

SISTEMA DE MONITOREO INALAMBRICO XBEE DE PRECIPITACION PLUVIAL CON SALIDA DE 4 A 20 MA.

Javier Gutiérrez Torres, Rafael Alejandro Iglesias Lucatero, Sergio Sandoval Pérez, Raúl Rentería Toríz
Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Avenida Tecnológico # 100 C.P. 49100
C.P. 49100 Cd. Guzmán, Jalisco
Teléfono: 01 341 5752050

javier.gtez@gmail.com, rafael13290014@itcg.edu.mx, chekosur@hotmail.com,
rrtoriz91@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo está dirigido al estudio de la humedad del suelo y su relación con parámetros ambientales se presenta el diseño y la construcción de un prototipo mecatrónico para medir y registrar la precipitación pluvial.

Este dispositivo utiliza un pluviómetro de balancín para monitorear el nivel de agua capturada en cada precipitación.

En primer lugar, se realizó una investigación del estado del arte sobre la medición de agua llovida en las precipitaciones.

En segundo lugar, se investigó sobre las características de instrumentos comerciales para medición de precipitación pluvial. Con la información obtenida sobre la medición de la cantidad de agua en una precipitación de la lluvia, las características del proceso de medición de instituciones dedicadas al estudio de la atmósfera, y la aplicación del prototipo, se establecieron las especificaciones técnicas del prototipo.

En tercer lugar, se realizó el diseño conceptual del prototipo, basándose en un enfoque de diseño concurrente. Se diseñó un módulo mecatrónico para adquirir de manera inalámbrica y procesar la información de los sensores, se programó un microcontrolador y se llevó a cabo la integración de las diversas partes del prototipo.

Palabras Clave: lluvia, agua, precipitación, balancín, sensores, inalámbrico, hardware-abierto, PIC18F4550.

ABSTRACT

This work is aimed to study soil moisture and its relation to environmental parameters presents the

design and construction of a prototype mechatronics measure and record rainfall. This device uses a rocker gauge to monitor the level of water captured in every precipitation.

First, an investigation of the state of the art measurement rainwater in precipitation was performed.

Secondly, we investigated the characteristics of commercial instruments measurement of rainfall. With the information obtained on measuring the amount of water in a rush of rain, the characteristics of process measurement of institutions devoted to the study of the atmosphere, and the application of the prototype, the technical specifications of the prototype were established.

Third, the conceptual design of the prototype based on a design approach performed concurrently. A mechatronic module wirelessly to acquire and process information from the sensors, a microcontroller programmed and carried out the integration of the various parts of the prototype was designed

Keywords: rain, water, rain, precipitation, balancín, sensors, wireless, hardware-open, PIC18F4550.

1. INTRODUCCIÓN

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para el almacenamiento y medición de la precipitación pluvial. La cantidad de agua caída se expresa en milímetros de altura.

Normalmente la lectura se realiza cada 12 horas. Un litro caído en un metro cuadrado alcanzaría

una altura de 1 milímetro. Para la medida de nieve se considera que el espesor de nieve equivale aproximadamente a diez veces el equivalente de agua.

Hasta hace unos 10-20 años los pluviómetros en realidad no podían registrar la evolución temporal de la lluvia y se revisaban dos veces al día. A diferencia del pluviógrafo que es un instrumento que podría, por medio de un sistema de grabación mecánica, registrar gráficamente la cantidad de lluvia en un cierto intervalo de tiempo (diario, semanal, etc.) en una tira especial de papel cuadriculado. Con estas herramientas era posible alcanzar resoluciones temporales del orden de cinco minutos, aunque en la mayoría de los casos la resolución utilizada fue del orden de media hora.

Un pluviómetro es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo. La idea base de este dispositivo descansa en el hecho de que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal, que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida.

Se han ideado infinidad de artilugios para este cometido, pero con el fin de hacer las medidas uniformes, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) recomienda una serie de normas destinadas a que las medidas, por una parte, tengan la adecuada precisión y por otra, sean capaces de evitar múltiples errores que harían inviables y absurdas las medidas.

1.1. El mejor pluviómetro del mundo.

Por lo anteriormente expuesto, las características del mejor pluviómetro del mundo debería cumplir al menos este decálogo:

- 1° - Que fuera exacto.
- 2° - Que fuera práctico.
- 3° - Que fuera muy resistente a los golpes.
- 4° - Que fueran imposibles las abolladuras.
- 5° - Que las soldaduras no se abrieran.
- 6° - Que la pintura permaneciera inalterable durante toda su vida.
- 7° - Que cumpliera con todas las normas de la OMM.
- 8° - Que no tuviera errores.
- 9° - Que su duración fuera de muchos, muchos años.
- 10° - Que fuera imposible cualquier desajuste, por pequeño que fuere. [1]

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

Para hacer posible la lectura de una parte de la cantidad de agua llovida en una precipitación, en un área en específico, es necesario un dispositivo capaz de capturar, almacenar y leer una muestra de cada precipitación ocurrida, es decir en la primera etapa se utiliza un pluviómetro [1].

2.1 Pluviómetro

Los pluviómetros sirven para calcular la cantidad de lluvia que cae en una zona concreta durante un periodo de tiempo determinado. Los primeros registros pluviométricos de los que se tiene constancia datan de la Grecia Clásica, hacia el 500 a.C. Unos cien años después, en la India, se utilizaban cuencos para registrar la cantidad de lluvia caída.

En la actualidad, los sistemas pluviométricos se basan prácticamente en el mismo principio. Los pluviómetros más comunes utilizados por los servicios meteorológicos y en aeropuertos consisten en un cilindro de gran tamaño a modo de embudo que desemboca en un tubo más estrecho con el que se realiza la medición. El cilindro, de medio metro de alto, dirige el agua recogida hacia el tubo interior, cuya sección es la décima parte de la que posee la parte superior del embudo. Esta diferencia permite realizar mediciones más precisas. Además, los radares meteorológicos de largo alcance cumplen también las funciones de una red de pluviómetros densa [2].

El cálculo de las precipitaciones y la calidad de las mediciones por parte de los pluviómetros contribuyen al correcto funcionamiento de la red de alcantarillado, las depuradoras, los cultivos de regadío y la detección temprana de un posible riesgo de inundación. Entre otras cosas porque las precipitaciones intensas son capaces de desbordar los sistemas de alcantarillado urbano y anegar ciudades en poco tiempo. Además, el uso innecesario de agua de riego en las plantaciones genera un aumento de costes considerable [3].

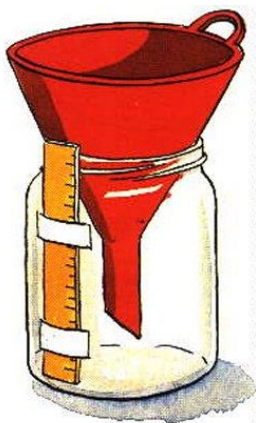


Figura 1.- Pluviómetro casero.



Figura 2.- Pluviómetro comercial.

2.2 Obtención y procesamiento de información.

Para dar lectura a la cantidad de agua obtenida en cada precipitación, fue necesario utilizar un balancín de vaciado automático, este dispone de un sensor que detecta cada vez que el peso del agua acumulada hace bascular el balancín, lo que puede ser registrado mediante un datalogger o contador de pulsos.

Los pulsos son recibidos y contados por un microcontrolador, el cual por medio de un algoritmo procesa esta información para ser mostrada de una forma adecuada en una pantalla lcd y ser enviada al mismo tiempo mediante el protocolo zigbee.

2.3 Pluviómetro de Balancín

Este dispositivo está formado por dos recipientes unidos simétricamente sostenidos por un eje

transversal que le permite bascular. Los dos recipientes capturan la misma cantidad de agua pero alternadamente como se ilustra en la figura 4.

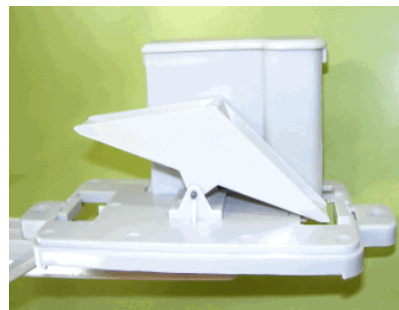


Figura 3.-pluviómetro de Balancín

El pluviómetro de balancín realiza la función de contar o medir la cantidad de agua llovida en cierta región. Este, bascula cada vez que se acumula la cantidad o el peso suficiente en uno de los recipientes que lo conforman. Una vez que este bascula, el agua es derramada y el otro recipiente es colocado en posición para empezar a acumular agua; este proceso se repite hasta que deja de caer agua. [2]

2.4 Sistema embebido

Un sistema embebido (embedded) o empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base, la tarjeta de video, etc. y muchas veces los dispositivos resultantes no tienen el aspecto de lo que se suele asociar a una computadora. Algunos ejemplos de sistemas embebidos podrían ser dispositivos como un taxímetro, un sistema de control de acceso, la electrónica que controla una máquina expendedora o el sistema de control de una fotocopiadora entre otras múltiples aplicaciones [3].

2.4.1 Microcontrolador 18f4550

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument. El nombre actual no es

un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico). El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena CPU, ésta tenía malas prestaciones de entrada y salida, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la CPU. El PIC utilizaba micro código simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador [3].

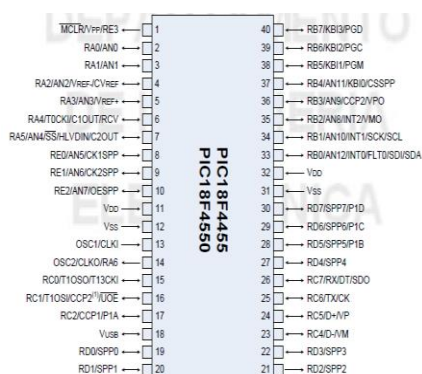


Figura 4.- Patillaje del Microcontrolador

3. DESARROLLO

Para llevar a cabo este proyecto fue necesario analizar, diseñar y construir un dispositivo mecatrónico, capaz de recopilar una muestra de agua llovida en cada precipitación, una etapa electrónica capaz de monitorear, procesar y enviar los datos obtenidos con el sensor pluvial y una etapa final diseñada para recibir los datos, mostrarlos en una pantalla lcd y enviar una señal de salida de 4 a 20 mA de CD.

A continuación se muestran los cálculos realizados para comprobar que las dimensiones del diseño del balancín son las adecuadas para las dimensiones del embudo, como se ilustra en la figura 3, de esta forma se comprueba que por cada desborde del balancín se obtienen 7ml lo que es igual a 7 cm³, equivalente a 1mm de altura de agua en un área de 70cm².

Basándose en la siguiente formula:

Área del embudo o boquilla (cm²) * 0.1cm (1 mm de altura)=Volumen en cm³ (1cm³=1ml)

Se despeja Área del embudo, quedando de la siguiente forma:

Área del embudo=7cm³ / 0.1 cm = 70cm².

De la siguiente fórmula:

$$A \text{ de un círculo} = \pi r^2$$

Se despeja r.

Obteniendo:

$$r = \sqrt{\frac{\text{Area de un círculo}}{\pi}}$$

Por lo tanto:

$$r = 4.72\text{cm}$$

De esta forma, sabemos que el diámetro del embudo necesario es de 9.44cm, como se ilustra en la figura 3. [2]



Figura5.-pluviómetro de Balancín



Figura 6. Despliegue de datos recibidos en lcd.

3.1 Envío y Recepción de información

El protocolo utilizado para enviar y recibir datos inalámbricamente entre dos microcontroladores llamado zigbee.

Para hacer posible la comunicación entre la etapa transmisora y la etapa receptora de datos se utilizó un par de dispositivos llamados xbee. Cada uno de estos, es capaz de establecer conexión con un microcontrolador mediante comunicación serial. Al mismo tiempo, estos se comunican entre ellos inalámbricamente utilizando el protocolo zigbee. Lo cual nos otorga como resultado, una red punto a punto full-dúplex. Lo cual permite una el envío y recepción de datos inalámbricamente entre dos microcontroladores a una distancia de 1.6 km.

3.2 Módulo xbee

Los módulos Xbee proveen 2 formas amigables de comunicación: Transmisión serial transparente (modo AT) y el modo API que provee muchas ventajas. Los módulos Xbee pueden ser configurados desde el PC utilizando el programa X-CTU o bien desde tu microcontrolador. Los Xbee pueden comunicarse en arquitecturas punto a punto, punto a multipunto o en una red mesh. La elección del módulo XBee correcto pasa por escoger el tipo de antena (chip, alambre o conector SMA) y la potencia de transmisión (2mW para 300 pies o 60mW para hasta 1 milla) .

Los módulos Xbee son económicos, poderosos y fáciles de utilizar. Algunas de sus principales características son:

- Buen Alcance: hasta 300ft (100 mts) en línea vista para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro.
- 9 entradas/salidas con entradas analógicas y digitales.
- Bajo consumo <50mA cuando están en funcionamiento y <10uA cuando están en modo sleep.
- Interfaz serial.
- 65,000 direcciones para cada uno de los 16 canales disponibles. Se pueden tener muchos de estos dispositivos en una misma red.
- Fáciles de integrar. [4]



Figura 7. Módulo xbee.

3.3 Protocolo Zigbee

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. [4]

4. RESULTADOS

Se realizó la medición de manera electrónica y se comparó con el volumen del agua de lluvia depositado en el cono y medido con una jeringa de plástico graduada en ml, en la etapa final de este prototipo su objetivo, es recibir la información sin errores y desplegarla en una pantalla LCD; al mismo tiempo envía una señal

de salida que varía entre 4 y 20 mA, y que pudiera utilizarse con una variable de entrada del algoritmo de control y automatización del invernadero con PLC.

4.1 Pantalla lcd

El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Está gobernado por un microcontrolador el cual dirige todo su funcionamiento.

En este caso vamos a emplear un LCD de 16x2, esto quiere decir que dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una. Los píxeles de cada símbolo o carácter, varían en función de cada modelo.



figura 8.- Pantalla LCD 16x2.

4.2 CAS (circuito acondicionador de señal)

Para lograr que el dispositivo otorgue una señal de salida que varía entre 4 y 20 mA, es necesario utilizar un circuito acondicionador de señal, el cual tiene la función de convertir un rango de voltaje de 0 a 5 voltios, a un rango de corriente de 4 a 20 mA. El circuito utilizado se ilustra en la fig. 9

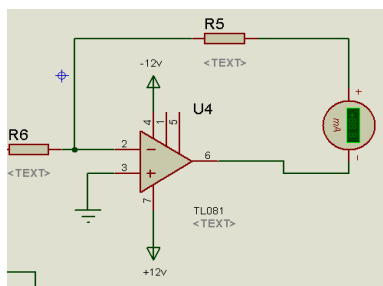


Figura 9.- CAS

5. CONCLUSIONES

Al concluir este proyecto, que forma parte de un **macroproyecto institucional** relacionado a la

automatización de la producción bajo invernaderos, varios profesores-investigadores pertenecientes al consejo de posgrado, la tesis se obtuvo como producto de la investigación realizada; además de un prototipo con un sistema de monitoreo inalámbrico **XBEE** de precipitación pluvial, desplegando la medición en una pantalla LCD en milímetros de nivel del agua con salida de 4 a 20 mA y de aplicación a los invernaderos; Cabe mencionar que los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y alta calidad requerida de los cultivos por los compradores, ante una situación climática muy cambiante, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año.[4]

El concepto de cultivos de hortalizas, bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de jitomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas en su nutrición para el desarrollo del cultivo.

Se cumplió el objetivo general de este proyecto, que es diseñar, construir y probar el funcionamiento de un prototipo compuesto de la integración de un pluviómetro de balancín, un par de módulos **XBEE/RF**, un módulo como dispositivo de electrónico de adquisición, procesamiento y transferencia de datos y otro microcontrolador como receptor y de despliegue de datos en la pantalla LCD. [4]

Para ello se siguió una metodología de diseño del tipo concurrente, que está relacionada con el carácter multidisciplinario de la ingeniería mecatrónica.

Se alcanzaron las metas propuestas ya que el prototipo mecatrónico que se diseñó y construyó permite monitorear la precipitación pluvial.

6. REFERENCIAS

- [1] Que es un pluviómetro?
<http://www.pluviometro.com>, sitio visitado 03-julio-2015
- [2] Pluviómetro de Balancín
http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD13_001.pdf, sitio visitado 03-julio-2015
- [3] Data sheet Microcontrolador PIC18F4550
<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC18F4550>
- [4] Módulos de RF ZigBee
<http://www.digi.com/products/xbec-rf-solutions>