

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
REMOTO PARA UN CALENTADOR SOLAR**

**JULIÁN ALBERTO MELÉNDEZ CRUZ
JONATHAN ELCÍAS RÍOS OCAMPO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
PEREIRA
2015**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
REMOTO PARA UN CALENTADOR SOLAR**

**JULIÁN ALBERTO MELÉNDEZ CRUZ
JONATHAN ELCÍAS RÍOS OCAMPO**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniería en Mecatrónica**

**Director
Ingeniero Doctor: EDGAR SALAZAR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
PEREIRA
2015**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Pereira, junio de 2015

A nuestros padres y demás familiares, quienes con su afecto y apoyo incondicional, permitieron disfrutar hoy de este grandioso logro alcanzado.

Autores

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios que nos da la vida y el privilegio de estar bendecidos por su gracia.

Nuestras familias que nos han apoyado en todo momento.

La Universidad Tecnológica de Pereira, por brindar sus servicios e instalaciones para hacer nuestras investigaciones y, a su vez, a la Facultad de Ingeniería en Mecatrónica que nos dio la oportunidad de profesionalizarnos con una excelente carrera, dándonos los mejores docentes y una excelente formación profesional que nos abre las puertas al mundo laboral.

El ingeniero Edgar Salazar, muy especialmente, por brindarnos la oportunidad de trabajar en tan interesante proyecto logrando demostrar que la ciencia puede ayudar a la sociedad y al medio ambiente.

Todas las personas, que de una u otra manera, colaboraron para alcanzar nuestros objetivos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES DE TEMPERATURA Y NIVEL DEL AGUA DENTRO DEL COLECTOR SOLAR	16
1.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	19
1.2 MEDICIÓN DE NIVEL	21
1.3 ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES	28
1.3.1 RECEPCIÓN DE LOS DATOS POR PARTE DE LA TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO	29
2. PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES, UTILIZANDO LA TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO	29
2.1 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA	29
2.2 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE NIVEL	30
3. TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DESDE EL MÓDULO GSM-GPRS POR MEDIO DE UNA SEÑAL INALÁMBRICA	32
3.1 INSTALACIÓN DE LA TARJETA SIM EN EL DISPOSITIVO	33
3.2 CONFORMACIÓN DISPOSITIVO DE TELEMETRÍA	33
3.3 UBICACIÓN DE LA TARJETA SIM EN LA RANURA DEL MODULO	34
3.4 INSTALACIÓN CORRECTA DEL ARDUINO Y MÓDULO GSM/GPRS	35
4. VISUALIZACION DE LAS SEÑALES DEL SISTEMA EN UN PORTAL WEB	37
4.1 VISUALIZACIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE WEB	38
4.2 ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS DE TEMPERATURA Y NIVEL	39
5. RESULTADOS	40
6. CONCLUSIONES	42
7. RECURSOS	43
7.1 INSTITUCIONALES	43
BIBLIOGRAFÍA	44

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características técnicas Arduino	31
Tabla 2. Costos, equipos e instrumentos	43

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Colector Solar que capturará temperatura y nivel del agua	18
Figura 2. Medición de temperatura del agua del tanque del colector solar	18
Figura 3. . Sensor de temperatura básico (+2 °C a 150 °C)	20
Figura 4. Montaje del LM35 en Proteus versión 8.0	20
Figura 5. Divisor de voltaje	22
Figura 6. Sensor de nivel	22
Figura 7. Diseño del circuito en Proteus: 0%	23
Figura 8. Diseño del circuito en Proteus: 25%	24
Figura 9. Diseño del circuito en Proteus: 50%	25
Figura 10. Diseño del circuito en Proteus: 75%	26
Figura 11. Diseño del circuito en Proteus: 100%	27
Figura 12. Diagrama de bloques procesamiento de señales	28
Figura 13. Micro-controlador atmega 328	30
Figura 14. Tarjeta de desarrollo arduino uno	31
Figura 15. Módulo GSM – GPRS	32
Figura 16. Tarjeta sim movistar	33
Figura 17. Arduino uno y módulo de trasmisión GSM/GPRS	34
Figura 18. Ranura para la inserción de la tarjeta sim	34
Figura 19 Ubicación de la tarjeta sim en la ranura	35
Figura 20 Ubicación de la tarjeta sim de forma correcta	35
Figura 21 Pines de referencia para conexión	36
Figura 22 Instalación correcta arduino y módulo GSM/GPRS	36
Figura 23 Página web principal de xively	37
Figura 24 Registro de la temperatura mostrado a través de la web	38
Figura 25 Registro del nivel del agua del colector mostrado en la web	39
Figura 26 Variacion de la temperatura y el nivel del agua	39

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Código fuente para programar el ATMEGA 328.	46
Anexo B. Sesión del Código quemado en el ATMEGA328	49
Anexo C. Diseño esquemático arduino uno	50
Anexo D. portal web “xively”	51

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el fin de colaborar en la investigación para mejorar el rendimiento de un colector solar, haciendo la medición de dos variables que intervienen dentro del tanque del colector, como son la temperatura y el nivel del agua, el cual se lleva a cabo en la Fundación Cristiana Kyrios.

La Universidad Tecnológica de Pereira y el programa de Tecnología Mecánica, están liderando un proyecto de viviendas eco-sostenibles en dicha institución con el fin de beneficiar a los habitantes de la fundación.

La idea principal del proyecto es dar las herramientas necesarias para la investigación de cómo hacer más eficiente el colector solar ubicado allí, donde se hizo instrumentación electrónica de las variables dentro del tanque del colector, realizando luego el tratamiento para convertir las señales analógicas en digitales por medio de una tarjeta de adquisición de datos ARDUINO UNO. Luego se transmiten los datos a través de un módulo ARDUINO GSM-GPRS por medio de internet móvil gracias a la señal celular que se conecta a un portal web y utilizando servidor gratuito, se sube la información para monitorear el cambio de las condiciones y así llevar un histórico del comportamiento de las variables de temperatura y nivel dentro del tanque del colector solar.

SUMMARY

This work was conducted in order to assist in the investigation of improving the performance of a solar collector by measuring two variables involved in the collector tank such as temperature and water level. This work took place in the foundation KYRIOS. Entity that is responsible for providing shelter and rehabilitation to people living in the street and with drug addiction.

The Technological University of Pereira and the faculty of engineering in mechanical are carried out in eco- sustainable housing project in that institution in order to benefit the inhabitants of the foundation.

The main idea of the project is to provide the necessary tools to make more efficient the solar collector located there, It became electronic instrumentation variables inside the collector tank, then through convert analog signals to digital by ARDUINO UNO then the module ARDUINO GSM –GPRS. This module via internet mobile cellular signals connected to a web portal and using a free server hangs the information to monitor the change of the conditions in real time. And so keep a record of the behavior conditions from the temperature and level with in the solar collector sump tank.

INTRODUCCIÓN

El proyecto titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO PARA UN CALENTADOR SOLAR fue realizado para optar el título de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se realiza el monitoreo, primero mediante la adquisición de datos del tanque del colector solar, se utilizan dos sensores uno de temperatura y el otro de nivel, se recolecta las señales con la tarjeta ARDUINO UNO, después se transfiere la información a un módulo ARDUINO GPRS y éste envía los datos por medio de señal celular a un servidor web en el cual se guarda la información y se grafica en tiempo real para su visualización desde cualquier parte del mundo, teniendo una conexión a la internet.

Para mejorar las condiciones de vivienda de las personas que alberga la Fundación Cristiana Kyrios, ubicada en la ciudad de Pereira – Risaralda, se hace necesario realizar el siguiente diagnóstico:

La Fundación Cristiana Kyrios, es un centro de formación cristiana para personas víctimas de problemáticas sociales como drogadicción, desplazamiento, violencia familiar e indigencia en la ciudad de Pereira.

Esta entidad de beneficencia posee un colector solar, dicho colector calienta el agua por medio de la energía calorífica del sol, este no cuenta con un sistema de monitoreo, el cual se necesita para estudiar su comportamiento y buscar la forma de mejorar su desempeño.

Al implementar un sistema de monitoreo remoto para el calentador solar se busca colaborar en la investigación de la mejor forma de optimizar el funcionamiento de este y así bajar hasta en un 95% los costos de facturación causados por un calentador eléctrico y beneficiar a las personas de bajos recursos económicos que conviven en la fundación.

Los sistemas de monitoreo remoto, permiten la adquisición y supervisión de las variables a tratar, en este caso se pretende monitorear dos variables como la temperatura y el nivel de agua de un colector solar para un mejor desempeño, además se permitirá realizar pruebas con mayor facilidad para optimizar cada vez el funcionamiento del sistema y que preste un mejor servicio a las personas como proporcionar la mayor cantidad de agua caliente a la temperatura adecuada, que permitirá la reducción del costo de las facturas por servicios públicos ayudando a las familias de menores recursos.

Al inicio puede llegar a ser costosa la inversión, por lo que se hace necesaria la investigación para mejorar la eficiencia de paneles y colectores solares y así poder llevar estas tecnologías a las poblaciones más necesitadas y mejorar su nivel de vida, pues miles de colombianos entre ellos niños y ancianos viven en situación de pobreza extrema.

Es de anotar, que la Fundación Kyrios alberga habitantes de la calle, quienes no cuentan con ninguna ayuda ni familiar ni gubernamental, cuyas condiciones de vivienda es precaria pese a los esfuerzos de la fundación, donde la Facultad de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, en busca de mejorar las condiciones de vida de la comunidad que habita la Fundación implementa un proyecto de ingeniería, con el cual se pretende brindar a esta población el servicio de electricidad y agua caliente por medio de la energía solar.

El proyecto consiste en instalar un colector y un panel solar para proveer a una de las habitaciones de esta vivienda, economizando dinero en el pago de los servicios e incluso mejorando el estado de salud de los integrantes de esta comunidad, ya que algunos por su avanzada edad padecen enfermedades respiratorias.

La contribución que Ingeniería Mecatrónica hace al proyecto, la realiza desde la instrumentación electrónica y telemetría, donde se busca la optimización de este colector solar para poder beneficiar a un mayor número de población, demostrando por consiguiente, que la ciencia también está al servicio de los más necesitados.

Este proyecto se realizará en la Universidad Tecnológica de Pereira en la Facultad de Tecnología, como proyecto de grado para obtener el título de Ingeniería en Mecatrónica.

El objetivo general de este proyecto fue diseñar e implementar un sistema de monitoreo remoto para un calentador solar que garantice un mejor rendimiento del sistema y contribuya a mejorar las condiciones de vida de las personas mayores y en rehabilitación de la drogadicción de la Fundación Cristiana Kyrios de la ciudad de Pereira – Risaralda. Los objetivos específicos fueron:

- Adquirir las señales de temperatura y nivel del agua dentro del colector solar por medio de sensores ubicados en el tanque del sistema.
- Acoplar y procesar las señales provenientes de los sensores, utilizando la tarjeta de desarrollo ARDUINO UNO.
- Transmitir los datos a una página web utilizando la tecnología GSM por medio del módulo GSM-GPRS de arduino
- Visualizar las señales del sistema en un portal web “xyvely” para llevar el registro de la información entregada por los sensores ubicados en el colector solar.

El campo de investigación es aplicado, es decir, se utilizan tecnologías en el campo de la electrónica, la automatización de procesos e instrumentación y software de control con el fin de resolver un problema específico en la implementación de un sistema con monitoreo remoto para un calentador solar, teniendo además en cuenta:

- Búsqueda de información
- Estudio del colector
- Instrumentación electrónica
- Tratamiento de señales digitales
- Telemetría

1. ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES DE TEMPERATURA Y NIVEL DEL AGUA DENTRO DEL COLECTOR SOLAR

Teniendo en cuenta que el objetivo primordial es el diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto para un calentador solar en la Fundación Cristiana Kyrios de Pereira – Risaralda, para obtener los resultados, se realizaron cada una de las actividades programadas que permitieron alcanzar las metas propuestas.

Para la implementación de un sistema de monitoreo remoto para un calentador solar en la Fundación Cristiana Kyrios de Pereira – Risaralda, el proceso fue llevado a cabo durante varias semanas, donde se pudo contar con la asesoría de operadores especializados contratados por la fundación, siendo posible elaborar diseños que fueron probados una y otra vez, pues el objetivo era poder establecer concretamente el diseño e implementación que contribuyera a la disminución de costo por servicios públicos, aumentando a su vez las condiciones de vida para sus habitantes. Es de anotar, que en el inicio del desarrollo de las actividades se

presentaron algunos inconvenientes, como fue el factor tiempo y económico, pero dichos problemas fueron resueltos favorablemente.

En la instalación de un calentador solar es importante tener en cuenta:

Temperatura: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

En este caso se habla de temperatura del agua dentro de un colector solar esta temperatura depende de la radiación solar, este colector solar tiene un diseño innovador que se basa en tubos de vidrio de doble fondo con una placa de absorción de temperatura de color negro, en los cuales se deposita el agua y al calentarse es empujada hacia arriba por líquido más frío, debido a que a mayor temperatura menor densidad; para mantener la temperatura del agua dentro del tanque éste está fabricado con tres materiales diferentes, una capa exterior de plástico endurecido, una capa de fibra de vidrio para aislar la temperatura del agua de la de medio ambiente y en su interior un tanque de acero inoxidable el cual contiene el agua y a este tanque se encuentran conectados los tubos de vidrio.

Nivel: en su sentido más general nivel hace referencia a una "altura" relativa a otra altura; generalmente se toma como punto de referencia una base, para este caso se tiene el nivel de un cilindro en posición horizontal y se hará el monitoreo del

nivel del colector con el fin de llevar un control sobre el consumo y cómo influye este en la óptima utilización de las energías alternativas, en la figura 1 se muestra la estructura del colector solar en su forma física.

Figura 1. Colector Solar que capturaré temperatura y nivel del agua



Fuente: Autores

En este caso las variables físicas a instrumentar son temperatura y nivel del agua dentro de un colector solar. En la figura 2 se muestra el censado de la temperatura del colector solar, por medio de un termopar y un multímetro digital, esta medición se realizó para obtener unos parámetros de instrumentación del sensor.

Figura 2. Medición de temperatura del agua del tanque del colector solar:



Fuente: Autores

1.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Para la medición de la temperatura se hizo uso de un sensor muy básico y sencillo de utilizar como lo es el LM 35, este es un sensor que genera una tensión eléctrica dependiendo de la temperatura que lo afecte, el LM35 eleva 10mV por cada °C (Celsius) que aumente la temperatura y, por lo tanto, necesita acoplarlo a un circuito electrónico que amplifique su *voltaje* de salida y llevarla a valores entre [0 y 5] V para poder ser procesada por un micro-controlador.

Las principales características son:

- Calibrado directamente en grados Celsius (Centígrados)
- Factor de escala lineal de +10 mV / °C
- 0,5°C de precisión a +25 °C
- Rango de trabajo: -55 °C a +150 °C
- Apropriado para aplicaciones remotas
- Bajo costo
- Funciona con alimentaciones entre 4V y 30V
- Menos de 60 µA de consumo
- Bajo auto-calentamiento (0,08 °C en aire estático)
- Baja impedancia de salida, 0,1W para cargas de 1mA

En la figura 3 se muestra el sensor de temperatura lm35

1.2 MEDICIÓN DE NIVEL

Para realizar el censado del nivel del agua se diseñó un sensor de nivel, utilizando los principios básicos de la electrónica. Para la construcción del sensor de nivel, se utilizaron cuatro electrodos en forma de varillas las cuales están en contacto directo con el agua del colector solar, cada una de las varillas es de diferente tamaño o longitud, y cuatro resistencias. El diseño del sensor de nivel, se basa en un divisor de voltaje, formado por la resistencia del electrodo sumado en serie con la resistencia del agua, al ser la resistencia del agua mucho mayor que la del electrodo se desprecia la resistencia del electrodo, el divisor se completa con las resistencias aterrizadas para su óptimo funcionamiento.

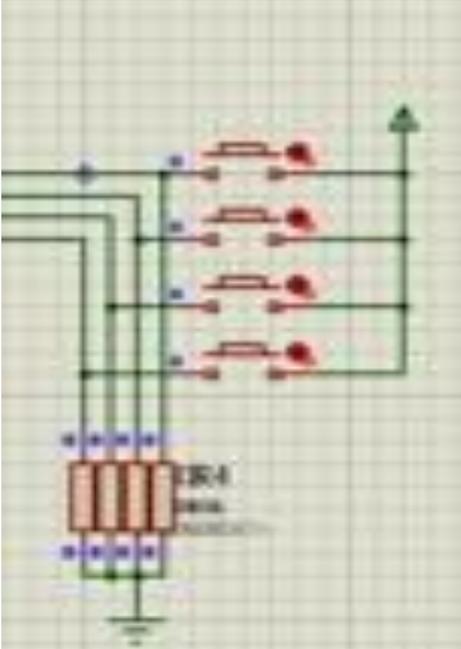
Diseño del divisor:

$$R_a = \text{resistencia del agua} \approx 1M\Omega$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1.1M\Omega$$

Para el cálculo de la resistencia del agua se pudo obtener gracias a la resistencia del electrodo, primero se mide la resistencia del electrodo con un multímetro digital el dato que se obtiene es de 10Ω sin contacto con el agua, posteriormente se introduce el electrodo dentro del colector solar y se procede a medir la resistencia del electrodo pero ya sumada en serie con la del agua que está dentro del colector solar. La lectura que se obtiene es de $1M\Omega$, haciendo despreciable la resistencia del electrodo, para el cálculo de las resistencias R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , se hizo fácil hallar su valor ya que estas resistencias tendrían que ser mayores que la resistencia del agua para que la intensidad (corriente) eléctrica no se disipara o aterrizara por medio de las resistencias. Para el diseño del sensor de nivel se asume un valor para R_1 , R_2 , R_3 , R_4 de $1.1M\Omega$. En la figura 5 se muestra la gráfica del divisor de voltaje y en la figura 6 se muestra el sensor de nivel terminado.

Figura 5. Divisor de voltaje



Fuente: Autores

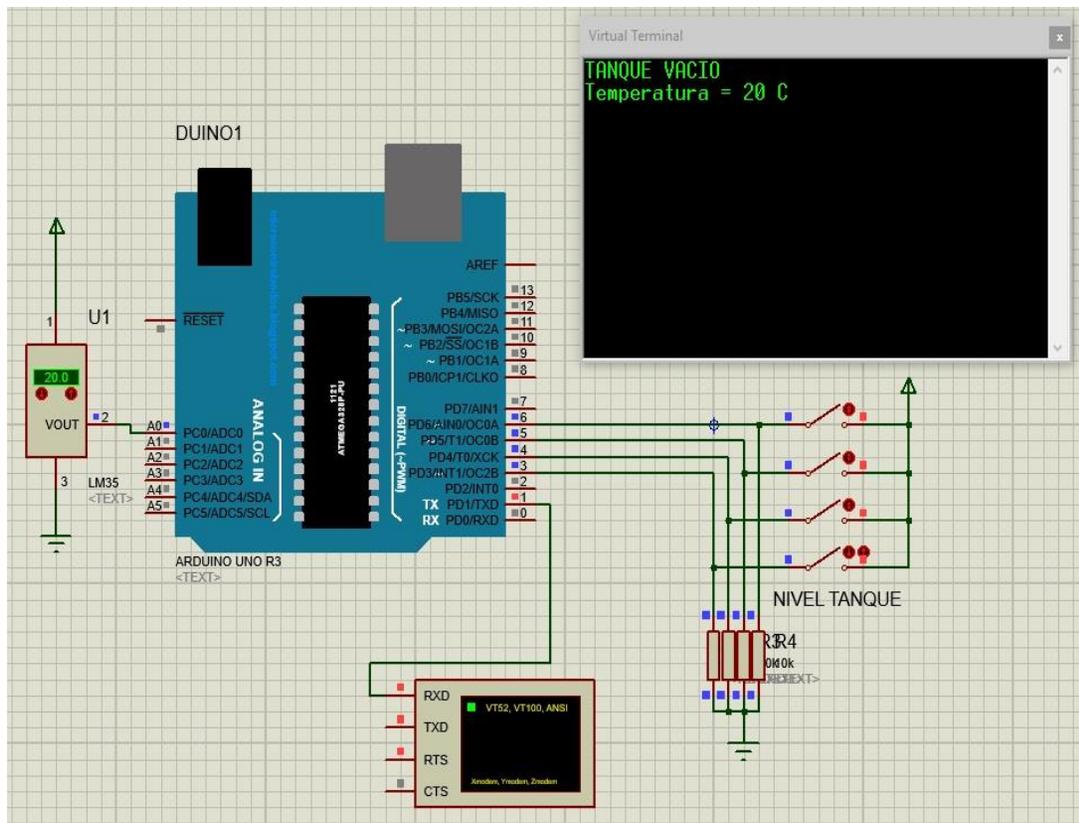
Figura 6. Sensor de nivel



Fuente: Autores

En el esquema de diseño de la figura 7, se muestra la temperatura y el nivel del agua, este diseño se realizó en proteus que es un software de simulación electrónica, en la imagen se observa por medio del híper terminal “lcd virtual”, la temperatura en 20 °C (Celsius) y el nivel del tanque se encuentra vacío = 0%, además se nota en la imagen que ningún pulsador se encuentra oprimido, lo cual indica que ningún electrodo en forma de varilla ha sido detectado por el agua, en nuestro circuito de proteus los pulsadores o switch hacen las veces de los electrodos del sensor de nivel, también se observa el micro-controlador atmega 328 mostrando como la señal análoga de tensión eléctrica del lm35 sensor de temperatura ha sido amplificada y digitalizada por medio de software ya que la entrada del lm35 está directamente conectada al micro-controlador atmega 328.

Figura 7. Diseño del circuito en Proteus: 0%

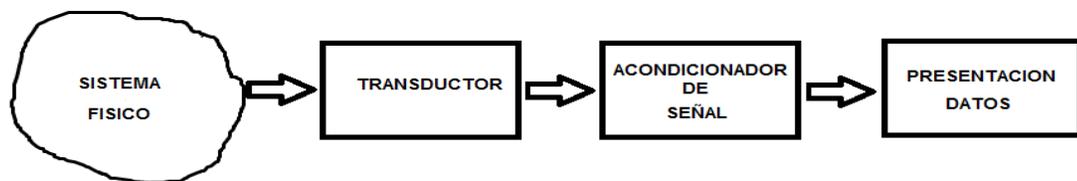


Fuente: Autores

1.3 ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES

Las señales analógicas deben de ser tratadas para convertirlas en digitales y así poder ser interpretadas por el sistema de telemetría, después de ser instrumentadas las variables físicas y de convertirlas en señales eléctricas analógicas se procede a introducirlas en un microcontrolador, en este caso el AT MEGA 328 que es el encargado de digitalizar las señales y es el cerebro principal de la tarjeta de desarrollo ARDUINO UNO, esta a su vez envía este dato al módulo ARDUINO GSM para que este mediante la señal de internet móvil suba la información a la WEB. En la figura 12 se muestra en un diagrama de bloques las etapas de instrumentación y procesamiento de los datos.

Figura12. Diagrama de bloques del procesamiento de la señales adquiridas, provenientes de los sensores de temperatura y nivel.



Fuente: www.tecnoficio.com/docs/doc55.php

El código para programar la tarjeta está hecho en lenguaje C y el *software* compilador es el propio de ARDUINO.

- La adquisición de datos se realizó por medio de un microcontrolador ATMEGA 328.

El código realizado para programar el ATMEGA 328 diseñado en C.

- **1.3.1 Recepción de los datos por parte de la tarjeta de desarrollo Arduino uno.** Una vez procesada la información y convertida en una señal digital el micro-controlador atmega 328 de la tarjeta de desarrollo de datos ARDUINO UNO, envía las señales digitalizadas por medio de cableado al módulo de transmisión GPS-GPRS, y allí los datos son recibidos y entregados para visualizarlos en un portal web “xyvely” para llevar el registro de la información entregada por los sensores ubicados en el colector solar.

2. PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES UTILIZANDO LA TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO

Una vez adquirido las señales eléctricas análogas provenientes de los sensores de temperatura y nivel, la tarjeta de desarrollo Arduino uno, procesa los datos por medio del micro-controlador ATMEGA 328, después del procesamiento de las señales, la tarjeta de desarrollo arduino uno, envía los datos digitalizados por medio de cableado al módulo de transmisión GSM-GPRS y ordena mediante comandos el envío de los datos al *hostin*, en este caso un servidor gratuito llamado **XIVELY**, el cual permite la visualización del comportamiento de las variables a través de un página *web*.

2.1 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA

La señal eléctrica análoga de temperatura es adquirida por medio del micro-controlador atmega 328 de la tarjeta de desarrollo arduino uno, en ese momento comienza el proceso de filtrado, tratamiento y amplificación de la señal análoga, dicha señal de temperatura análoga es convertida en una señal digital y

amplificada a través de la tarjeta de desarrollo arduino uno por medio de un software, como la salida del sensor de temperatura lm35 es de [0 y 1] V, se procede por medio de una función de la tarjeta de desarrollo arduino uno multiplicar por 5 la tensión eléctrica de salida del lm35, esto nos permite tener un margen de [0 y 5] V. En la figura 13 se muestra la imagen del micro-controlador atmega 328 que es el motor principal de la tarjeta de desarrollo arduino uno, y es el encargado de filtrar, amplificar y digitalizar la señal de temperatura.

Figura 13. Micro-controlador atmega 328



Fuente: <http://www.electronics-lab.com/blog/?tag=atmega328&paged=3>

2.2 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE NIVEL

La señal eléctrica análoga de nivel es adquirida por medio del micro-controlador atmega 328 de la tarjeta de desarrollo arduino uno, esta señal análoga de nivel es procesada y digitalizada por medio de software. En la figura 14 se muestra la tarjeta de desarrollo arduino uno quien es la encargada del procesamiento de las señales de temperatura y nivel.

FIGURA 14. TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO.



Fuente: <http://arduino.cc>

Tabla 1. Características técnicas Arduino

Microcontrolador	ATmega328
Tensión operativa	5V
Tensión de entrada (recomendada)	7 – 12V
Tensión de entrada (límite)	6 – 20V
Pines E/S digitales	14 (de los cuales 6 pueden generar PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente por pines E/S	40 Ma
Corriente para el pin de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB 0.5 KB utilizados para el bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj	16 MHz

3. TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DESDE EL MÓDULO GSM-GPRS POR MEDIO DE UNA SEÑAL INALÁMBRICA

La señal de temperatura y nivel ya digitalizadas por medio del micro-controlador atmega 328 de la tarjeta de desarrollo arduino uno. Estas señales son enviadas al módulo gsm-gprs y éste envía los datos por medio de señal celular a un servidor web en el cual se guarda la información y se grafica en para su visualización desde cualquier parte del mundo, teniendo una conexión a la internet. En la figura 15 se muestra el módulo gsm-gprs.

Figura 15. Módulo GSM – GPRS



Fuente: Autores

3.1 INSTALACIÓN DE LA TARJETA SIM EN EL DISPOSITIVO

El módulo gsm-gprs funciona a través de una señal celular, para que esto sea posible es necesario la utilización de una tarjeta sim igual a la que utiliza un teléfono celular convencional ya sea prepago o pospago, lo importante es que se cuente con datos en la tarjeta sim. A continuación se describe de una forma sencilla la instalación de la tarjeta sim en el dispositivo de telemetría. Se

recomienda la utilización de una tarjeta sim de movistar (figura 16) ya que las pruebas realizadas con el dispositivo fueron hechas con estas tarjetas y además no hubo ningún inconveniente en cuanto a cobertura de la red celular de este proveedor.

Figura 16. Tarjeta sim movistar



Fuente: Autores

3.2 CONFORMACIÓN DISPOSITIVO DE TELEMETRÍA

En su forma más básica el dispositivo de telemetría se encuentra conformado por el arduino uno y el módulo de transmisión GSM/GPRS ya que estos dos dispositivos son los encargados de transmitir los datos de las mediciones al servidor web (Figura 17). Estos dispositivos se conectan a través de una serie de pines, cabe aclarar que la tarjeta sim se aloja en el módulo de transmisión GSM/GRS.

Figura 17. Arduino uno y módulo de transmisión GSM/GPRS

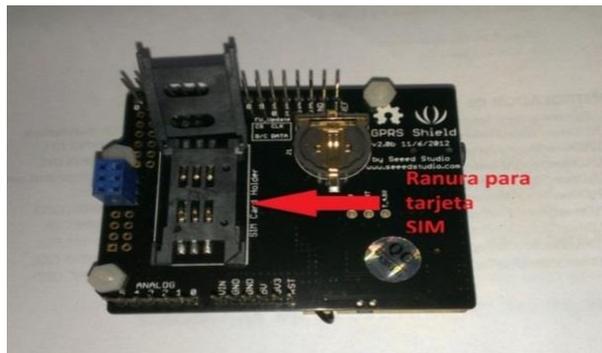


Fuente: Autores

3.3 UBICACIÓN DE LA TARJETA SIM EN LA RANURA DEL MODULO

El módulo de transmisión GSM/GPRS en la parte inferior posee una ranura en la cual va alojada la tarjeta sim como se observa a continuación (Figura 18), hay que tener en cuenta la orientación de la tarjeta sim para que coincida y así quede bien alojada. La ranura posee un corte en una de sus esquinas para la ubicación correcta de la tarjeta.

Figura 18. Ranura para la inserción de la tarjeta sim



Fuente: Autores

Al insertar la tarjeta en la ranura del módulo (Figura 19) y cerrar el modulo con la tarjeta sim puesta, hay que deslizar la sim para ajustarla se debe tener en cuenta de no ejercer mucha fuerza sobre la parte que sostiene la tarjeta sim ya que esta

posee unos pequeños pines para su sujeción y estos pueden ser rotos impidiendo que la tarjeta quede ajustada.

Figura 19. Ubicación de la tarjeta sim en la ranura



Fuente: Autores

Cuando la tarjeta sim ha sido ubicada en la ranura de forma correcta se ve de la siguiente manera (Figura 20).

Figura 20. Ubicación de la tarjeta sim de forma correcta

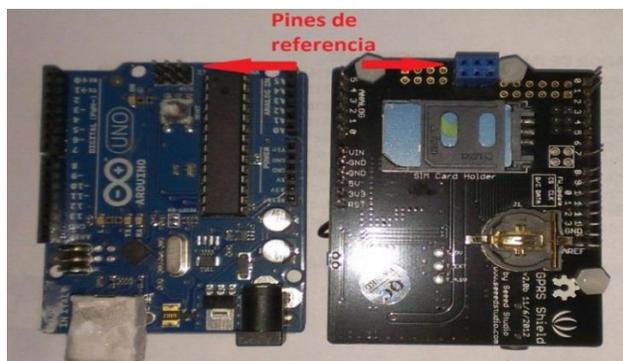


Fuente: Autores

3.4 INSTALACIÓN CORRECTA DEL ARDUINO Y MÓDULO GSM/GPRS

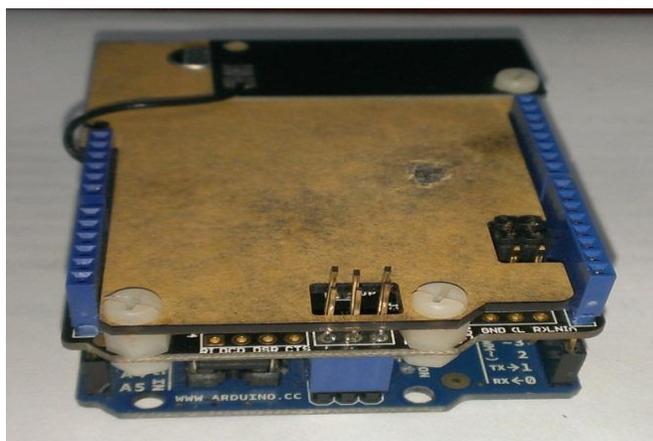
Para finalizar la instalación de la tarjeta sim en el módulo solo queda conectar el módulo GSM/GPRS al arduino, hay q tener cuidado en la conexión de estos dos dispositivos y que todos los pines coincidan de la forma correcta, como referencia se puede tener una serie de seis (6) pines que están ubicados en dos hileras para que no haya ningún error en la conexión (Figura 21) y los dispositivos queden instalados correctamente (Figura 22), para garantizar que el dispositivo funcione y evitar posibles daños a este.

Figura 21. Pines de referencia para conexión



Fuente: Autores

Figura 22. Instalación correcta arduino y módulo GSM/GPRS



Fuente: Autores

4. VISUALIZACIÓN DE LAS SEÑALES DEL SISTEMA EN UN PORTAL WEB

Como todo sistema para obtención de datos, se hace necesario que este tenga la capacidad de almacenarlos para luego poder procesarlos y presentar esta información de diferentes formas, pero principalmente de una forma que las personas que van a hacer uso de ella la puedan interpretar fácilmente, como es sabido la forma más conveniente de presentar cualquier tipo de información para su interpretación es de forma gráfica.

Para poder realizar lo expuesto anteriormente el sistema utiliza un servidor web gratuito llamado Xively, este servidor permite además de almacenar los datos visualizarlos de una forma gráfica, Xively permite visualizar datos obtenidos hasta de los últimos 3 meses.

La dirección web de XIVELY es: <https://www.xively.com>

En la figura 23 se muestra la imagen principal de la pagina web xively.

Figura 23. Página web principal de xively



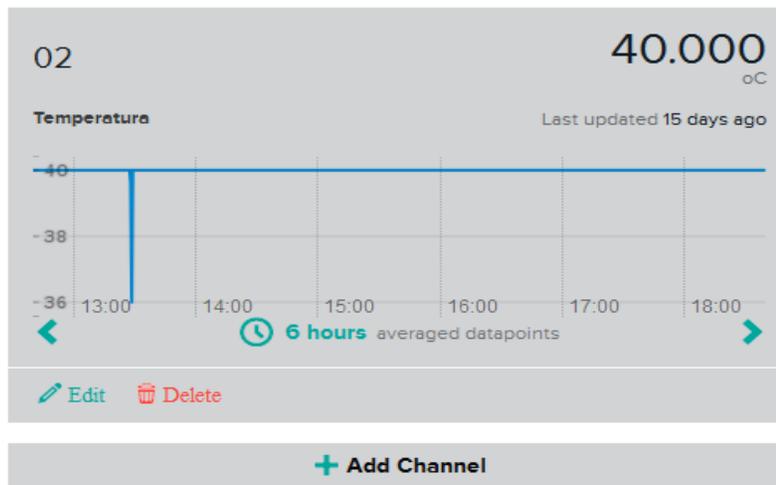
Las principales características de este servicio son:

- Herramienta para desarrolladores novatos
- Centro de desarrollo con tutoriales, guías para las APIs, videos y biblioteca para conectar los distintos equipos
- Centro de aprovisionamiento
- Servicio comercial orientado a empresas que requieran un soporte dedicado para su propia Internet de las Cosas

4.1 VISUALIZACIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE WEB

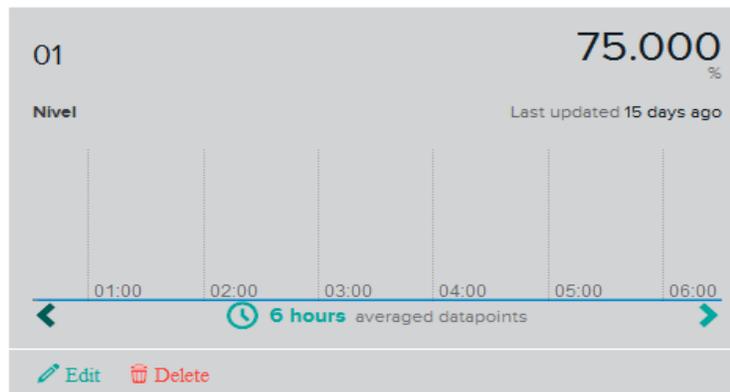
Para visualizar los datos obtenidos por el dispositivo, se escogió una plataforma tecnológica en la nube, que cuenta con servicio gratuito para la recepción y almacenamiento de datos provenientes de sensores, en la figura 24 se muestra los datos de temperatura registrados en el portal web, mientras que en la figura 25 se muestran los datos del nivel del agua del colector solar.

Figura 24. Registro de la temperatura mostrado a través de la web



Fuente: Autores

Figura 25. Registro del nivel del agua del colector mostrado a través de la web



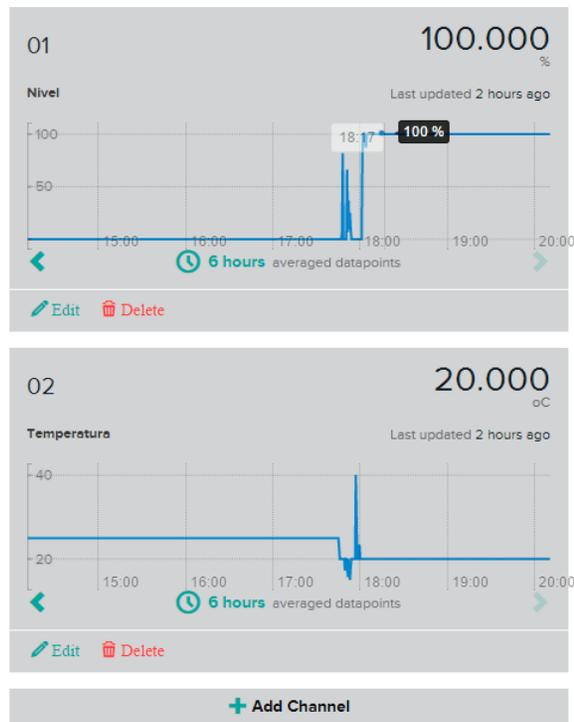
Fuente: Autores

4.2 Almacenamiento de los datos de temperatura y nivel

El servidor xively además de permitirme visualizar las señales de temperatura y nivel del colector solar, también me permite almacenar los datos de temperatura y

nivel, y tener un registro histórico de ellos, en la figura 26, se evidencia la temperatura y nivel del agua del colector solar dándonos una información de temperatura de 20 °C (Celsius), y un nivel del 100%.

Figura 26. Variación de la temperatura y el nivel del agua dentro del tanque del colector solar, visualizado en el portal web.



Fuente: Autores

5. RESULTADOS

5.1 La adquisición de las señales físicas, la temperatura se obtuvo por medio del sensor lm35, que convierte una variable o señal física en una tensión eléctrica análoga, este sensor produce 10mV por cada grado centígrado que lo afecte, el nivel se obtuvo a través de un sensor de nivel, que se diseñó y construyó por medio de los conocimientos en electrónica adquiridos en la carrera, este sensor consta de cuatro electrodos en forma de varillas una más larga que la otra para así diferenciar el nivel del agua y 4 resistencias aterrizadas para un óptimo desempeño, su principio de funcionamiento se base en el típico divisor de tensión eléctrica, y su encapsulado se realizó por medio de una resina que funciona como medio de aislante entre el agua y la electricidad que se conduce por medio de las pistas del circuito eléctrico del sensor de nivel.

5.2 el procesamiento de las señales análogas, fue resuelto gracias a la tarjeta de desarrollo arduino uno, por medio del micro-controlador atmega 328 quien también realizo la amplificación de las tensiones análogas eléctricas por medio de software, y la conversión análoga/digital de estas señales eléctricas a través de un código construido en un lenguaje de programación de alto nivel como lo es el lenguaje C y compilado en el lenguaje arduino, el micro-controlador atmega 328 también es el encargado de la transmisión de los datos al módulo gprs-gsm.

5.3 La transmisión de los datos al portal web “xively”, se efectuó mediante un módulo gprs-gsm por medio de una señal celular, obviamente al ser señal celular necesita tener una sim card, la cual debe estar sujeta a un plan pos pago o prepago para el envío de los datos.

5.4 La visualización de los datos de temperatura y nivel del colector solar, se observan gracias a un portal web, quien es el encargado de mostrar y almacenar los datos. Para visualizar los datos obtenidos por el dispositivo, se escogió una plataforma tecnológica en la nube, que cuenta con servicio gratuito para la recepción y almacenamiento de datos provenientes de sensores, Xively se define como una “Plataforma como un Servicio” (PaaS) para la Internet de las Cosas, esencialmente Xively es una nube especializada en recibir y desplegar información de los distintos sensores de los cuales se requiera almacenar y publicar información, por medio de un navegador web (Firefox Mozilla, Google Chrome, Internet Explorer, etc.) Se puede acceder a la plataforma Xively, digitando la dirección www.xively.com.

6. CONCLUSIONES

La INGENIERÍA EN MECATRÓNICA, puede aportar a la optimización del funcionamiento de un colector solar para un mayor aprovechamiento de la energía calorífica que este produce, mediante el diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto el cual cuenta con instrumentación electrónica, procesamiento de señales, telemetría y diseño WEB.

En la parte técnica, la instrumentación del colector fue eficiente, que los sensores utilizados funcionan acorde al diseño del sistema, que la comunicación vía celular tiene excelente cobertura y también que se puede utilizar un servidor gratuito, aunque su servicio es limitado.

Igualmente, la ingeniería aporta beneficios a la sociedad, puesto que este proyecto se efectuó en la Fundación Cristiana KYRIOS, favoreciendo a personas que viven en condiciones desfavorables, ya que se busca elevar la eficiencia del colector solar y así provisionar a los habitantes de la Fundación agua caliente sin generar costos por facturas de servicios públicos y mejoramiento de la calidad de vida.

7. RECURSOS

Humanos: Julián Alberto Meléndez Cruz, Jonathan Elcías Ríos Ocampo gestores del proyecto; ingeniero Edgar Salazar, personal de la Fundación Cristiana Kyrios de Pereira Risaralda.

Tabla 2. Costos, equipos e instrumentos

EQUIPOS E INSTRUMENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Multímetro	1	COP 50.000	COP 50.000
Computador Portátil Dell inspiron 1545	1	COP 900.000	COP 900.000
Tarjeta de adquisición de datos Arduino uno	2	COP 58.000	COP 116.000
Módulo de transmisión GPRS/GSM	1	COP 180.000	COP 180.000
Sensores de nivel y temperatura	2	COP 30.000	COP 60.000
Costo transmisión GPRS/GSM	1	COP 30.000	COP 30.000
Módulos de comunicación inalámbrica	2	COP 25.000	COP 50.000
TOTAL	10		COP 1.386.000

7.1 INSTITUCIONALES

Para este proyecto se utilizaron el Taller de Mecánica y el Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira, Fundación Kyrios (vivienda eco sostenible).

BIBLIOGRAFÍA

[1] BRICEÑO M. José E. Transmisión de datos. Departamento de publicaciones. Universidad de los Andes, 3ª Ed. México: 2005.

[2] Ferrero, C., Guijarro, E., Ferrero, J., M., Saiz, F., J., Instrumentación Electrónica Sensores. Pub. Universidad Politécnica de Valencia, España, 1994.

[3] MALVINO, Albert Paul. Principios de electrónica: editorial McGraw Hill. Sexta edición. España.

[4] OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Prentice-Hall. 2010

BIBLIOGRAFÍAS WEB

[5] www.tecnoficio.com/docs/doc55.php

[6] <http://www.electronics-lab.com/blog/?tag=atmega328&paged=3>

[7] <https://www.xively.com>

[8] BRUZOS, T. (2011). *Sabelotodo*. Disponible en:
<http://www.sabelotodo.org/termicos/calentadorsolar.html>

[9] ¹ <http://ministerioaguaviva.galeon.com/CentrodeAyuda.htm>

[10] ¹ Calentadores Solares. [En línea] 19/05/2014. Disponible en:
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1465/2/imagenes/queescsp.pdf>

[11] SOLARBOTICS. (2014). *solarbotics.com*. Disponible en:
<https://solarbotics.com/product/50450/>

[12] BALCELLS Joseph. (2014). Autómatas programables. Disponible en:
<http://electronica.webcindario.com/componentes/lm358.htm>

ANEXOS

Anexo A. Código fuente para programar el ATMEGA 328.

Declaración de variables

```
int temp;
```

```
int tempPin = 0;
```

```
const int buttonPin1 = 3; // the number of the pushbutton pin
```

```
const int buttonPin2 = 4; // the number of the pushbutton pin
```

```
const int buttonPin3 = 5; // the number of the pushbutton pin
```

```
const int buttonPin4 = 6; // the number of the pushbutton pin
```

```
int buttonState1 = 0;
```

```
int buttonState2 = 0;
```

```
int buttonState3 = 0;
```

```
int buttonState4 = 0;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(2400);
```

```
  // initialize the pushbutton pin as an input:
```

```
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
```

```
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
```

```
  pinMode(buttonPin3, INPUT);
```

```
  pinMode(buttonPin4, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```

{
  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);
  buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);
  buttonState3 = digitalRead(buttonPin3);
  buttonState4 = digitalRead(buttonPin4);
  // chequea el estado del pulso
  // y luego si este pulso es alto envia la orden
  if ((buttonState1 == HIGH)&&(buttonState2 == LOW)&&(buttonState3 ==
LOW)&&(buttonState4 == LOW))
  {
    // turn LED on:
    Serial.print("N");
    Serial.print(1, DEC); //"NIVEL TANQUE 25% "
    delay(250);
  }
  else if ((buttonState1 == HIGH)&&(buttonState2 == HIGH)&&(buttonState3 ==
LOW)&&(buttonState4 == LOW))
  {
    Serial.print("N");
    Serial.print(2, DEC); //"NIVEL TANQUE 50% "
    delay(250);
  }
  else if ((buttonState1 == HIGH)&&(buttonState2 == HIGH)&&(buttonState3 ==
HIGH)&&(buttonState4 == LOW))
  {
    Serial.print("N");
    Serial.print(3, DEC); //"NIVEL TANQUE 75% "
    delay(250);
  }
}

```

```

else if ((buttonState1 == HIGH)&&(buttonState2 == HIGH)&&(buttonState3 ==
HIGH)&&(buttonState4 == HIGH))
{
  Serial.print("N");
  Serial.print(4, DEC); //"NIVEL TANQUE 100% "
  delay(250);
}
else if ((buttonState1 == LOW)&&(buttonState2 == LOW)&&(buttonState3 ==
LOW)&&(buttonState4 == LOW))
{
  Serial.print("N");
  Serial.print(0, DEC); //"TANQUE VACÍO "
  delay(250);
}
temp = analogRead(tempPin);
temp = temp * 0.48828125;
Serial.print("T");
Serial.print(temp, DEC);
delay(500);}

```

Anexo B. Sesión del Código quemado en el ATMEGA328

```
float ts = 0; // estado de la trasmision del dato
float ns = 0;

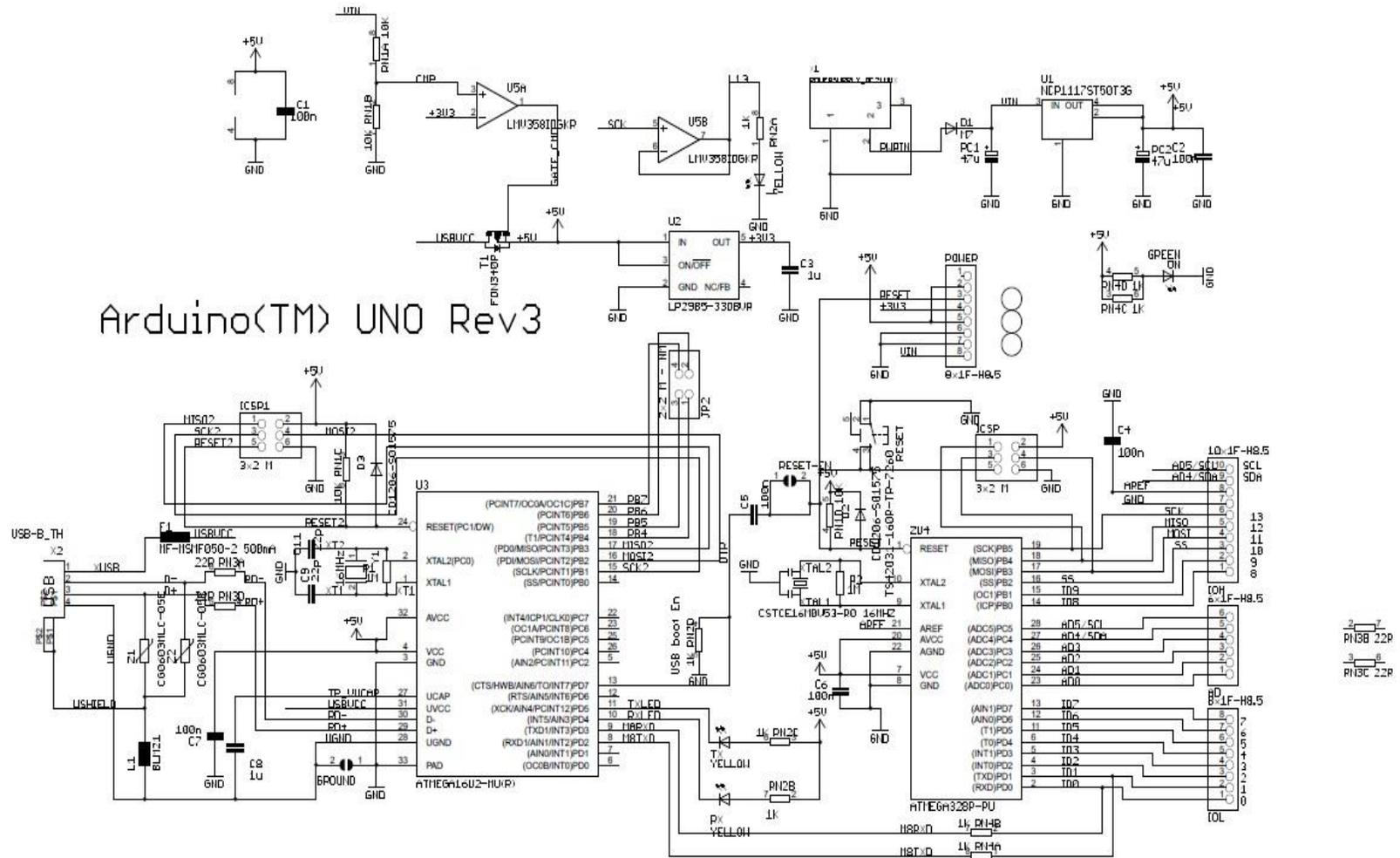
String temp = dtostrf(ts, 1, 3,bufferChar); // envía el valor del dato de temperatura

String nivel = dtostrf(ns, 1, 3,bufferChar); // envía el valor del dato del nivel

//esta sección de código muestra el envío de la temperatura y nivel a internet

mySerial.println("{\"id\": \"02\", \"current_value\": \"\" + temp + "\","); //valor a enviar
delay(500);
ShowSerialData();
mySerial.println("{\"id\": \"03\", \"current_value\": \"\" + nivel + "\"}], \"token\": \"lee\"}"); //valor a enviar
delay(500);
ShowSerialData();
mySerial.println((char)26); //Enviando
delay(7000); //Esperando respuesta, importante! el tiempo depende de las
condiciones de la conexion a internet.
mySerial.println();
```

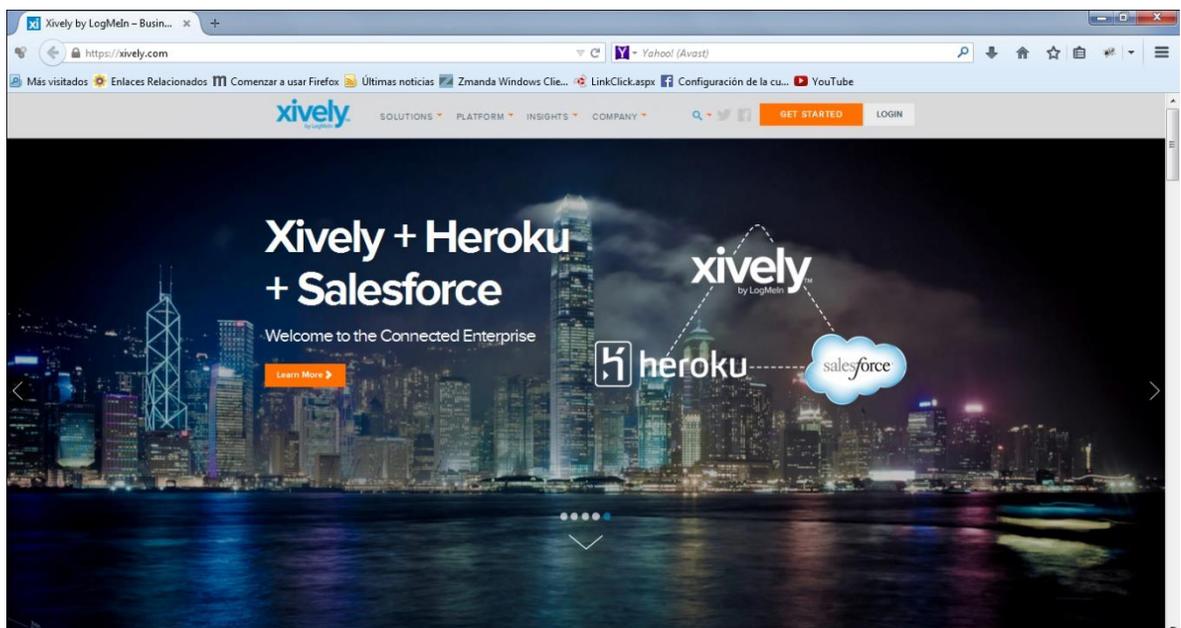
Anexo C. Diseño esquemático arduino uno



Anexo D. Portal web “xively” y forma de acceder a los datos

Por medio de un navegador web (Firefox Mozilla, Google Chrome, Internet Explorer, etc.) Se puede acceder a la plataforma Xively, digitando la dirección www.xively.com, como se muestra en la siguiente imagen.

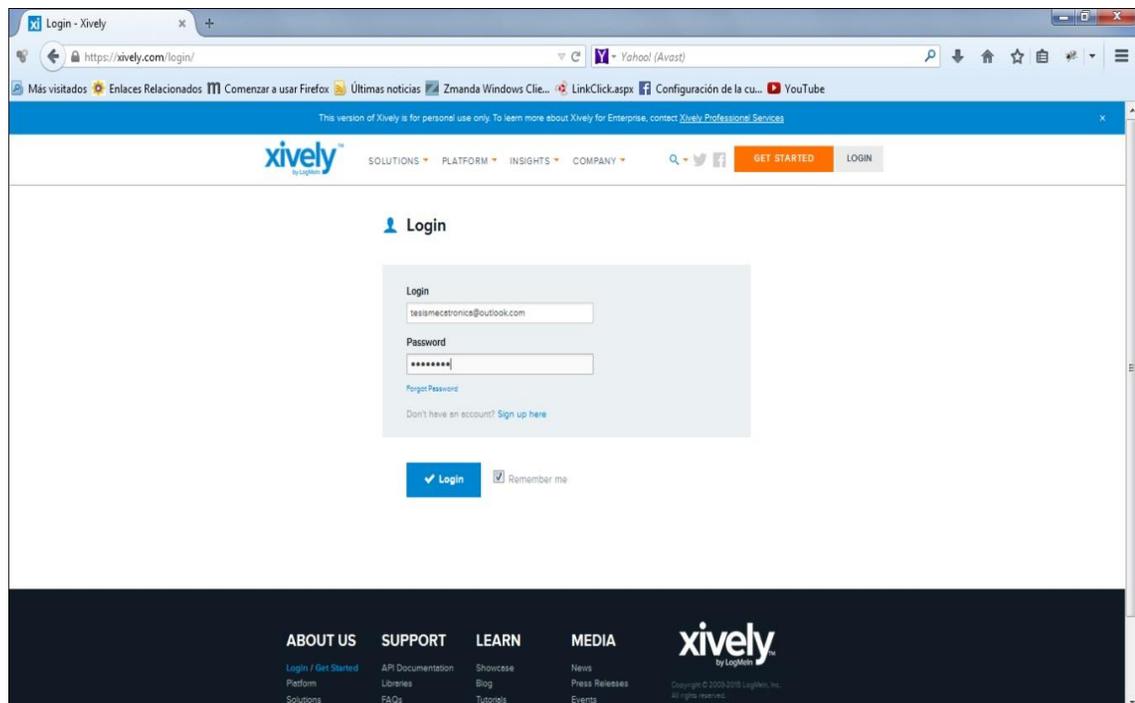
Plataforma xively (www.xively.com)



Registro y configuración en Xively. Para acceder a los servicios de Xively es necesario tener una cuenta de usuario. De no existir, se debe registrar en la plataforma para crear una cuenta en Xively.com. Ésta permitirá obtener el usuario y la contraseña para poder obtener los parámetros y subir los datos provenientes de los sensores a la plataforma web.

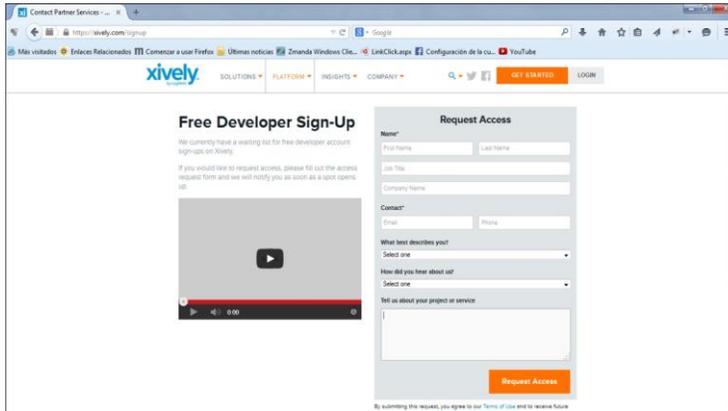
Una vez en la plataforma web www.xively.com, en la parte superior-derecha de la pantalla aparecerá el botón “Login”, al dar click sobre él se direcciona al formulario de inicio de sesión. Aparecerá una pantalla como la de la siguiente imagen. Esta página ofrece un formulario para el inicio de sesión y también cuenta con un acceso al formulario de registro de usuarios.

Formulario de ingreso a www.xively.com

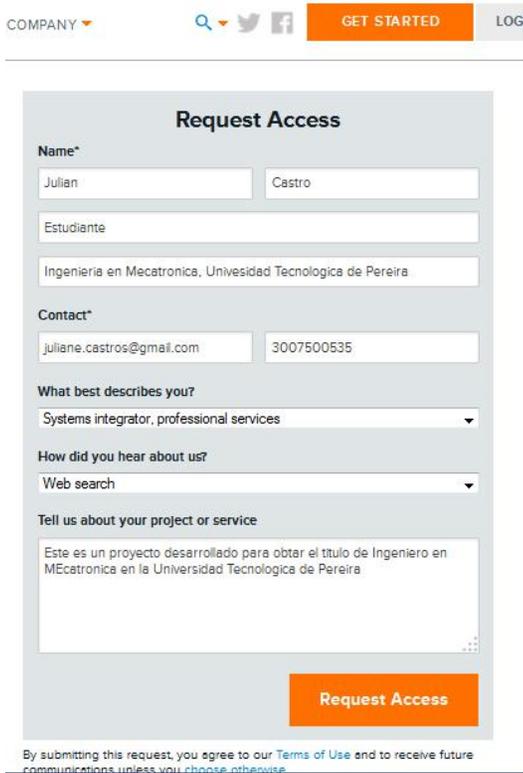


Para hacer un registro de usuario (creación de la cuenta) en www.xively.com se debe dar click en el hipervínculo “**Sign up here**” que aparece debajo del formulario de ingreso a la plataforma como se observa en la figura anterior. Esta acción direcciona al formulario de registro como se observa en la siguiente imagen.

Formulario de registro de usuarios

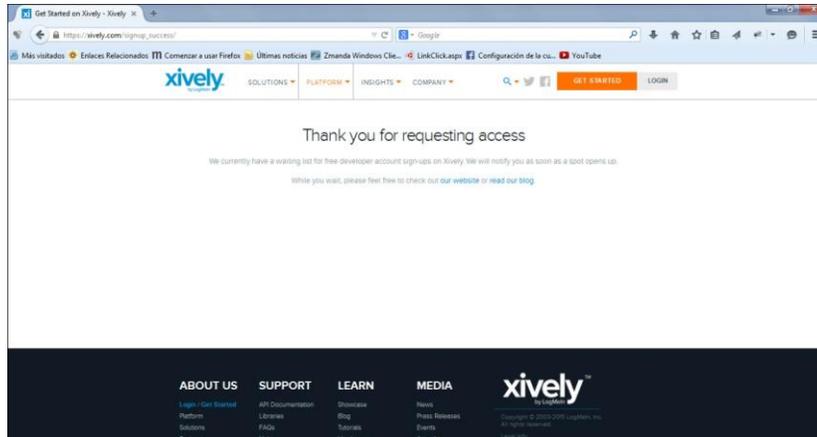


Es en realidad un formulario de registro muy fácil de diligenciar, como se puede observar en la siguiente imagen.



Para completar el registro se debe dar click en el botón de envío del formulario “Request Access” el cual, si fue bien diligenciado, aparecerá la página como se muestra en la siguiente figura confirmando el registro en la plataforma.

Confirmación de registro en Xively.com

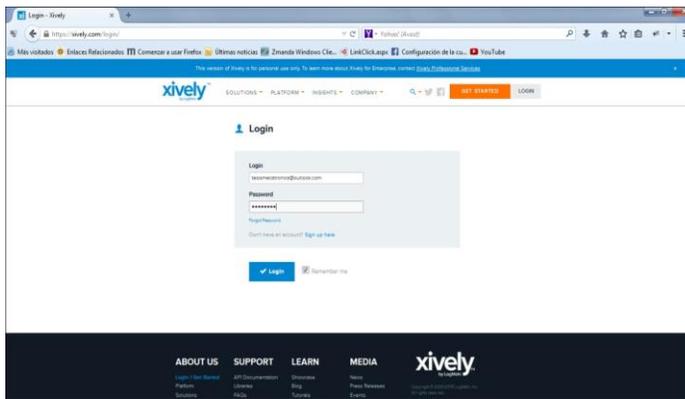


El sistema de registro de la plataforma Xively, envía un correo electrónico a la cuenta que fue registrada en el formulario, en el cual, le asignan el usuario y la contraseña para poder acceder a la plataforma. Para el caso específico se cuenta con la siguiente información de cuenta de usuario:

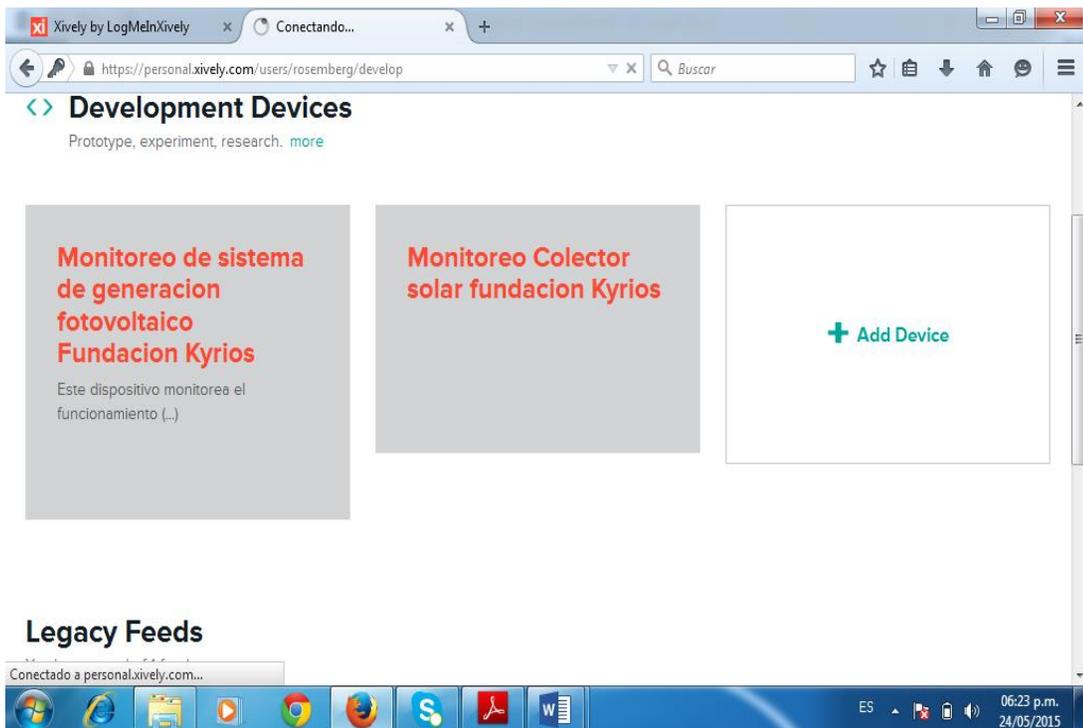
Login: tesismecatronica@outlook.com
Password: 20102014

Con la información de la cuenta de usuario se procede a dar clic en el botón “*LOGIN*” que se encuentra en la parte superior derecha de la siguiente página

Inicio de sesión



Monitoreo del sistema. Para poder visualizar los datos que están siendo obtenidos por el dispositivo, primero que todo se debe iniciar sesión, cuando se ha realizado el anterior paso se visualiza la pestaña de desarrollo de dispositivo, en esta pestaña se pueden agregar nuevos dispositivos o visualizar los ya creados como se observa en la siguiente página, en la cual se debe dar clic en el cuadro de letras rojas monitoreo de colector solar.



A continuación se pueden visualizar las gráficas de los datos obtenidos por el dispositivo, si se quiere una visualización de los datos más amplia y acceder al historial, entonces se da click en la opción **N Graphs**.

Visualización de los datos

Channels

Last updated 15 days ago

[N Graphs](#)

01	75.000%
02	40.000°C

[+ Add Channel](#)

Request Log

[Pa](#)

 **Waiting for requests**

Your requests will appear here as soon as we get them, you can debug by clicking each individual request.

Location

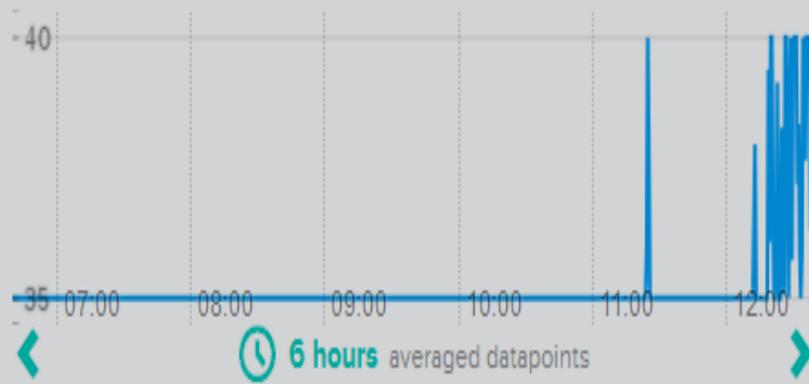
API Keys

02

40.000
oC

Temperatura

Last updated 15 days ago



 Edit  Delete

 Add Channel