

**MONITOREO REMOTO A SISTEMAS DE RIEGO DE CULTIVOS DEL HUILA
DESARROLLADO MEDIANTE ARDUINO Y SOFTWARE LIBRE PARA
USUARIOS DE ELECTROHUILA**

ALBEIRO YAIME RAMIREZ

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA, HUILA
2014**

**MONITOREO REMOTO A SISTEMAS DE RIEGO DE CULTIVOS DEL HUILA
DESARROLLADO MEDIANTE ARDUINO Y SOFTWARE LIBRE PARA
USUARIOS DE ELECTROHUILA**

ALBEIRO YAIME RAMIREZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Electrónico**

**Director
JESÚS DAVID QUINTERO POLANCO
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA, HUILA
2014**

Nota de aceptación:

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Neiva, 11 de agosto de 2014.

A Dios, por guiarme en su camino.

A la memoria de mi querida abuela Fermina, por brindarme todo su cariño y apoyo.

A mis padres Libardo y María, por enseñarme los valores de la vida, porque siempre han estado brindándome todo su apoyo y por darme su amor.

A mi novia, Tania Carolina por brindarme su amor incondicional y estar siempre conmigo.

A mi hermana Carolina por todos los buenos consejos.

A todos y cada uno de mis amigos, compañeros y familiares que hicieron parte y brindaron su gran aporte para alcanzar mi título de profesional.

Albeiro Yaime Ramírez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber permitido cumplir la primera de mis mayores aspiraciones a pesar de las duras experiencias y dificultades.

A mi familia por su apoyo, su confianza y por sus consejos que me convirtieron en un ciudadano ejemplar.

Al ingeniero Jesús David Quintero Polanco, por su gran calidad humana, por sus consejos y todo el apoyo que me brindó en el desarrollo del presente proyecto.

A los Ingenieros Juan Gabriel Murcia Cabra y Pablo Emilio Parra por el apoyo que me brindaron desde el inicio del proyecto en Electrohuila.

A todos los profesores que contribuyeron brindándome el conocimiento y guiándome en todo este proceso de formación.

A todos mis amigos y compañeros que estuvieron a mi lado para ofrecerme su gran apoyo y compartir las mejores experiencias.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE ANEXOS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
OBJETIVOS.....	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
INTRODUCCIÓN	14
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Hardware de procesamiento	18
2.2 Pagina web.....	18
2.3 El Cultivo de arroz	19
2. EL SISTEMA DE RIEGO.....	20
2.1 Partes del Sistema de Riego	20
2.2 Representación y Ubicación de Dispositivos	24
3. SENSORES	25
3.1 Sensor de Caudal.....	25
3.2 Sensor de Temperatura	26
3.3 Sensor Magnético.....	27
4. ARDUINO.....	29
4.1 Arduino Mega 2560	29
4.1.1 Características.....	30
4.1.2 Programación.....	33
4.2 Suministro de Energía.....	34
5. TRANSMISION INALAMBRICA LOCAL CON MÓDULOS XBEE.....	35
6. APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	38
6.1 Estructura y desarrollo de la aplicación.....	38
6.2 Base de datos	40

7. DISEÑO DE LA PÁGINA Y SERVIDOR WEB	42
7.1 HTML5	42
7.2 PHP	42
7.3 JavaScript.....	42
7.4 Construcción de la página Web.....	43
7.4.1 Pagina Inicio.....	44
7.4.2 Página Principal.....	45
7.4.3 Conexión a la base de datos.....	46
7.4.4 Actualización de las variables php.....	46
7.5 Servidor Web Apache.....	47
7.6 Servidor DNS Gratuito - DUC	47
7.7 Sendmail	49
7.7.1 Envió de notificaciones por correo electrónico.....	49
7.8 Alarmas de audio.....	49
8. SERVICIO DE VALOR AGREGADO	50
8.1 Estudio de costos y beneficios del proyecto.....	50
8.1.1 Calculo del Costo del Servicio.....	51
9. CONCLUSIONES.....	52
10. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del proyecto Monitoreo remoto a Sistemas de Riego.	16
Figura 2. Dispositivos Web.	17
Figura 3. Esquema general de procesamiento.	18
Figura 4: Esquema general página web.	19
Figura 5: Pozo y tubería para la toma del agua del riego.	20
Figura 6: Motor Eléctrico del Sistema de Riego.	21
Figura 7: Motor Diesel de respaldo.	21
Figura 8: Tubería de elevación.	22
Figura 9: Canal de Riego.	23
Figura 10: Terreno del Cultivo antes de la siembra	23
Figura 11: Plano Representativo de Ubicación de dispositivos	24
Figura 12: Sensor de Caudal.	25
Figura 13: Sensor de Temperatura	26
Figura 14: Sensor Magnético.	27
Figura 15: Arduino Mega 2560	30
Figura 16: Diagrama de flujo programación Arduino Mega 2560	33
Figura 17: Diagrama General programación Arduino Mega 2560	34
Figura 18: Adaptador de Voltaje 12V DC	34
Figura 19: Modulo Xbee 2.4 GHz Serie 1	35
Figura 20: Primer Módulo Xbee Instalado en la tarjeta Arduino.	36
Figura 21: Segundo Módulo Xbee Instalado en el Servidor	37
Figura 22: Transmisión entre Módulos Xbee	37
Figura 23: Aplicación de almacenamiento	38
Figura 24: Estructura de la aplicación de almacenamiento	39
Figura 25: Diagrama de flujo de la aplicación de almacenamiento	40
Figura 26: Base de datos en MySQL	41
Figura 27: Modelo relacional de la base de datos	41
Figura 28. Esquema de Funciones de la Aplicación PHP.	43
Figura 29. Esquema de funciones de la Aplicación JavaScript.	43
Figura 30. Página de Inicio.	44
Figura 31. Página Principal	46
Figura 32. Servidor DNS Gratuito	48
Figura 33. Actualizador de Ip	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características del sensor de caudal, referencia TEM01072B	26
Tabla 2: Características del sensor de Temperatura, referencia 18B20 – DFR0024	27
Tabla 3: Características del sensor de Magnético, referencia DFR0033	28
Tabla 4: Características de Arduino Mega 2560	32
Tabla 5: Características del módulo Xbee 2.4 GHz Serie 1	36
Tabla 6: Costos de Inversión Iniciales	50
Tabla 7: Costo del Servicio Usuario sin Internet	51
Tabla 8: Costo del Servicio Usuario con Internet Instalado	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Manual del Usuario del Sistema de Monitoreo Remoto	57
Anexo B: Documentación Software Libre Utilizado.....	57
Anexo C: Código de Pagina Web	57
Anexo D: Registro fotográfico del desarrollo del Sistema de Monitoreo Remoto	58

RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema integral que se encarga de monitorear el estado de las principales variables de un sistema de riego (caudal de agua, temperatura y estado magnético del motor de bombeo) y enviar esta información en tiempo real al usuario final mediante Internet a través de una página web que se construyó para este fin. Este sistema está compuesto principalmente por tres sensores (temperatura, caudal y estado magnético), una tarjeta electrónica de desarrollo (Arduino) encargada de la adquisición y procesamiento de la magnitud de las variables, dos módulos de transmisión inalámbrica (Xbee) que intercomunican la tarjeta electrónica con un computador (servidor web), el cual con una conexión a Internet se encarga de enviar ésta información a cualquier parte del mundo y remitir notificaciones por E-mail mediante el uso de software libre. El sistema de monitoreo está planteado para que Electrohuila S.A E.S.P pueda ofrecerlo como servicio de valor agregado para los usuarios agrícolas con sistemas de riego. Electrohuila S.A E.S.P es la empresa encargada del servicio de distribución de energía eléctrica en el departamento del Huila, Colombia.

Palabras claves: Monitoreo, Software Libre, Servidor Web.

ABSTRACT

It has developed a comprehensive system that is responsible for monitoring the status of the main variables of an irrigation system (water flow, temperature and magnetic state of the pumping motor) and sends this information to the final user in real time through Internet using a website that was built for this purpose. This system is mainly composed of three sensors (temperature, flow and magnetic state), an electronic development board (Arduino) that handles the acquisition and processing of the magnitude of the variables, two modules of wireless transmission (Xbee) that link up the electronics board with a computer (web server), which through an Internet connection is used to send the information to anywhere in the world and send notifications by e-mail using free software. This monitoring system is proposed to Electrohuila S.A E.S.P who can offer it as a value-added service for users with an irrigation system. Electrohuila S.A E.S.P is the company that provides the service of electricity distribution in the department of Huila, Colombia.

Keywords: Monitoring, Free Software, Web Server.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo para un sistema de riego de un cultivo de arroz utilizando tecnología Arduino y software libre, con proyección a futuro como servicio de valor agregado para usuarios agricultores de Electrohuila.

Objetivos específicos

- Plantear un sistema de monitoreo local electrónico para supervisión del cultivo utilizando una tarjeta de desarrollo Arduino y software libre, acoplando sensores y tomando lecturas de las variables a medir (caudal, temperatura y estado magnético del motor de bombeo).
- Diseñar el enlace de envío de datos desde el sistema de monitoreo local hasta un dispositivo final del usuario de Electrohuila (Computador o Smartphone), utilizando Internet y un servidor web.
- Establecer un método de enviar notificaciones de alarma mediante correo electrónico, cuando las variables del sistema se encuentren en estado crítico.
- Realizar el monitoreo del sistema de riego calibrando los sensores a los puntos ideales de medición de las variables caudal de agua, temperatura y estado magnético del motor del sistema de riego, mediante un prototipo funcional implementado con la mejor relación costo-beneficio.
- Proyectar el sistema de monitoreo como servicio de valor agregado para usuarios de Electrohuila, los cuales podrían tener fácil acceso a las nuevas tecnologías con un costo muy accesible.
- Elaborar un informe final del proyecto Monitoreo Remoto a Sistemas de Riego en donde se explique de manera detallada el procedimiento que se llevó a cabo para su desarrollo. Y elaborar un manual de instrucciones para que el usuario final pueda hacer un manejo óptimo del Sistema de Monitoreo Remoto.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se fundamenta en aplicar un método tecnológico como el monitoreo de sistemas industriales, el cual consiste en tomar mediciones remotas de magnitudes físicas que son transmitidas en tiempo real a un sistema de cómputo el cual registra, procesa y tabula la información obtenida para ser enviada al usuario, en este caso, el supervisor de un sistema de riego para un cultivo de arroz. Actualmente se ha desarrollado un sistema de riego inteligente que se puede monitorear desde internet, “Se trata de una tecnología que optimiza y racionaliza el riego, lo que implica minimizar el uso de agua, recurso escaso en las zonas áridas del país”, expresó Facundo Vita, especialista en manejo del agua del INTA San Juan, quien señaló que en la región Cuyo, es “un bien escaso y por eso trabajamos para hacer un uso eficiente”.¹

Un sistema de riego es una estructura que permite la aplicación de agua por métodos artificiales a cualquier superficie dedicada a un determinado cultivo de plantas², el cual consta de una serie de componentes que establecen ciertos tipos de sistemas de riego como por ejemplo, aspersión, goteo, subterráneo, inundación, etc. En donde en el caso de arroz se utiliza el método de inundación debido a que los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz³.

El sistema de cómputo, usando una base de datos, actualiza los registros de las variables caudal de agua, temperatura y estado magnético del motor empleado para el bombeo, observando el comportamiento del sistema continuamente, teniendo en cuenta que en el sistema de riego estará instalado un módulo de adquisición y transmisión de datos inalámbrica.

Este proyecto se desarrollará mediante la aplicación de nuevas tecnologías como lo es el monitoreo a través del uso de telemetría, la cual es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque se origina de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de monitoreo incluyen el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de tripulados y no tripulados vuelos espaciales.

¹ Agromeat - Sistema de riego inteligente. Buenos Aires, Argentina. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.agromeat.com/111203/desarrollan-un-sistema-de-riego-inteligente-que-se-puede-monitorear-desde-internet> >

² Sistemas de riego, Definición de riego [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://es.slideshare.net/csemidei/sistemas-de-riego-presentation> >

³El cultivo del arroz, adaptación del arroz a los suelos inundados [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm> >

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo facilitar la supervisión de un sistema de riego de un cultivo de arroz al usuario agricultor de Electrohuila?

Actualmente, la supervisión de un cultivo de arroz tiene bastante dificultad y es muy engorroso para un productor agrícola, debido a las grandes extensiones y dificultad de transitar sobre estos cultivos, además de las fallas que se puedan presentar en el sistema de bombeo, por lo que se generan problemas al momento de realizar un mantenimiento eficaz y corrección de fallas a tiempo, en un sistema de riego que es de vital importancia para la manutención de un cultivo. Es por ello que la adecuación de la Tecnología Electrónica se convierte en una herramienta sostenible y eficiente para facilitar el control de un cultivo y evitar problemas posteriores.

Estos sistemas tecnológicos que anteriormente representaban un alto costo para el agricultor, han tomado fuerza debido a que la tecnología cada vez está más al alcance económico de algún pequeño o mediano productor, en donde la tecnificación de cultivos es una gran herramienta para la producción y mejoramiento de la calidad de los productos finales.

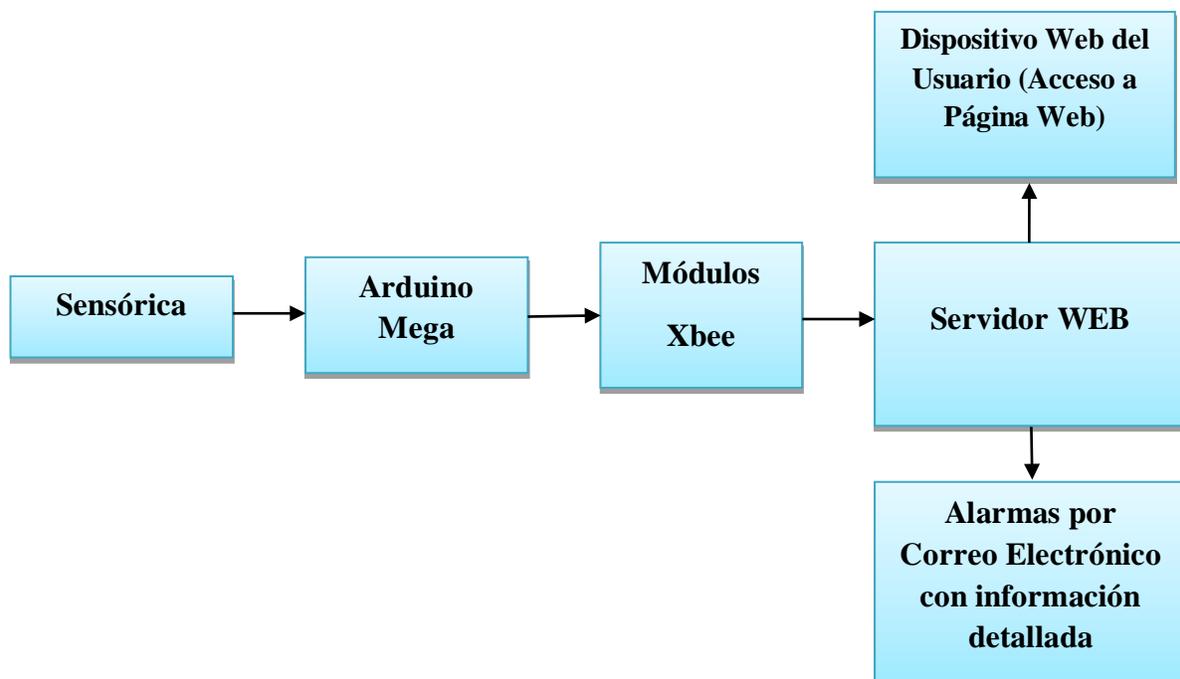
Electrohuila ha estado apoyando a sus usuarios mediante planes de financiación para el acceso a compra de artículos para el hogar, recientemente ha ampliado su cobertura beneficiando a grandes usuarios del sector rural mediante sistemas electrónicos de medición remota (Telemetría), y ahora se pretende llevar al productor agrícola un sistema de monitoreo de cultivos, logrando el mejoramiento la calidad de vida del usuario rural y contribuyendo con el desarrollo de la región huilense.

1. MARCO TEÓRICO

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o caudal en una señal eléctrica proporcional, que es transmitida a una distancia para efectos de medición y registro.⁴

Con el desarrollo del proyecto se construye una innovadora estrategia de supervisión y monitoreo de sistemas de forma local y remota, en este proceso para sistemas de riego, el cual tiene como objetivo garantizar y contribuir con el correcto desarrollo del cultivo y ayudar a la protección del motor de bombeo facilitando la supervisión de su apropiado funcionamiento, además permitiendo el monitoreo de todo el sistema de riego desde cualquier lugar a través de internet. El esquema general del proyecto es presentado en la Figura 1.

Figura 1. Esquema general del proyecto Monitoreo remoto a Sistemas de Riego.



⁴ Grupo IRC -Innova Technologies. Zaragoza, España. [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html> >

El Sistema de Monitoreo fue diseñado para realizar la transmisión de la información detallada del estado del sistema de riego hacia dispositivos web (Figura 2)⁵, por medio de la página web y mensajes de correo electrónico. También cuenta con visualización local a través de la pantalla del servidor web.

Figura 2. Dispositivos Web.



(Fuente imagen: <http://www.ipixelestudio.com/blog/disenio-web-adaptado-dispositivos-moviles-responsive-design.html>)

El sistema cuenta con diferentes sensores que se encargan de registrar el comportamiento de las variables para poder interpretarlas como señales eléctricas, además se utilizó tarjetas Arduino para adquirir las señales eléctricas y procesarlas convirtiéndolas en datos digitales, que son transmitidos teleméricamente⁶.

En la tarjeta Arduino se realizó la programación para la adquisición de datos provenientes de los sensores y transmisión serial mediante el módulo Xbee

La aplicación de almacenamiento se encarga de guardar los datos digitales en la base de datos principal, a los cuales se les agrega la hora del servidor en el instante en que son registrados.

La página web mediante código PHP tendrá acceso a la base de datos y extraerá el último registro que entró para visualizarlo en esta.

⁵Diseño de páginas web HTML5, Diseño web adaptado a dispositivos móviles [En línea] Junio 2014 [Citando el 20 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.ipixelestudio.com/blog/disenio-web-adaptado-dispositivos-moviles-responsive-design.html>>

⁶Maloney Timothy. Electrónica Industrial Moderna. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2006

2.1 Hardware de procesamiento

Se utiliza la tarjeta Arduino Mega 2560 porque es una placa con un micro-controlador ATmega2560⁷ de suficiente capacidad para realizar los procesos necesarios para la realización del Sistema de Monitoreo remoto de sistemas de riego, también se tiene en cuenta que es un dispositivo robusto capaz de funcionar sin problemas durante 16 horas diarias y descansar 8, en sincronización con el tiempo de funcionamiento del Sistema de Riego.

El procesamiento de la información del sistema de riego inicia desde los sensores y termina en la página Web (Figura 3).

Figura 3. Esquema general de procesamiento.



En el Sistema de Monitoreo, la tarjeta Arduino Mega 2560 y la página Web se intercomunican a través de la base de datos para cumplir las siguientes funciones:

- Transmitir la información sobre el estado de las variables que están siendo monitoreadas a través de una página web en línea.
- Activar alarmas de sonido cuando suceda cualquier anomalía en el sistema de riego, y mensajes de alarma por correo electrónico con la información detallada, estas alarmas se pueden activar o desactivar con el botón de alarmas de la página web.

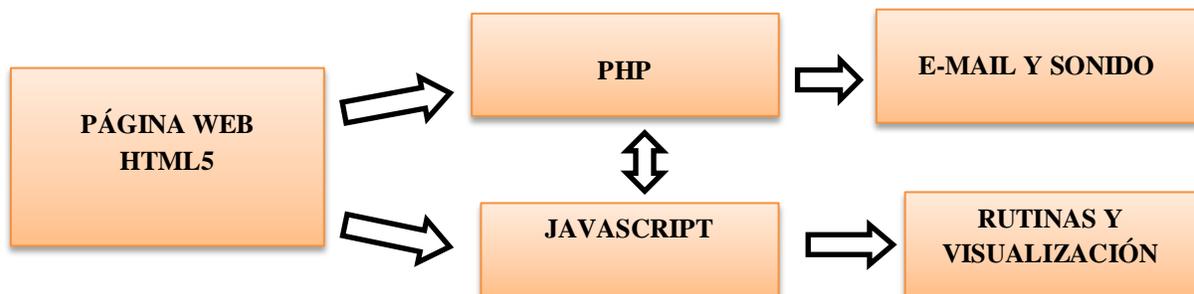
2.2 Pagina web

El diseño de la página web se realizó en HTML5 (HyperText Markup Language) y su funcionamiento se basa en PHP (PHP Hypertext Pre-Processor), el cual es usado para extraer la información de las variables desde la base de datos, y JavaScript para visualizar

⁷ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://arduino.cc/> >

esta información conjuntamente con las variables PHP. Además se usa PHP para ejecutar un archivo de sonido de alarma y para enviar E-mails (Figura 4).

Figura 4: Esquema general página web.



2.3 El Cultivo de arroz

Para una mayor productividad, el arroz requiere de temperaturas relativamente altas y de suficiente radiación solar así como de un suministro suficiente de agua, durante toda la temporada de desarrollo del cultivo que varía de 3 a 5 meses. La temperatura, la radiación solar y la precipitación pluvial afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta de arroz, que de una u otra manera inciden en la producción de grano e indirectamente inciden en la presencia de plagas y enfermedades del cultivo. Aparte de lo anterior los suelos deben ser aptos para el cultivo, con características que permitan una adecuada retención de agua y disponibilidad de nutrientes⁸.

⁸Secretaría de Agricultura y ganadería - Manual Técnico para el cultivo del arroz (Oryza Sativa). Comayagua, Honduras. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf> >

2. EL SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego es el encargado de extraer agua del río mediante tubería y llevarla hasta el cultivo de arroz a través de un canal de riego.

El cultivo se encuentra ubicado en la hacienda los dujos, Km 1 vía al Sur detrás de Surabastos. En este lugar se realizó el proyecto Monitoreo remoto a Sistemas de Riego, principalmente se efectuó el montaje y las pruebas de funcionamiento.

Este sistema de riego es utilizado para el cultivo de Arroz, sin embargo también ha sido utilizado para otros cultivos como el maíz.

2.1 Partes del Sistema de Riego

El sistema de riego en donde se implementó el proyecto consta de 4 partes fundamentales:

1. La toma del agua del río que se realiza por un canal subterráneo en desnivel con el río, para que el agua descienda hasta un pozo (Figura 5) y este siempre mantenga el nivel de agua requerido para el bombeo.

Figura 5: Pozo y tubería para la toma del agua del riego.



2. El cuarto de la bomba, donde se encuentra el Motor Eléctrico (Figura 6) y el Motor a Diesel suplente (Figura 7), la tubería pasa desde el pozo hasta el sistema de succión impulsado por el motor.

Figura 6: Motor Eléctrico del Sistema de Riego.



Figura 7: Motor Diesel de respaldo.



3. Tubería desde el cuarto de bombeo hasta el canal de riego (Figura 8). Esta tubería se usa para elevar el agua hasta el canal.

Figura 8: Tubería de elevación.



4. Canal de riego (Figura 9). Lleva el agua por medio de la corriente de caudal que se genera desde la bomba, el canal tiene 1 Km aproximadamente de longitud en total hasta el cultivo (Figura 10).

Figura 9: Canal de Riego.



Figura 10: Terreno del Cultivo antes de la siembra



2.2 Representación y Ubicación de Dispositivos

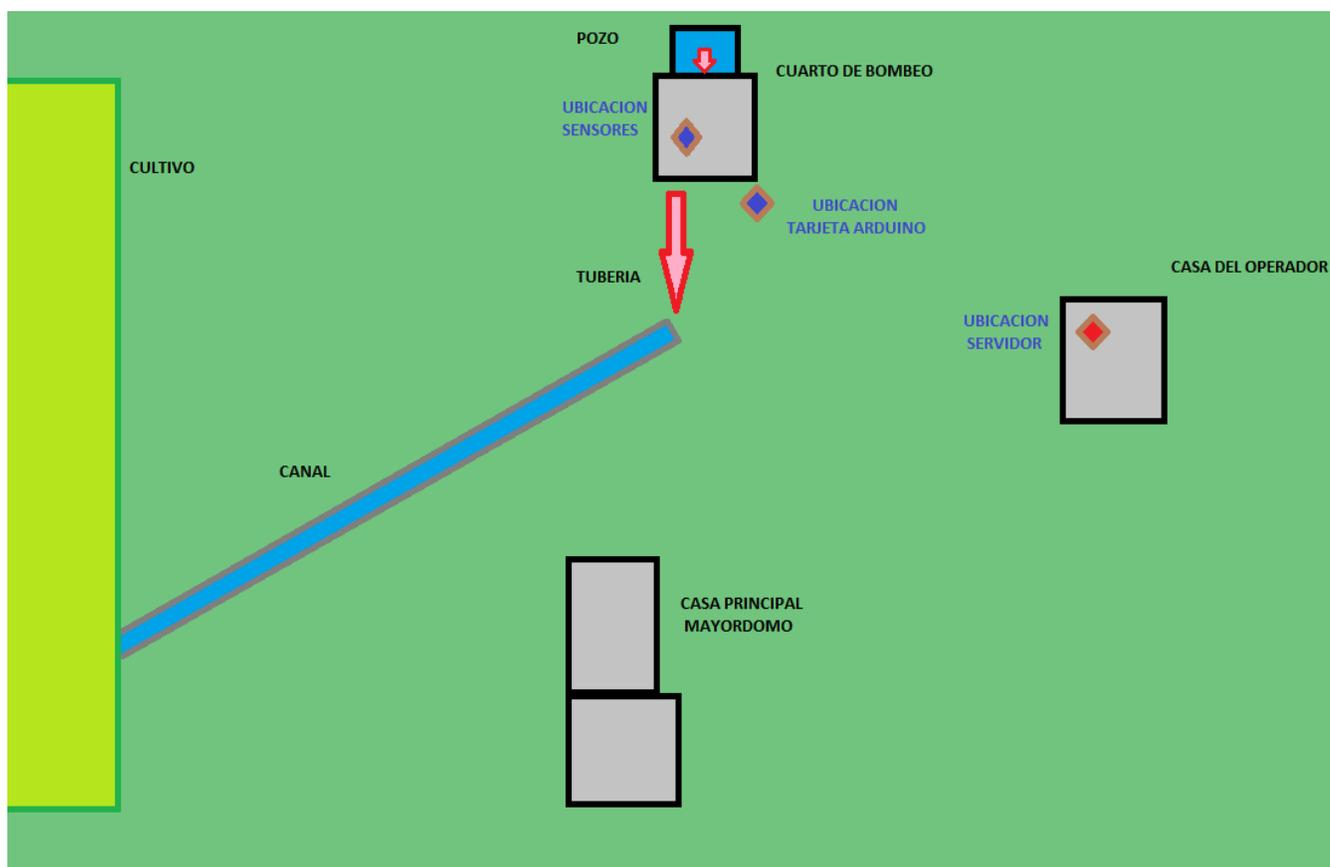
Reconociendo las principales distancias y los puntos estratégicos para la ubicación de los dispositivos electrónicos se elabora un plano principal de representación (Figura 11).

El servidor se ubicará en la casa del operador de la bomba que se encuentra a 100 metros del cuarto de la bomba aproximadamente.

Los sensores se ubican dentro del cuarto de bombeo y la Tarjeta Arduino Mega 2560 se ubica en el tope de un poste de energía eléctrica ubicado a 5 metros del cuarto de bombeo.

Los sensores y la tarjeta Arduino Mega 2560 se conectan mediante cable UTP.

Figura 11: Plano Representativo de Ubicación de dispositivos



3. SENSORES

En el Sistema de Monitoreo remoto de sistemas de riego, como en otras instalaciones, los sensores funcionan como componentes que se encargan de recibir el valor de una magnitud no eléctrica para convertirla en una señal eléctrica⁹, en el caso del Sistema de Monitoreo las variables que se deben medir son Caudal de Agua, Temperatura del Motor y Estado Magnético del Motor.

3.1 Sensor de Caudal

Encargado de medir el flujo de agua en el sistema de riego (Figura 12). Cuando este se encuentra por fuera del rango permitido según la programación del riego, el sistema envía mensajes de alerta al usuario notificando la falla presentada para que pueda ser corregido en el menor tiempo posible y así proteger el cultivo de los puntos críticos. Este sensor mide una relación de caudal y se calcula el caudal total usando el factor lineal resultante:

$$Factor = \frac{Rango\ Real\ de\ Riego\ (Lts/s)}{Rango\ del\ Sensor\ en\ Funcionamiento} = \frac{90 - 0}{2000 - 0} = 0.045$$

Con este factor se convierte las unidades originales del sensor (ml por minuto) en unidades reales del caudal en la tubería (Litros por segundo).

Figura 12: Sensor de Caudal



(Fuente de la imagen: <http://www.seeedstudio.com/depot/G18-Water-Flow-Sensor-p-1346.html>)

⁹Sobrevilla Marcelo Antonio, Sobrevilla Alejandro Marcelo. Sensores Eléctricos, Aplicables en informática, mediciones, regulación y control automático. ALSINA, Buenos Aires, 2008.

Tabla 1: Características del sensor de caudal, referencia TEM01072B

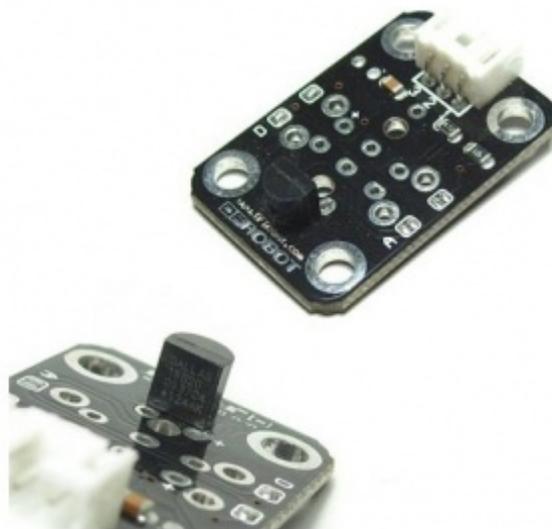
Voltaje de trabajo DC	5V a 24V
Corriente máxima de trabajo	15 mA a 5V
Temperatura máxima de liquido	120°C
Presión máxima de agua	2.0MPa
Tipo de Salida	Digital

Para su instalación requiere un resistor de 10k Ohm entre Vss y Señal.¹⁰

3.2 Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura (Figura 13) forma parte del Sistema de Monitoreo por ser un dispositivo capaz de interpretar señales de cambio de temperatura en el motor y así prevenir averías en el mismo. Este sensor no requiere circuitos adicionales para su funcionamiento y es de fácil instalación.¹¹

Figura 13: Sensor de Temperatura



(Fuente de la imagen: http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/File:18B20_Temperature_Sensor.jpg)

¹⁰Tutorial sensor de flujo de Agua. Foro Seedstudio. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.seedstudio.com/forum/viewtopic.php?f=4&t=989&p=3632>>

¹¹ 18B20 Sensor de Temperatura compatible con Arduino (DFR0024), DFRobot Wiki. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_\(Arduino_Compatible\)_\(SKU:_DFR0024\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_(Arduino_Compatible)_(SKU:_DFR0024))>

El sensor es instalado junto al armazón del motor y ayuda a detectar sobrecargas de consumo de corriente que elevan su temperatura, debido a fricción en los ejes y obstrucción en las bandas de transmisión (Poleas).

Tabla 2: Características del sensor de Temperatura, referencia 18B20 – DFR0024

Voltaje de trabajo DC	3.3V a 5V
Precisión	±0.5 °C
Interfaz Salida	Digital
Temperatura de operación	-55 °C a +125 °C
Resolución máxima	12-bits

3.3 Sensor Magnético

Mientras este energizado este sensor basado en efecto hall (Figura 14), se genera un voltaje de salida si pasa a través de él un campo magnético vertical.

Este sensor es usado para detección magnética, tiene un rango de detección de hasta 3 cm de distancia.¹²

Figura 14: Sensor Magnético



(Fuente de la imagen: <http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/File:DFR0033.JPG>)

El sensor es instalado cerca a las bobinas del motor, en donde detecta el campo magnético de éstas para indicar el estado funcional del motor (Encendido o Apagado). Con esto se detectan posibles fallas en el circuito de suministro de energía eléctrica del motor y se advierte la necesidad de poner en marcha el sistema de riego de respaldo basado en motor a combustión, mientras se repare el suministro eléctrico.

¹² Sensor magnético digital compatible con Arduino (DFR0033), DFRobot Wiki. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_\(SKU:_DFR0033\)>](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_(SKU:_DFR0033)>)

Tabla 3: Características del sensor de Magnético, referencia DFR0033

Voltaje de trabajo DC	3.3V a 5V
Temperatura de trabajo	-10°C hasta 150°C
Humedad de trabajo	≤95%RH
Método de instalación	Cercano a las bobinas del motor
Distancia de detección	3 cm
Sensibilidad	1
Interfaz	Digital
Indicador en placa	Led
Rango de Salida	0 - 1

4. ARDUINO

Arduino es una plataforma abierta de electrónica para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Se creó para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos interactivos.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores.

El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, también ofrece la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (p.ej. Flash, Processing, Max MSP).

Las placas pueden ser hechas a mano o compradas de fábrica; el software puede ser descargado de forma gratuita. Los ficheros de diseño de referencia (CAD) están disponibles bajo una licencia abierta, por lo tanto se pueden adaptar a las necesidades del usuario¹³.

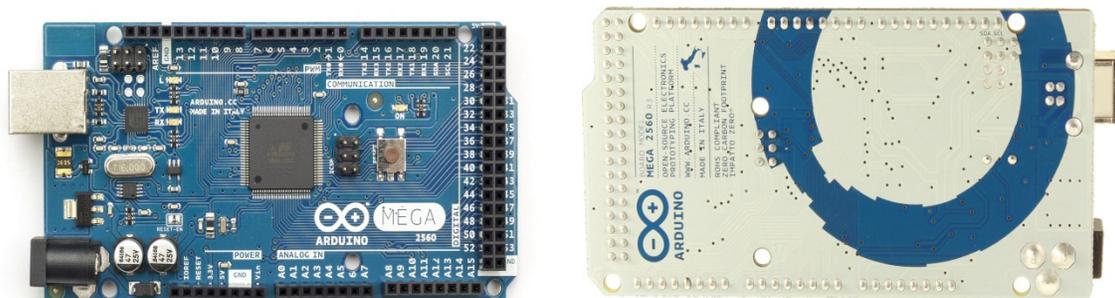
4.1 Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 (Figura 15) es una placa electrónica basada en el ATmega2560. Lleva 54 entradas / salidas digitales (de los cuales 15 pueden utilizarse para salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertas seriales), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP y un botón de reset. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, o alimentarla con un adaptador de CA a CC o la batería para empezar. El Mega 2560 es compatible con la mayoría de los shields para Arduino Duemilanove o Diecimila.¹⁴

¹³ ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.arduino.cc/>>.

¹⁴ ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>.

Figura 15: Arduino Mega 2560



(Fuente de las imágenes: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>)

4.1.1 Características

Alimentación: El Arduino Mega puede ser alimentado vía la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. El origen de la alimentación se selecciona automáticamente.

Las fuentes de alimentación externas (no-USB) pueden ser tanto un transformador o una batería. El transformador se puede conectar usando un conector macho de 2.1mm con centro positivo en el conector hembra de la placa. Los cables de la batería pueden conectarse a los pines Gnd y Vin en los conectores de alimentación (POWER).

La placa puede trabajar con una alimentación externa de entre 6 a 20 voltios. Si el voltaje suministrado es inferior a 7V el pin de 5V puede proporcionar menos de 5 Voltios y la placa puede volverse inestable, si se usan más de 12V los reguladores de voltaje se pueden sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son los siguientes:

- VIN. La entrada de voltaje a la placa Arduino cuando se está usando una fuente externa de alimentación (en opuesto a los 5 voltios de la conexión USB). Se puede proporcionar voltaje a través de este pin, o, si se está alimentado a través de la conexión de 2.1mm, acceder a ella a través de este pin.
- 5V. La fuente de voltaje estabilizado usado para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa. Esta puede provenir de VIN a través de un regulador integrado en la placa, o proporcionada directamente por el USB o otra fuente estabilizada de 5V.
- 3V3. Una fuente de voltaje a 3.3 voltios generada en el chip FTDI integrado en la placa. La corriente máxima soportada 50mA.
- GND. Pines de toma de tierra.

Memoria: El ATmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar código (de los cuales 8 KB se utiliza para el gestor de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la librería EEPROM).

Entradas y Salidas: Cada uno de los 54 pines digitales en el Duemilanove pueden utilizarse como entradas o como salidas usando las funciones `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, y `digitalRead ()`. Las E/S operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir una intensidad máxima de 40mA y tiene una resistencia interna (desconectada por defecto) de 20-50kOhms. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- Serie: 0 (RX) y 1 (TX), Serie 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serie 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serie 3: 15 (RX) y 14 (TX). Usado para recibir (RX) transmitir (TX) datos a través de puerto serie TTL. Los pines Serie: 0 (RX) y 1 (TX) están conectados a los pines correspondientes del chip FTDI USB-to-TTL.
- Interrupciones Externas: 2 (interrupción 0), 3 (interrupción 1), 18 (interrupción 5), 19 (interrupción 4), 20 (interrupción 3), y 21 (interrupción 2). Estos pines se pueden configurar para lanzar una interrupción en un valor LOW (0V), en flancos de subida o bajada (cambio de LOW a HIGH (5V) o viceversa), o en cambios de valor. Ver la función `attachInterrupt ()` para as detalles.
- PWM: de 0 a 13. Proporciona una salida PWM (Pulse Wave Modulation, modulación de onda por pulsos) de 8 bits de resolución (valores de 0 a 255) a través de la función `analogWrite ()`.
- SPI: 50 (SS), 51 (MOSI), 52 (MISO), 53 (SCK). Estos pines proporcionan comunicación SPI, que a pesar de que el hardware la proporcione actualmente no está incluido en el lenguaje Arduino.
- LED: 13. Hay un LED integrado en la placa conectado al pin digital 13, cuando este pin tiene un valor HIGH(5V) el LED se enciende y cuando este tiene un valor LOW(0V) este se apaga.

El Mega tiene 16 entradas analógicas, y cada una de ellas proporciona una resolución de 10bits (1024 valores). Por defecto se mide de tierra a 5 voltios, aunque es posible cambiar la cota superior de este rango usando el pin AREF y la función `analogReference ()`. Además algunos pines tienen funciones especializadas:

- I²C: 20 (SDA) y 21 (SCL). Soporte del protocolo de comunicaciones I²C (TWI) usando la librería `Wire`.

Hay unos otros pines en la placa:

- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado por `analogReference ()`.

- Reset. Suministrar un valor LOW (0V) para reiniciar el microcontrolador. Típicamente usado para añadir un botón de reset a los shields que no dejan acceso a este botón en la placa.

Comunicación: El Arduino Mega 2560 tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, con otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega 2560 proporciona cuatro UARTs hardware para TTL (5V) de comunicación en serie. Un ATmega16U2 (ATmega 8U2 en la revisión del 1 y 2 juntas de revisión) en los canales sobre la placa uno de ellos a través de USB y proporciona un puerto COM virtual para software en el ordenador (máquinas de Windows tendrá un archivo .inf, pero las máquinas OSX y Linux lo reconocen como un puerto COM automáticamente).

El software de Arduino incluye un monitor serial que permite que los datos simples de texto puedan ser enviados desde y hacia la placa. Las RX y TX LED en la placa parpadearán cuando se están transmitiendo datos a través del chip ATmega8U2/ATmega16U2 y conexión USB al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1)¹⁵.

Tabla 4: Características de Arduino Mega 2560

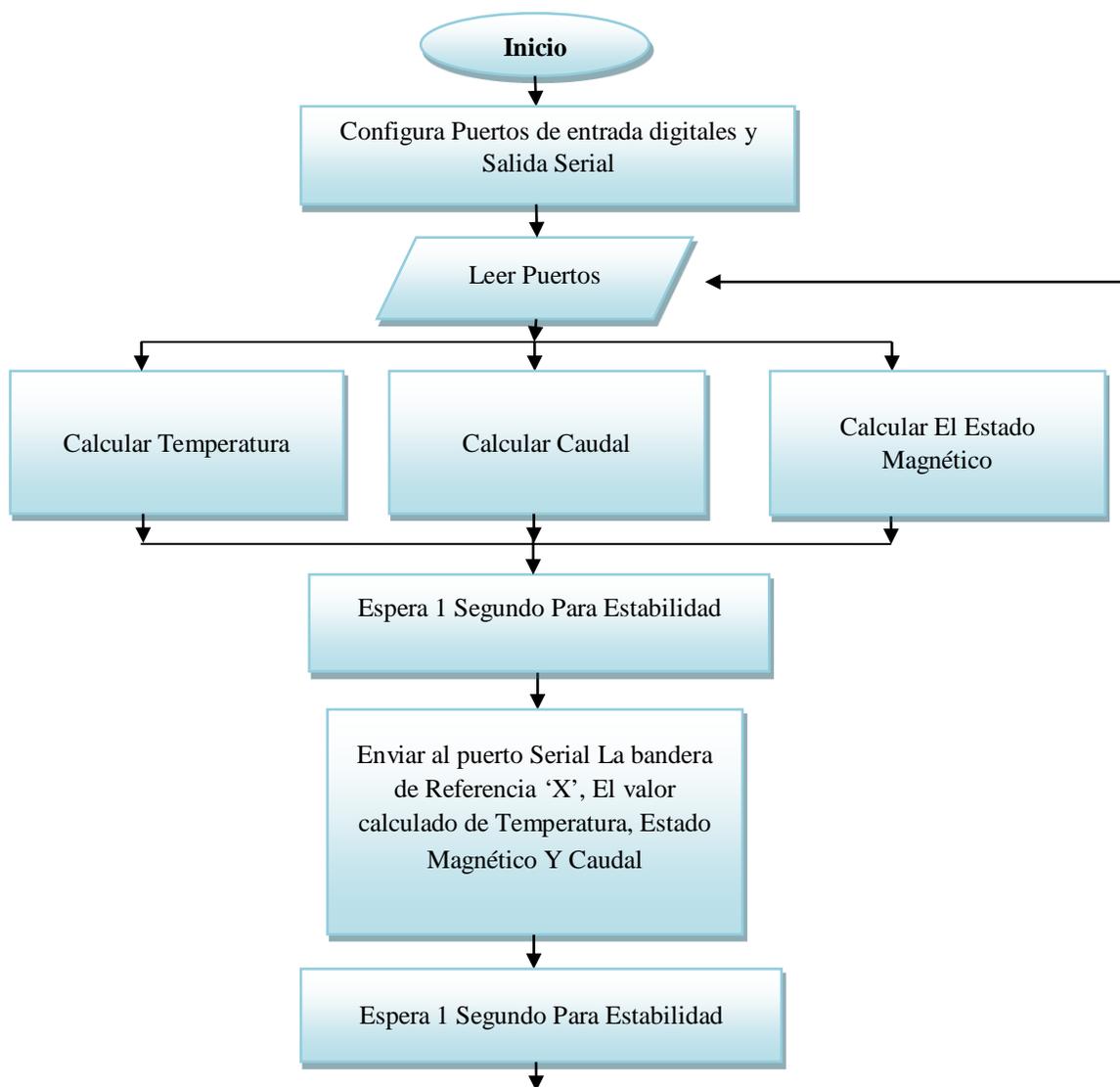
Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital I / O Pins	54
Pines de entrada analógica	16
Corriente por I DC / O Pin	40 mA
Corriente DC por Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB (ATmega2560) de los cuales 8 KB utilizado por gestor de arranque
SRAM	8 KB (ATmega2560)
EEPROM	4 KB (ATmega2560)
Frecuencia del reloj	16 MHz

¹⁵ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. Arduino Board Mega 2560. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>.

4.1.2 Programación

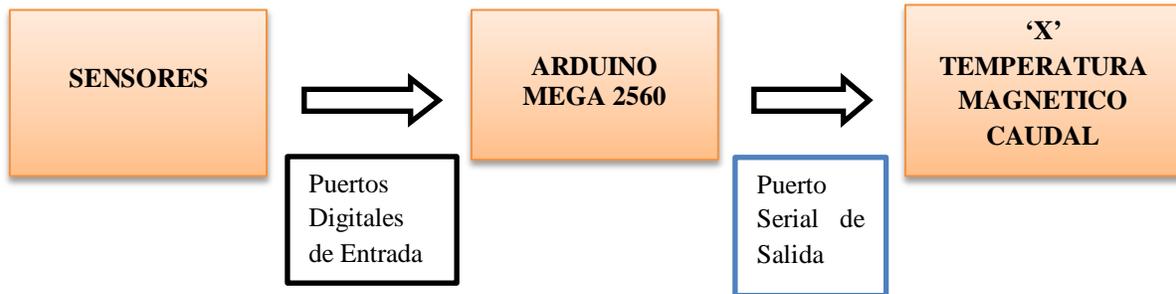
El programa que ejecuta Arduino Mega 2560 consiste en leer los puertos de los sensores, calcular el valor de los sensores debido a que estos son digitales, y enviarlos al puerto serial junto con una bandera de referencia que separa el paquete de datos conformado por el conjunto de variables de los otros paquetes contiguos. El diagrama de flujo del programa de la tarjeta Arduino Mega 2560 es el siguiente (Figura 16):

Figura 16: Diagrama de flujo programación Arduino Mega 2560



El tiempo de espera se puede reducir, sin embargo si se reduce demasiado podría resultar inconveniente para la estabilidad de la ejecución del programa (Figura 17).

Figura 17: Diagrama General programación Arduino Mega 2560



4.2 Suministro de Energía

Suministro energético de la placa se obtiene desde un tomacorriente que se instaló en el sistema de riego, tomado del circuito de iluminación (120V AC).

En este tomacorriente se conecta el adaptador (Figura 18) que lleva la energía hacia la placa Arduino Mega 2560, teniendo en cuenta que los Sensores se energizan directamente con la placa.

Figura 18: Adaptador de Voltaje 12V DC



(Fuente de la imagen: <http://www.co.all.biz/adaptador-12v-15a-centro-positivo-g4171>)

El consumo de Energía de esta tarjeta Arduino en funcionamiento normal es de 6 Watts, lo cual representa entre 2 y 3 Kwh mensuales, es decir entre \$700 y \$1.050 aproximadamente.

5. TRANSMISION INALAMBRICA LOCAL CON MÓDULOS XBEE

En la etapa de transmisión local desde la placa Arduino hasta el Servidor, son utilizados 2 dispositivos de transmisión Xbee Serie 1 (Figura 19), que se intercomunican entre sí de forma inalámbrica.

Este es el módulo Zigbee más popular del mercado. Trabajan a 2.4 GHz y generan una red propia a la que puedes conectarte o desconectarte. Entre otras características a tener en cuenta hay que decir que son módulos microprocesados con lo cual tienes solucionados los problemas de fallo de trama, ruidos, etc.

Los módulos se comunican con un dispositivo rs232 a niveles TTL con lo cual la comunicación necesita un adaptador intermedio en el caso de un PC, pero pueden conectarse directamente a un Micro.

Los módulos ofrecen una velocidad de comunicación desde 1200 hasta 115.200 baudios pasando por todos los valores convencionales, también disponen de varias I/O que pueden ser configuradas para diferentes funciones.

Incorporan una API interna donde se controlan todos sus parámetros y configuraciones, de este modo es posible dejarlos establecidos para cada aplicación.

Tiene un alcance de 100 metros en cerrado y 300 en abierto, pero el inmediato superior ya tiene un alcance muy superior: 300 metros interiores y 1300 metros en exterior. Maxstream dispone de productos de mayor alcance (40 millas)¹⁶.

Figura 19: Modulo Xbee 2.4 GHz Serie 1



(Fuente imagen: mecatronica.com.uy/rf-wireless/93-modulo-xbee-1mw-24ghz-antena-incluida-serie-1.html)

¹⁶ Módulo Xbee 2.4 GHz Serie 1, Mecatrónica Uruguay. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.mecatronica.com.uy/rf-wireless/93-modulo-xbee-1mw-24ghz-antena-incluida-serie-1.html>>

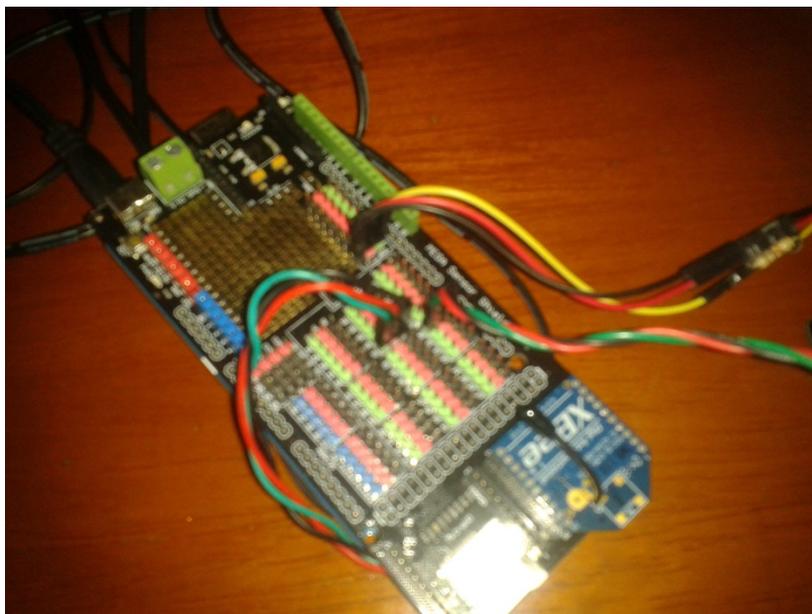
Tabla 5: Características del módulo Xbee 2.4 GHz Serie 1

Voltaje de trabajo	2.8V a 3.4V
Tasa de datos máxima	250kbps
Potencia de Transmisión	1mW (+0dBm)
Rango	100m encerrado y 300m en abierto
Tipo de antena	Cable
Certificación	FCC
Pines de entrada ADC	6 a 10-bit
Pines Digitales I/O	8
Encriptación	128-bit
Sensibilidad	-92dBm
Conjunto de comandos	AT or API command set
Corriente de Trabajo	50mA a 3.3V

En la Ubicación dentro de la hacienda, la distancia entre el servidor y la tarjeta Arduino Mega 2560 es de 100 metros, por lo tanto lo más práctico y funcional es utilizar la comunicación inalámbrica que permiten estos módulos Xbee.

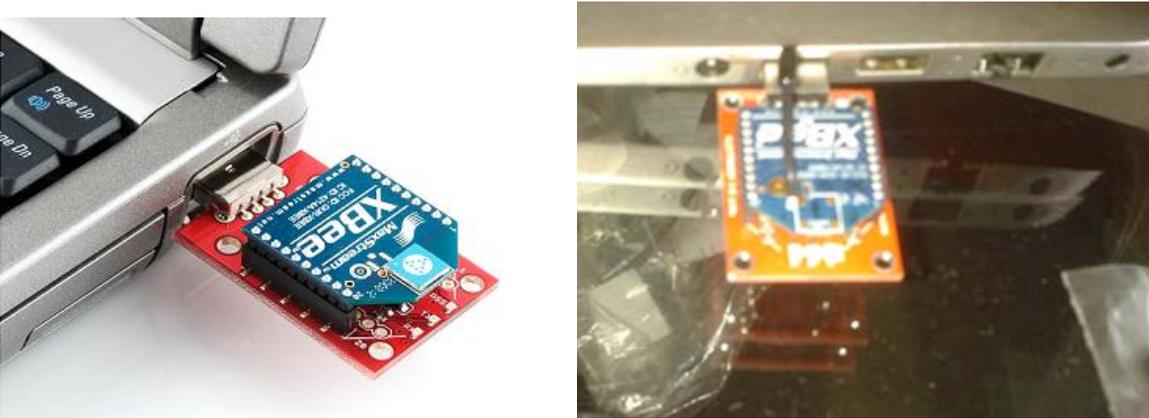
El primer módulo que se encuentra conectado en la tarjeta Arduino Mega 2560 (Figura 20) y funciona como su salida serial hacia donde se están enviando los paquetes de información correspondiente al sistema de riego.

Figura 20: Primer Módulo Xbee Instalado en la tarjeta Arduino



El segundo módulo que se encuentra intercomunicado con el primero, es conectado al servidor a través de un adaptador USB (dongle) el cual funciona como puerto serial COM de entrada (Figura 21).

Figura 21: Segundo Módulo Xbee Instalado en el Servidor



(Fuente de imagen: http://www.330ohms.com/XBee-Explorer-Dongle_p_103.html)

Los paquetes de información que se envían desde la tarjeta Arduino Mega 2560 (Figura 22) son recibidos sobre el puerto serial COM del servidor mediante el protocolo Zigbee (Estándar IEEE 802.15.4).

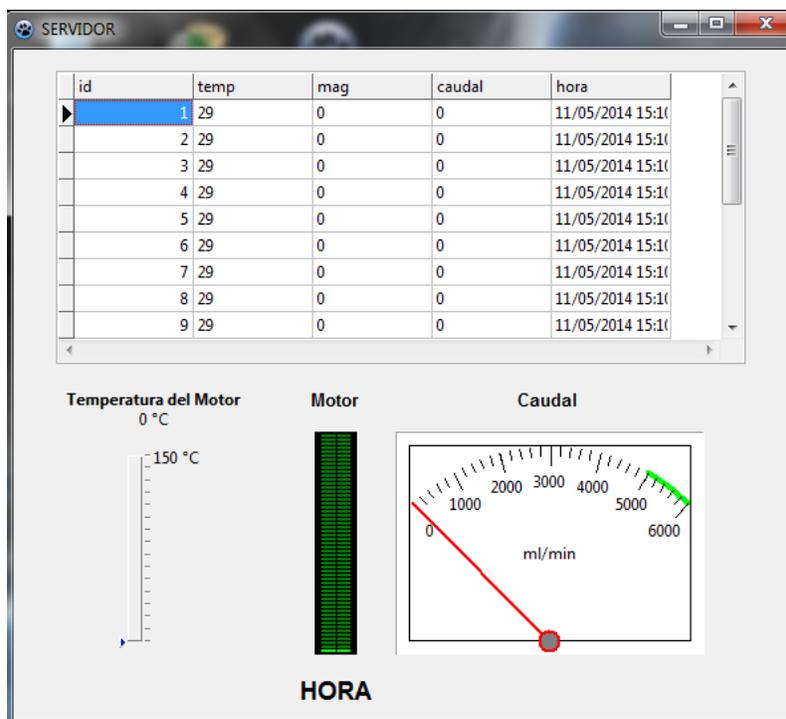
Figura 22: Transmisión entre Módulos Xbee



6. APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

En la siguiente etapa del proyecto se encuentra la aplicación de almacenamiento (Figura 23), que se encarga de guardar toda la información de las variables en una base de datos previamente creada y configurada para este fin. Esta aplicación también permite la visualización en tiempo real de las variables del sistema de riego.

Figura 23: Aplicación de almacenamiento



6.1 Estructura y desarrollo de la aplicación

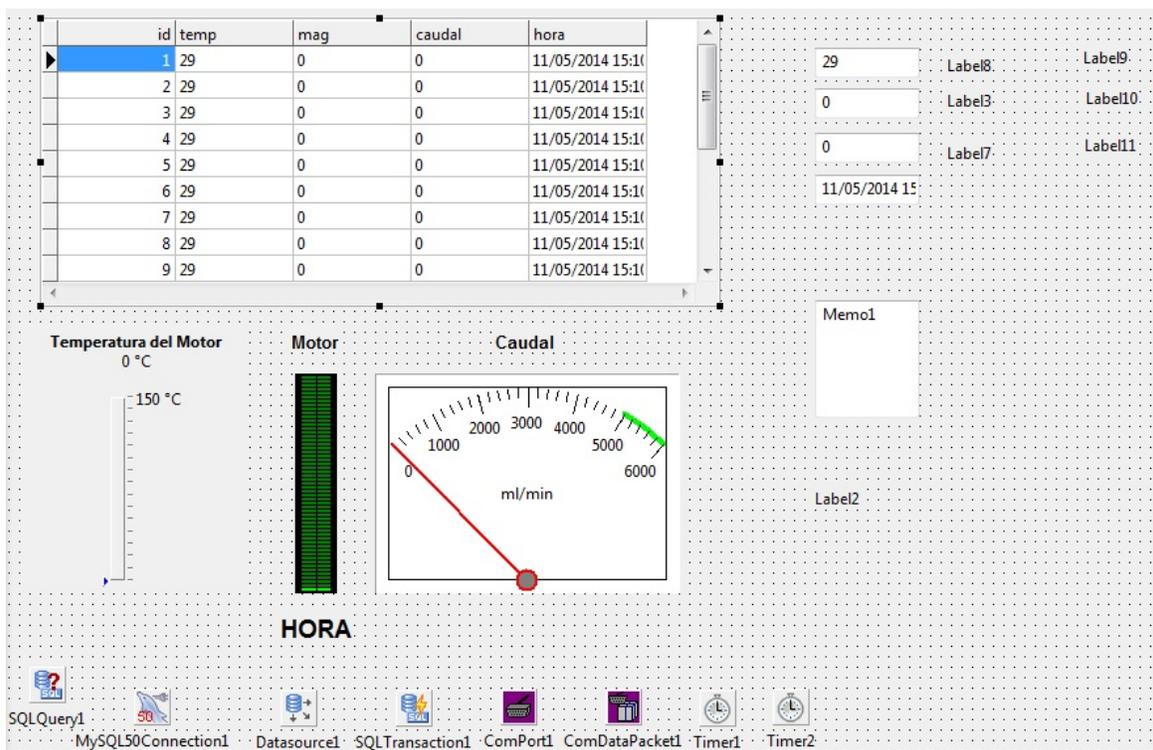
Lazarus es un sistema de desarrollo de código abierto que trabaja sobre el compilador FREE PASCAL agregando un entorno integrado de desarrollo (IDE) que incluye un editor de código con resalte de sintaxis y un diseñador de formularios visual, así como una librería de componentes que es altamente compatible con la librería de componentes visual de Delphi (VCL). La librería de componentes de Lazarus (LCL) incluye los equivalentes para muchos de los controles familiares de VCL tales como formas, botones, cajas de texto y más que se utilizan para crear aplicaciones que tienen un interfaz gráfico de usuario (GUI).¹⁷

¹⁷Free Pascal, Descripción de Lazarus y sus aplicaciones [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://wiki.freepascal.org/Overview_of_Free_Pascal_and_Lazarus/es>

La aplicación desarrollada en Lazarus Free Pascal (Figura 24), cumple principalmente 3 funciones:

1. Abrir y Leer la información en el puerto COM serial.
2. Organizar la información de las variables, y agregar la fecha y hora exacta a cada una de estas.
3. Guardar toda la información organizada en la base de datos.

Figura 24: Estructura de la aplicación de almacenamiento



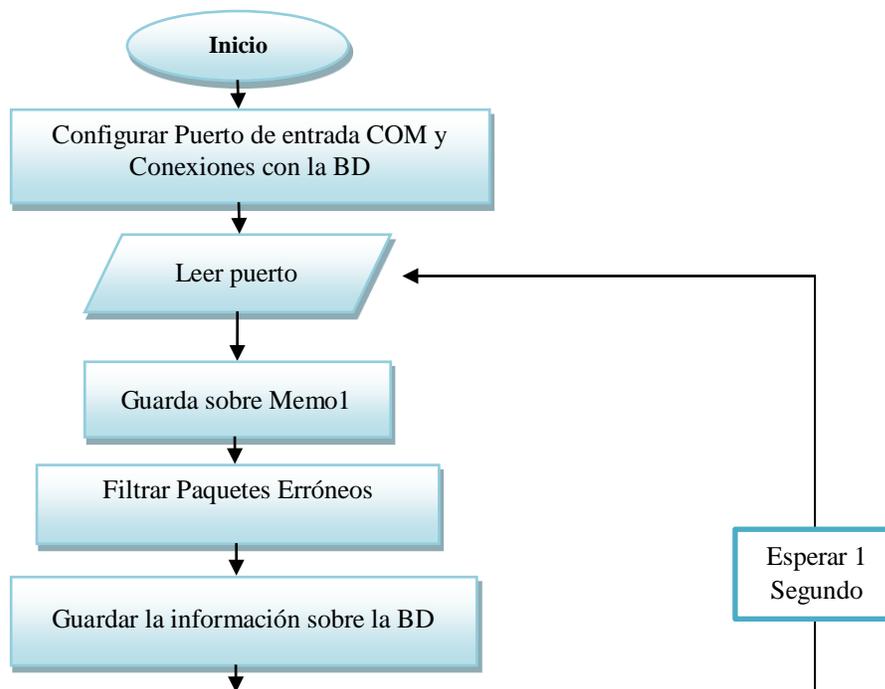
Descripción de los componentes utilizados:

- Timer1: Es el encargado de ejecutar todo el proceso cada 1 segundo.
- Timer2: Encargado de almacenar la hora en un campo.
- Label2: Es el campo en donde se almacena la hora.
- Comport1: Abre el puerto COM serial.
- ComDataPacket1: Lee y empaqueta los datos.
- Memo1: Es un campo donde se almacenan temporalmente los paquetes que llegan.
- MySQLConnection1: Abre una conexión con la base de datos.
- SQLQuery1: Permite ejecutar consultas de escritura o lectura a la base de datos.
- SQLTransaction1: Es el encargado final de guardar la información en la base de datos.

- Datasource1: Exporta los paquetes de información hacia SQLTransaction1 para que los escriba sobre la base de datos.
- DBEdit1, DBEdit2, DBEdit3, DBEdit4: Almacenan la información de los sensores y hora respectivamente para ser transcritos a los campos de la base de datos.
- Label3, Label7, Label8, Label9, Label10, Label11: Son utilizados para omitir los paquetes con algún dato erróneo y prevenir que se almacenen estos errores en la base de datos.

El funcionamiento de la aplicación se representa en el siguiente diagrama (Figura 25):

Figura 25: Diagrama de flujo de la aplicación de almacenamiento



6.2 Base de datos

La base de datos (Figura 26) llamada ‘prueba’ se conforma de dos tablas (Figura 27), una de datos del sistema de riego y la otra de usuarios para acceso a la página web. La tabla de datos es creada y configurada previamente a la estructuración de la aplicación de almacenamiento y sus características principales son

- 5 columnas, la primera tipo Entero y es usada como ID autoincrementada, las siguientes 3 de tipo VarChar son usadas para almacenar la magnitud de las variables, y la última columna es de tipo Datetime que almacena la fecha y hora en que son guardadas las variables.

- El número de filas lo determina el tamaño total permitido por la base de datos, para el motor usado (InnoDB) es de 64 TB¹⁸, lo que hace esta base de datos prácticamente imposible de llenar, habiéndose estimado un crecimiento de 1 GB por año en uso normal.

Figura 26: Base de datos en MySQL

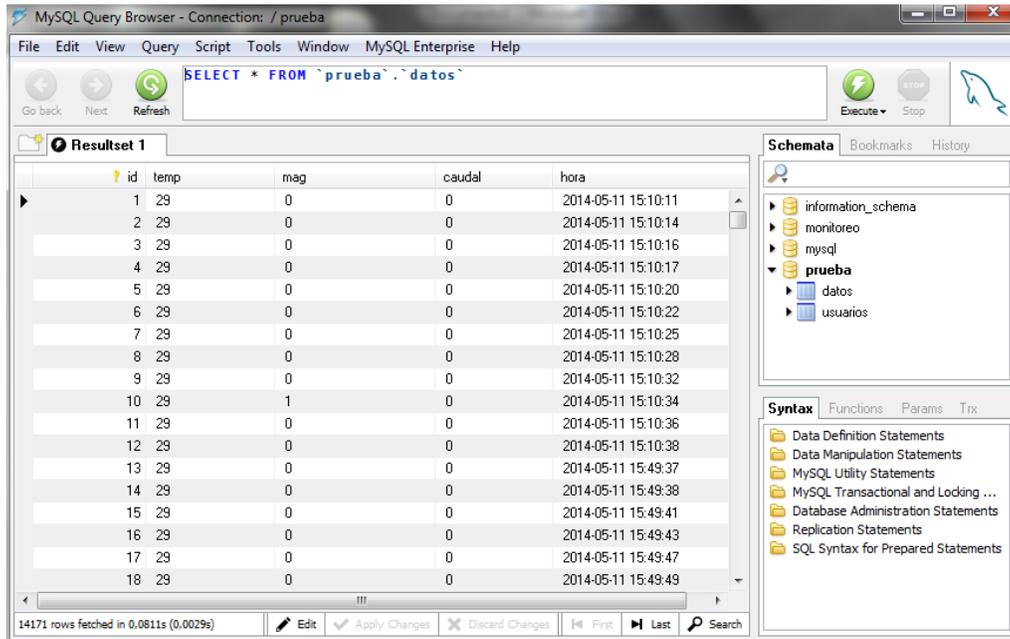
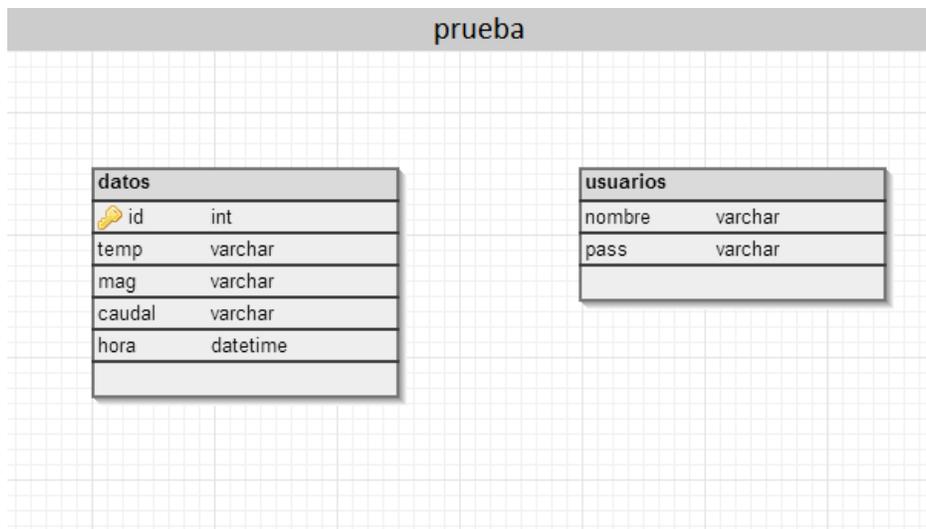


Figura 27: Modelo relacional de la base de datos



(Imagen diseñada en: <http://dbdsgnr.appspot.com/app>)

¹⁸ Bases de datos MySQL, Dimensiones máximas de las tablas MySQL. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/table-size.html>>

7. DISEÑO DE LA PÁGINA Y SERVIDOR WEB

7.1 HTML5

La página web del proyecto Monitoreo Remoto a sistemas de riego se construyó basada en el estándar HTML5, el cual es una plataforma de código abierto utilizada actualmente en el diseño de prácticamente todos los sitios web.

HTML5 es el último estándar para HTML. Fue diseñado para reemplazar el HTML 4, XHTML y DOM HTML Nivel 2.

Fue diseñado especialmente para ofrecer contenido rico sin necesidad de plugins adicionales. La versión actual ofrece de todo, desde la animación de gráficos, música de películas, y también se puede utilizar para construir aplicaciones web complejas.¹⁹

7.2 PHP

Dentro de la estructura de la página web, se utiliza PHP para diferentes funciones, entre ellas principalmente la conexión y las consultas a la base de datos del servidor.

PHP es un lenguaje de programación con una sintaxis similar a los lenguajes C y Perl, que se interpreta por un servidor web y genera código HTML dinámico. Es decir permite crear un programa que se pueda ejecutar en el servidor desde un programa visualizador de páginas web y dar respuesta en función de los datos que introduzca el usuario.

El lenguaje de programación PHP dispone de dos funciones para realizar las operaciones habituales de los lenguajes de programación, usar ficheros tratamientos de cadenas de texto y demás.²⁰

7.3 JavaScript

JavaScript se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas, como la página web de este proyecto de Monitoreo Remoto a sistemas de riego, en la cual se utilizó este lenguaje para la construcción de los visualizadores dinámicos, encargados de mostrar las magnitudes de las tres variables (temperatura, caudal y estado magnético) en tiempo real.

Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario.

¹⁹ HTML5, Introducción a HTML5 [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp>

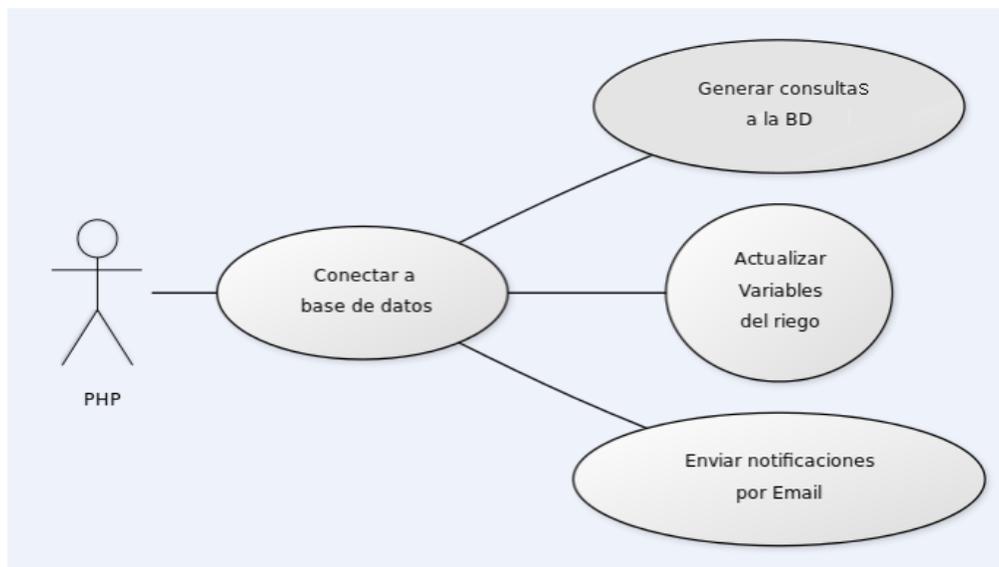
²⁰ Muños Rodríguez Pedro. Mantenimiento de Portales de Información. VISIÓN LIBROS, Madrid, 2009.

Técnicamente, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios.²¹

7.4 Construcción de la página Web

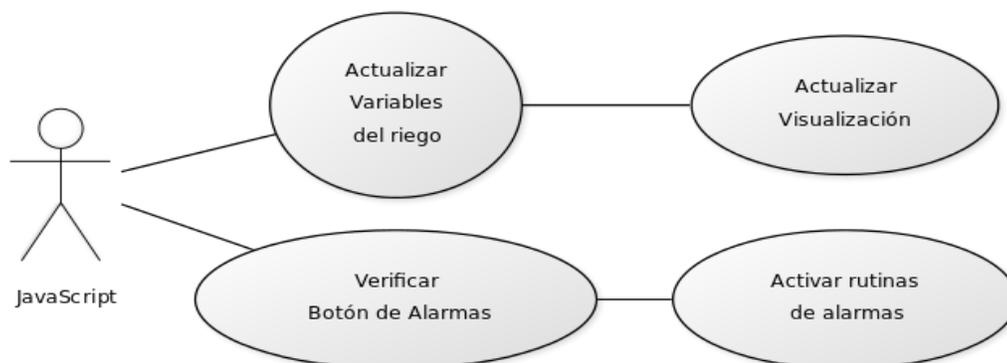
El diseño de la página web se realiza en HTML5, en la cual se utiliza lenguaje de programación PHP (Figura 28) y JavaScript (Figura 29), los cuales cumplen las siguientes funciones:

Figura 28. Esquema de Funciones de la Aplicación PHP.



(Elaborado en UML: <http://yuml.me/diagram/scruffy/class/draw>)

Figura 29. Esquema de funciones de la Aplicación JavaScript.



(Elaborado en UML: <http://yuml.me/diagram/scruffy/class/draw>)

²¹ JavaScript, introducción a JavaScript [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://librosweb.es/javascript/capitulo_1.html>

La página web consta de dos sub-páginas, una página de inicio y una página principal.

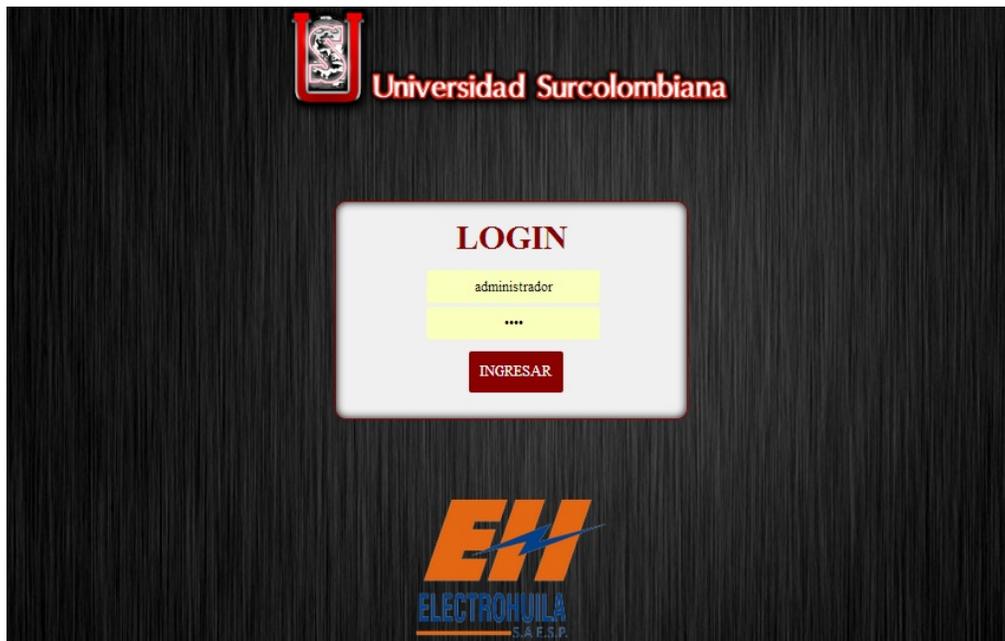
7.4.1 Pagina Inicio

La página de inicio (Figura 30) es una página que seguridad que solo permitirá el acceso al Usuario mediante una combinación de nombre de usuario y contraseña predeterminados en la tabla llamada “usuarios” de la base de datos. En este caso la combinación es:

Usuario: *administrador*

Password: *usco*

Figura 30. Página de Inicio



En esta página se captura mediante método \$_POST lo que se va escribiendo en los campos y luego de presionar el Botón “INGRESAR”, se ejecuta un código PHP que conecta con la base de datos y extrae la información de usuarios, para compararlos con los valores ingresados en los campos, y permitir o denegar el acceso a la página principal.

7.4.2 Página Principal

La página principal (Figura 31) cumple la función de visualización a través de unos indicadores llamados “calibradores” (gauges) cuyo código fue prediseñado en Codeproject²². La auto-actualización de los visualizadores se ejecuta a través de una rutina que se ejecuta cada 1 segundo.

Además de visualizar, esta página es la encargada de ejecutar rutinariamente (Cada X segundos) revisiones a las variables para que cuando ocurra un percance pueda enviar notificaciones al correo electrónico con la información del estado del sistema de riego y la hora exacta del evento. También en la misma rutina de revisión, se activa un sonido de alarma en condiciones críticas de cualquiera de las variables.

Las rutinas se ejecutan mediante JavaScript, lenguaje que permite esto mediante su función: `setInterval (function () {"Código Intervalo"}, "Intervalo en milisegundos");`

El código que se ejecuta en este intervalo, tiene como función ejecutar un archivo completo de código PHP, sobre la página principal.

Código de Intervalo:
`$("#query").load ('archivo.php');`

En la página principal se usan dos rutinas:

- La primera rutina (Rutina de Visualización) que se ejecuta cada 1 segundo, carga un archivo de código (*consulta.php*) sobre un sector de la página, en este archivo se usa código PHP para conectarse a la base de datos y actualizar la información en las variables PHP y código JavaScript para crear los visualizadores con la magnitud igual a su correspondiente variable.
- La Segunda rutina (Rutina de alarmas) que se ejecuta cada determinado tiempo (en milisegundos), carga un archivo de código (*consulta_alarmas.php*) sobre un sector de la página, en este archivo se usa código PHP para conectarse a la base de datos y actualizar la información en las variables PHP, luego unos condicionales verifican todas las variables y generan los correspondientes correos electrónicos conjuntamente con la activación de un archivo de sonido (*alarm.WAV*).

Para la segunda rutina se recomienda usar el intervalo de 60 segundos, o 300 Segundos según la susceptibilidad del sistema de riego.

²² Aqua gauges usando Canvas HTML5, Proyectos de Código [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.codeproject.com/Articles/304874/HTML-Canvas-Aqua-Gauge>>

Adicionalmente se crea un Botón sobre la página principal junto a los logos, cuya única función es habilitar o deshabilitar la Rutina de alarmas.

Figura 31. Página Principal



Las unidades correspondientes son: caudal en Litros por segundo y temperatura en grados centígrados. El estado magnético es adimensional debido a que este solamente representa el funcionamiento del motor (encendido o apagado).

7.4.3 Conexión a la base de datos

La estructura del código para conectar la página web con la base de datos se fundamenta en la función `php mysql_connect ()`; en la cual es necesario colocar los siguientes parámetros: nombre del host, nombre de la base de datos, nombre de usuario y contraseña. (Ver Anexo C: Código de Pagina Web, *consulta.php*)

7.4.4 Actualización de las variables php

La página web realiza consultas a la base de datos sobre el último registro entrante que es el más actualizado. La estructura del código para actualizar las variables php se fundamenta en la función `PHP mysql_query ()`; en el cual es necesario colocar los siguientes parámetros: nombre de la tabla, orden de la consulta, límite de la consulta y el método de conexión. (Ver Anexo C: Código de Pagina Web, *consulta.php*)

7.5 Servidor Web Apache

El Servidor HTTP Apache, denominado normalmente como Apache, es un servidor web importante por el papel que jugó en el crecimiento inicial de la web. Apache fue la primera alternativa viable al servidor web de Netscape Communications Corporation (conocido actualmente como Sun Java System Web Server), y desde entonces evolucionó compitiendo con otros servidores web en funcionalidades y prestaciones.²³

Este software libre es utilizado para crear el servidor WEB en el ordenador y de esta forma publicar la página web a través de internet, utilizando únicamente la dirección IP de este ordenador. Además es necesario habilitar el puerto 80 en el Firewall del sistema operativo. La página y todos sus archivos se deben ubicar en la carpeta “www” del servidor web, el archivo (*index.php*) será el primero en ejecutarse al entrar a la dirección IP del servidor mediante un navegador web.

7.6 Servidor DNS Gratuito - DUC

El sistema de nombres de dominios (DNS, Domain Name System) convierte nombres de dominios en direcciones IP y viceversa. Cada ordenador que forma parte de Internet posee una dirección IP única. Una dirección IP en IPv4 consiste en 4 números entre 0 y 255 separados por puntos, como por ejemplo 217.160.242.178. Las direcciones son difíciles de recordar y es más fácil acordarse de un nombre como por ejemplo profesordeinformatica.com que es el nombre que corresponde a la anterior dirección IP.

Cuando nosotros navegamos por Internet estamos utilizando un servidor de DNS que nos hace esa traducción de nombres a direcciones. Cuando realizamos una configuración manual de nuestra tarjeta de red los datos que introducimos son la dirección IP de nuestro equipo, la máscara de subred, la puerta de enlace y el servidor de DNS.²⁴

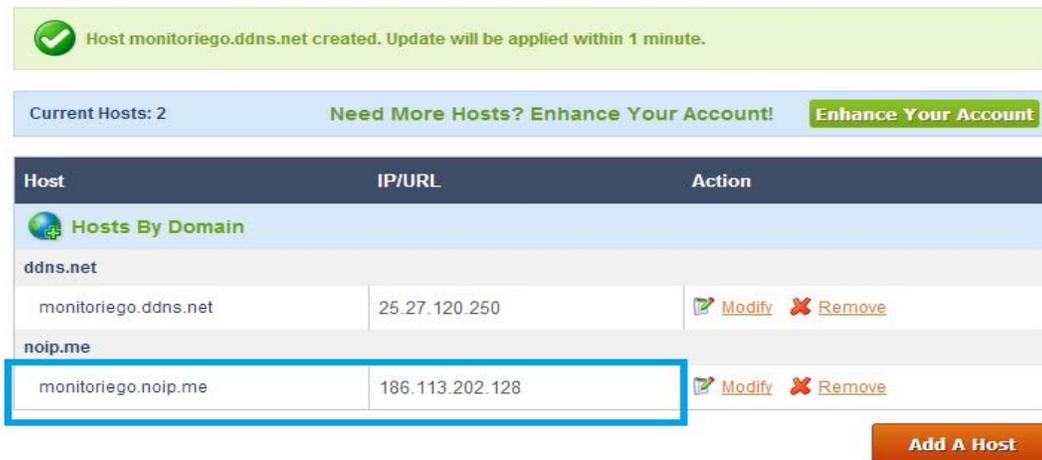
Utilizado para traducir la dirección IP del ordenador donde está instalado el servidor WEB, a un nombre de la página Web determinado, Y de esta forma facilitar el acceso.

Actualmente existe una gran cantidad de servidores DNS, no obstante, el servidor gratuito utilizado en este proyecto es “No-IP” (Figura 32) el cual es uno de los más utilizados a nivel mundial.

²³ Fundación de Software Apache, Servidor Apache [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://apachefoundation.wikispaces.com/Apache+HTTP+Server>>

²⁴ Profesores de Informática, Introducción al servicio DNS [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.profesordeinformatica.com/servicios/dns/introduccion>>

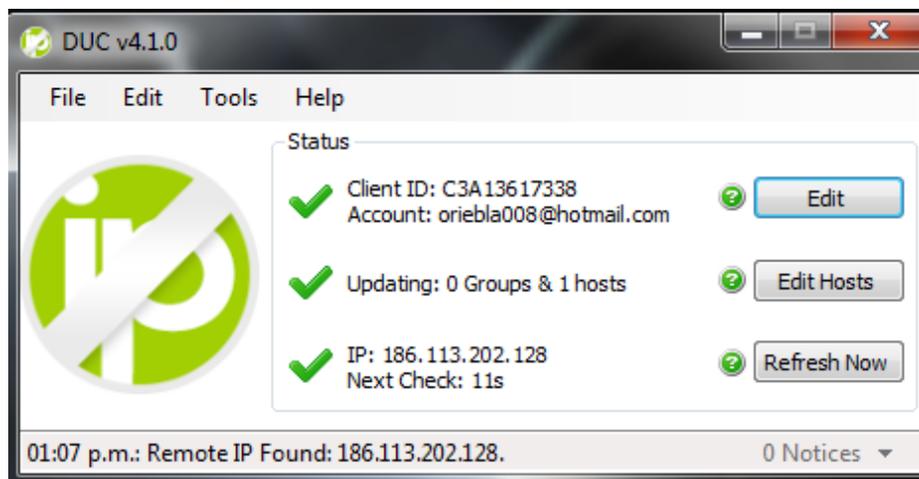
Figura 32. Servidor DNS Gratuito



El servidor DNS gratuito “No-IP”, permite a sus usuarios descargar la aplicación DUC (Figura 33), la cual se encarga de actualizar la IP del servidor web ante el servidor DNS.

Por ser una IP dinámica, la dirección IP del servidor puede cambiar ocasionalmente. Sin embargo, gracias a esta aplicación, se puede hacer uso del mismo nombre (monitoriego.noip.me) sin ningún inconveniente.

Figura 33. Actualizador de Ip



7.7 Sendmail

Para enviar E-mails desde PHP, es necesario instalar esta aplicación mediante el siguiente procedimiento:

- Descargar la aplicación Sendmail²⁵ e instalarla en “C:\sendmail\”
- Configurar el correo mensajero:
smtp_server=smtp.gmail.com
smtp_port=587
auth_username=tucorreo@gmail.com
auth_password=tucontraseña
force_sender=tucorreo@gmail.com
- Configurar el archivo PHP.ini con la siguiente línea: `sendmail_path = "C:\sendmail\sendmail.exe -t"`

7.7.1 Envío de notificaciones por correo electrónico.

Los E-mail se envían de forma independiente para cada variable con la información respectiva. La estructura del código para enviar E-mails se basa en la función PHP mail (); en la cual son requeridos los siguientes parámetros: Direcciones de correo electrónico, asunto del mensaje, cuerpo del mensaje y encabezado del mensaje.

(Ver Anexo C: Código de Pagina Web, *consulta_alarmas.php*)

7.8 Alarmas de audio

La alarma de audio se activa ante el estado crítico de cualquiera de las variables. La estructura del código utilizado para reproducir el archivo de audio sobre la página se basa en la función “*echo*” la cual envía hacia la página principal la instrucción de reproducir un archivo de audio llamado *alarm.WAV*, el cual se ejecuta de forma invisible.

(Ver Anexo C: Código de Pagina Web, *consulta_alarmas.php*)

²⁵ Aplicaciones para PHP, Como enviar E-mails desde Localhost, [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.developerfiles.com/how-to-send-emails-from-localhost-apachephp-server/>>

8. SERVICIO DE VALOR AGREGADO

Este proyecto tiene como uno de sus objetivos proyectarse a futuro como servicio de valor agregado para usuarios de Electrohuila, los cuales podrán acceder fácilmente a este servicio y pagarlo en la factura de energía. Como único requisito el usuario debe tener un computador ya sea portátil o de mesa en donde será instalado el servidor sin afectar el uso cotidiano de este.

8.1 Estudio de costos y beneficios del proyecto

Los beneficios para Electrohuila equivalen directamente a las utilidades, debido a que el servicio de monitoreo no incluye precio de los activos con el fin de reducir el costo del servicio al usuario y permitir a Electrohuila ser propietario único de los activos.

Los beneficios para el Usuario son todos los relacionados con la eficacia y apoyo de este Sistema de Monitoreo remoto para aumentar la eficiencia energética del Sistema de Riego, prevenir deterioros en el cultivo y mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico.

Tabla 6: Costos de Inversión Iniciales

Dispositivos importados (Fecha de cotización: 15 de Marzo 2014)	Costo
Arduino Mega 2560 Rev 3	\$ 115.000
Adaptador 12V	\$ 10.344
Sensor de temperatura 18B20	\$ 10.000
Sensor Magnético	\$ 8.400
Sensor de flujo de agua	\$ 35.000
2 Módulos Xbee Serie 1	\$ 120.688
Expansión Arduino Mega	\$ 43.103
USB Dongle para módulos Xbee	\$ 48.000
IVA 16%	\$ 62.742
Costos de Envío	\$ 9.000
Dispositivos adquiridos localmente	Costo
Cable UTP (12 metros)	\$ 10.000
Conectores UTP y ponchado	\$ 9.000
Cable para programar Arduino	\$ 4.000
Caja Metálica Protección Tarjeta	\$ 26.000
Cinta negra, Alambres, estaño, elementos montaje	\$ 10.000
Conectores para sensores	\$ 1.600
Toma Corriente con caja y Cable Dúplex	\$ 10.000
Software Libre: Arduino, Lazarus, Wamp Server (Apache, Php, MySQL), Sendmail, y No-Ip Autoupdater.	\$ -
Total ACTIVOS	\$ 532.877
Mano de Obra: Instalación	\$ 78.431
TOTAL INVERSION INICIAL	\$ 611.308

8.1.1 Calculo del Costo del Servicio

Para calcular el costo se debe tener en cuenta el total de la inversión, la vida útil de los activos, el tiempo en que se desea recuperar la inversión y tiempo de suministro del servicio mensual.²⁶

La vida útil del Sistema de Monitoreo basado en la placa Arduino, está entre los 36 y los 2 años dependiendo de las condiciones del lugar donde esté instalado.²⁷ En este caso la placa Arduino Mega 2560 no será expuesta a altas temperaturas ni vibraciones extremas, además reposa 8 horas diarias, por lo tanto la vida útil se extiende más allá de 5 años.

Vida útil: 5 años (mínimo), Tiempo de recuperación de inversión: 12 meses.

Tabla 7: Costo del Servicio Usuario sin Internet

TOTAL INVERSION ELECTROHUILA	\$ 611.308
Gastos Operacionales: No requiere operarios de Electrohuila	\$ -
Recuperación Mensual de inversión (Inversión/5 años/12 meses)	\$ 10.188
Internet mensual (Modem USB Une 1 GB)	\$ 22.600
Utilidades: 4% Sobre inversión Total	\$ 24.452
Costo Total Servicio para el Usuario, incluye internet	\$ 57.240
Valor solo Servicio Electrohuila	\$ 34.640
IPC anual (Junio de 2014)	0,0279
Incremento Anual Servicio: Incremento en Utilidad mes	\$ 70

Tabla 8: Costo del Servicio Usuario con Internet Instalado

TOTAL INVERSION ELECTROHUILA	\$ 611.308
Gastos Operacionales: No requiere operarios de Electrohuila	\$ -
Recuperación Mensual de inversión (Inversión/5 años/12 meses)	\$ 10.188
Internet mensual	\$ -
Utilidades: 4% Sobre inversión Total	\$ 24.452
Costo Total Servicio para el Usuario	\$ 34.640
Valor Servicio Electrohuila	\$ 34.640
IPC anual (Junio de 2014)	0,0279
Incremento Anual Servicio: Incremento en Utilidad mes	\$ 70

El valor mensual facturado por concepto de servicios de valor agregado bajo estos parámetros sería de \$34.640 más los impuestos que estipula estado, como el IVA.

²⁶ El precio de tus servicios, calculo general del costo de servicios. [En línea] Junio 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en http://www.trabajo.com.mx/el_precio_de_tus_servicios.htm>.

²⁷ Vida útil Arduino, Foro Electronics. [En línea] Junio 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://electronics.stackexchange.com/questions/91025/arduino-lifetime>>.

9. CONCLUSIONES

- El sistema de Monitoreo Remoto desarrollado mediante tecnología Arduino le ofrece al usuario información en tiempo real, completa, detallada y a distancia; el usuario también podrá recibir notificaciones sobre cualquier eventualidad en el sistema de riego para evitar poner en riesgo el cultivo.
- El Sistema de Monitoreo Remoto puede adaptarse fácilmente para supervisar muchos otros sistemas e incluso si se implementan actuadores se puede obtener automatización de diferentes procesos industriales, esto se debe a la versatilidad de Arduino y a que se ha desarrollado una aplicación y una página web muy flexibles.
- A la hora de implementar el Sistema de Monitoreo se debe tener en cuenta que la fuente de suministro de energía proporcione el voltaje exacto para el funcionamiento de Arduino, si no se cuenta con un suministro de energía de 120V, se debería elegir el uso de energías renovables como paneles solares, los cuales podrán ser utilizados también para otros dispositivos como iluminación.
- El Sistema de Monitoreo Remoto se realizó mediante software libre para reducir costos en su desarrollo, haciéndolo muy eficiente en la prevención de insuficiencias en el cultivo, mejorando el aprovechamiento del recurso hídrico, y a la vez siendo rentable para el usuario pues no tiene que pagar licencias ni prestaciones por el servicio.
- Se demostró la ventaja de utilizar la tarjeta de desarrollo Arduino ya que se maneja con software libre, es amigable al programador por sus muchas librerías que se modifican de acuerdo con los requerimientos y se adecúa para diferentes funciones como adquisición de señales de sensores y transmisión de datos de forma inalámbrica usando conjuntamente módulos externos para este fin.
- Con la implementación del proyecto Monitoreo Remoto a Sistemas de Riego, Electrohuila contribuirá con el desarrollo tecnológico del departamento del Huila, y a su vez generar utilidades en servicios de valor agregado. Es un proyecto de una gran rentabilidad a gran escala.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar actuadores en el Sistema de Monitoreo para que este sistema pueda ser usado en la automatización de diferentes tipos de procesos industriales, en el caso del sistema de riego se podría automatizar la conmutación del motor.
- Se recomienda monitorear más variables, ya que este sistema cuenta con todo lo necesario para poder extender su uso hacia otros sensores, y con esto construir un sistema de monitoreo más completo y eficiente.
- Instalar y mantener actualizado un buen software Antivirus en el servidor Web, para evitar riesgos de Hackers de internet malintencionados que pudiesen causar daños graves en el servidor.
- Revisar ocasionalmente los sensores para cerciorarse de que estén bien ubicados y estén funcionando correctamente, corregir posibles averías o fallas debido a algún posible cambio de lugar causado por algún agente natural o externo.
- Se recomienda agregar a la página un módulo de cambiar la contraseña, para que el usuario pueda designar la clave que desee; porque en la página del Sistema de Monitoreo solo se tiene una contraseña por defecto asignada al usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agromeat - Sistema de riego inteligente. Buenos Aires, Argentina. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.agromeat.com/111203/desarrollan-un-sistema-de-riego-inteligente-que-se-puede-monitorear-desde-internet> >
- [2] Sistemas de riego, Definición de riego [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://es.slideshare.net/csemidei/sistemas-de-riego-presentation>>
- [3] El cultivo del arroz, adaptación del arroz a los suelos inundados [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>>
- [4] Grupo IRC -Innova Technologies. Zaragoza, España. [En línea] Junio 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html> >
- [5] Diseño de páginas web HTML5, Diseño web adaptado a dispositivos móviles [En línea] Junio 2014 [Citando el 20 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.ipixelestudio.com/blog/disenio-web-adaptado-dispositivos-moviles-responsive-design.html>>
- [6] Maloney Timothy. Electrónica Industrial Moderna: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [7] ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Febrero 2013 [Citando el 15 de Febrero de 2013]. <Disponible en <http://www.arduino.cc/es/>>.
- [8] Secretaria de Agricultura y ganadería - Manual Técnico para el cultivo del arroz (Oryza Sativa). Comayagua, Honduras. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf> >
- [9] Sobrevilla Marcelo Antonio, Sobrevilla Alejandro Marcelo. Sensores Eléctricos, Aplicables en informática, mediciones, regulación y control automático. ALSINA, Buenos Aires, 2008.
- [10] Tutorial sensor de flujo de Agua. Seedstudio. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio 2014]. <Disponible en: <http://www.seedstudio.com/forum/viewtopic.php?f=4&t=989&p=3632>>

- [11] 18B20 Sensor de Temperatura, DFRobot Wiki. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio 2014] <Disponible en: [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_\(Arduino_Compatible\)_\(SKU:_DFR0024\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_(Arduino_Compatible)_(SKU:_DFR0024))>
- [12] Sensor magnético digital compatible con Arduino (DFR0033), DFRobot Wiki. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_\(SKU:_DFR0033\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_(SKU:_DFR0033))>
- [13] ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://www.arduino.cc/>>.
- [14] ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. [En línea] Junio 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>.
- [15] ARDUINO, Plataforma de Código Abierto. Arduino Board Mega 2560. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 10 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>.
- [16] Módulo Xbee 2.4 GHz Serie 1, Mecatrónica Uruguay. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 15 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.mecatronica.com.uy/rf-wireless/93-modulo-xbee-1mw-24ghz-antena-incluida-serie-1.html>>
- [17] Free Pascal, Descripción de Lazarus y sus aplicaciones [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://wiki.freepascal.org/Overview_of_Free_Pascal_and_Lazarus/es>
- [18] Bases de datos MySQL, Dimensiones máximas de las tablas MySQL. [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/table-size.html>>
- [19] HTML5, Introducción a HTML5 [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp>
- [20] Muños Rodríguez Pedro. Mantenimiento de Portales de Información. VISIÓN LIBROS, Madrid, 2009.
- [21] JavaScript, introducción a JavaScript [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: http://librosweb.es/javascript/capitulo_1.html>

- [22] Aqua gauges usando Canvas HTML5, Proyectos de Código [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.codeproject.com/Articles/304874/HTML-Canvas-Aqua-Gauge>>
- [23] Fundación de Software Apache, Servidor Apache [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://apachefoundation.wikispaces.com/Apache+HTTP+Server>>
- [24] Profesores de Informática, Introducción al servicio DNS [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.profesordeinformatica.com/servicios/dns/introduccion>>
- [25] Aplicaciones para PHP, Como enviar E-mails desde Localhost, [En línea] Junio de 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en: <http://www.developerfiles.com/how-to-send-emails-from-localhost-apachephp-server/>>
- [26] El precio de tus servicios, calculo general del costo de servicios. [En línea] Junio 2014 [Citando el 25 de Junio de 2014]. <Disponible en http://www.trabajo.com.mx/el_precio_de_tus_servicios.htm>
- [27] Vida útil Arduino, Foro Electronics. [En línea] Junio 2014 [Citando el 25 de Junio 2014] <Disponible en <http://electronics.stackexchange.com/questions/91025/arduino-lifetime>>

ANEXOS

Anexo A: Manual del Usuario del Sistema de Monitoreo Remoto

Anexo B: Documentación Software Libre Utilizado

Free Pascal (FPC)

Free Pascal (FPC) es un compilador de Pascal de código abierto con dos características notables: un alto grado de compatibilidad con Delphi y disponibilidad en una variedad de plataformas, incluyendo OS X, Windows, Mac, y Linux. La compatibilidad de Free Pascal con Delphi incluye no solamente la ayuda para el mismo lenguaje de programación Object Pascal que utiliza Delphi, sino también para muchas de las mismas bibliotecas de rutinas y de clases de gran alcance por las que Delphi es conocido. Esto incluye unidades habituales tales como System, SysUtils, StrUtils, DateUtils, Classes, Variants, Math, IniFiles y Registry, que se incluyen con FREE PASCAL en todas las plataformas soportadas. Free Pascal también incluye unidades tales como Windows, ShellAPI, BaseUnix, Unix y DynLibs para acceder a características específicas de un sistema operativo. Esta docena, más o menos, de unidades se denomina generalmente como la librería de tiempo de ejecución de Free Pascal (RTL). (Fuente: disponible en internet, consultado el día 30 de Junio de 2014, http://wiki.freepascal.org/Overview_of_Free_Pascal_and_Lazarus/es)

Dynamic DNS Update client (DUC)

El cliente de actualización dinámica de DNS comprueba continuamente los cambios de direcciones IP en el fondo y actualiza automáticamente el DNS a No-IP cada vez que cambia. DUC no reenvía las credenciales de No-IP cada vez que se envía una actualización de direcciones IP, en lugar de enviar una clave única para nombre de usuario y contraseña para su cliente de actualización dinámica específica. (Fuente: disponible en internet, consultado el día 30 de Junio de 2014, <http://www.noip.com/download?page=win>)

Anexo C: Código de Pagina Web

La Carpeta “*www*” anexa al CD, contiene todos los archivos utilizados y desarrollados para funcionamiento de la página web.

Anexo D: Registro fotográfico del desarrollo del Sistema de Monitoreo Remoto



(Sensores conectados al motor de bombeo: temperatura y estado magnético)



(Sensor de caudal instalado)

(Cuarto de bombeo, motor de bombeo)



(Instalación de cajilla y tarjeta)



(Instalación sensor de caudal)



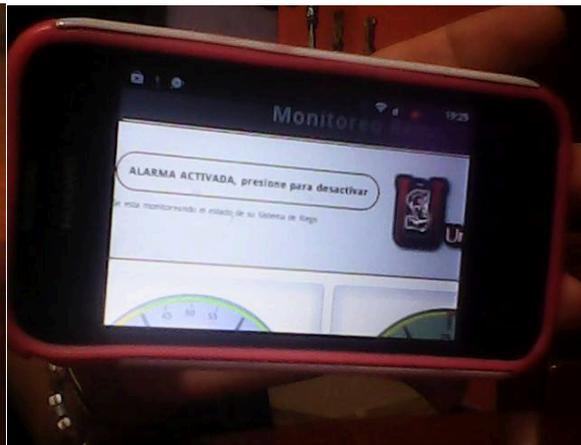
(Instalación del tomacorriente para suministro de energía de la tarjeta)



(Tarjeta Arduino con los sensores conectados)



(Cajilla con la tarjeta instalada)



(Página web visualizada desde un Smartphone)



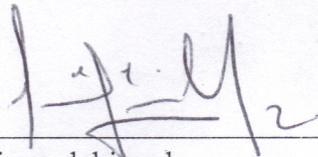
(Página web visualizada desde un Smartphone)

Nota de aceptación:

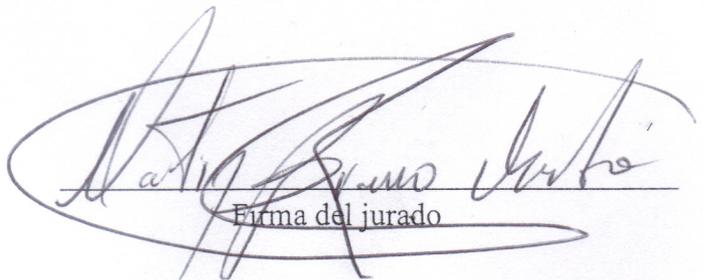
Se aprueba el Proyecto de grado:
Monitoreo remoto a sistemas de riego
de Cultivos del Huila desarrollado
mediante Arduino y Software libre
Para usuarios de Electrohulla.



Firma del director



Firma del jurado



Firma del jurado

MANUAL DEL USUARIO

*MONITOREO REMOTO A SISTEMAS DE
RIEGO DE CULTIVOS DEL HUILA
DESARROLLADO MEDIANTE ARDUINO Y
SOFTWARE LIBRE PARA USUARIOS DE
ELECTROHUILA*

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	5
1. EJECUTAR APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO	6
1.1 Ejecutar la aplicación	7
2. PAGINA WEB DE MONITOREO PARA EL USUARIO	8
2.1 Ejecutar aplicación DUC	8
2.2 Acceder a la Página Web	8
2.1 Interacción con la página web	9
2.1.1 Página Inicio	9
2.1.2 Página Principal	10
3. VER NOTIFICACIONES DEL SISTEMA.....	11
4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	12
4.1 Sensores	12
4.2 Arduino	12
4.4 Servidor.....	12
5. RIESGOS Y PRECAUCIONES.....	13
6. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicación de almacenamiento	6
Figura 2: Modulo Xbee Conectado	6
Figura 3: Abrir Aplicación desde escritorio	7
Figura 4: Abrir Aplicación desde barra Horizontal.....	7
Figura 5: Abrir Aplicación DUC	8
Figura 6: Acceder a la página web	8
Figura 7: Página de Inicio	9
Figura 8: Pagina Principal.....	10
Figura 9: Notificaciones en el correo electrónico	11

INTRODUCCIÓN

El presente Manual del Usuario, tiene como finalidad dar a conocer de una manera detallada y sencilla, el procedimiento que se debe llevar a cabo para hacer un manejo óptimo del Sistema de Monitoreo Remoto.

Con el uso del Sistema de Monitoreo, usted podrá tener la información del estado de su Sistema de Riego desde cualquier dispositivo con acceso a internet, por otro lado recibir notificaciones en su correo electrónico cuando su sistema se encuentre en estado crítico y escuchar una alarma desde la página web que se activa cuando suceda algún imprevisto en el sistema de riego.

OBJETIVOS

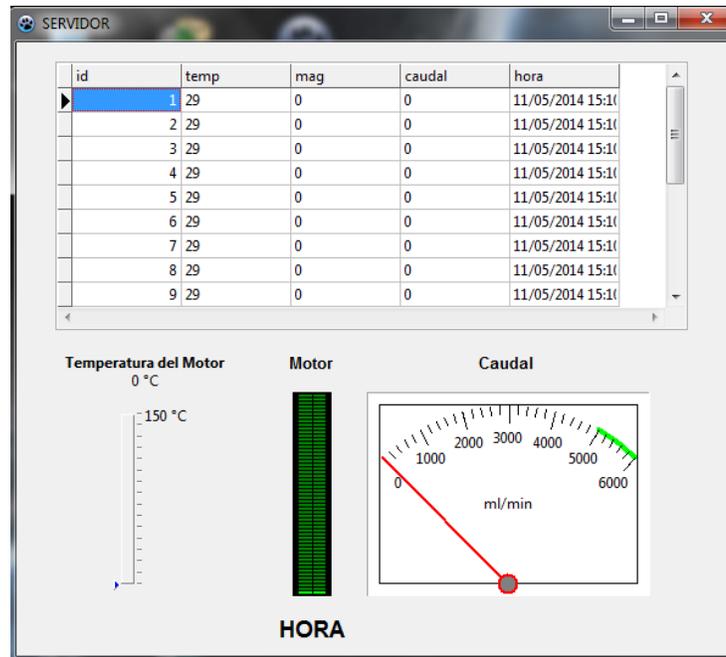
El objetivo primordial de éste Manual es ayudar y guiar al usuario a utilizar el Sistema de Monitoreo Remoto para que obtenga resultados favorables para aumentar la eficiencia energética del Sistema de Riego, prevenir deterioros en el cultivo y mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico. Este Manual comprende:

- Guía para ejecutar las aplicaciones en el servidor que se requieren para el correcto funcionamiento.
- Como utilizar el Sistema de Monitoreo Remoto, mediante una descripción detallada e ilustrada.
- Las instrucciones de mantenimiento, prevención de riesgos y precauciones, y una guía de solución de problemas.

1. EJECUTAR APLICACIÓN DE ALMACENAMIENTO

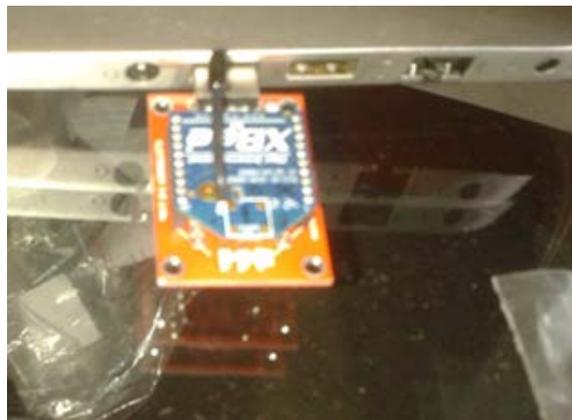
Para el funcionamiento del sistema de monitoreo es necesario mantener esta aplicación ejecutándose (Figura 1), la cual se encarga de actualizar en la base de datos el estado de sus sistema de riego y también permite la visualización en tiempo real de las variables del sistema de riego.

Figura 1: Aplicación de almacenamiento



Antes de ejecutar la aplicación asegúrese de que esté conectado el modulo Xbee en el puerto USB del servidor (Figura 2).

Figura 2: Modulo Xbee Conectado



1.1 Ejecutar la aplicación

- Para el ejecutar la aplicación solo es necesario hacer doble click sobre el icono llamado “servidor” ubicado en la carpeta de escritorio (Figura 3).

Figura 3: Abrir Aplicación desde escritorio



- Otra forma es haciendo un solo click sobre el icono de la aplicación ubicado sobre la barra horizontal (Figura 4).

Figura 4: Abrir Aplicación desde barra Horizontal



Con la aplicación de almacenamiento ejecutándose usted puede ver la página web con la información correcta y actualizada, si la aplicación no se está ejecutando usted estaría visualizando sobre la página web información desactualizada y por lo tanto incorrecta.

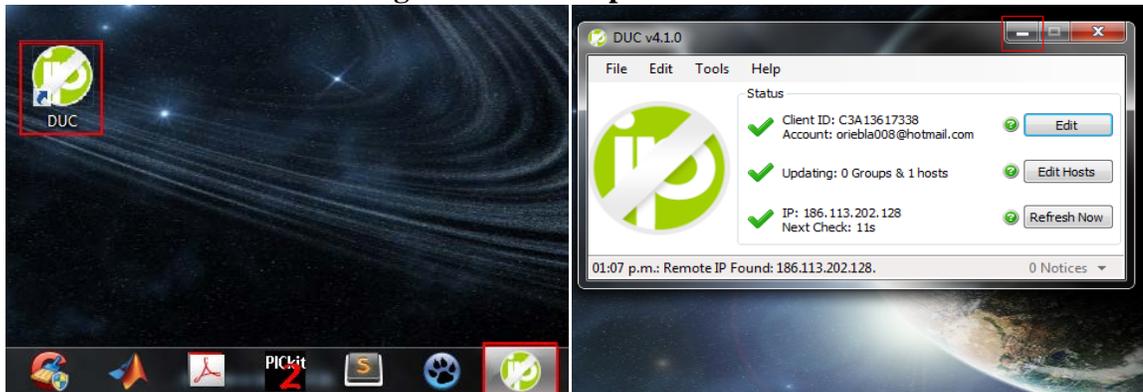
2. PAGINA WEB DE MONITOREO PARA EL USUARIO

Con la aplicación de almacenamiento ejecutándose usted puede ver la pagina web con la información correcta y actualizada, si la aplicación no se está ejecutando usted estaría visualizando sobre la pagina información desactualizada y por lo tanto incorrecta.

2.1 Ejecutar aplicación DUC

Antes de acceder a la página web, primero ejecute la aplicación DUC (Figura 5) (Dynamic DNS Update Client) en el servidor, mediante el icono en el escritorio o la barra horizontal, la cual permitirá actualizar en el servidor DNS la dirección IP del Servidor web. Y minimice.

Figura 5: Abrir Aplicación DUC



2.2 Acceder a la Página Web

Para acceder a la página (Figura 6) desde su dispositivo de navegación web debe tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Abra su navegador web desde su dispositivo conectado a internet. (Opera, Opera mini, Google Chrome, Chrome para Android, Mozilla, Mozilla para Android, Dolphin Browser, Internet Explorer, Etc.)
2. Escriba sobre la barra del navegador web: **monitoriego.noip.me** y presione la tecla “Enter”.

Figura 6: Acceder a la página web



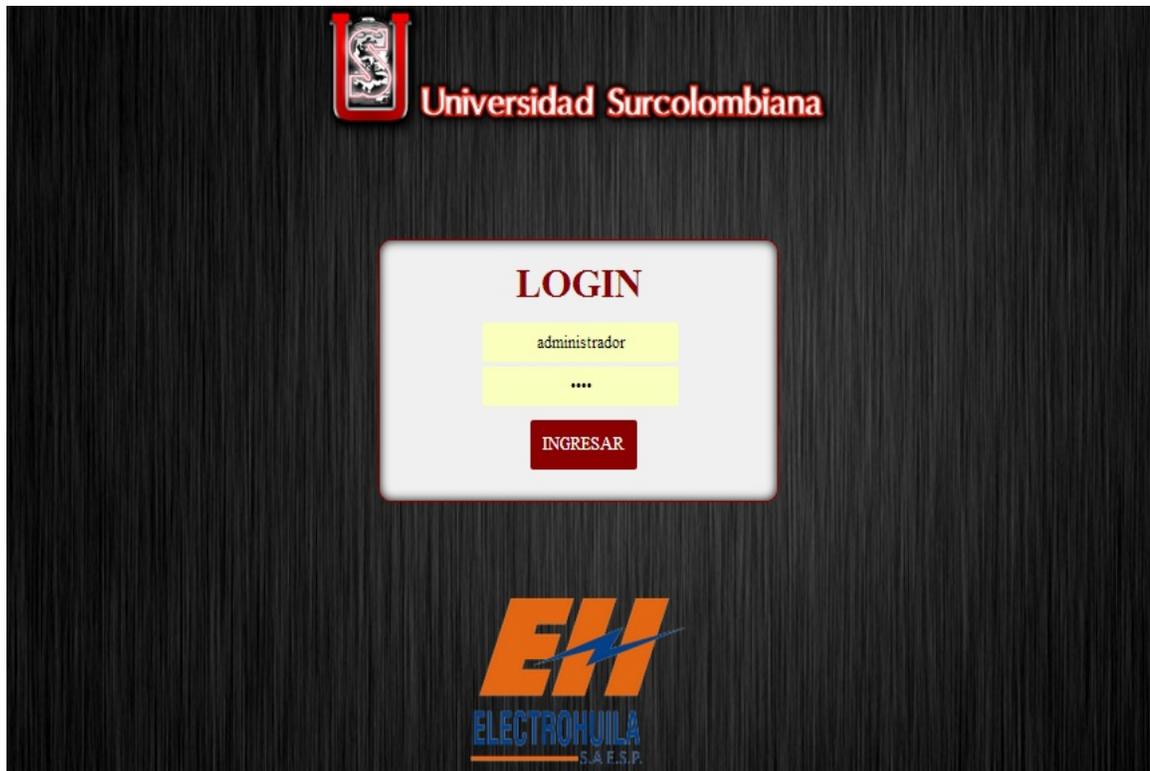
2.1 Interacción con la página web

La página web se compone de dos sub-páginas, la página de inicio y la página principal de monitoreo.

2.1.1 Página Inicio

La página de inicio (Figura 7) le permitirá tener seguridad sobre la información de su sistema de riego, ya que solamente el usuario que conoce la contraseña tiene acceso.

Figura 7: Página de Inicio



Ingrese escribiendo el nombre de usuario y contraseña predeterminada. Luego Presione el botón de ingresar para acceder a la página principal.

Usuario: *administrador*

Password: *usco*

2.1.2 Página Principal

Una vez ingresado a la página principal (Figura 8), usted podrá visualizar el estado de su sistema de riego, por medio de 3 indicadores usted podrá determinar el estado del caudal, de la temperatura del motor y el estado de funcionamiento actual del motor.

- El botón de Alarmas que se encuentra junto a los logos, le permitirá activar o desactivar las notificaciones por correo Electrónico y la alarma sonora.
- Las alarmas de sonido y notificaciones por correo se activan en cualquiera de estos casos:
 1. Su caudal está muy bajo.
 2. Su temperatura de motor está muy elevada.
 3. El motor se apagó.

Figura 8: Pagina Principal



Las unidades correspondientes son: caudal en Litros por segundo y temperatura en grados centígrados. El estado magnético es adimensional debido a que este solamente representa el funcionamiento del motor (encendido o apagado).

3. VER NOTIFICACIONES DEL SISTEMA

Para asegurar el recibimiento notificaciones por correo electrónico (Figura 9) es necesario mantener la página web abierta en el computador donde está instalado servidor web.

Para visualizar la notificaciones basta con entrar a los correos designados por el usuario para recibir las notificaciones.

Las notificaciones son las siguientes:

- **ALARMA ACTIVAVADA POR CAUDAL:** Se genera en el momento que caudal está por debajo del rango programado.
- **ALARMA ACTIVAVADA POR TEMPERATURA:** Se genera cuando la temperatura se eleva por encima del rango programado.
- **ALARMA ACTIVADA POR MOTOR APAGADO:** Se activa cuando se detecta que el motor se apagó.

Figura 9: Notificaciones en el correo electrónico

The image shows two screenshots of an email interface. Each screenshot displays a list of emails on the left and the content of a selected email on the right. The sender for all emails is orieblax@gmail.com, dated 7/6/2014.

Top Screenshot:

- Left Panel:** A list of five emails, all with the subject "Alarma de Sistema de Riego ...". The first email is selected and highlighted in blue.
- Right Panel:** The content of the selected email. The subject is "Alarma de Sistema de Riego Activada por Caudal". The sender is "orieblax@gmail.com (orieblax@gmail.com)". The body text reads: "No Responda este mensaje" followed by "Estado Critico, CAUDAL MUY BAJO: 77.985 Litros/S".

Bottom Screenshot:

- Left Panel:** A list of five emails, all with the subject "Alarma de Sistema de Riego ...". The second email is selected and highlighted in blue.
- Right Panel:** The content of the selected email. The subject is "Alarma de Sistema de Riego Activada por Temperatura del Motor". The sender is "orieblax@gmail.com (orieblax@gmail.com)". The body text reads: "No Responda este mensaje" followed by "La TEMPERATURA del motor esta muy elevada: 31 °C".

4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1 Sensores

- Revisar periódicamente que los sensores se encuentran en el lugar correcto.
- Supervisar que no se encuentren obstruidos por suciedad u objetos que se interpongan a su correcto funcionamiento.

4.2 Arduino

- Cerciorarse que no haya ningún tipo de humedad que pueda hacer contacto con la tarjeta.
- Realizar una limpieza cada vez que se presente una concentración elevada de polvo o suciedad.

4.4 Servidor

- Limpiar periódicamente el adaptador USB del servidor.
- Procurar apagar el servidor al menos 6 horas diarias de acuerdo a la programación del riego.

5. RIESGOS Y PRECAUCIONES

- Se recomienda desconectar el adaptador de energía del Arduino antes de abrir la cajilla para manipular las tarjetas Arduino en caso de mantenimiento, porque de lo contrario puede causar daños por cortocircuitos e incluso ser electrocutado.
- Tener cuidado de no maltratar ni deteriorar el cableado de los sensores.
- Procurar no dañar la antena ni el adaptador USB en el servidor, manejándolos con cuidado.

6. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1. **Problema:** No me actualiza las gráficas.

Solución: Verificar que la tarjeta Arduino tenga energía, verificar que el modulo Xbee USB se encuentre bien conectado y verificar que se está ejecutando la aplicación de almacenamiento “Servidor”. Si el problema es de forma remota, verifica su conexión a internet.

2. **Problema:** El no se reciben notificaciones en el correo.

Solución: Verificar que esté funcionando correctamente el internet, y compruebe que la pagina web se está ejecutando.

3. **Problema:** Mi sistema está funcionando pero no recibo la información del caudal.

Solución: Verificar el que el sensor de caudal se encuentre bien ubicado.

4. **Problema:** No se detecta la temperatura.

Solución: Verificar si el sensor de temperatura está bien conectado y se encuentre ubicado sobre el motor.

5. **Problema:** No se puedo entrar a la página web usando monitorego.noip.me.

Solución: Verificar que se encuentre funcionando la aplicación DUC en el servidor.

Monitoreo remoto a sistemas de riego de cultivos del Huila desarrollado mediante Arduino y software libre para usuarios de Electrohuila.

Remote monitoring of irrigation systems developed through Arduino and free software for Electrohuila users

Jesús David Quintero P.¹ y Albeiro Yaime R.²

Resumen

Se ha desarrollado un sistema integral que se encarga de monitorear el estado de las principales variables de un sistema de riego (caudal de agua, temperatura y estado magnético del motor de bombeo) y enviar esta información en tiempo real al usuario final mediante Internet a través de una página web que se construyó para este fin. Este sistema está compuesto principalmente por tres sensores (temperatura, caudal y estado magnético), una tarjeta electrónica de desarrollo (Arduino) encargada de la adquisición y procesamiento de la magnitud de las variables, dos módulos de transmisión inalámbrica (Xbee) que intercomunican la tarjeta electrónica con un computador (servidor web), el cual con una conexión a Internet se encarga de enviar ésta información a cualquier parte del mundo y remitir notificaciones por E-mail mediante el uso de software libre. El sistema de monitoreo está planteado para que Electrohuila S.A E.S.P pueda ofrecerlo como servicio de valor agregado para los usuarios agrícolas con sistemas de riego. Electrohuila S.A E.S.P es la empresa encargada del servicio de distribución de energía eléctrica en el departamento del Huila, Colombia.

Palabras clave: Monitoreo, Software Libre, Servidor Web.

Abstract

It has developed a comprehensive system that is responsible for monitoring the status of the main variables of an irrigation system (water flow, temperature and magnetic state of the pumping motor) and sends this information to the final user in real time through Internet using a website that was built for this purpose. This system is mainly composed of three sensors (temperature, flow and magnetic state), an electronic development board (Arduino) that handles the acquisition and processing of the magnitude of the variables, two modules of wireless transmission (Xbee) that link up the electronics board with a computer (web server), which through an Internet connection is used to send the information to anywhere in the world and send notifications by e-mail using free software. This monitoring system is proposed to Electrohuila S.A E.S.P who can offer it as a value-added service for users with an irrigation system. Electrohuila S.A E.S.P is the company that provides the service of electricity distribution in the department of Huila, Colombia.

Keywords: Monitoring, Free Software, Web Server.

¹ Magíster en Telecomunicaciones. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1ª. jdavid@usco.edu.co

² Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1ª. u2009179069@usco.edu.co

1. Introducción

A medida que transcurren los años la necesidad de mejorar la calidad de vida de los demás seres humanos invade a los investigadores e innovadores de la sociedad. Este impulso por avanzar a diario y mejorar continuamente no es ajeno a todos los que hacen parte del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Surcolombiana. Ésta es la principal razón de querer desarrollar tan ambicioso proyecto, inspirado en el uso de nuevas tecnologías y el diseño de sistemas que aprovechan la red global de internet.

Hoy en día la electrónica ha llegado a casi todos los campos de la humanidad, entre los que se encuentra el agro. El agro día a día se ve más beneficiado debido a la adecuación de la tecnología Electrónica sobre sus campos de trabajo, lo cual contribuye a optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales y aumentar la producción agrícola. El presente proyecto se fundamenta en aplicar un método tecnológico como el monitoreo de sistemas industriales, el cual consiste en tomar mediciones remotas de magnitudes físicas que son transmitidas en tiempo real a un sistema de cómputo el cual registra, procesa y tabula la información obtenida para ser enviada al usuario, en este caso, el supervisor de un sistema de riego para un cultivo de arroz. Actualmente se ha desarrollado un sistema de riego inteligente que se puede monitorear desde internet, “Se trata de una tecnología que optimiza y racionaliza el riego, lo que implica minimizar el uso de agua, recurso escaso en las zonas áridas del país”, expresó Facundo Vita, especialista en manejo del agua del INTA San Juan, quien señaló que en la región Cuyo, es “un bien escaso y por eso trabajamos para hacer un uso eficiente” (Agromeat, 2014).

Un sistema de riego es una estructura que permite la aplicación de agua por métodos artificiales a cualquier superficie dedicada a un determinado cultivo de plantas, el cual consta de una serie de componentes que establecen ciertos tipos de sistemas de riego como por ejemplo, aspersión, goteo, subterráneo, inundación, etc. En donde en el caso de arroz se utiliza el método de inundación debido a que los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz (Infoagro, 2014).

El sistema de cómputo, usando una base de datos, actualiza los registros de las variables caudal de agua, temperatura y estado magnético del motor empleado para el bombeo, observando el comportamiento del sistema continuamente, teniendo en cuenta que en el sistema de riego estará instalado un módulo de adquisición y transmisión de datos inalámbrica.

El monitoreo a través del uso de telemetría, es una técnica automatizada de las comunicaciones que con la ayuda de las mediciones y recopilación de datos que se realizan en lugares remotos y de transmisión es usada para la vigilancia de muchos sistemas. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque se origina de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de monitoreo incluyen el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía entre otros procesos de producción industriales.

Hoy por hoy, la supervisión de un cultivo de arroz tiene bastante dificultad y es engorroso para un productor agrícola, debido a las grandes extensiones y dificultad de transitar sobre estos cultivos, además de las fallas que se puedan presentar en el sistema de bombeo, lo cual genera problemas al momento de realizar un mantenimiento eficaz y corrección de fallas a tiempo en un sistema de riego que es de vital importancia para la manutención de un cultivo. Es por ello que la adecuación de la Tecnología Electrónica se convierte en una herramienta sostenible y eficiente para facilitar el control de un cultivo y evitar inconvenientes posteriores.

Estos sistemas tecnológicos que anteriormente representaban un alto costo para el agricultor, han tomado fuerza debido a que la tecnología cada vez está más al alcance económico de algún pequeño o mediano productor, en donde la tecnificación de cultivos es una gran herramienta para la producción y mejoramiento de la calidad de los productos finales. Electrohuila pretende llevar al productor agrícola un sistema de monitoreo de cultivos, logrando el mejoramiento la calidad de vida del usuario rural y contribuyendo con el desarrollo de la región huilense.

2. Metodología

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o caudal en una señal eléctrica proporcional, que es transmitida a una distancia para efectos de medición y registro (Grupo IRC, 2014).

Con el desarrollo del proyecto se construye una innovadora estrategia de supervisión y monitoreo de sistemas de forma local y remota, en este proceso para sistemas de riego, el cual tiene como objetivo garantizar y contribuir con el correcto desarrollo del cultivo y ayudar a la protección del motor de bombeo facilitando la supervisión de su adecuado funcionamiento, además permitiendo el monitoreo de todo el sistema de riego desde cualquier lugar a través de internet. El esquema general del proyecto es presentado en la Figura 1.

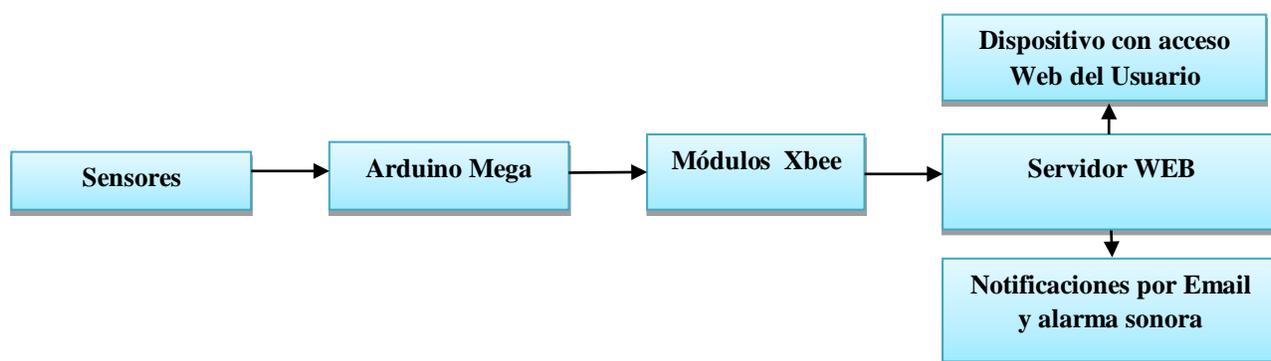


Figura 1. Esquema general del proyecto Monitoreo Remoto a Sistemas de Riego

2.1 Hardware del Sistema de Monitoreo Remoto

El sistema de monitoreo remoto está integrado por una tarjeta de desarrollo Arduino Mega 2560, un sensor de temperatura, un sensor de caudal de agua, un sensor de estado magnético, dos módulos de comunicación Xbee S1 y un computador utilizado como servidor web.

2.1.1 Arduino Mega 2560. El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el ATmega2560. Tiene 54 entradas / salidas digitales (de las cuales 15 pueden utilizarse para salidas PWM), y 16 entradas analógicas. Esta tarjeta lee los puertos digitales de entrada en donde se conectan los sensores para calcular y muestrear la magnitud de las variables (Temperatura, caudal y estado magnético), y enviar al puerto serial de salida un paquete con el muestreo de dichas señales, junto a una bandera de referencia ('x') que separa dichos paquetes. (Arduino, 2014).

2.1.2 TEM01072B, Sensor de caudal. Encargado de medir el flujo de agua en el sistema de riego. Cuando este se encuentra por fuera del rango permitido según la programación del riego, el sistema envía mensajes de alerta al usuario notificando la falla presentada para que pueda ser corregido en el menor tiempo posible y así proteger el cultivo de los puntos críticos.

2.1.3 DFR0024, Sensor de temperatura. Es un dispositivo capaz de interpretar señales de cambio de temperatura en el motor y así ayudar a prevenir averías en el mismo. El sensor es instalado junto al armazón del motor y ayuda a detectar sobrecargas de consumo de corriente que elevan su temperatura, debido a fricción en los ejes y obstrucción en las bandas de transmisión (DFRobot, 2014).

2.1.4 DFR0033, Sensor Magnético. Este sensor es usado para detección magnética, tiene un rango de detección de hasta 3 cm de distancia. El sensor es instalado cerca a las bobinas del motor, en donde detecta el campo magnético de éstas para indicar el estado funcional del motor (Encendido o Apagado). Con esto se detectan posibles fallas en el circuito de suministro de energía eléctrica del motor y se advierte la necesidad de poner en marcha el sistema de riego de respaldo basado en motor a combustión, mientras se repare el suministro eléctrico (DFRobot, 2014).

2.1.5 XBEE S1. Es un dispositivo de comunicación inalámbrica compatible con el estándar de comunicaciones IEEE 802.15.4 o Zigbee, opera con un voltaje de alimentación de 3,3V, velocidad de transmisión de hasta 250 Kbps y un alcance de 100 metros en línea libre de visión (Mecatrónica Uruguay, 2014).

2.1.6 Computador, Servidor web. Es el elemento final del sistema de monitoreo, se encuentra conectado a Internet para llevar la información sobre el estado del sistema de riego hasta el usuario final a través de la página web de monitoreo. Además, ante cualquier estado crítico del sistema genera notificaciones que son enviadas al correo electrónico del usuario final y ejecuta sonidos de alarma en el dispositivo (PC, Smartphone, etc.) en donde se esté monitoreando el sistema de riego desde internet.

2.2 Software del Sistema de Monitoreo Remoto

El código de Arduino Mega 2560 se desarrolló en Arduino IDE 1.0.5. El programa que ejecuta Arduino Mega 2560 consiste en leer los puertos de los sensores, calcular el valor de los sensores debido a que estos son digitales, y enviarlos al puerto serial en donde se encuentra instalado un módulo de transmisión inalámbrica XBEE serie 1.

El otro módulo XBEE serie 1 se encuentra conectado al servidor en un puerto serial COM, y se encarga de recibir los paquetes que contienen la información de la magnitud de las variables del sistema de riego.

2.2.1 Aplicación de almacenamiento. La aplicación de almacenamiento desarrollada en Lazarus Free Pascal (Figura 2), cumple la función de almacenar todos los paquetes de información que van llegando desde la tarjeta Arduino Mega 2560. La estructura del programa se basa en tres funciones principales: Abrir el puerto serial COM del servidor y leer los paquetes con los datos de magnitud de las variables. Filtrar los paquetes erróneos. Guardar la magnitud de las variables sobre la base de datos y mostrar la visualización local en tiempo real.

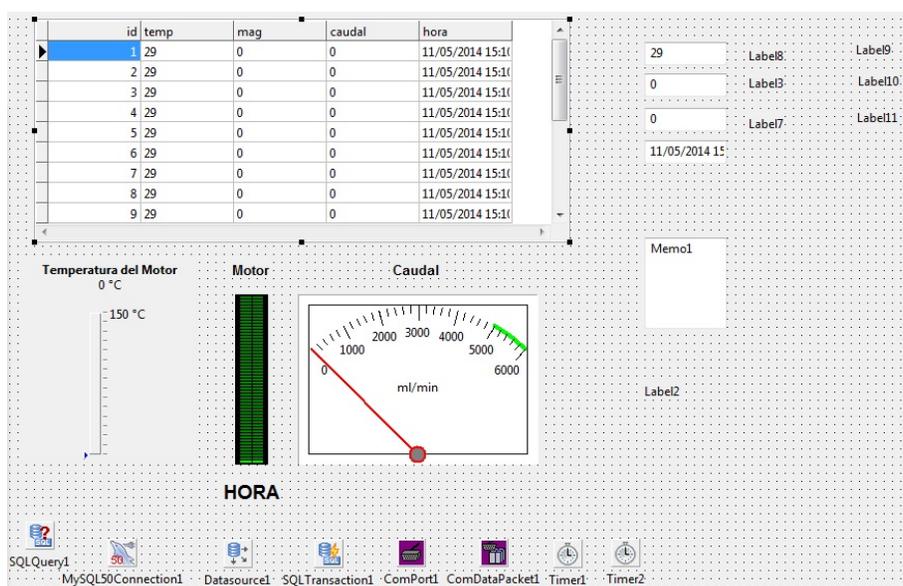


Figura 2. Estructura de la aplicación de almacenamiento

2.2.2 Servidor web Apache. Este software libre es utilizado para instalar el servidor WEB en el ordenador y de esta forma publicar la página web a través de internet, utilizando únicamente la dirección IP de este ordenador. Además es necesario habilitar el puerto 80 en el Cortafuegos del sistema operativo. La página y todos sus archivos se deben ubicar en la carpeta “www” del servidor web, el archivo de la página de inicio (index.php) será el primero en ejecutarse al entrar a la dirección IP del servidor mediante un navegador web.

2.2.3 Servidor DNS Gratuito. Utilizado para traducir la dirección IP del ordenador donde está instalado el servidor WEB a un nombre de página Web determinado, y de esta forma facilitar el acceso. Actualmente existe una gran cantidad de servidores DNS (*Domain Name System*), no obstante, el servidor gratuito utilizado en este proyecto es “No-IP” el cual es uno de los más utilizados a nivel mundial.

2.2.4 DUC (*Dynamic Update Client*). El servidor DNS gratuito “No-IP”, permite a sus usuarios descargar la aplicación DUC (Figura 3), la cual se encarga de actualizar la IP del servidor web ante el servidor DNS. Por ser una IP dinámica, la dirección IP del servidor puede cambiar ocasionalmente. Sin embargo, gracias a esta aplicación, se puede hacer uso del mismo nombre (monitoriego.noip.me) sin ningún inconveniente (NOIP, 2014).

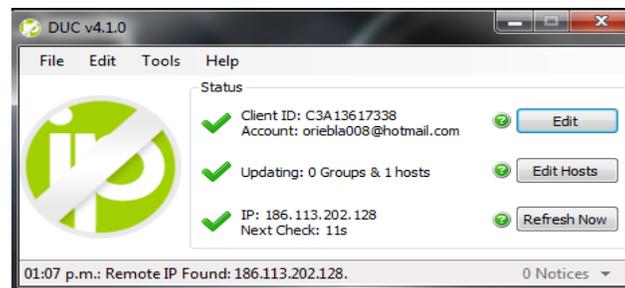


Figura 3. Actualizador de IP dinámico

3. Resultados

3.1 Aplicación de Visualización Local

La aplicación de almacenamiento emplea indicadores para mostrar la magnitud de las variables del sistema de riego (Figura 4), estos indicadores reciben la misma información que está siendo guardada. Esta aplicación se conecta con una base de datos para guardar la información de las variables.

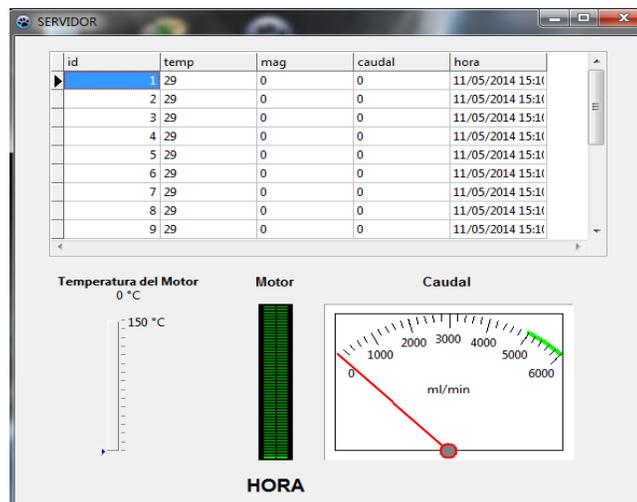


Figura 4. Aplicación de almacenamiento y visualización local

3.2 Pagina Web

Se construye una página web compuesta a su vez por una sub-páginas, una página de inicio (Figura 5) para seguridad y una página principal de monitoreo a la que solo tiene acceso el usuario final desde cualquier lugar del mundo mediante internet.



Figura 5. Página web de inicio

La página web de inicio permite el acceso solamente al usuario final mediante el uso de un nombre de usuario y contraseña determinada por él. En esta página se captura mediante método `$_POST` lo que se va escribiendo en los campos y luego de presionar el Botón “INGRESAR”, se ejecuta un código PHP que conecta con la base de datos y extrae la información de usuarios, para compararlos con los valores ingresados en los campos, y permitir o denegar el acceso a la página principal (Figura 6).

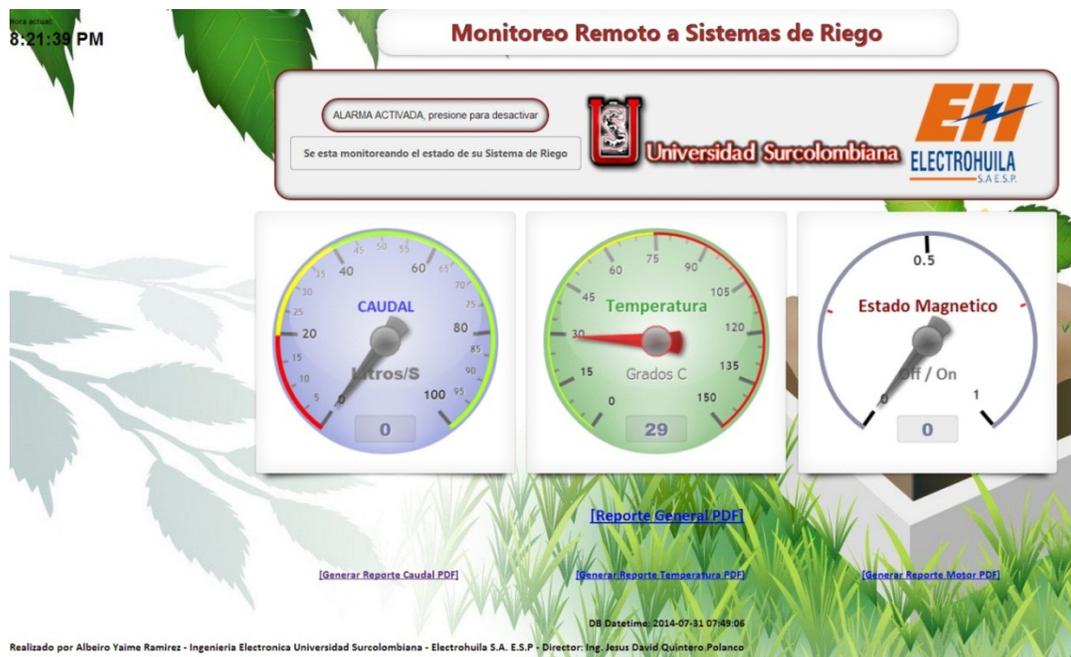


Figura 6. Página web principal de monitoreo

La página principal cumple la función de visualización a través de unos indicadores llamados “calibradores” (gauges) cuyo código fue prediseñado en Codeproject. La auto-actualización de los visualizadores se ejecuta a través de una rutina que se ejecuta cada 1 segundo (Thirugnanam, 2014).

Además de visualizar, esta página principal es la encargada de ejecutar rutinariamente (Cada determinado tiempo) revisiones a las variables para que cuando ocurra un percance pueda enviar notificaciones al correo electrónico con la información del estado del sistema de riego y la hora exacta del evento. También en la misma rutina de revisión, se activa un sonido de alarma en condiciones críticas de cualquiera de las variables.

Las unidades correspondientes son: caudal en Litros por segundo y temperatura en grados centígrados. El estado magnético es adimensional debido a que este solamente representa el funcionamiento del motor (encendido o apagado).

3.2.1 Notificaciones por Correo Electrónico. Se elaboró dentro de la página web, un sistema que genera correos electrónicos (Figura 7) para notificar al usuario de cualquier estado crítico o sea una variable que este por fuera del rango programado en su sistema de riego. El intervalo en que se envían los correos electrónicos es determinado previamente por el usuario (Ustarroz, 2014).

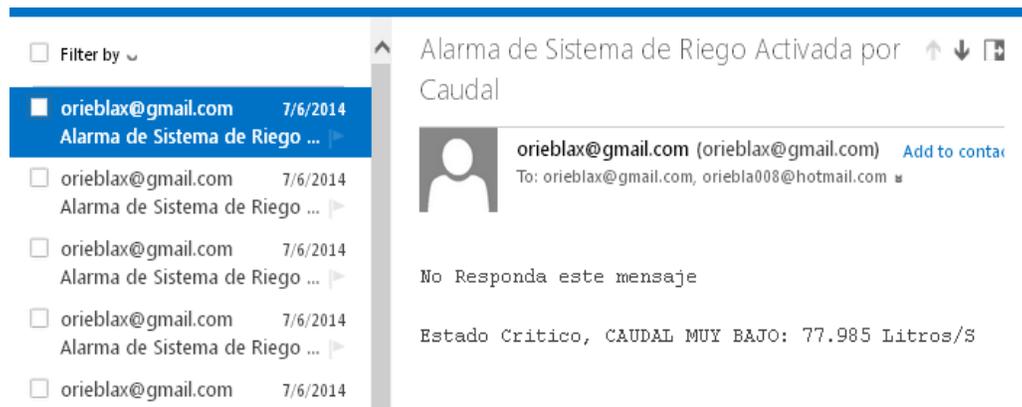


Figura 7. Notificaciones en el correo electrónico

El correo remitente es un correo de Gmail, que se creó para esta función.

3.2.2 Alarmas de sonido. El sistema de alarmas dentro de la página web se encarga de revisar las variables y determinar si alguna de estas se encuentra fuera del rango programado, para activar una alarma de sonido en el dispositivo donde el usuario final este monitoreando su sistema de riego. El sonido proviene de la activación de un archivo de sonido llamado *alarm.WAV*, el cual se encuentra ubicado dentro de la carpeta “www” del servidor web.

3.3 Servicio de valor agregado.

El presente proyecto se planteó como servicio de valor agregado para usuarios de Electrohuila, los cuales podrán acceder fácilmente a este servicio y pagarlo en la factura de energía. Como único requisito el usuario debe tener un computador ya sea portátil o de mesa con acceso a internet en donde será instalado el servidor web, teniendo en cuenta que la distancia máxima entre la tarjeta Arduino Mega 2560 y el servidor web debe ser de 100 metros debido al alcance de los módulos de transmisión inalámbricos Xbee.

3.3.1 Estudio de costo y beneficio del proyecto. Los beneficios para Electrohuila equivalen directamente a las utilidades, debido a que el servicio de monitoreo no incluye precio de los activos con el fin de reducir el costo del servicio al usuario y permitir a Electrohuila ser propietario único de los activos.

Los beneficios para el Usuario son todos los relacionados con la eficacia y apoyo de este Sistema de Monitoreo remoto para aumentar la eficiencia energética del Sistema de Riego, evitar daños por elevación de temperatura en el motor eléctrico, prevenir deterioros en el cultivo por faltas de agua y mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico.

Los costos de inversión inicial son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Costo de Inversión Inicial

Dispositivos importados (Fecha de cotización: 15 de Marzo 2014)	Costo
Arduino Mega 2560 Rev 3	\$ 115.000
Adaptador 12V	\$ 10.344
Sensor de temperatura 18B20	\$ 10.000
Sensor Magnético	\$ 8.400
Sensor de flujo de agua	\$ 35.000
2 Módulos Xbee Serie 1	\$ 120.688
Expansión Arduino Mega	\$ 43.103
USB Dongle para módulos Xbee	\$ 48.000
IVA 16%	\$ 62.742
Costos de Envío	\$ 9.000
Dispositivos adquiridos localmente	Costo
Cable UTP (12 metros)	\$ 10.000
Conectores UTP y ponchado	\$ 9.000
Cable para programar Arduino	\$ 4.000
Caja Metálica Protección Tarjeta	\$ 26.000
Cinta negra, Alambres, estaño, elementos montaje	\$ 10.000
Conectores para sensores	\$ 1.600
Toma Corriente con caja y Cable Dúplex	\$ 10.000
Software Libre: Arduino, Lazarus, Wamp Server (Apache, Php, MySQL), Sendmail, y No-Ip Autoupdater.	\$ -
Total Activos	\$ 532.877
Mano de Obra: Instalación	\$ 78.431
Total Inversión Inicial	\$ 611.308

3.1.1 Calculo del Costo del Servicio

Para calcular el costo se debe tener en cuenta el total de la inversión, la vida útil de los activos, el tiempo en que se desea recuperar la inversión y tiempo de suministro del servicio mensual (Trabajo MX, 2014).

La vida útil del Sistema de Monitoreo basado en la placa Arduino, está entre los 36 y los 2 años dependiendo de las condiciones del lugar donde esté instalado. En este caso la placa Arduino Mega 2560 no será expuesta a altas temperaturas ni vibraciones extremas, además reposa 8 horas diarias, por lo tanto la vida útil se extiende más allá de 5 años (Young, 2014).

Vida útil: 5 años (mínimo en condiciones normales de trabajo), Tiempo de recuperación de inversión: 12 meses.

El costo del servicio para el Usuario que cumple con el único requisito es el mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2. Costo del Servicio para Usuario con Internet Instalado

Total Inversión Electrohuila	\$ 611.308
Gastos Operacionales: No requiere operarios	\$ -
Recuperación Mensual de inversión (Inversión/5 años/12 meses)	\$ 10.188
Internet mensual	\$ -
Utilidades: 4% Sobre inversión Total	\$ 24.452
Costo Total Servicio para el Usuario	\$ 34.640
Valor Servicio Electrohuila	\$ 34.640
IPC anual (Junio de 2014)	0,0279
Incremento Anual Servicio: Incremento en Utilidad mes	\$ 70

El valor mensual facturado por concepto de servicios de valor agregado bajo estos parámetros sería de \$34.640 más los impuestos que estipula el Estado, como el IVA.

4. Conclusiones

El Sistema de Monitoreo Remoto desarrollado mediante tecnología Arduino le ofrece al usuario información en tiempo real, completa, detallada y a distancia; el usuario también podrá recibir notificaciones sobre cualquier eventualidad en el sistema de riego para evitar poner en riesgo el cultivo.

El Sistema de Monitoreo Remoto puede adaptarse fácilmente para supervisar muchos otros sistemas e incluso si se implementan actuadores se puede obtener automatización de diferentes procesos industriales, esto se debe a la versatilidad de Arduino y a que se ha desarrollado una aplicación y una página web muy flexibles.

El Sistema de Monitoreo Remoto se realizó mediante software libre para reducir costos en su desarrollo, haciéndolo muy eficiente en la prevención de insuficiencias en el cultivo, mejorando el aprovechamiento del recurso hídrico, y a la vez siendo rentable para el usuario pues no tiene que pagar licencias ni prestaciones por el servicio.

Se demostró la ventaja de utilizar la tarjeta de desarrollo Arduino ya que se maneja con software libre, es amigable al programador por sus muchas librerías que se modifican de acuerdo con los requerimientos y se adecúa para diferentes funciones como adquisición de señales de sensores y transmisión de datos de forma inalámbrica usando conjuntamente módulos externos para este fin.

Con la implementación del proyecto Monitoreo Remoto a Sistemas de Riego, Electrohuila contribuirá con el desarrollo tecnológico del departamento del Huila, y a su vez generar utilidades en servicios de valor agregado. Es un proyecto de una gran rentabilidad a gran escala.

Con la implementación del proyecto Monitoreo Remoto a Sistemas de Riego, Electrohuila contribuirá con el desarrollo tecnológico del departamento del Huila, y a su vez generar utilidades en servicios de valor agregado. Es un proyecto de una gran rentabilidad a gran escala.

Se recomienda monitorear más variables, ya que este sistema cuenta con todo lo necesario para poder extender su uso hacia otros sensores, y con esto construir un sistema de monitoreo más complejo de acuerdo a las necesidades del usuario.

5. Referencias bibliográficas

1. Agromeat, 2014. Sistema de riego inteligente. Consultado el 15 de Junio de 2014. <http://www.agromeat.com/111203/desarrollan-un-sistema-de-riego-inteligente-que-se-puede-monitorear-desde-internet>.
2. Infoagro, 2014. Adaptación del arroz a los suelos inundados. Consultado el 10 de Junio de 2014. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
3. Grupo IRC, 2014. Telemetría. Consultado el 10 de Junio de 2014. <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>.
4. Arduino, 2014. Arduino Mega 2560. Consultado el 15 de Junio de 2014. <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.
5. DFRobot, 2014. Sensor de Temperatura (DFR0024). Consultado el 15 de Junio 2014. Disponible en: [http://dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_\(Arduino_Compatible\)_\(SKU:_DFR0024\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/18B20_Temperature_Sensor_(Arduino_Compatible)_(SKU:_DFR0024))
6. DFRobot, 2014. Sensor magnético digital (DFR0033). Consultado el 15 de Junio de 2014. [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_\(SKU:_DFR0033\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Digital_magnetic_sensor_(SKU:_DFR0033)).
7. Mecatrónica Uruguay, 2014. XBEE serie 1. Consultado el 15 de Junio de 2014. <http://www.mecatronica.com.uy/rf-wireless/93-modulo-xbee-1mw-24ghz-antena-incluida-serie-1.html>.
8. NOIP, 2014. Actualizador dinámico de DNS. Consultado el 30 de Junio de 2014. <http://www.noip.com/download?page=win>
9. Thirugnanam, A., 2014. Aqua gauges usando Canvas HTML5. Consultado el 25 de Junio de 2014. <http://www.codeproject.com/Articles/304874/HTML-Canvas-Aqua-Gauge>.
10. Ustarroz, A., 2014. Enviar E-mail desde localhost. Consultado el 25 de Junio de 2014. <http://www.developerfiles.com/how-to-send-emails-from-localhost-apachephp-server>.
11. Trabajo MX, 2014. El precio de tus servicios. Consultado el 25 de Junio de 2014. http://www.trabajo.com.mx/el_precio_de_tus_servicios.htm.
12. Young, W., 2014. Vida útil de Arduino. Consultado el 25 de Junio de 2014. <http://electronics.stackexchange.com/questions/91025/arduino-lifetime>.



Universidad Surcolombiana

- USCO -

NIT 891.180.084-2



EL SUSCRITO COORDINADOR DE LA REVISTA INGENIERÍA Y REGIÓN DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA

CERTIFICA:

Que el estudiante Albeiro Yaimé Ramírez
con código 2009179069 del programa de ingeniería Electrónica
presentó el artículo, titulado
Monitoreo remoto a sistemas de riego de cultivos del Huila
desarrollado mediante Arduino y software libre para
usuarios de electrohuila
a consideración
para publicación de la revista Ingeniería y Región de la Facultad de Ingeniería.

Dado en Neiva a los 13 días del mes de Agosto del año 2014

CLAUDIA MILENA AMOROCHO CRUZ
EDITORA