servir de guía para entender una historia, pre visualizar una animación o planificar la estructura de una película. Un storyboard es básicamente una serie de viñetas que se ordenan conforme a una narración previa. Se utiliza como planificación gráfica, como documento organizador de las secuencias, escenas y por lo tanto planos (determinado en el guion técnico) aquí (en el storyboard) ya visualizamos el tipo de encuadre y ángulo de visión que se va a utilizar. (<http://www.ugr.es/~ahorno/STA.pdf>)

El autor Javier M. Martínez, en su escrito enfoque metodológico para el diseño de interfaces durante el ciclo de vida de desarrollo de software, da una breve reseña de la utilización, que él hizo para el planteamiento de la propuesta para así tener una guía antes de decidir la versión final del producto, también refiere que es una serie de dibujos, diagramas y palabras que muestran exactamente lo que los usuarios verán y harán en cada momento, expone la funcionalidad del sistema y las relaciones temporales de los eventos. (<http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/3846/4399>)

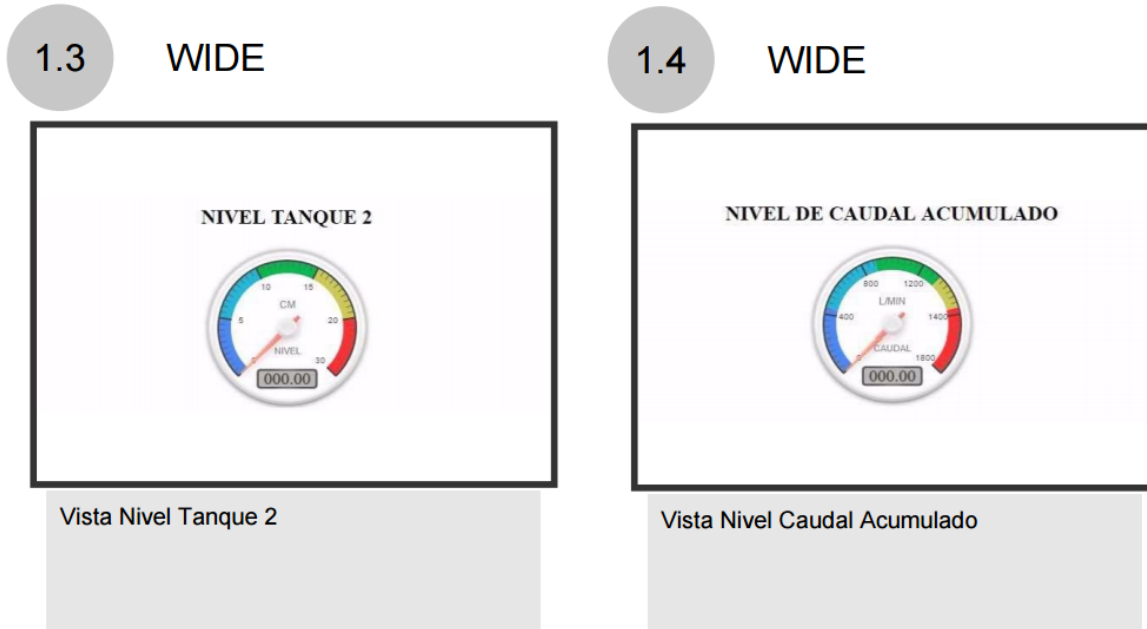
Se realiza un Storyboard de la página de monitoreo y control que tiene como finalidad explicar que función tiene cada parte de la interfaz gráfica, utilizando una herramienta Online, llamada Celtx, la cual nos facilita la realización del Storyboard.

Figura 33 Storyboard



En el Storyboard 1.1, observamos la página principal, con la información de funcionamiento de cada uno de los botones que en ella se encuentran, en el Storyboard 1.2 se observa el nivel del tanque número 1, el cual se refleja análogo, como digital.

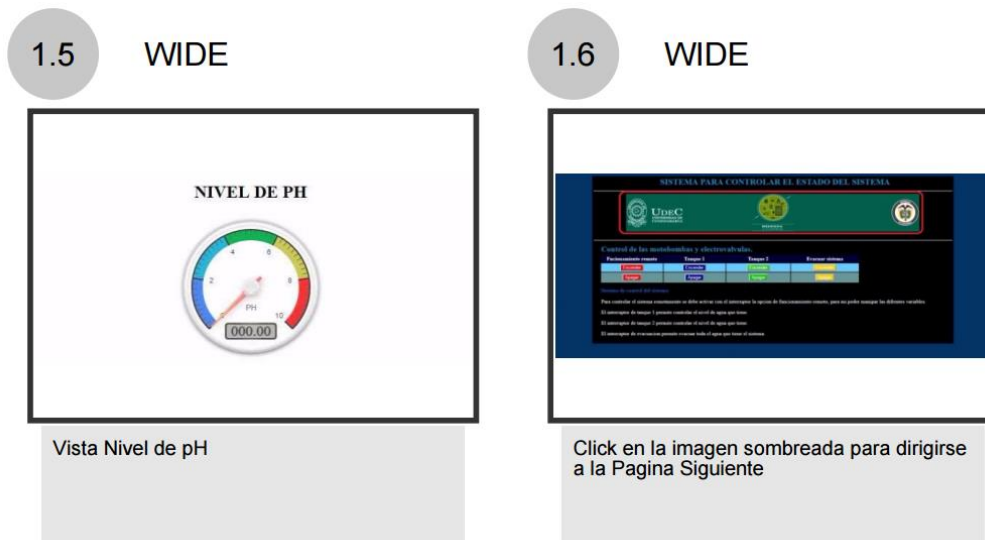
Figura 34 Storyboard



Storyboard 1.3, observamos el nivel del tanque número 2, visualizando lo censado en el prototipo de forma análoga, como digital.

Storyboard 1.4, observamos el nivel de caudal que ha pasado por el sensor de caudal, visualizando de forma análoga, como digital.

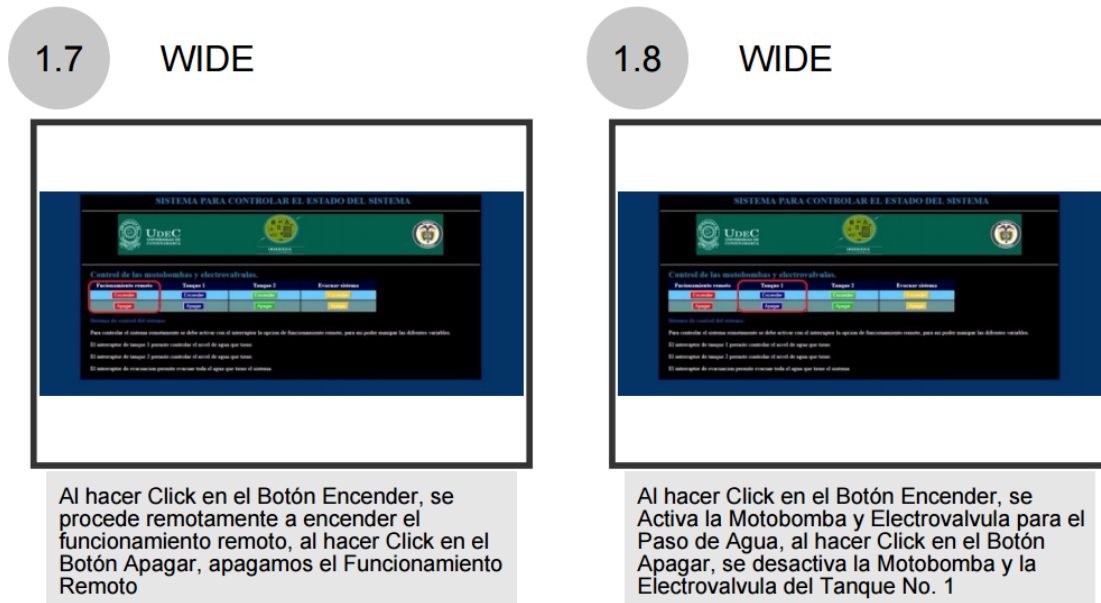
Figura 35 Storyboard



En el storyboard 1.5, observamos el nivel de pH, este nivel proviene del sensor de pH, ubicado en el prototipo el cual varia al paso de agua.

Storyboard 1.6, relacionamos en rojo donde hay que hacer click para ir de la página principal, a la página No. 2.

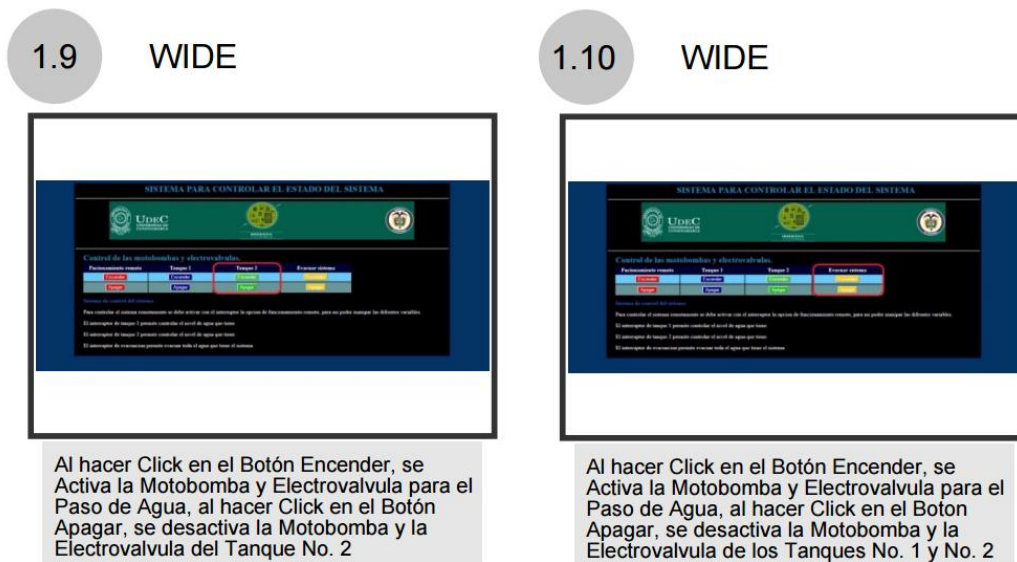
Figura 36 Storyboard



Storyboard 1.7, nos muestra en rojo donde hay que dar click para encender o apagar el sistema remoto.

Storyboard 1.8, al dar click en los botones señalados en rojo, damos el mando para que se enciendan o se apaguen, la motobomba del tanque No. 2, y la electroválvula siguiente al tanque en cuestión.

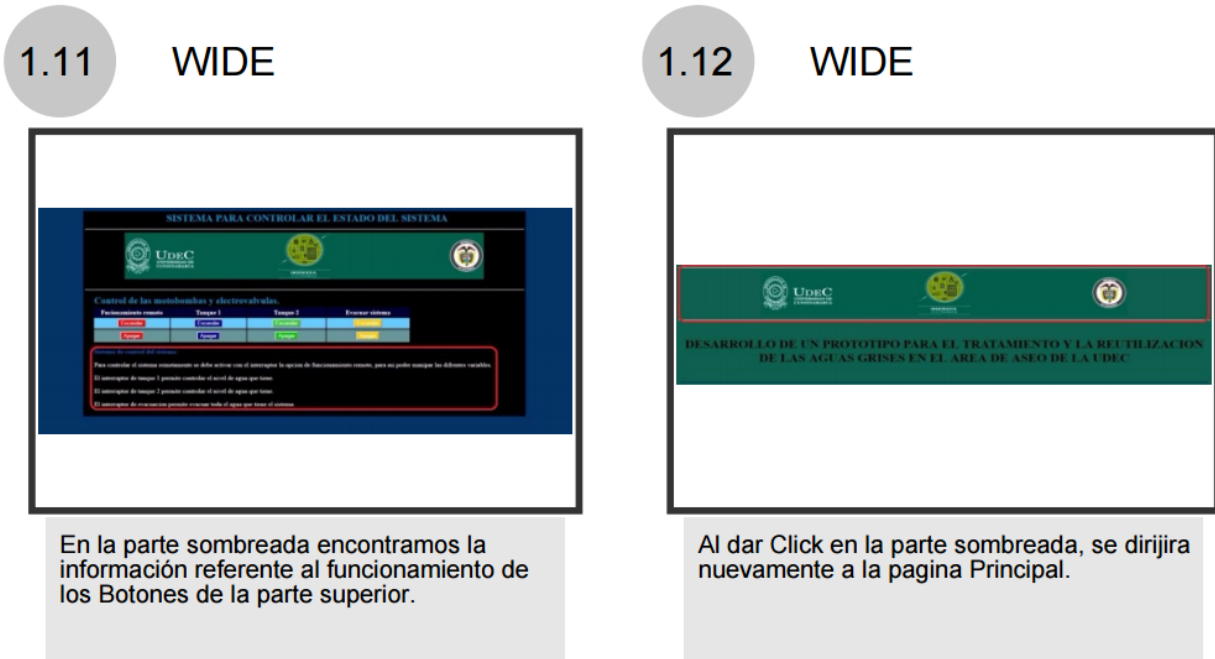
Figura 37 Storyboard



Storyboard 1.9, al dar click en los botones señalados en rojo, damos el mando para que se enciendan o se apaguen, la motobomba del tanque No. 3, y la electroválvula siguiente al tanque en cuestión.

Storyboard 1.10, al dar click en los botones de la región demarcada con rojo podemos encender y/o apagar las dos motobombas y las dos electroválvulas, en caso de ser necesario hacer evacuación del agua que se encuentre en el prototipo.

Figura 38 Storyboard



Storyboard 1.11 en la parte demarcada con rojo, se encuentra la información del uso del sistema remoto, mediante los botones que en esta página se encuentran.

Storyboard 1.12 se resalta en rojo, donde hay que hacer click para poder ir de la página actual, a la página principal.

8. AJUSTE Y VALIDACION DEL PROTOTIPO

El prototipo recibido es proyectado inicialmente a un solo bloque de tanques, los cuales por conexiones, ubicación de elementos y tubería son construidos bloque por bloque, aumentando así su tamaño de instalación, en aproximadamente el doble de lo que se pensaba inicialmente, al no afectar el funcionamiento se realiza la instalación de cada uno de los tanques, comunicados cada uno por tubería PVC de ½ pulgada; pegantes, sellantes y limpiadores son utilizados a la hora de realizar la obra civil para la instalación del prototipo.

Para poder dar energía al prototipo y poder realizar la conexión de los PLC, se realizan dos instalaciones de corriente, una proveniente de la red regulada, y una de la no regulada, en la red regulada se encuentra conectado todo el sistema del prototipo, y en la no regulada solamente conectamos el PLC, el motivo de hacer dos conexiones de red, fue que al conectar todo a una sola red, al activarse el sistema, entraba en conflicto el PLC, y no realizaba él envío ni la recepción de los datos, quedando sin conexión, es por ello que se optó por agregar otra instalación de corriente.

En la siguiente descripción se encontrará el proceso realizado paso por paso, de acuerdo al funcionamiento del prototipo dando comienzo en el primer elemento que compone la captación de agua.

8.1 Descripción ensamble prototipo

La pieza inicial del prototipo inicialmente fue un filtro de residuos sólidos de gran tamaño, el cual tenía como fin recoger elementos de gran tamaño, como se observa en la imagen tiene una rejilla metálica donde se alojarían dichos residuos.

Figura 39 Filtro residuos sólidos original



El segundo elemento del prototipo es un tanque en acrílico negro de 8mm el cual tiene como medidas 31 cm de alto, 27 cm de ancho, 31 cm de largo, el cual tiene como fin atrapar las grasas entrantes al sistema, ya que en su interior tiene una estructura la cual deja la grasa proveniente del lavamanos.

Figura 40 Trampa de grasas



La tercera parte del prototipo, es un tanque en acrílico de 8mm, el cual tiene como medidas 31 cm de alto, 27 cm de ancho, 31 cm de largo, en el cual se almacena el agua que pasa de la trampa de grasas, este en su interior tiene una motobomba y un sensor de nivel e-tape.

Figura 41 Tanque almacenamiento



Motobomba utilizada en los tanques No. 2 y No. 3 (ubicado en el interior de los tanques).

Figura 42 Motobomba



Sensor de nivel e-tape cinta (ubicado en el interior de los tanques)

Figura 43 Sensor nivel e-tape



Consiguiente al tanque de almacenaje No. 1, encontramos una electroválvula metálica.

Figura 44 Electroválvula



Seguido de la electroválvula, encontramos el primer sensor de caudal, o caudalímetro.

Figura 45 Sensor caudal FS300A



Después del sensor de caudal o caudalímetro encontramos un filtro de residuos sólidos pequeños, compuesto en su interior por una malla metálica, la cual al pasar el agua proveniente del tanque No. 1 retira los sedimentos los cuales no quedaron filtrados en el filtro de residuos sólidos.

Figura 46 Filtro partículas



Como siguiente tenemos el dispensador de cloro, que tiene como función dosificar las pastillas de cloro para mantener un nivel de pH adecuado y quitar en parte los malos olores.

Figura 47 Filtro de cloro



Al pasar el agua por el dispensador de cloro, el agua es almacenada en otro tanque de acrílico negro de 8mm, con medidas 31 cm de alto, 32 cm de ancho, 31 cm de largo, el cual en su interior tiene un sensor e-tape cinta, un sensor de pH y una motobomba.

Figura 48 Tanque almacenamiento



Ya encontrarse en su etapa final, como consiguiente encontramos una electroválvula metálica y por ultimo un sensor de caudal o caudalimetro para tomar la medida del agua entregada a los sanitarios. Las conexiones de cada componente del prototipo se realizan en tubo PVC blanco de calibre ½.

8.2 Cambios y/o modificaciones del prototipo inicial

El primer cambio que se realiza, es la sustitución de la Raspberry Pi, por la tarjeta de adquisición Arduino mega, este cambio se realiza con el fin de ahorrar recursos del sistema ya que en el Arduino mega se puede suplir todas las necesidades que requiere el prototipo.

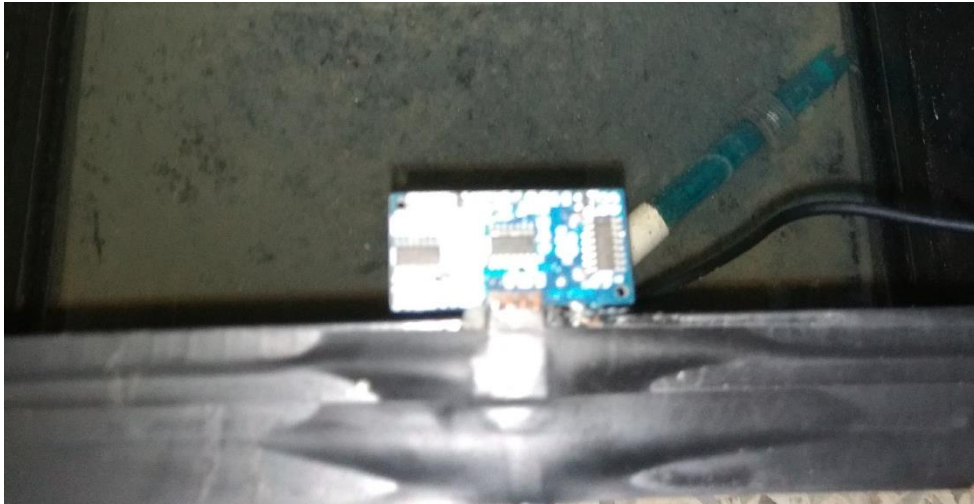
El segundo cambio que se realiza, es el del filtro de residuos de mayor tamaño, el cual, por las dimensiones, no es posible darle uso, ya que el espacio donde se ubicó el prototipo es bastante reducido, por ello se procede a colocar una malla metálica la cual lleva carbón activado para realizar una mejor limpieza del agua, rejilla la cual tiene que ser cambiada cada Cuatro (04) meses, manualmente, ya que al tener contacto con el agua se va desintegrando la rejilla metálica, En la Figura 40 se observa el deterioro del filtro, al contacto con el agua, al igual que se va deformando ya que la limpieza de este es manual.

Figura 49 Rejilla utilizada en el prototipo



El tercer cambio realizado, fue el de los sensores de nivel, ya que al utilizar el sensor de nivel e-tape con sus diferentes posibles circuitos, para el funcionamiento como lo son: divisor de voltaje, puente de wheastone, y amplificador diferencial, no se logró obtener una medida real del nivel del agua, por tal motivo se procede a cambiarlos por sensores de ultrasonido, dando así un censo real del nivel.

Figura 50 Sensor de nivel ultrasonido



Se agrega un sensor de caudal o caudalimetro digital, al final del prototipo, para corroborar la información dada por el sensor de caudal o caudalimetro análogo de la salida del agua del prototipo.

Figura 51 Caudalimetro de referencia



8.3 Descripción instalación del prototipo

Obra civil

A continuación, se muestra una serie de evidencias del proceso logrado en la instalación del prototipo de reutilización de aguas grises en el baño, en donde se puede visualizar su obra civil, y en general cada paso de ensamblaje, mostrando sus conexiones.

Figura 52 Conexión PVC



Vista Conexión en PVC de 3/4 de pulgada, salida agua lavamanos, con entrada al Prototipo.

Figura 53 Entrada agua prototipo



Entrada de agua al Prototipo, Tanque No. 1 Filtro de Residuos Sólidos, Trampa de Grasas.

Figura 54 Tanque 2



Tanque No. 2, conectado mediante Tubo PVC de 1/2 pulgada, paso de agua del Tanque No. 1 físicamente al Tanque No. 2.

Figura 55 Filtro de cloro



Conexion Agua Saliente del Tanque No. 2, por union en PVC de 1/2 Pulgada, a electrovalvula, seguido de filtro de residuos solidos, y siguiente el dispensador de cloro, la salida del dispensador de cloro acoplada a Tanque No. 3. (Imagen de Derecha a Izquierda)

Figura 56 Caudalimetro referencia



Salida del Tanque No. 3 acoplada por tubo PVC de 1/2 pulgada, a electrovalvula, seguido de Sensor de Caudal Analogo, y acoplado mediante tubo PVC de Media a Sensor de Caudal Digital.

Figura 57 Salía de agua del sistema



Salida de Agua a cisternas por medio de tubo PVC de 1/2 pulgada.

Figura 58 Vista frontal prototipo



Vista Frontal Prototipo completo, instalado en Baño del Bloque F, Segundo Piso de la Universidad de Cundinamarca.

Figura 59 Vista Acometida Agua Saliente



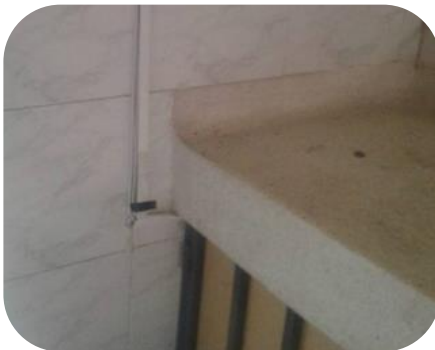
Vista acometida agua saliente del prototipo a desagüe con Tubo PVC 1/2.

Figura 60 Vista frontal reja de protección.



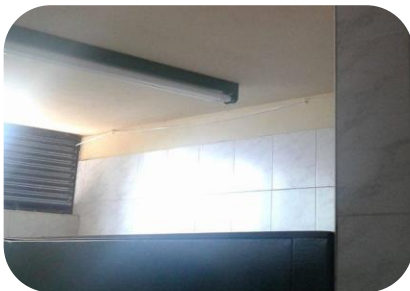
Vista frontal reja de protección para la intrusión al prototipo.

Figura 61 Vista punto de red.



Vista instalacion punto de red con cable duplex No. 14.

Figura 62 Vista punto de red.



Vista instalacion punto de red con cable duplex No. 16.

Figura 63 Vista toma corriente.



Vista toma corriente de puntos de red electrica.

Instalación eléctrica

Se llevan dos puntos de la red eléctrica, tomados de diferentes lugares al baño, con el propósito de alimentar, con uno de los puntos, la fuente de voltaje, fuente con la cual energizamos la etapa de potencia, y el otro de los puntos de la red eléctrica, para conectar el PLC, para la transmisión de los datos.

Esta instalación se realiza mediante cable Dúplex No. 16, con su respectiva toma corriente, para la conexión del PLC, para la conexión de la fuente de voltaje se utilizó cable Dúplex No. 16, y su respectivo tomacorriente, como lo indica la figura anteriormente 53,54 y 55.

9 RESULTADOS

Los diferentes sensores instalados en el prototipo permiten obtener los datos del comportamiento que presenta el sistema en donde se puede analizar el nivel de agua, caudal del sistema y pH.

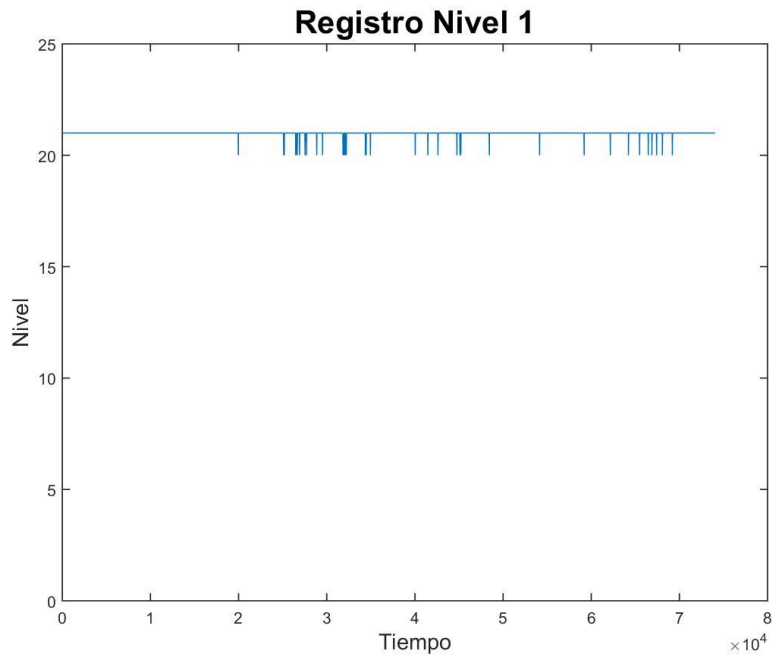
El sistema fue diseñado inicialmente para llevar el agua procesada a las cisternas, al momento de implementar el sistema en el baño se encontró la dificultad que para llevar el agua del tanque de almacenamiento a la cisterna es necesario realizar una nueva acomoda de la tubería que transporta el líquido, lo que implica altos costos en la realización de esta obra civil; por ello se decidió recolectar el agua procesarla y enviarla al desagüe con el fin de realizar el estudio de los datos.

El diseño de este prototipo es flexible a cambios y acomodación del sistema, con referencia al sitio que se tratará, la información siempre será reflejada mediante el mismo software, manteniendo el mismo funcionamiento y el mismo principio, los elementos que integran todo el sistema son de fácil conexión, y comunicación, la etapa de potencia integra conexiones en caso de fallos de conexión con la tarjeta y con los componentes utilizados.

El sistema funciona de manera autónoma; permitiendo el funcionamiento continuo de cada uno de los elementos que componen el prototipo las 24 horas del día; los diferentes sensores toman datos y los guardan en la tarjeta SD para así poder analizar su comportamiento. En la implementación del prototipo, se presentó una fase de pruebas donde se realizó la calibración de los instrumentos de medición, y verificación del correcto funcionamiento del sistema, el cual se realizó a principios del mes de febrero; a partir del 16 de febrero hasta finales del mes de abril, se realizó la toma de datos, para así poder conocer el comportamiento del prototipo.

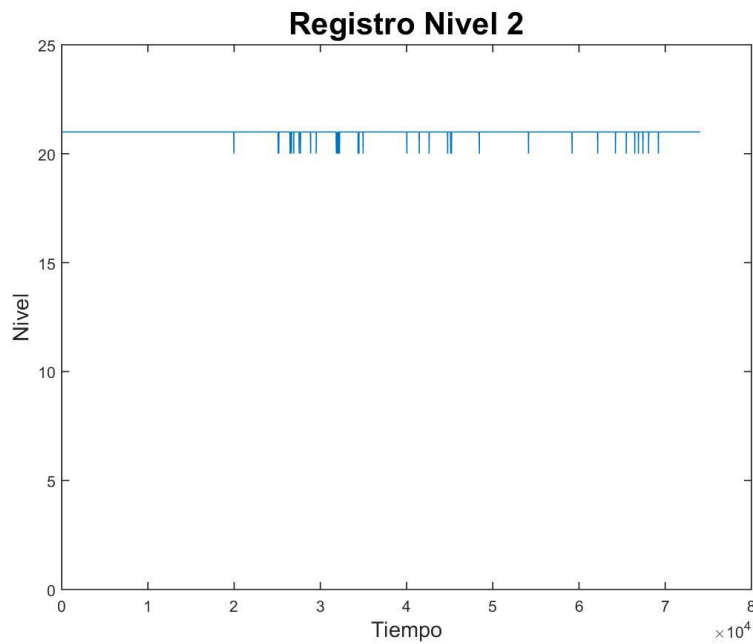
El registro del nivel de agua indica el estado en él que se encuentran los tanques de almacenamiento los cuales están prestablecidos para mantener un nivel de agua constante para que no se presenten desbordamientos, en la figura 56 indica el comportamiento del nivel de agua del tanque de agua pre procesada y en la figura 57 indica el comportamiento del nivel de agua del tanque de almacenamiento final. Los datos muestran el registro que corresponde a un (01) día de muestras en donde el nivel mínimo de tanque está establecido por 20 cm desde la ubicación del sensor hasta el agua y el nivel máximo es de 21 cm cuando se ingresa agua al sistema.

Figura 64 Registro nivel tanque 1



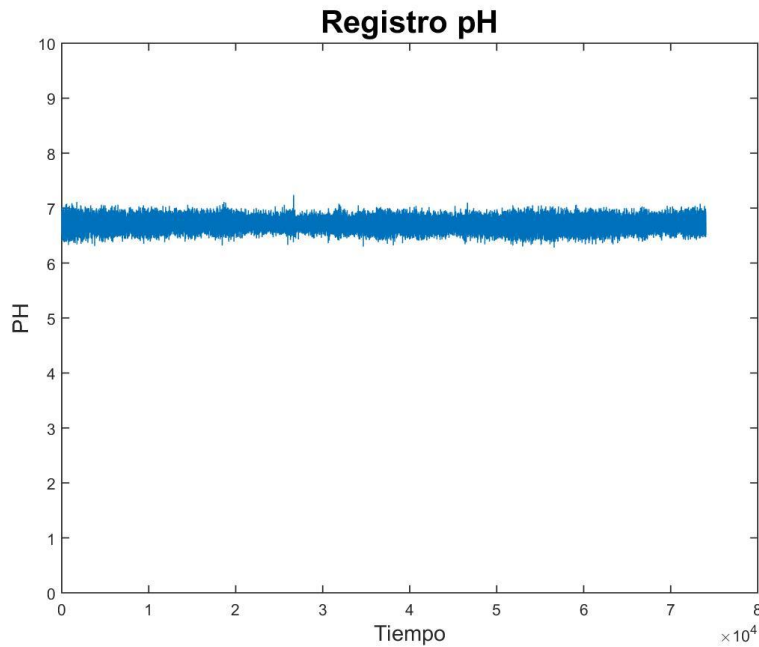
En la gráfica se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores de nivel del tanque número 1, al igual que mantiene el nivel de referencia, y este presenta la variación al entrar agua en el tanque (nivel máximo 21 cm, nivel mínimo 20 cm).

Figura 65 Registro nivel tanque 2



En la gráfica se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores de nivel del tanque número 2, al igual que mantiene el nivel de referencia, y este presenta la variación al entrar agua en el tanque (nivel máximo 21 cm, nivel mínimo 20 cm).

Figura 66 Registro nivel de pH



El registro de pH del sistema indica la calidad del agua que es procesada, en la figura 58 indica el comportamiento del sensor, Los datos muestran el registro que corresponde a un día de muestras, observando que el nivel de pH oscila entre 6.3 a 7 se obtiene que el agua se puede reutilizar, ya que se encuentra en muy buen nivel de pH, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 14 Medidas pH

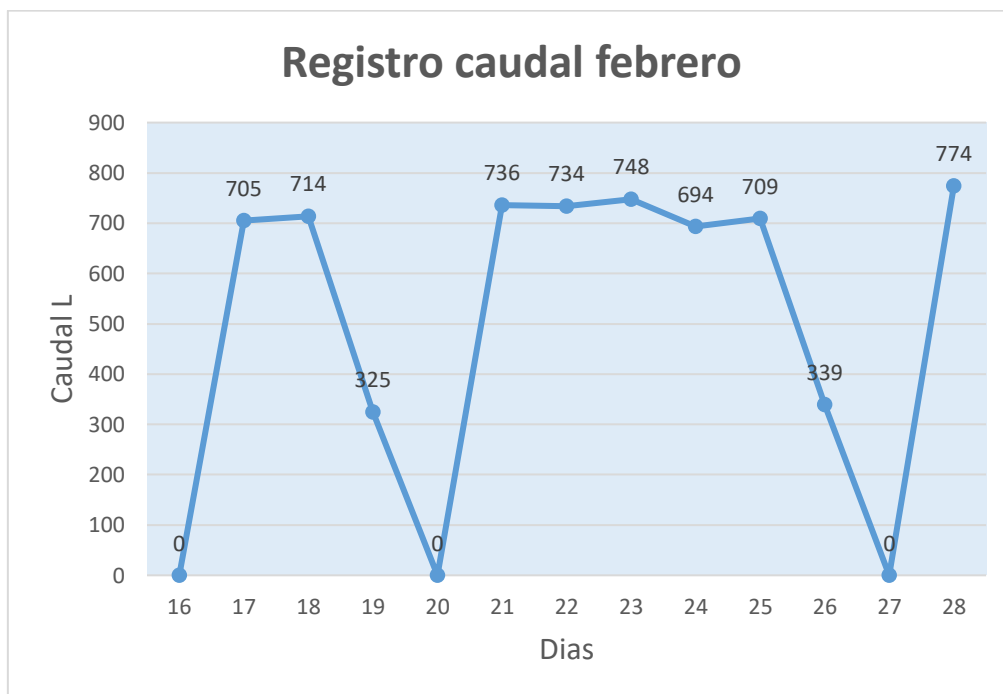
Nivel pH	Significado
10.0	Alcalino
9.0	Alcalino
8.0	Alcalino
7.0	Neutro
6.0	Acido
5.0	Acido
4.0	Acido
3.0	Acido

Tabla 15 Registro de caudal febrero

Caudal febrero 2017		
Día Semana	Día	Caudal Total Por Día
Jueves	16	705 L
Viernes	17	714 L
Sábado	18	325 L
Domingo	19	0
Lunes	20	736 L
Martes	21	734 L
Miércoles	22	748 L
Jueves	23	694 L
Viernes	24	709 L
Sábado	25	339 L
Domingo	26	0
Lunes	27	774 L
Martes	28	697 L

El registro de caudal, indica que cantidad de agua está pasando por el sistema, y de esta forma se puede determinar la cantidad de agua que procesa el sistema, las siguientes graficas indican el comportamiento del caudal procesado.

Figura 67 Registro caudal febrero

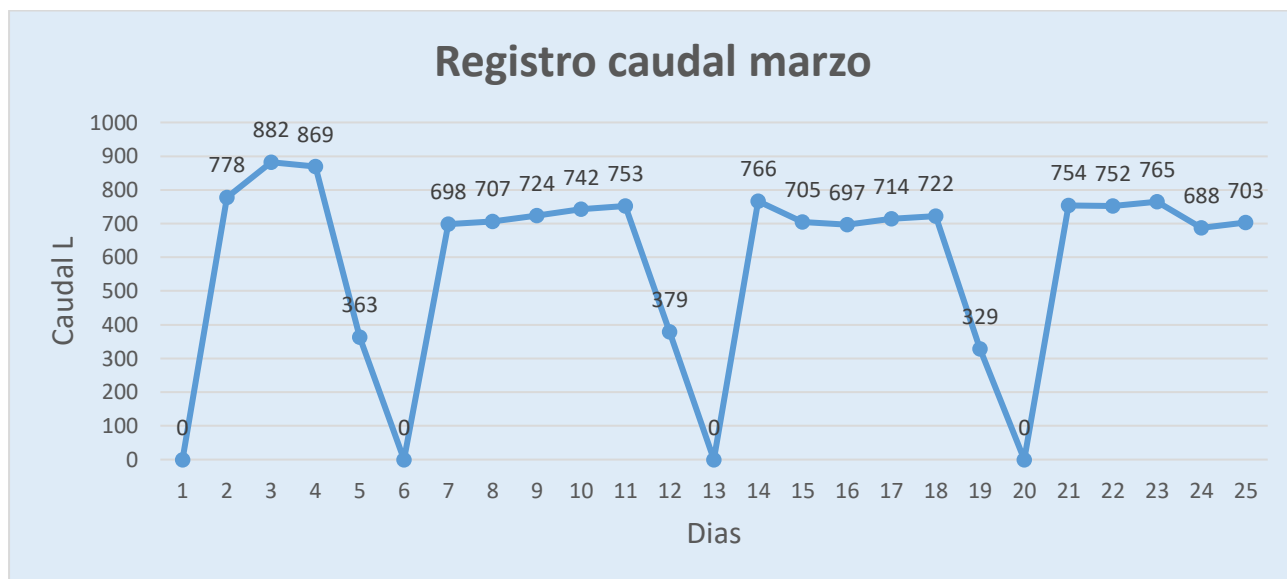


El registro de caudal para el mes de febrero se realizó desde el día 16 hasta el 28, en donde se puede evidencia que para los días entre el lunes y viernes el caudal oscila 694 L y 774 L; para los días sábados el caudal tiene un promedio de 332 L; se puede establecer que para el mes de enero el promedio diario de caudal fue de 652.28 L y el registro de caudal total para el mes es de 7175 L.

Tabla 16 Registro de caudal marzo.

Caudal marzo 2017.		
Día Semana	Día	Caudal Total Por Día
Miércoles	1	778 L
Jueves	2	882 L
Viernes	3	869 L
Sábado	4	363 L
Domingo	5	0
Lunes	6	698 L
Martes	7	707 L
Miércoles	8	724 L
Jueves	9	742 L
Viernes	10	753 L
Sábado	11	379 L
Domingo	12	0
Lunes	13	766 L
Martes	14	705 L
Miércoles	15	697 L
Jueves	16	714 L
Viernes	17	722 L
Sábado	18	329 L
Domingo	19	0
Lunes	20	754 L
Martes	21	752 L
Miércoles	22	765 L
Jueves	23	688 L
Viernes	24	703 L

Figura 68 Registro caudal marzo



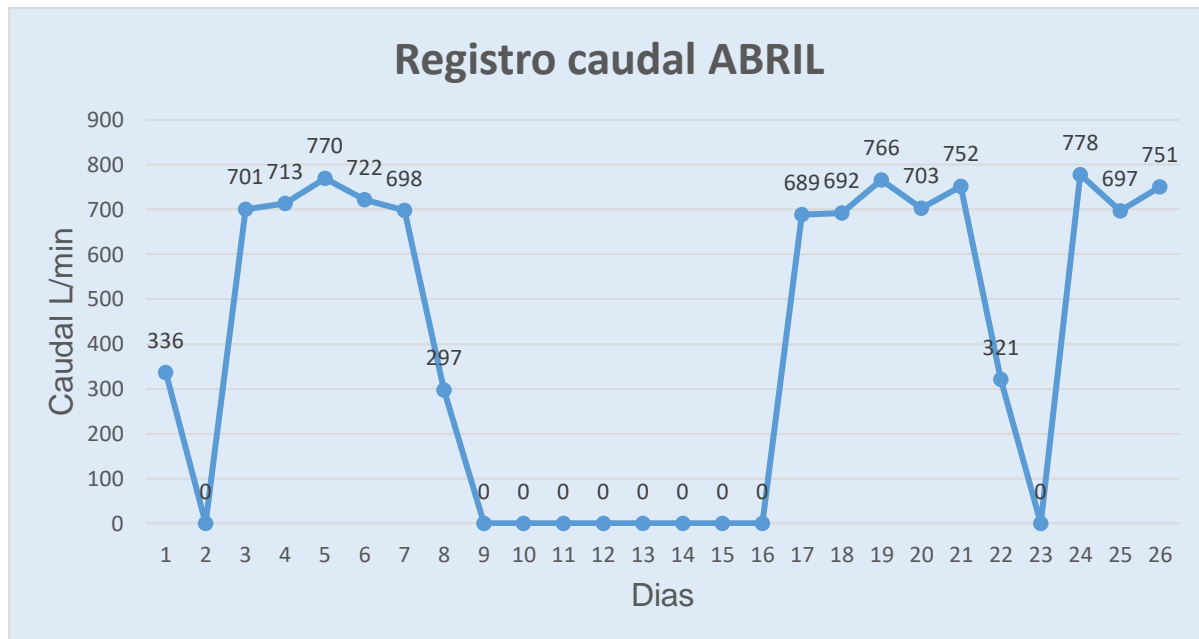
El registro de caudal para el mes de febrero se marzo desde el día 1 hasta el 24, en donde se puede evidencia que para los días entre el lunes y viernes el caudal oscila 688 L y 869 L; para los días sábados el caudal tiene un promedio de 357 L; se puede establecer que para el mes de enero el promedio diario de caudal fue de 690 L y el registro de caudal total para el mes es de 14490 L.

Tabla 17 Registro caudal abril

Caudal Abril 2017		
Día semana	Día	Caudal total por día
sábado	1	336 L
domingo	2	0
lunes	3	701 L
martes	4	713 L
miércoles	5	770 L
jueves	6	722 L
viernes	7	698 L
sábado	8	297 L
domingo	9	0
lunes	10	0
martes	11	0
miércoles	12	0
jueves	13	0
viernes	14	0
sábado	15	0

Caudal Abril 2017		
domingo	16	0
lunes	17	689 L
martes	18	692 L
miércoles	19	766 L
jueves	20	703 L
viernes	21	752 L
sábado	22	321 L
domingo	23	0
lunes	24	778 L
martes	25	697 L
miércoles	26	751 L

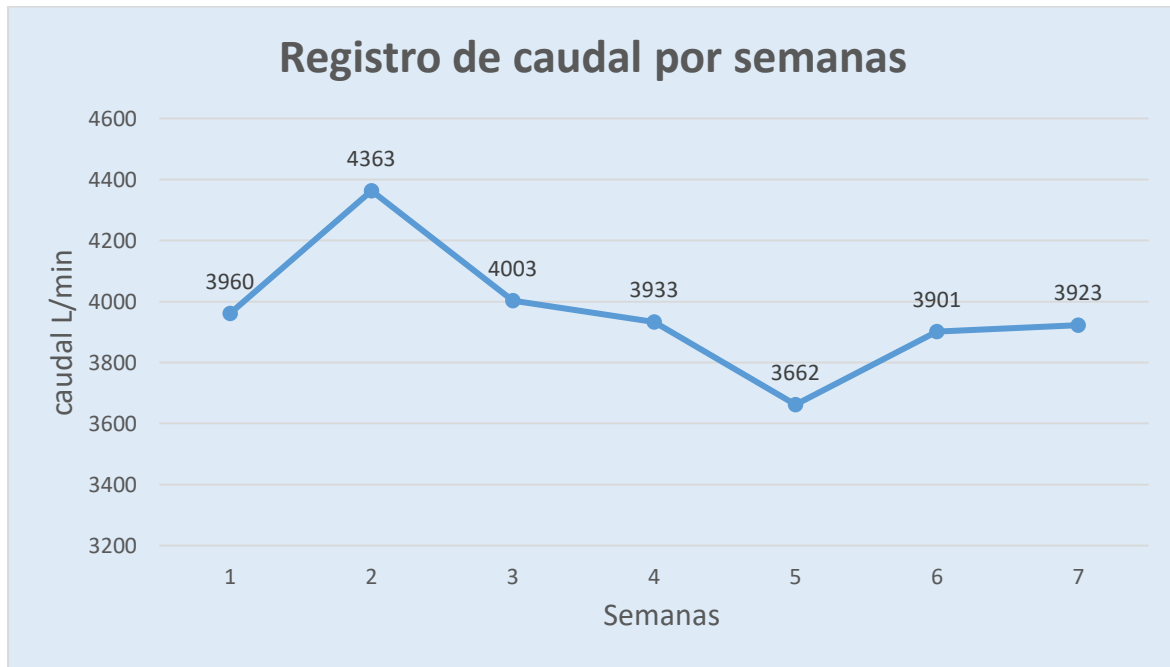
Figura 69 Registro caudal abril



En el mes de abril se presentó la semana santa por lo tanto la semana del 10 al 16 de abril no se presentó registro alguno ya que en la Universidad de Cundinamarca se encontraban en vacaciones.

El registro de caudal para el mes de febrero se abrió desde el día 1 hasta el 26, en donde se puede evidenciar que para los días entre el lunes y viernes el caudal oscila entre 692 L y 778 L; para los días sábados el caudal tiene un promedio de 318 L; se puede establecer que para el mes de enero el promedio diario de caudal fue de 649 L y el registro de caudal total para el mes es de 10386 L.

Figura 70 Registro de caudal por semanas



El acumulado de semanas indica que el promedio de caudal fue de 3963 L y el total es de 27745 L para un total de 7 semanas.

El sistema de monitoreo remoto funciono de una manera adecuada permitiendo observar el comportamiento de los sensores de nivel del tanque 1 y 2, nivel de pH y registro de caudal como los indican las figuras 63 y 64.

Figura 71 Monitoreo remoto.

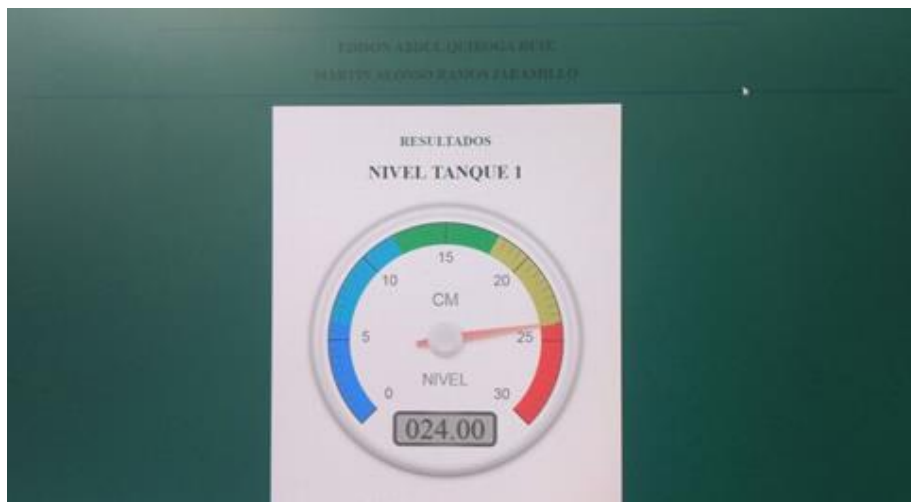
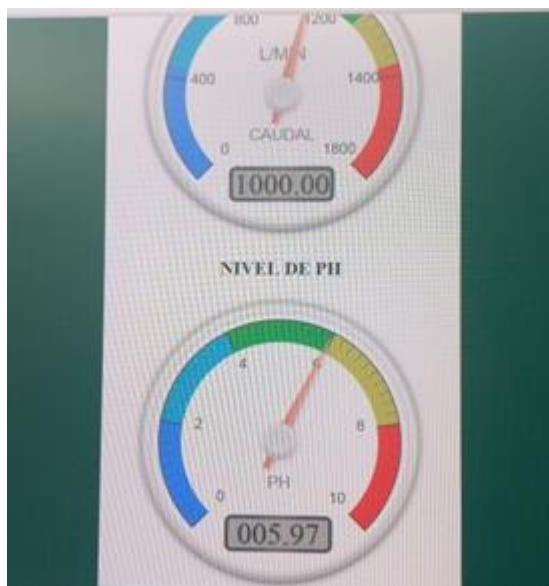


Figura 72 Monitoreo remoto.



El sistema de control remoto funciona de una manera adecuada permitiendo tener el control de las motobombas y electroválvulas que regulan el flujo de agua desde un sitio remoto. Para realizar estas acciones es necesario acceder al panel de la figura 65.

Figura 73 Panel de control remoto.

SISTEMA PARA CONTROLAR EL ESTADO DEL SISTEMA





Control de las motobombas y electroválvulas.

Fncionamiento remoto	Tanque 1	Tanque 2	Evacuar sistema
Encender	Encender	Encender	Encender
Apagar	Apagar	Apagar	Apagar

Sistema de control del sistema:

Para controlar el sistema remotamente se debe activar con el interruptor la opcion de funcionamiento remoto, para asi poder manipar las difrentes variables.

El interruptor de tanque 1 permite controlar el nivel de agua que tiene.

El interruptor de tanque 2 permite controlar el nivel de agua que tiene.

El interruptor de evacuacion permite evacuar toda el agua que tiene el sistema.

9.1 COSTO BENEFICIO

Tabla 18 Costo-Beneficio

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL ÁREA DE ASEO PERSONAL DE LA UDEC, QUE INCLUYA UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA PARA AUDITAR EL CONSUMO Y GESTIONAR REMOTAMENTE EL SISTEMA

Costo Prototipo

Concepto	Cantidad	Costo
Cajas Acrílico Negro 8mm	1	\$ 620.000
Filtro de residuos Sólidos Grandes	1	\$ 15.000
Sensor de Nivel	2	\$ 20.000
Motobomba	2	\$ 137.931
Electroválvula	2	\$ 280.000
Shield Reloj	1	\$ 9.600
Shield Arduino	1	\$ 53.750
Sensor de caudal	2	\$ 200.000
Sensor de pH	1	\$ 137.931
Arduino Uno	1	\$ 52.500
Filtro de residuos Sólidos Dosificador de Cloro	1	\$ 1.163.793
PLC (Power Line Comunicator)	1	\$ 180.000
Etapa de Potencia	1	\$ 200.000
Fuente de Poder	1	\$ 400.000
Memoria SD 16 gb	1	\$ 20.000
Red Eléctrica	1	\$ 90.000
Obra Civil Tubería	1	\$ 90.000
Reja de protección	1	\$ 200.000
Madera Reja	1	\$ 54.000

Costo Total

\$ 3.924.505

Lavamanos Universidad de Cundinamarca 76 / 2	38	\$ 149.131.190
--	----	----------------

Consumo mensual Un baño	15,852	\$ 25.744
-------------------------	--------	-----------

Consumo total Baños Universidad de Cundinamarca	602,376	\$ 978.259
---	---------	------------

Costo Metro Cubico Residencial	1	\$ 1.624
--------------------------------	---	----------

El costo beneficio con respecto a la utilización del prototipo, implementación y cantidad, refiere a Doce (12) años y Seis (06) meses, para que la Universidad de Cundinamarca supla el costo total de la implementación del prototipo en todos los baños de la universidad.

8 CONCLUSIONES

Este prototipo fue propuesto para el uso en uno de los baños de la Universidad de Cundinamarca, pero por su facilidad de construcción y fácil manejo puede ser instalado en cualquier baño de la institución, al igual que puede ser rediseñado para el entorno que necesite la reutilización de aguas grises

Este prototipo se ejecuta para dar un impacto ambiental, ya que la toma de datos refleja un consumo en litros notable, qué por motivos del medio ambiente, sería una, de muchas soluciones a la hora de aprovechar aguas grises y así reutilizarla; se comprobó que el prototipo funciona de una manera adecuada, teniendo en cuenta los diferentes registros de los sensores, se puede establecer que el nivel del agua se mantiene en el nivel de referencia, las 24 horas del día, y el registro de caudal indica la cantidad de agua que es procesada por el prototipo.

El beneficio ambiental de la reutilización de las aguas provenientes de los lavamanos tiene una gran relevancia para la ecología, estas aguas pueden ser utilizadas en las cisternas, el riego de zonas verdes, como en la limpieza de exteriores, si se llegase a utilizar en zonas industriales puede servir en los procesos de enfriamiento, por tal motivo el impacto ambiental es notable.

La aplicación de tecnología del PLC, facilito la visualización remota del entorno web programado a la Arduino Mega, el cual por su puerto ethernet y la conexión del PLC a la red eléctrica, nos permite transmitir los datos y poderlos visualizar en un computador remotamente, conectado a la misma red donde se encuentra ubicado el segundo PLC; Se lleva un punto de la red eléctrica al baño donde se encuentra ubicado el prototipo, y al momento de realizar las conexiones de la fuente de voltaje y las pruebas de funcionalidad del PLC, todo unificado, se presentan problemas de inestabilidad en la conexión, al conectar más dispositivos a la línea por donde se están transmitiendo los datos.

El prototipo desarrollado, ha logrado mejorar la calidad del agua para su reutilización en las cisternas, todo esto mediante el proceso físico y químico, permitiendo aprovechar el agua del lavamanos que antes era enviada al desagüe, para llevar el control de la calidad de agua que procesa el sistema, se utiliza un sensor de pH. Este sensor arroja una serie de valores que oscila entre un nivel de 6 y 7 de pH; teniendo en cuenta que el nivel de pH neutro es de 7, se puede establecer que el prototipo funciona de una manera adecuada ya que sus respectivos filtros permiten retirar gran parte de la contaminación que trae el agua del lavamanos y puede ser reutilizada en lugares como las cisternas, para riego y lavado de exteriores.

En el desarrollo de la interfaz gráfica se transmitió los datos para que fueran monitoreados desde un lugar remoto, al mismo tiempo se tiene el control para activar o desactivar las motobombas y electroválvulas. El desarrollo del servidor web se realizó solo con el Arduino mega con la finalidad

de no utilizar recursos externos para desarrollar el prototipo; las limitaciones que se encontraron en el Arduino mega, es su baja capacidad de repuestas al procesar páginas web con un alto contenido de imágenes, y peticiones al mismo tiempo, por lo que se ajustó el contenido web para que su funcionamiento se realice de una manera adecuada.

Teniendo en cuenta el registro de caudal obtenido en la toma de datos, se puede establecer que el promedio semanal de caudal es de 3963 L, lo que indica que para un mes (Cuatro Semanas), el caudal total que procesa el sistema es de aproximadamente 15852 Litros, lo que equivaldría a 15,852 m³ de agua. El consumo en una casa, de una familia promedio, es de aproximadamente 4 m³ mensuales, si se reutilizara el agua, procesada en el prototipo, se podría suplir por cuatro meses aproximadamente este consumo, generando así un impacto ambiental significativo.

Al transcurso de la instalación y las pruebas, se encontró una problemática inminente, la cual es la humedad, ya que el prototipo se encuentra en un espacio encerrado, este motivo es causal de que el ambiente sea muy húmedo, motivo por el cual se deterioraron los elementos electrónicos, como la etapa de potencia, y los sensores, dando como resultado un corto circuito y mal funcionamiento.

9 BIBLIOGRAFIA

(s.f.).

acuagvr. (2014). ACUAGYR. Obtenido de ACUAGYR Aguas de Girardot, Ricaurte y La Region:
www.acuagyr.com

AUPEC. (20 08 2015). *Ciencia al dia*.

Codigo caudal. (2017). <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=301063.0>.

Codigo nivel. (2017). <http://www.ardublog.com/library-for-arduino-ultrasonic-ranging-hc-sr04/>.

Codigo pH. (2017). <https://arduino.stackexchange.com/questions/13333/how-to-read-ph-value>.

Codigo SD. (2017). <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ReadWrite>.

Codigo servidor web. (2017). <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=408665.0>.

Cundinamarca, U. d. (21 08 2015). SIUDEC2014.

[url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=.](http://url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=)

ecodes. (21 08 2015). *Consumo Responsable*. www.consumoresponsable.org.

ecodes. (s.f.). a.

electronics, S. (2017). *How to Connect an Arduino to the Internet*.

<http://startingelectronics.org/tutorials/>.

Mondragon, L. (noviembre 2000). *Documentacion tecnico normativa*. <http://cra.gov.co/apc-aa-archivos/37383832666265633962316339623934/3>.

A. E. Estevan, «La reutilización en el ciclo global del agua: una aproximación al concepto de ciclo de vida de producto aplicado al agua,» España, 2005.

J. G. N. M. Macias, «Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios VERDE,» España, 2009.

J. R. Vivanco, «El agua en la Vivienda (II),» *Ecología de la vida cotidiana*, pp. 40, 41, 42, 2004.

N. Cruz, «Reuso de agua: Opciones disponibles en viviendas,» CEGESTI, pp. 1-4, 2008.

D. O. M. Hermosillo, «agua.unam.mx,» 29 Agosto 2013. [En línea]. Available:

*HYPERLINK "http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/09_tratada" \h
http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/09_tratada
/monroy_oscar.pdf.*

*L. A. Mondragón, «Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico,» Noviembre 2000. [En línea]. Available: *HYPERLINK "http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/3" \h
http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/3.
_presentaciondocumento_tecnico.pdf.**

*Acuagyr, «ACUAGYR,» [En línea]. Availa *HYPERLINK "http://www.acuagyr.com" \h ble:
http://www.acuagyr.com
/informacion**

-al-suscriptor/datos-de-interes/conozca-el-tratamiento-del-agua. [11] N. L.

*Moreno, «Programa de uso racional y eficiente del agua en la
Universidad del Valle_ Meléndez,» Santiago de Cali, Enero de 2014.*

ANEXOS

PONENCIAS

Se realizó una ponencia nacional en redcolsi la cual se realizó en Cúcuta 2016.

<http://fundacionredcolsi.org/web/descargas/Resultados-ENISI2016.pdf>

945	MI VEREDA TAMBIEN PUEDE PROGRAMAR	Ingeniería de Sistemas	Investigación en Curso	2	85	[890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA]	Bogotá
946	DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL TRATAMIENTO Y LA REUTILIZACION DEL AGUA EN EL AREA DE ASEO PERSONAL DE LA UDEC.	Ingeniería Sanitaria	Investigación en Curso	2	85	[890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA]	Bogotá
947	Prototipo de un sistema de telemetría como alternativa de solución basada en tic para el monitoreo a distancia de variables relacionadas con el proceso de producción de panela	Agroindustrial	Investigación en Curso	2	95	[890680062 - UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA]	Bogotá

ARTICULO CIENTIFICO

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL ÁREA DE ASEO PERSONAL DE LA UNIVERISIDAD DE CUNDINAMARCA, INCLUYENDO UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA PARA AUDITAR EL CONSUMO Y GESTIONAR REMOTAMENTE EL SISTEMA

E.A. Quiroga-Ruíz1, M.A.Ramos-Jaramillo 2

1 Semillero de investigación GIGAT, Universidad de Cundinamarca, Colombia

2 Grupo de investigación SIAMEL, Universidad de Cundinamarca, Colombia

RESUMEN

El proyecto de investigación, se desenvuelve en los campos del desarrollo sostenible contiguo de la ingeniería electrónica, donde se pretende diseñar un prototipo para la reutilización de las aguas grises que se generan en el área de los baños, específicamente el agua que se consume en el lavamanos de los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, para reciclarla y utilizarla en la cisterna de los inodoros. Aunque la Universidad de Cundinamarca posee una infraestructura adecuada sanitaria y ambientalmente, no cuenta con estudios que demuestren el abuso del recurso hídrico, que se encuentran al interior del claustro. Al no tener estas fuentes reales de información, no ha sido posible elaborar e implementar verdaderas políticas que consoliden una cultura ambiental, que deberían identificar y caracterizar al egresado Udecino.

Para esto se seguirá una metodología que, con un enfoque sistémico, se combinan diferentes estrategias, técnicas y métodos (entre otros estudios socio- ambientales, evaluación de impactos ambientales), para establecer innovación de ecotecnología que ayudará a disminuir la presión o el impacto que se tiene sobre el recurso hídrico.

El prototipo consiste en un conjunto de sistemas que funciona mediante la aplicación de las leyes físicas junto a módulos electrónicos que permiten tecnificar el proceso de reutilización de aguas grises. Consta de un sistema de captación de aguas grises; seguido de un sistema de almacenamiento, posteriormente de un sistema de tratamiento de aguas y finalmente, un sistema de propulsión y empleo del líquido tratado reciclado.

Palabras clave: Reutilización, Nivel pH, Filtros, Caudal, Servidor WEB, Monitoreo.

1. INTRODUCCION

El avance técnico y tecnológico que se ha generado alrededor de la ecología y el medio ambiente, ha logrado tomar en parte diferentes ámbitos de estudio, para poder optimizar procesos según necesidades que demanden la utilización de tecnologías de ámbito ecológico. La utilización de un lavamanos es tan fundamental en el aseo

personal, que a diario se implican consumos excesivos de los cuales no se han tomado decisiones seguras e idóneas para que estos consumos sean servibles para otra función.

Los baños de la Universidad de Cundinamarca en su mayoría se encuentran dotados de lavamanos, inodoros, y orinales, los cuales son utilizados inadecuadamente por el cuerpo estudiantil, administrativo y demás, estos espacios no se

encuentran dotados con ningún método que genere un impacto ambiental positivo frente a la pérdida de gran cantidad de agua [1], desconociendo en su totalidad la magnitud del consumo desperdiciado, sea por la inadecuada utilización o por avería de los sistemas, como también, de no tener una rápida intervención en la solución de dichas averías [2].

La solución puede comprender distintos parámetros, como lo son el manejo de residuos sólidos, químicos y de coloración, por lo que se desea integrar una alternativa que facilite la sustracción de residuos sólidos, eliminación de químicos, y tonalidad, para tratar de dar un nivel de pH óptimo, de tal manera que el líquido sea utilizado en el mismo sistema, siendo el inodoro (cisterna) el lugar a donde se dirigirá el agua tratada y es donde se consume cerca de la mitad del agua del establecimiento sanitario [3].

Este sistema de tratamiento se concertará por dos piezas fundamentales, como lo son el software, y el hardware. El software permitirá tener, lectura, y manejo del sistema. La lectura se realizará sobre el protocolo HTML, y el manejo en el protocolo HTTP, para poder tener manipulación del sistema, de forma remota, para así otorgar dominio al usuario de activar o desactivar el sistema según criterio, dependiendo de la información obtenida en la página web. El hardware está constituido por: sensores (Nivel, Caudal, pH), una etapa de potencia, donde se acoplan, la tarjeta de

adquisición y los actuadores, y un PLC (Power Line Communicator) el cual utiliza una línea de transmisión (red eléctrica) para la transmisión digital de la información permitiendo el acceso de la tarjeta de adquisición desde un punto remoto de la misma red eléctrica.

2. MATERIALES Y METODO

El desarrollo del prototipo se realiza en el baño de los hombres ubicados en el 2 piso del bloque F en la Universidad de Cundinamarca con sede en Fusagasugá. El sistema recolecta el agua de dos lavamanos para ser procesada, el diseño cuenta con una serie de sensores los cuales permiten medir los diferentes parámetros que afectan al sistema, entre las diferentes variables que encontramos se tiene el nivel de agua que presenta los tanques de almacenamiento, el caudal que fluye por el sistema y el nivel de pH que posee el agua, estas medidas son almacenadas en una tarjeta SD para realizar estudios del comportamiento del sistema, el prototipo cuenta con una interfaz gráfica web en donde se tiene la posibilidad de visualizar las variables en tiempo real y poderlas controlarlas remotamente, el servidor web está implementado en el arduino mega. Este sistema contiene tres etapas las cuales son sistema mecánico, software y hardware, como se aprecia en la Figura 1.

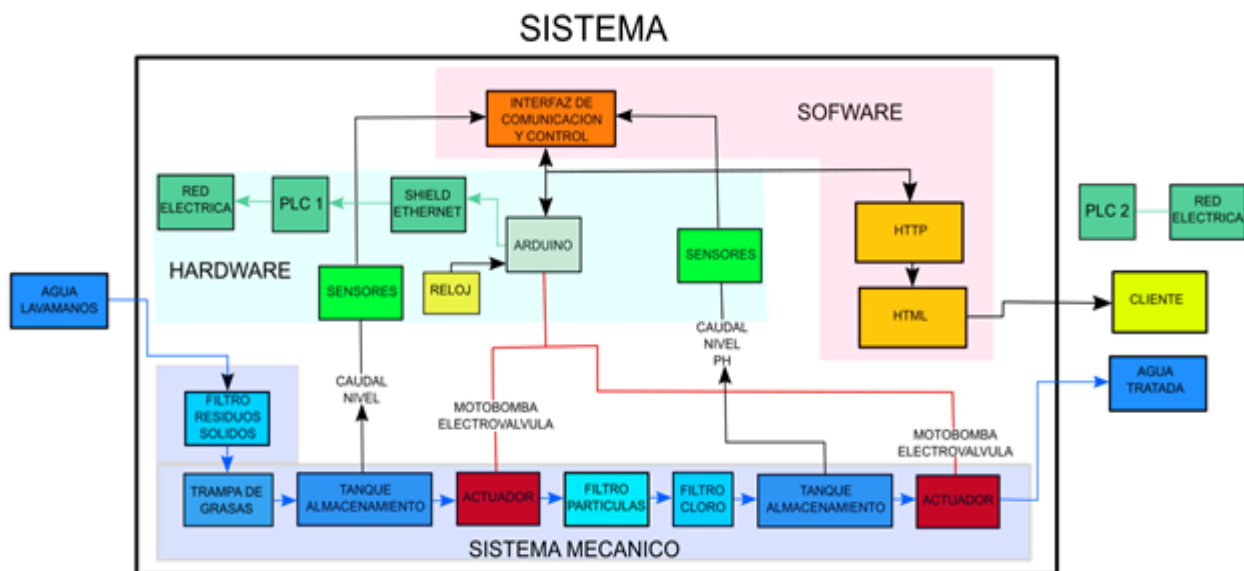


Figura 74, Diagrama bloques del sistema

El prototipo está compuesto por diferentes etapas por donde circula el agua para ser tratada, además se lleva un registro del comportamiento y estado del líquido. Las etapas que tiene el sistema son: trampa de grasas, almacenamiento de agua pre procesada, proceso químico, almacenamiento final y por último reutilización como se observa en la Figura 2.

2.1.Sistema mecánico

El funcionamiento mecánico de este prototipo está formado por diferentes elementos, los cuales se encargan de transformar o transmitir el flujo de agua

entre las diferentes etapas. Estas etapas se pueden evidenciar en la Figura 3.

El agua recolectada proviene de dos lavamanos la cual se une por medio de una tubería y desemboca al primer tanque del prototipo que es una trampa de grasas a continuación el agua pasa al siguiente tanque de almacenamiento de agua pre-procesada, después pasa al filtro de cloro en donde se realiza un proceso químico y finalmente el agua se transporta al tanque de almacenamiento. Estas uniones entre las diferentes etapas del sistema se realizan con tubería de 1/2 pulgada PVC.

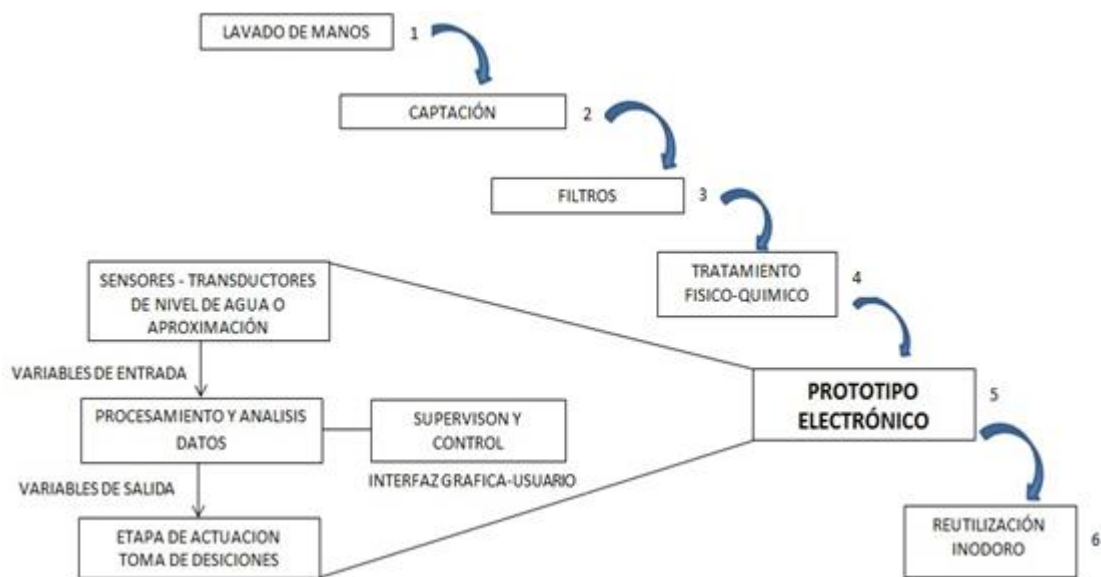


Figura 75, Diagrama funcionamiento



Figura 76, Etapas sistema mecánico

entrada del tanque para no dejar pasar los residuos sólidos y luego la trampa de grasas tiene dos



Figura 77, Trampa de grasas

Se usan 3 tipos de filtros con el fin de remover las impurezas del agua, estos se encuentran ubicados en el siguiente orden. El primero es una trampa de grasas, el cual es un dispositivo el cual separa los objetos sólidos y grasa que transporta el agua; su funcionamiento se basa en colocar una rejilla en la

compartimientos en donde se separan los líquidos con sólidos disueltos gracias a la diferencia de densidad como se observa en la figura 4.

El segundo filtro es un filtro de partículas en cual se encarga de eliminar los sedimentos que se encuentran disueltos en el agua y así poder tener un líquido más limpio como el de la figura 5 donde se observa el filtro utilizado en el prototipo.



Figura 78, Filtro de partículas.

El tercer y último filtro es de cloro el cual disuelve pastillas de este químico en su interior al circular el agua por el sistema permitiendo mejorar la acides del agua, para así mantener un nivel de PH neutro el filtro utilizado se observa en la figura 6.



Figura 79, Filtro de cloro.

Los actuadores son los elementos encargados de activar las motobombas y electroválvulas para controlar el flujo de agua que pasa por el sistema, cada tanque cuenta con una electroválvula y motobomba, que son controladas por el arduino mega dependiendo del nivel que agua que tenga el tanque. Los elementos funcionan con un voltaje de 12 V, y son encendidos y apagados por una etapa de potencia que consta de un optocoplador y un

transistor de potencia como se puede ver en la figura 7.

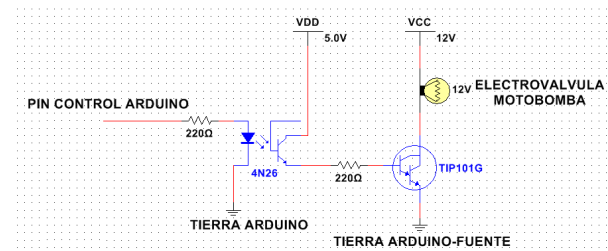


Figura 80, Etapa de potencia.

2.2. Hardware

El sistema contiene distintos dispositivos electrónicos los cuales permiten el funcionamiento adecuado del prototipo.

2.2.1. Arduino MEGA2560

Para realizar el proyecto es indispensable la utilización de una tarjeta de adquisición de datos con el cual se podrá medir los diferentes parámetros que están presentes en el sistema y dependiendo de estos tomara acciones para el correcto funcionamiento del sistema, por ello se escogió un arduino, dado que es un sistema de software libre, usando la tarjeta Arduino mega 2560 el cual dispone de 54 entradas/salidas digitales.

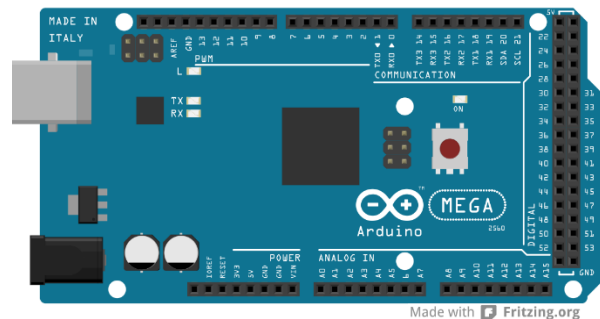


Figura 81, Arduino MEGA 2560

2.2.2. Sensor de nivel

El nivel se toma con un sensor digital de distancia y su función es regular autónomamente el agua del sistema para que no se presente desbordamiento en los tanques, el nivel es establecido por el desarrollador. Teniendo a disposición los diferentes sensores que son acordes al arduino se

hace uso de un sensor digital de distancia [4], para determinar el nivel de agua de los tanques de almacenamiento, para lo cual se implementa el HC-SR04 Figura 9, que es un sensor ultrasónico que determina la distancia de un objeto empleando la reflexión del sonido (eco), y no requiere hardware adicional para su funcionamiento.



Figura 82, Sensor HC-SR04

2.2.3. Sensor de caudal

Este elemento permite medir la variable de caudal de agua que está circulando por el sistema para lo cual se decide utilizar el sensor FS300A como el de la figura 10. Este sensor de efecto Hall, posee un buen rango de caudal de 1 a 60L/min y trabaja con un voltaje de 4,5vDC por lo cual puede ser alimentado por el arduino.



Figura 83, Sensor de caudal FS300A

El sensor está ubicado a la salida de cada uno de los tanques de almacenamiento, para que así se establezca el caudal que circula por el sistema, todos estos datos son almacenados en una tarjeta SD.

2.2.4. Sensor de PH

El sensor de pH permite medir en qué nivel de acidez se encuentra el agua del tanque de almacenamiento, el cual entrega una señal analógica en donde el fabricante brinda la relación de mV a

una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.

Para el prototipo se escogió un electrodo de vidrio que es un instrumento de medición electromecánica para pH, es un dispositivo versátil y preciso; el cual al entrar en contacto con una muestra, desarrolla un potencial a través de la superficie del bulbo sensible y ese potencial varía con respecto al pH, un electrodo de referencia provee un segundo potencial invariable que compara cuantitativamente los cambios del potencial de la membrana; los electrodos de pH combinados integran tanto electrodo sensor variable con el pH como el electrodo de referencia en un mismo cuerpo. Los dispositivos de lectura calculan la diferencia entre los electrodos, sensor y de referencia, en valores de mili-voltios, estos valores se convierten en unidades de pH para ser mostrados en pantalla.

El comportamiento del electrodo se describe por la Ecuación de Nerst:

Ecuación 2 Ecuación de Nerst.

$$E = E_o + \left(\frac{2.3RT}{nF}\right) \log aH^+$$

Dónde : E es el potencial de medición, Eo el potencial del electrodo de referencia, $(2.3RT/nF)$ es el factor de Nernst la que incluye una constante de la Ley de los Gases (R), la constante de Faraday (F), temperatura en grados Kelvin (T) y la carga del ion (n); debido a que R y F son constantes, el factor y el comportamiento del electrodo son dependiente de la temperatura; con una temperatura de 25°C en factor de Nernst se aproxima a 0,0591 tendremos por lo tanto la Ecuación 3:

Ecuación 3 Aproximación factor de Nernst

$$E = E_o + (0,0591 \text{ v}) * \text{pH}$$

Se utiliza este sensor, por su facilidad de conectividad con Arduino, ya que viene diseñado especialmente para esta plataforma [5], posee la conexión instantánea a la sonda permitiendo la facilidad de leer los valores de pH presentes en el agua.

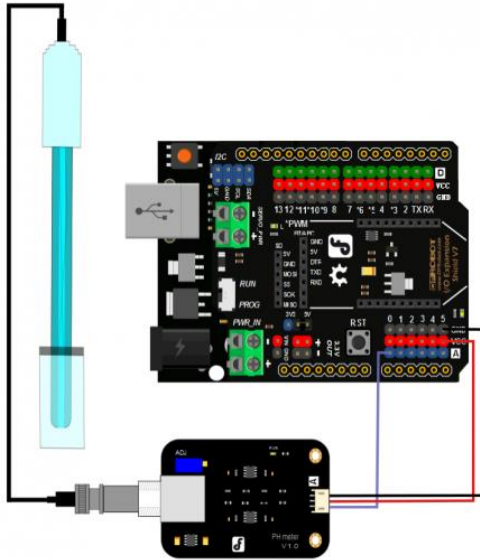


Figura 84, Sensor de pH

2.2.5. Reloj

Para tener la hora y fecha sincronizada se utiliza un módulo RTC SD3231 el cual mantiene el registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año, la fecha es ajustada a final de mes para meses con menos de 31 días.

2.2.6. Shield de Ethernet

Una shield es una placa de circuitos modulares la cual se monta sobre un Arduino o sobre otra shield [6], la cual permite ampliar el hardware del Arduino. Su comunicación se realiza por medio de pines digitales, analógicos o por puerto serie, las shield se alimentan generalmente a través de un Arduino mediante los pines 5v y GND.



Figura 85, Modulo shield de Ethernet

La shield de Ethernet permite al arduino conectarse a internet por medio de un cable rj45, puede

soportar hasta un máximo de 4 shield simultáneas y solo es necesario utilizar la biblioteca de Ethernet. También añade una ranura para tarjetas micro-SD, la cual se puede utilizar para almacenar archivos, utilizando la biblioteca SD. El protocolo de comunicación que utiliza es de un módulo w5100 y la tarjeta SD utiliza el bus SPI [7].

2.2.7. PLC

Para el proyecto se utiliza un modem PLC modelo TP-LINK AV 200 nano, el cual tiene una velocidad de transferencia de 200 mbps y una cobertura de 300 metros. Estos dispositivos están ubicados una en el baño donde está ubicado el prototipo y el otro está ubicado en la sala de telemática donde está conectado por un cable rj45 a internet.



Figura 86, TP-LINK AV 200 NANO

2.3. Sistema de monitoreo y control remoto del sistema

En esta sección se describe como se presentan las diferentes variables medidas en el sistema de una forma clara y legible para que puedan ser visualizadas por medio de una interfaz. La cual permite al usuario monitorear en tiempo real el nivel de agua de cada uno de los tanques, el caudal que fluye a la salida de cada uno de los tanques y el nivel de Ph que tiene el agua procesada al final del sistema, además permite controlar el sistema para restringir o aumentar el flujo de agua en el sistema [8].

El desarrollo de la página web se realizó utilizando el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) que es un protocolo que presenta una gran velocidad en realizar las acciones. Este protocolo

es utilizado para para transmitir las diferentes peticiones que requiere el servidor para que la página web se pueda visualizar de una forma correcta [1].

La página web es desarrolla en HTML en la cual se podrá hacer el monitoreo del sistema cuenta con

varios relojes en los cuales se puede apreciar la medida que tienen los diferentes sensores que están ubicados en el prototipo. Estos estos relojes nos muestran en tiempo real el estado de nivel de agua que tiene cada tanque, el caudal total que ha pasado y el nivel de pH como se ve en la figura 14.

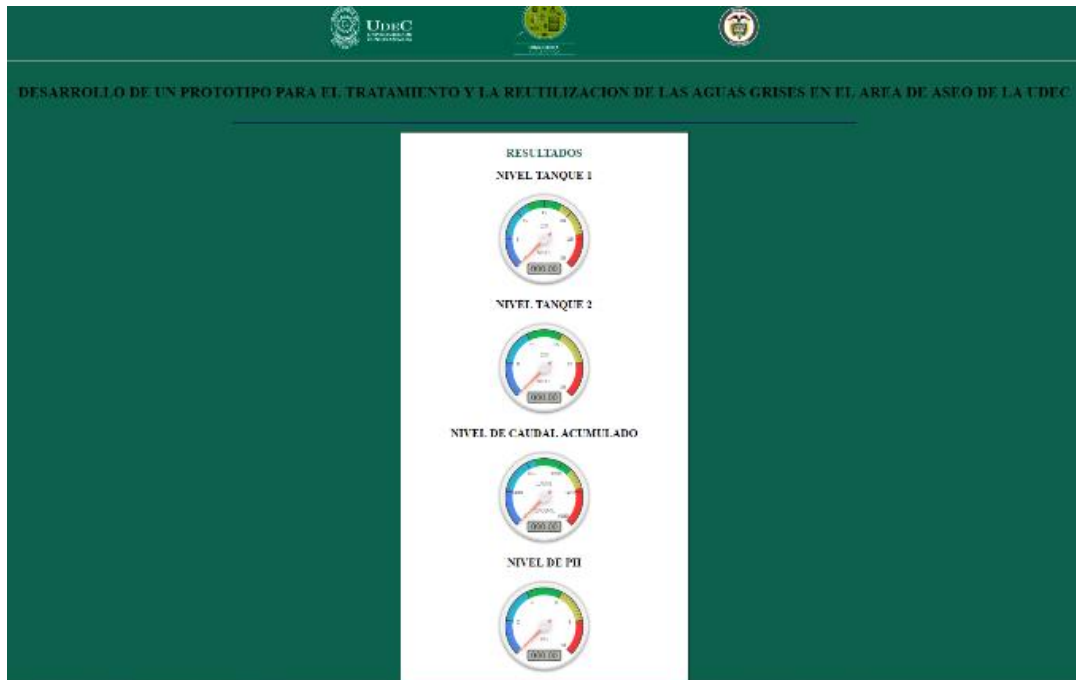


Figura 87, Interfaz gráfica del servidor WEB



Figura 88, Interfaz del control remoto del sistema.

A demás de realizar el monitoria de las variables se puede hacer un control remoto del sistema, estando en la página web para acceder al control remoto del

sistema se da clic sobre el logo de la UDEC, allí se tiene una interfaz donde se permite controlar el agua que tiene cada tanque de agua teniendo varias

opciones como lo es, encendido y apagado del tanque 1 y tanque 2 de manera independiente, y también cuenta con una opción que permite evacuar el sistema es decir activar ambos tanques al mismo tiempo. Para regresar a la página de monitoreo se le da clic sobre el logo de la UDEC. Esta interfaz se observa en la figura 15.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El sistema fue diseñado inicialmente para llevar el agua procesada a las cisternas, al momento de implementar el sistema en el baño se encontró la dificultad que para llevar el agua del tanque de almacenamiento a la cisterna es necesario realizar una nueva acomoda de la tubería que transporta el líquido, lo que implica altos costos en la realización de esta obra civil; por ello se decidió recolectar el agua procesarla y enviarla al desagüe con el fin de realizar el estudio de los datos.

El diseño de este prototipo es flexible a cambios y acomodación del sistema, con referencia al sitio que se tratará, la información siempre será reflejada mediante el mismo software, manteniendo el mismo funcionamiento y el mismo principio, los elementos que integran todo el sistema son de fácil conexión, y comunicación, la etapa de potencia integra conexiones en caso de fallos de conexión con la tarjeta y con los componentes utilizados.

El sistema funciona de manera autónoma; permitiendo el funcionamiento continuo de cada uno de los elementos que componen el prototipo las 24 horas del día; los diferentes sensores toman datos y los guardan en la tarjeta SD para así poder analizar su comportamiento. En la implementación del prototipo, se presentó una fase de pruebas donde se realizó la calibración de los instrumentos de medición, y verificación del correcto funcionamiento del sistema, el cual se realizó a principios del mes de febrero; a partir del 16 de febrero hasta finales del mes de abril, se realizó la toma de datos, para así poder conocer el comportamiento del prototipo.

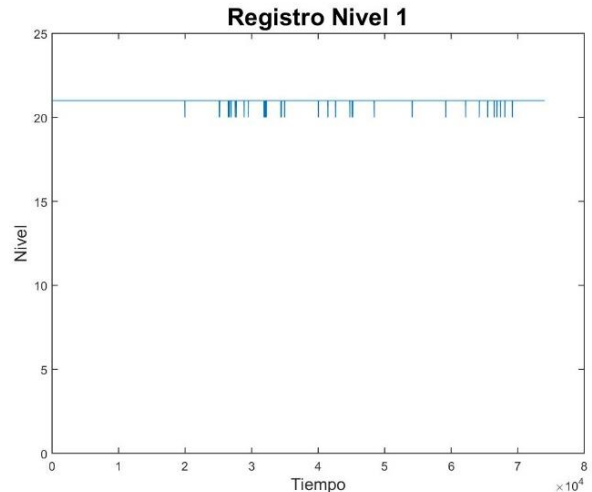


Figura 89, Registro nivel del tanque 1.

El registro del nivel de agua indica el estado en el se encuentran los tanques de almacenamiento los cuales están preestablecidos para mantener un nivel de agua constante para que no se presenten desbordamientos, en la figura 16 indica el comportamiento del nivel de agua del tanque de agua pre procesada y en la figura 17 indica el comportamiento del nivel de agua del tanque de almacenamiento final.

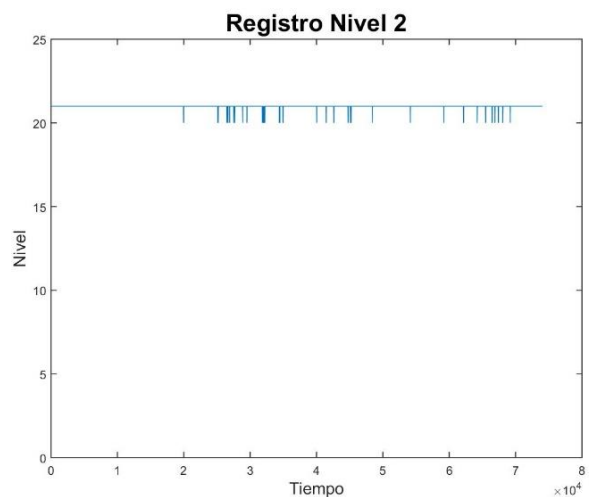


Figura 90, Registro nivel del tanque 2.

Los datos muestran el registro que corresponde a un día de nuestras en donde el nivel mínimo de tanque está establecido por 20 cm desde la ubicación del sensor hasta el agua y el nivel máximo es de 21 cm cuando se ingresa agua al sistema.

El registro de pH del sistema indica la calidad del agua que es procesada, en la figura 18 se puede evidenciar el comportamiento del sensor; estos datos demuestran que el tratamiento químico realizado en el agua mantiene unos niveles estables de acidez, logrando un nivel de pH neutro. Los datos muestran el registro que corresponde a un día de nuestras

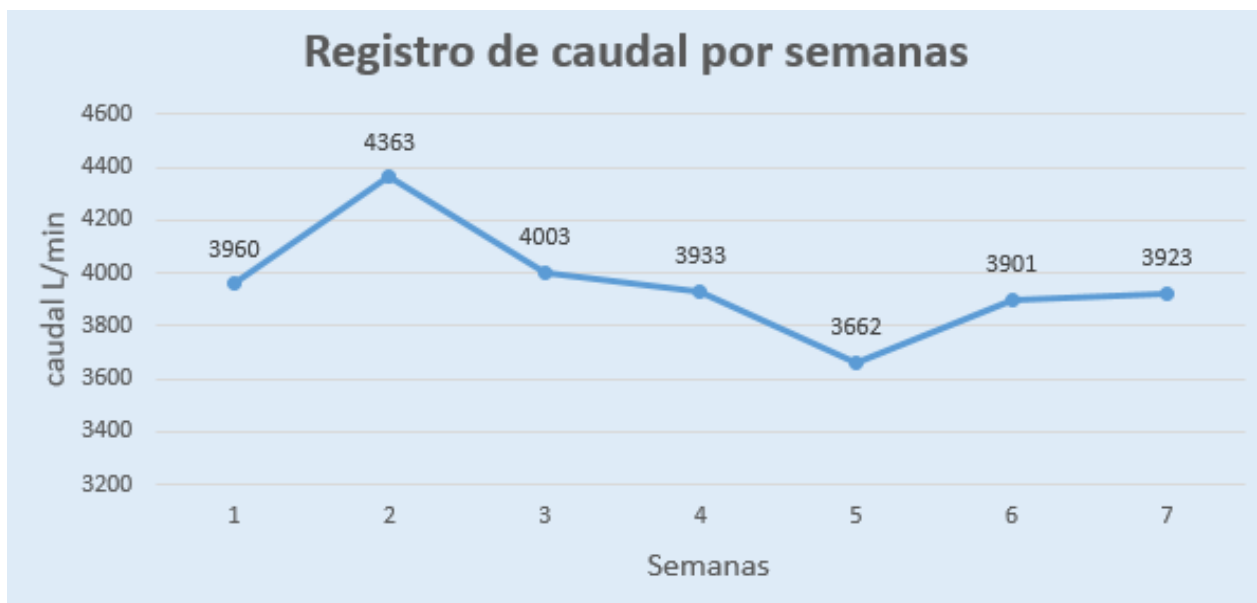
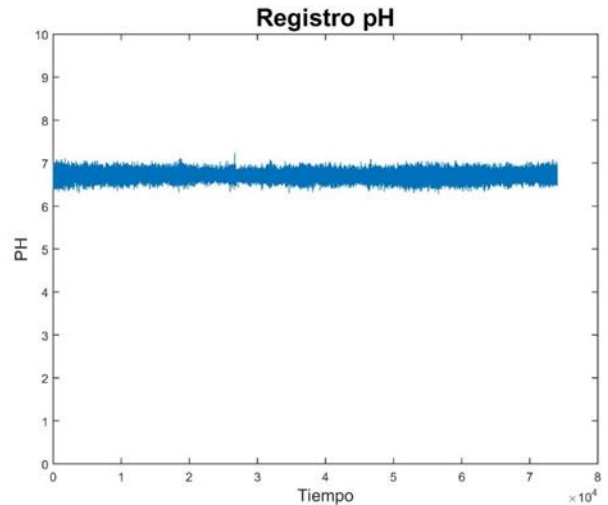


Figura 16, Registro nivel de pH.

Figura 19, Registro del caudal por Semanas

El registro de caudal nos permite identificar qué cantidad de agua circula durante el periodo de funcionamiento del sistema y de esta forma se puede determinar la cantidad de agua que fue procesada por el sistema la figura 19 indica el comportamiento del caudal procesado en el periodo de 7 semanas.

El acumulado de caudal por semana indica que en promedio se procesan 3963L y que en todo este periodo el prototipo proceso 27745L.

El sistema de monitoreo remoto funcionó de una manera adecuada permitiendo observar el comportamiento de los sensores de nivel del tanque 1 y 2, nivel de Ph y registro de caudal como los indica la figura 20.

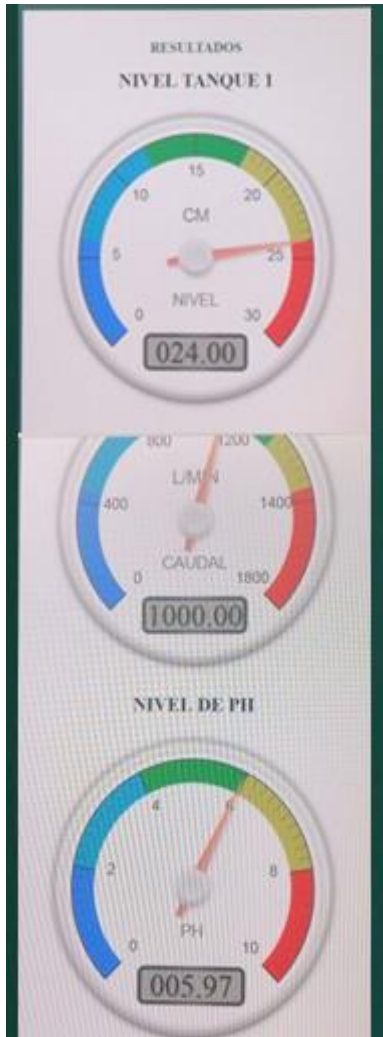


Figura 91, Monitoreo desde el servidor WEB.

1. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este prototipo fue propuesto para el uso en uno de los baños de la Universidad de Cundinamarca, pero por su facilidad de construcción y fácil manejo puede ser instalado en cualquier baño de la institución, al igual que puede ser rediseñado para el entorno que necesite la reutilización de aguas grises, este prototipo se ejecuta para dar un impacto ambiental, ya que la toma de datos refleja un consumo en litros notable, qué por motivos del medio ambiente, sería una, de muchas soluciones a la hora de aprovechar aguas grises y así reutilizarla; se comprobó que el prototipo funciona de una manera adecuada, teniendo en cuenta los diferentes registros de los sensores, se puede establecer que el nivel del agua se mantiene en el

nivel de referencia, las 24 horas del día, y el registro de caudal indica la cantidad de agua que es procesada por el prototipo.

El beneficio ambiental de la reutilización de las aguas provenientes de los lavamanos tiene una gran relevancia para la ecología, estas aguas pueden ser utilizadas en las cisternas, el riego de zonas verdes, como en la limpieza de exteriores, si se llegase a utilizar en zonas industriales puede servir en los procesos de enfriamiento, por tal motivo el impacto ambiental es notable.

La aplicación de tecnología del PLC, facilitó la visualización remota del entorno web programado a la Arduino Mega, el cual por su puerto ethernet y la conexión del PLC a la red eléctrica, nos permite transmitir los datos y poderlos visualizar en un computador remotamente, conectado a la misma red donde se encuentra ubicado el segundo PLC; Se lleva un punto de la red eléctrica al baño donde se encuentra ubicado el prototipo, y al momento de realizar las conexiones de la fuente de voltaje y las pruebas de funcionalidad del PLC, todo unificado, se presentan problemas de inestabilidad en la conexión, al conectar más dispositivos a la línea por donde se están transmitiendo los datos.

Este desarrollo fue pensado para minimizar el impacto ambiental y económico que se genera a la hora de utilizar los lavamanos en cualquier situación, este prototipo solo puede ser manipulado por los desarrolladores y el cliente final, ya que son los únicos que tienen acceso a la información y acceso al prototipo; la información del sistema se encuentra guardada en una Micro SD la cual se encuentra ubicada en la Tarjeta de Adquisición; en la página web podemos observar el funcionamiento del sistema, mediante 4 reloj los cuales varían sus perillas al censar el prototipo.

El prototipo desarrollado, ha logrado mejorar la calidad del agua para su reutilización en las cisternas, todo esto mediante el proceso físico y químico, permitiendo aprovechar el agua del lavamanos que antes era enviada al desagüe, para llevar el control de la calidad de agua que procesa el sistema, se utiliza un sensor de pH. Este sensor arroja una serie de valores que oscila entre un nivel de 6 y 7 de pH; teniendo en cuenta que el nivel de pH neutro es de 7, se puede establecer que el

prototipo funciona de una manera adecuada ya que sus respectivos filtros permiten retirar gran parte de la contaminación que trae el agua del lavamanos y puede ser reutilizada en lugares como las cisternas, para riego y lavado de exteriores.

En el desarrollo de la interfaz gráfica se transmitió los datos para que fueran monitoreados desde un lugar remoto, al mismo tiempo se tiene el control para activar o desactivar las motobombas y electroválvulas. El desarrollo del servidor web se realizó solo con el Arduino mega con la finalidad de no utilizar recursos externos para desarrollar el prototipo; las limitaciones que se encontraron en el Arduino mega, es su baja capacidad de repuestas al procesar páginas web con un alto contenido de imágenes, y peticiones al mismo tiempo, por lo que se ajustó el contenido web para que su funcionamiento se realice de una manera adecuada. Teniendo en cuenta el registro de caudal obtenido en la toma de datos, se puede establecer que aproximadamente el promedio semanal de caudal es de 3963 Litros, lo que indica que para un mes (Cuatro Semanas), el caudal total que procesa el sistema es de aproximadamente 15852 Litros, lo que equivaldría a 15,852 m³ de agua.

Al transcurso de la instalación y las pruebas, se encontró una problemática inminente, la cual es la humedad, ya que el prototipo se encuentra en un espacio encerrado, este motivo es causal de que el ambiente sea muy húmedo, motivo por el cual se

deterioraron los elementos electrónicos, como la etapa de potencia, y los sensores, dando como resultado un corto circuito y mal funcionamiento.

9.1.1 REFERENCIAS

- [1] U. d. Cundinamarca, SIUDEDEC2014, [url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=](http://url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=,), 21 08 2015.
- [2] ecodes, Consumo Responsable, www.consumoresponsable.org., 21 08 2015.
- [3] L. Mondragon, Documentacion tecnico normativa, <http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/3.>, noviembre 2000.
- [4] Codigo nivel, <http://www.ardublog.com/library-for-arduino-ultrasonic-ranging-hc-sr04/>, 2017.
- [5] Codigo pH, <https://arduino.stackexchange.com/questions/13333/how-to-read-ph-value>, 2017.
- [6] S. electronics, How to Connect an Arduino to the Internet, <http://startingelectronics.org/tutorials/>, 2017.
- [7] Codigo SD, <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ReadWrite>, 2017.
- [8] Codigo servidor web, <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=408665.0>, 2017.
- [9] ecodes, a.
- [10] acuagvr, ACUAGYR, <Http://www.acuagyr.com>.
- [11] AUPEC, Ciencia al dia, 20 08 2015.

CODIGO FUENTE

```
1 #include <SPI.h>
2 #include <Ethernet.h>
3 #include <SD.h>
4 #define REQ_BUF_SZ 20
5 #include <Ultrasonic.h> //Biblioteca sensor ultrasonido
6 #include <SPI.h> //Protocolo de comunicación
7 #include <SD.h> //Biblioteca SD
8 #include <Ethernet.h> //Biblioteca modulo ethernet
9 #include <Wire.h> //Biblioteca modulo reloj
10 #include <RTC.h> //Biblioteca modulo reloj
11 #define REQ_BUF_SZ 20
12 byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED}; //MAC
13 IPAddress ip(172, 17, 1, 108); //IP
14 EthernetServer servidor(80); //Puerto
15 File webFile;
16 char HTTP_req[REQ_BUF_SZ] = {0};
17 char req_index = 0;
18 const int chipSelect = 4; // Iniciacion SD
19 unsigned long int avgValue; //Almacena el valor medido del sensor de pH
20 float b; //
21 int buf[10], temp; //Variables lectura pH
22 RTC rtc(DST_ON); //Protocolo lectura del reloj
23 #define SensorPin A1 //Declaración puerto pH
24 #define Offset 0.00 //Desviación lectura pH
25 #define LED 13 //Protocolo pH
26 #define samplingInterval 20 //Protocolo pH
27 #define printInterval 800 //Protocolo pH
28 #define ArrayLenth 40 //Protocolo pH
29 long distancia; // Variable para medir el nivel del tanque 1
30 long distancia2; // Variable para medir el nivel del tanque 2
31 float caudaltotal; //Variable caudal total
32 int caudalvec[31]; //Vector registrar caudal por días
33 int semana = 0; //Caudal por semanas
34 int semana1 = 0; //Caudal por semanas
35 int semana2 = 0; //Caudal por semanas
36 int semana3 = 0; //Caudal por semanas
37 int semana4 = 0; //Caudal por semanas
38 int semana5 = 0; //Caudal por semanas
39 int mes = 0; //Caudal por mes
```

```

40 int remoto = 0;
41 int tanque1 = 0;
42 int tanque2 = 0;
43 int evacuar = 0;
44 Ultrasonic nivel1(22, 24);           //Declaración variable y puerto ultrasonido
45 Ultrasonic nivel2(23, 25);           //Declaración variable y puerto ultrasonido
46 const int elec = 28;                 // Se declara el PIN de la electroválvula 1
47 const int elec2 = 32;                // Se declara el PIN de la electroválvula 2
48 const int moto = 30;                  // Se declara el PIN de la motobomba 1
49 const int moto2 = 34;                 // Se declara el PIN de la motobomba 2
50 const int caudal = 37;                // Se declara el PIN del caudalimetro 1
51 const int caudal2 = 35;              // Se declara el PIN del caudalimetro 2
52 int calc;                             // Se declara la variable del caudal del tanque 1
53 int calc2;                             // Se declara la variable del caudal del tanque 2
54 const unsigned long sampleTime = 10; //Protocolo caudal
55 const unsigned long sampleTime2 = 10; //Protocolo caudal
56 double ph1 = 0;                       //Variable PH
57
58
59
60
61 EthernetServer server(80);
62
63
64
65 void setup()
66 {
67   pinMode(10, OUTPUT);
68   digitalWrite(10, HIGH);
69   Serial.begin(9600);                  //Velocidad transmisión datos
70   Ethernet.begin(mac, ip);             //Inicializa la biblioteca ethernet y la configuración de red.
71   servidor.begin();                    //Inicializa las dirección configuradas
72   pinMode (elec, OUTPUT);              // Se establece el PIN 28 como salida
73   pinMode (elec2, OUTPUT);             // Se establece el PIN 32 como entrada
74   pinMode (moto, OUTPUT);              // Se establece el PIN 30 como salida
75   pinMode (moto2, OUTPUT);             // Se establece el PIN 34 como entrada
76   pinMode(caudal, INPUT);              // Se establece el PIN 37 como entrada
77   pinMode(caudal2, INPUT);             // Se establece el PIN 35 como entrada
78   pinMode(LED, OUTPUT);
79   Wire.begin();                        //Inicializa la biblioteca maestro esclavo Shield

```

```

80  while (!Serial)
81  {
82      ;                //Espera que el puerto serie se conecte.
83  }
84  Serial.print("Initializing SD card..."); //Inicializa SD si esta presente.
85  if (!SD.begin(chipSelect))
86  {
87      Serial.println("Card failed, or not present");
88      return;
89  }
90  Serial.println("SUCCESS - SD card initialized.");
91  // check for index.htm file
92  if (!SD.exists("index.htm"))
93  {
94      Serial.println("ERROR - Can't find index.htm file!");
95      return;
96  }
97  Serial.println("SUCCESS - Found index.htm file.");
98
99  Ethernet.begin(mac, ip);
100  server.begin();
101  }
102
103
104 void loop()
105 {
106  distancia = nivel1.Ranging(CM); //Lectura nivel tanque 1
107  distancia2 = nivel2.Ranging(CM); //Lectura nivel tanque 2
108  if (remoto = 0)
109  {
110      actuador();                // Función que activa las electroválvulas y motobombas de
los tanques
111  }
112  else
113  {
114      if (tanque1 = 0)
115      {
116          analogWrite (elec, 0);
117          analogWrite (moto, 0);
118      }

```

```

119     else
120     {
121         analogWrite (elec, 255);
122         analogWrite (moto, 255);
123
124     }
125     if (tanque2 = 0)
126     {
127         analogWrite (elec2, 0);
128         analogWrite (moto2, 0);
129     }
130     else
131     {
132         analogWrite (elec2, 255);
133         analogWrite (moto2, 255);
134     }
135     if (evacuar = 0)
136     {
137         analogWrite (elec, 0);
138         analogWrite (moto, 0);
139         analogWrite (elec2, 0);
140         analogWrite (moto2, 0);
141     }
142     else
143     {
144         analogWrite (elec, 255);
145         analogWrite (moto, 255);
146         analogWrite (elec2, 255);
147         analogWrite (moto2, 255);
148     }
149 }
150
151
152 calc = caudal1();           // Recibe la lectura del caudal del tanque 1
153 calc2 = caudal2t();       // Recibe la lectura del caudal del tanque 2
154 ph1 = PH();               //Recibe la lectura del pH
155 leerSD( );                //Función guardar datos SD
156 servidorweb();           //Función servidor web
157
158 }

```

```

1 void leerSD( )
2 {
3   Data d = rtc.getData();
4   caudaltotal=calc2+caudaltotal;
5   caudalvec[d.day]=caudalvec[d.day]+calc2;
6
7   for (int i=0; i<8; i++)
8   {
9     semana1=caudalvec[i]+semana1;
10
11   }
12
13   for (int i=8; i<15; i++)
14   {
15     semana2=caudalvec[i]+semana2;
16
17   }
18
19   for (int i=15; i<22; i++)
20   {
21     semana3=caudalvec[i]+semana3;
22
23   }
24
25   for (int i=22; i<29; i++)
26   {
27     semana4=caudalvec[i]+semana4;
28
29   }
30
31   for (int i=29; i<31; i++)
32   {
33     semana5=caudalvec[i]+semana5;
34
35   }
36   mes=semana1+semana2+semana3+semana4+semana5;
37   String dataString = "";
38

```

```

39  dataString += String (" Nivel 1 : ");
40  dataString += String (distancia);
41  dataString += String (" cm ");
42  dataString += "#";
43  dataString += String (" Nivel 2 : ");
44  dataString += String (distancia2);
45  dataString += String (" cm ");
46  dataString += "#";
47  dataString += String (" Caudal 1 : ");
48  dataString += String ((calc), DEC);
49  dataString += String (" Litros/min" );
50  dataString += "#";
51  dataString += String (" Caudal 2 : ");
52  dataString += String ((calc2), DEC);
53  dataString += String (" Litros/min" );
54  dataString += "#";
55  dataString += String (" PH: ");
56  dataString += String (ph1);
57  dataString += "#";
58  for (int i=0; i<32; i++)
59  {
60    dataString += String (" Caudal total del dia: ");
61    dataString += String (caudalvec[i]);
62  }
63  dataString += "#";
64  dataString += String (" Caudal total semana 1: ");
65  dataString += String (semana1);
66  dataString += "#";
67  dataString += String (" Caudal total semana 2: ");
68  dataString += String (semana2);
69  dataString += "#";
70  dataString += String (" Caudal total semana 3: ");
71  dataString += String (semana3);
72  dataString += "#";
73  dataString += String (" Caudal total semana 4: ");
74  dataString += String (semana4);
75  dataString += "#";
76  dataString += String (" Caudal total semana 5: ");
77  dataString += String (semana5);
78  dataString += "#";

```

```

79  dataString += String (" Caudal total del mes: ");
80  dataString += String (mes) ;
81  dataString += "#" ;
82  dataString += String (" Fecha: ");
83  dataString += String ( d.year ) ;
84  dataString += String (":");
85  dataString += String ( d.month  ) ;
86  dataString += String (":");
87  dataString += String ( d.day) ;
88  dataString += String (" Hora: ");
89  dataString += String ( d.hour24h ) ;
90  dataString += String (":");
91  dataString += String ( d.minutes ) ;
92  dataString += String (":");
93  dataString += String ( d.seconds ) ;
94  dataString += "#" ;
95  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
96  if (dataFile)
97  {
98    dataFile.println(dataString);
99    dataFile.close();
100   Serial.println(dataString);
101  }
102  else
103  {
104    Serial.println("error opening datalog.txt");
105  }
106 }

```

```

1 int caudal1()
2 {
3   int kount = 0;
4   boolean kflag = LOW;
5   int kount1rpm = 0;
6   unsigned long currentTime = 0;
7   unsigned long startTime = millis();
8
9   while (currentTime <= sampleTime)

```

```

10  {
11    if (digitalRead(caudal) == HIGH)
12      {
13        kflag = HIGH;
14      }
15    if (digitalRead(caudal) == LOW && kflag == HIGH)
16      {
17        kount++;
18        kflag = LOW;
19      }
20    currentTime = millis() - startTime;
21  }
22  kount1rpm = kount;
23  return kount1rpm;
24
25 }

```

```

1 int caudal2t()
2 {
3   int kount2 = 0;
4   boolean kflag2 = LOW;
5   unsigned long currentTime2 = 0;
6   unsigned long startTime2 = millis();
7
8   while (currentTime2 <= sampleTime2)
9     {
10      if (digitalRead(caudal2) == HIGH)
11        {
12          kflag2 = HIGH;
13        }
14      if (digitalRead(caudal2) == LOW && kflag2 == HIGH)
15        {
16          kount2++;
17          kflag2 = LOW;
18        }
19      currentTime2 = millis() - startTime2;
20    }
21  int kount2rpm2 = kount2;

```



```
22 return kount2rpm2;
23 }
```

```
1 void actuador( )
2 {
3   if (distancia < 21)
4
5   {
6     analogWrite (elec, 255);
7     analogWrite (moto, 255);
8   }
9   else
10  {
11    analogWrite (elec, 0);
12    analogWrite (moto, 0);
13  }
14
15  if (distancia2 < 21)
16  {
17    analogWrite (elec2, 255);
18    analogWrite (moto2, 255);
19  }
20  else
21  {
22    analogWrite (elec2, 0);
23    analogWrite (moto2, 0);
24  }
25 }
```

```
1 int servidorweb()
2
3 {
4
5   EthernetClient client = server.available();
6
7   if (client)
```

```

8  {
9    boolean currentLineIsBlank = true;
10   while (client.connected())
11   {
12     if (client.available())
13     {
14       char c = client.read();
15
16
17       if (req_index < (REQ_BUF_SZ - 1))
18       {
19         HTTP_req[req_index] = c;
20         req_index++;
21       }
22
23
24       if (c == '\n' && currentLineIsBlank)
25       {
26         // send a standard http response header
27         client.println("HTTP/1.1 200 OK");
28
29
30         if (StrContains(HTTP_req, "GET / ")
31             || StrContains(HTTP_req, "GET /index.htm"))
32         {
33           client.println("HTTP/1.1 200 OK");
34           client.println("Content-Type: text/html");
35           client.println("Connection: close");
36           client.println();
37           webFile = SD.open("index.htm");
38         }
39
40
41
42         else if (StrContains(HTTP_req, "ajax_inputs"))
43         {
44
45           client.println("Content-Type: text/xml");
46           client.println("Connection: keep-alive");
47           client.println();

```

```

48         // send XML file containing input states
49         XML_response(client);
50     }
51
52     else if (StrContains(HTTP_req, "GET /page2.htm"))
53     {
54         client.println("HTTP/1.1 200 OK");
55         client.println("Content-Type: text/html");
56         client.println("Connection: close");
57         client.println();
58         webFile = SD.open("page2.htm");
59     }
60     else if (StrContains(HTTP_req, "GET /page3.htm"))
61     {
62         client.println("HTTP/1.1 200 OK");
63         client.println("Content-Type: text/html");
64         client.println("Connection: close");
65         client.println();
66         webFile = SD.open("page3.htm");
67     }
68     else if (StrContains(HTTP_req, "GET /lg1.jpg"))
69     {
70         webFile = SD.open("lg1.jpg");
71         if (webFile)
72         {
73             client.println("HTTP/1.1 200 OK");
74             client.println();
75         }
76     }
77 }
78     else if (StrContains(HTTP_req, "Led1=Encender"))
//Serial.println("ENCENDER CONTROL MANUAL");
79     {
80         led1();
81         remoto=1;
82     }
83     else if (StrContains(HTTP_req, "Led1=Apagar")) //Serial.println("APAGAR
CONTROL MANUAL");
84     {
85         led1();

```

```

86         remoto=0;
87     }
88     else if (StrContains(HTTP_req, "Led2=Encender"))
//Serial.println("ENCENDER CONTROL MANUAL");
89     {
90         led2();
91         tanque1=1;
92     }
93     else if (StrContains(HTTP_req, "Led2=Apagar")) //Serial.println("APAGAR
CONTROL MANUAL");
94     {
95         led2();
96         tanque1=0;
97     }
98     else if (StrContains(HTTP_req, "Led3=Encender"))
//Serial.println("ENCENDER CONTROL MANUAL");
99     {
100         led3();
101         tanque2=1;
102     }
103     else if (StrContains(HTTP_req, "Led3=Apagar")) //Serial.println("APAGAR
CONTROL MANUAL");
104     {
105         led3();
106         tanque2=0;
107     }
108     else if (StrContains(HTTP_req, "Led4=Encender"))
//Serial.println("ENCENDER CONTROL MANUAL");
109     {
110         led4();
111         evacuar=1;
112     }
113     else if (StrContains(HTTP_req, "Led4=Apagar")) //Serial.println("APAGAR
CONTROL MANUAL");
114     {
115         led4();
116         evacuar=0;
117     }
118
119

```

```

120
121
122
123
124     if (webFile)
125     {
126         while (webFile.available())
127         {
128             client.write(webFile.read()); // send web page to client
129         }
130         webFile.close();
131     }
132
133
134     req_index = 0;
135     StrClear(HTTP_req, REQ_BUF_SZ);
136     break;
137 }
138
139 if (c == '\n')
140 {
141
142     currentLineIsBlank = true;
143 }
144 else if (c != '\r')
145 {
146
147     currentLineIsBlank = false;
148 }
149 }
150 }
151 delay(1);
152 client.stop();
153 } // end if (client)
154 }
155 void led1()
156 {
157     EthernetClient client = server.available();
158     webFile = SD.open("index.htm");
159     client.println("HTTP/1.1 200 OK");

```

```

160  client.println("Content-Type: text/html");
161  client.println();
162
163
164 }
165 void led2()
166 {
167  EthernetClient client = server.available();
168  webFile = SD.open("index.htm");
169  client.println("HTTP/1.1 200 OK");
170  client.println("Content-Type: text/html");
171  client.println();
172
173
174 }
175 void led3()
176 {
177  EthernetClient client = server.available();
178  webFile = SD.open("index.htm");
179  client.println("HTTP/1.1 200 OK");
180  client.println("Content-Type: text/html");
181  client.println();
182
183 }
184
185 void led4()
186 {
187  EthernetClient client = server.available();
188  webFile = SD.open("index.htm");
189  client.println("HTTP/1.1 200 OK");
190  client.println("Content-Type: text/html");
191  client.println();
192
193 }
194
195
196
197 // send the XML file containing analog value
198 void XML_response(EthernetClient cl)
199 {

```

```

200 int analog_val_1 = 15;
201 int analog_val_2 = 20;
202 int analog_val_3 = 1000;
203 int analog_val_4 = 5;
204
205
206
207 cl.print("<?xml version = \"1.0\" ?>");
208 cl.print("<inputs>");
209
210 cl.print("<analog>");
211 cl.print(distancia);
212 cl.print("</analog>");
213
214 cl.print("<analog>");
215 cl.print(distancia2);
216 cl.print("</analog>");
217 cl.print("<analog>");
218 cl.print(analog_val_3);
219 cl.print("</analog>");
220
221 cl.print("<analog>");
222 cl.print(ph1);
223 cl.print("</analog>");
224 cl.print("</inputs>");
225 }
226
227
228 void StrClear(char *str, char length)
229 {
230     for (int i = 0; i < length; i++)
231     {
232         str[i] = 0;
233     }
234 }
235
236
237 char StrContains(char *str, char *sfind)
238 {
239     char found = 0;

```

```

240 char index = 0;
241 char len;
242
243 len = strlen(str);
244
245 if (strlen(sfind) > len)
246 {
247     return 0;
248 }
249 while (index < len)
250 {
251     if (str[index] == sfind[found])
252     {
253         found++;
254         if (strlen(sfind) == found)
255         {
256             return 1;
257         }
258     }
259     else
260     {
261         found = 0;
262     }
263     index++;
264 }
265
266 return 0;
267 }

```

```

1 double pH()
2 {
3     for (int i=0; i<10; i++) //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
4     {
5         buf[i]=analogRead(SensorPin);
6         delay(10);
7     }
8     for (int i=0; i<9; i++) //sort the analog from small to large
9     {

```










```

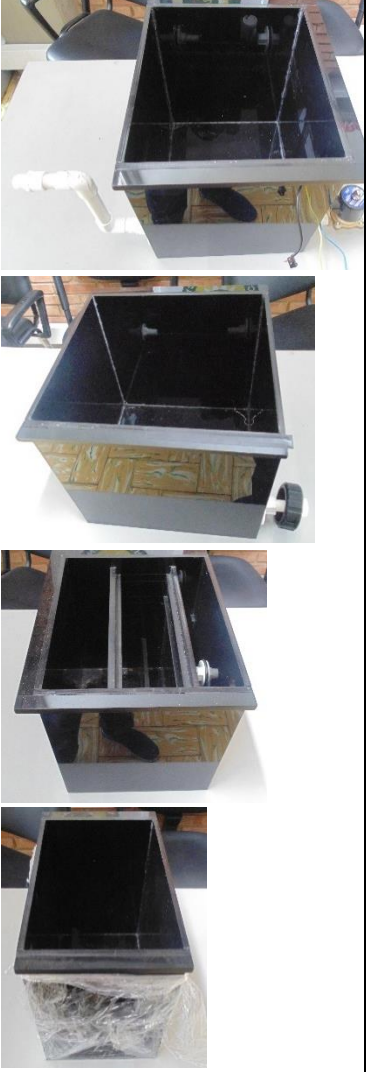

10   for (int j=i+1; j<10; j++)
11   {
12     if (buf[i]>buf[j])
13     {
14       temp=buf[i];
15       buf[i]=buf[j];
16       buf[j]=temp;
17     }
18   }
19 }
20 avgValue=0;
21 for (int i=2; i<8; i++)           //take the average value of 6 center sample
22   avgValue+=buf[i];
23 float phValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert the analog into millivolt
24 phValue=3.5*phValue;
25 return phValue;
26 }

```





INVENTARIO RECIBIDO

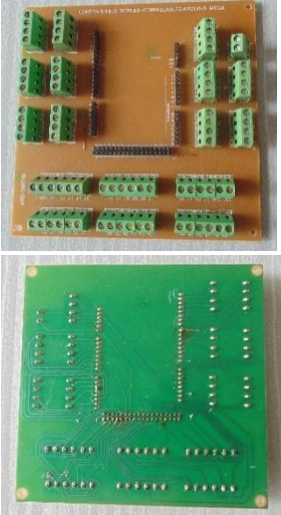



NOMBRE	CANTIDAD	IMAGEN	OBSERVACIONES
ARDUINO	1		- Sin Cable USB - Con Cable de Alimentacion
CAUDALIMETRO	2		- Ninguno
FUENTE DE PODER CONMUTADA	1		- Con cable y tomacorriente

COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE GAMA MEDIA	1		
LCD TFT TÁCTIL PARA RASPBERRY PI DE 3.2 PULG.	1		- Sin Existencias
MEMORIA DE 16 GB SD CALSE 10	1		- Sin Existencias
RASPBERRY PI MODELO B+	1		- Sin Cables
ARDUINO W5100	1		- Sin cables
ELECTROVÁLVULA	3		
TECLADO Y MOUSE PARA RASPBERRY PI	1		- Sin Existencias

<p>CAJA ACRÍLICO NEGRA 4 MÓDULOS</p>	<p>1</p>		
<p>KIT FILTRO TRATAMIENTO DE AGUA</p>	<p>1</p>		

MOTO BOMBA AGUA	2		
SENSOR PH DE AGUA	1		
SENSOR DE NIVEL DE LIQUIDO	3		
DISPLAY 16X2 AZUL	1		
MODULO RELE 8 CANALES	1		
CIRCUITOS IMPRESOS	1		
CONECTORES	3		
INDICADOR DE HUMEDAD IPC/JEDEC J-STD-033	1		

ULQ2004AN	1		
L293DNEE4	1		
LMD18201T	1		
Filtro aguas lluvias	1		

Shield bornes atornillables Arduino mega	1		- Arreglado, pistas con soldadura y puentes.
Codos, Tubos, Terminales.	1		
Toma Corriente	2		
Teflon, Pegante	1		
Orrin's	7	