

## Automatización de una mezcladora didáctica utilizando el internet de las cosas para su monitoreo

### Automation of a didactic mixer using the internet of things for monitoring

ROBLES-SOSA, Abigail Jezabel†\*, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y RODRIGUEZ-CHICO, Manuel

*Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chihuahua*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Abigail Jezabel, Robles-Sosa* / ORC ID: 0000-0002-4071-3908, Researcher ID Thomson: G-6009-2018, CVU CONACYT ID: 901088

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Luis Guillermo, Gallegos-Bañuelos* / ORC ID: 0000-0002-4804-6273, Researcher ID Thomson: G-6185-2018, CVU CONACYT ID: 455103

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Jesús José Nicolás, López-Herrera* / ORC ID: 0000-0001-8612-7261, Researcher ID Thomson: G-6518-2018, CVU CONACYT ID: 091818

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Manuel, Rodriguez-Chico* / ORC ID: 0000-0002-9615-1473, Researcher ID Thomson: G-5961-2018, CVU CONACYT ID: 341515

Recibido: Junio 25, 2018; Aceptado Septiembre 07, 2018

#### Resumen

La automatización otorga la oportunidad de realizar procesos continuos y eficaces en trabajos que son inseguros o incluso imposibles de realizar para las personas. En base a lo anterior, existe una tendencia en los últimos años hacia la comunicación entre el usuario y los sistemas automatizados por medio de Internet, debido a la facilidad en el envío de información desde cualquier lugar, haciendo posible el monitoreo en tiempo real. En el sistema propuesto se presenta el diseño del control de una mezcladora didáctica automatizada para monitoreo remoto a través de una conexión vía Internet con el uso de un sistema embebido, aplicación móvil y el concepto de internet de las cosas. El sistema está compuesto de un autómatas programable para el control, Interfaces de comunicación, bases de datos para el envío y recepción de información y una aplicación móvil como interfaz para el usuario. Con esto, se expone un ejemplo de la posibilidad de implementar este sistema en un proceso, haciéndolo más eficiente y seguro para el equipo y el operario debido al monitoreo remoto.

#### Abstract

Automation gives the opportunity to perform continuous and effective processes in jobs that are unsafe or even impossible for people to do. Based on the above, there is a trend in recent years towards communication between the user and automated systems through the Internet, due to the ease in sending information from anywhere, making real-time monitoring possible. In the proposed system the design of the control of an automated didactic mixer for remote monitoring through a connection via Internet with the use of an embedded system, a mobile application and the concept of the internet of things is presented. The system is composed of a programmable automaton for control, communication interfaces, databases for sending and receiving information and a mobile application as an interface for the user. With this, we present an example of the possibility of implementing this system in a process, making it more efficient and safe for the team and the operator due to remote monitoring.

#### Automatización, Internet, Monitoreo

#### Automation, Internet, Monitoring

**Citación:** ROBLES-SOSA, Abigail Jezabel, GALLEGOS-BAÑUELOS, José Luis Guillermo, LÓPEZ-HERRERA, Jesús José Nicolás y RODRIGUEZ-CHICO, Manuel. Automatización de una mezcladora didáctica utilizando el internet de las cosas para su monitoreo. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2018. 5-16: 1-8.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: ajrobles@itchihuahua.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La automatización nació de la necesidad de realizar un proceso de manera continua a tiempos exactos. Además, nos otorga la ventaja de no tomar en cuenta la inexactitud del ser humano a la hora de ejecutar el control del sistema y mantiene seguro al equipo y al operario de riesgos en el proceso.

Para lograr este control, es necesario el uso de sensores que permitan monitorear las variables y un controlador lógico programable (PLC) el cual interpreta las señales y las envía al actuador correspondiente, por medio de una lógica programada, elaborada de acuerdo a las necesidades del sistema.

Actualmente la producción de dispositivos electrónicos con la capacidad de conectarse a internet e interactuar entre ellos, nos dice la importancia del internet en nuestra vida diaria, por esto mismo es un hecho que un alto porcentaje de la población tiene acceso a internet y a uno o varios dispositivos electrónicos, tales como Smartphone (teléfonos inteligentes), laptops, tablets, etc. Esto da origen al concepto de Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés), el cual sugiere una tendencia hacia un mundo conectado completamente a internet.

Hasta ahora el IoT consiste en 7 billones de aparatos y se espera que para el 2020 ésta cifra aumente a 50 billones. Casi la mitad de estos consumidores tendrán un aparato conectado al internet, con lo cual el IoT será probablemente la mejor oportunidad para las industrias en un futuro, como proveedores clave para la conectividad entre los sensores, los aparatos, los centros de información y las personas. La industria 4.0 nos plantea la posibilidad de hacer una automatización y control utilizando los diferentes componentes que conforman un proceso interconectándolos entre sí a través de internet.

Dado lo anterior, surge el concepto de I<sup>2</sup>oT (Industrial Internet of Things, por sus siglas en inglés), el cual es el fundamento base para el desarrollo de sistemas de control en los que distintos elementos del proceso se encuentren interactuando por medio de internet y que, a la vez, se puede obtener información del estado actual del proceso con el fin de obtener una mayor eficiencia y mejoras futuras.

Para efectos de experimentación se decidió realizar la automatización de una mezcladora, en la cual se enlazan los conceptos anteriores incluyendo el desarrollo de una aplicación móvil, con el fin de aprovechar las ventajas que nos ofrece el internet de las cosas.

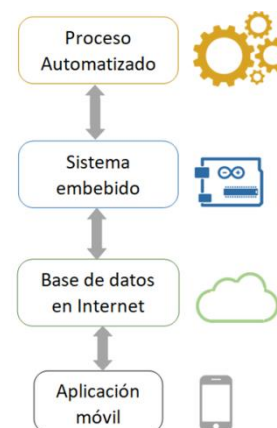
De una manera esquemática este sistema se divide en las siguientes partes con:

- Una Aplicación móvil.
- Una base de datos en un servidor web comercial.
- El prototipo de una mezcladora.
- Un microcontrolador (sistema embebido).
- Un controlador programable.

## Desarrollo

El enfoque que se le da a la investigación es de tipo aplicada ya que buscamos resolver un problema específico el cual consiste en el monitoreo de un proceso vía remota para la seguridad del equipo y el usuario, así como su comodidad.

Como método para el diseño e implementación del sistema de monitoreo a través del internet de las cosas y automatización en la mezcladora didáctica, se toma en cuenta las diferentes tecnologías que se utilizan siendo estas: sistemas embebidos, aplicaciones móviles, bases de datos y controladores lógicos donde cada uno es una fase de todo el sistema. Por ello se decidió dividirlo en cuatro partes como se muestra en la figura 1, al igual que el envío y recepción de información.



**Figura 1** Flujo de información

*Fuente: Elaboración propia*

Proceso automatizado

El proceso a monitorear y automatizar es un mezclado entre dos compuestos líquidos, los cuales deben ser suministrados desde sus depósitos hasta el tanque de mezclado por medio de bombas instaladas para cada uno.

Una vez llenado el tanque de mezclado con la proporción de líquido establecido, se deberá de encender una flama por medio de un transformador para la chispa y un suministro de gas que se accionará por medio de una electroválvula. Esta flama ayudará a elevar la temperatura de los líquidos en el tanque para calentarlos antes de ser mezclados.

Esta acción se propone como una medida para evitar una mala mezcla debido a la diferencia de viscosidad entre los líquidos, en dado caso que existiera.

Una vez alcanzada la temperatura determinada para iniciar la mezcla, se detendrá el suministro de gas y el conjunto motor-reductor encenderá y moverá los álabes que se encuentran dentro del tanque.

Después de un periodo de tiempo, el motor se detendrá y la mezcla regresará (en cierta cantidad) a uno de los depósitos con ayuda de una tercera bomba y una electroválvula, la cual bloqueará el paso hacia el otro depósito.

Una vez retornado la cantidad de mezcla en el primer depósito, otra electroválvula se abrirá para vaciar lo que quede de mezcla al otro depósito.

Los elementos de la mezcladora utilizada se presentan a continuación en la figura 2.

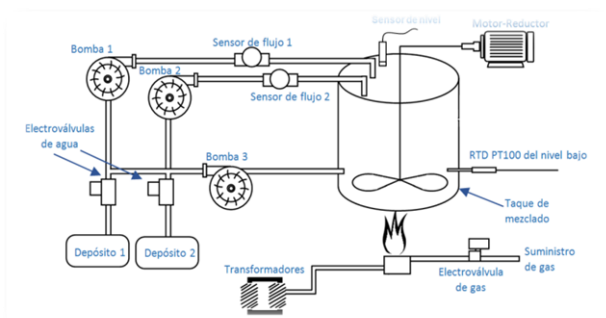


Figura 2 Diagrama esquemático de la mezcladora Fuente: Elaboración propia

Para elaborar este proceso automatizado se utilizó un PLC Allen Bradley 1100B el cual cuenta con 2 entradas analógicas, 10 entradas digitales y 6 salidas digitales. Además de esto, se colocó un módulo de salidas 1762-OW8 el cual cuenta con 8 salidas digitales extra.

Los sensores que se utilizaron fueron 2 sensores de pulso para el control de la mezcla, un sensor de nivel analógico para la descarga y un sensor PT100 para la medición de la temperatura.

La lógica del programa se desarrolló en base al proceso de mezclado descrito anteriormente. Siguiendo esta descripción, se elaboró un diagrama simple de la secuencia a seguir para realizar el programa el cual se muestra a continuación en la figura 3:

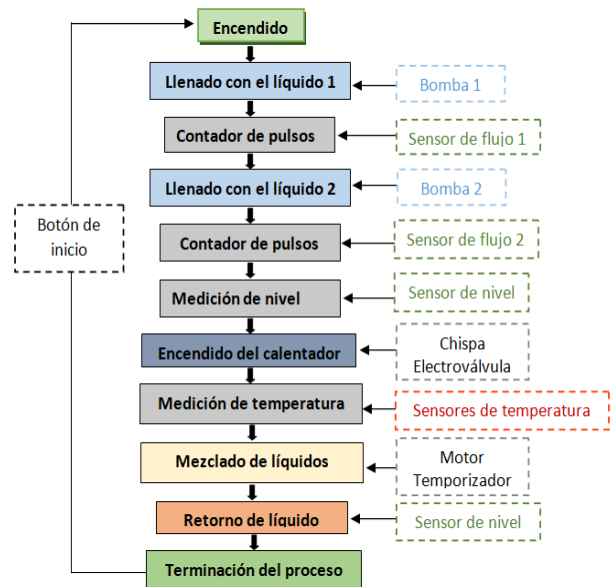
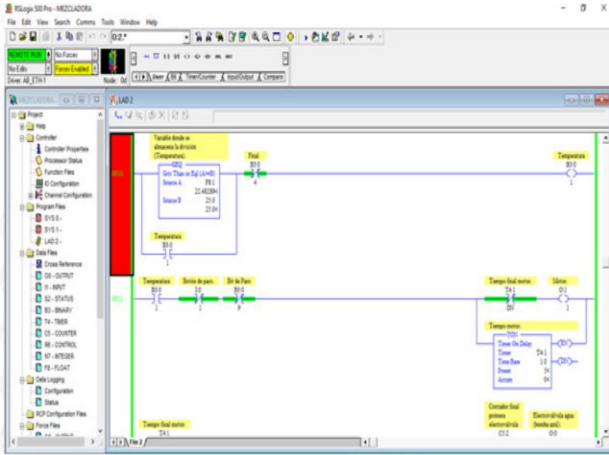


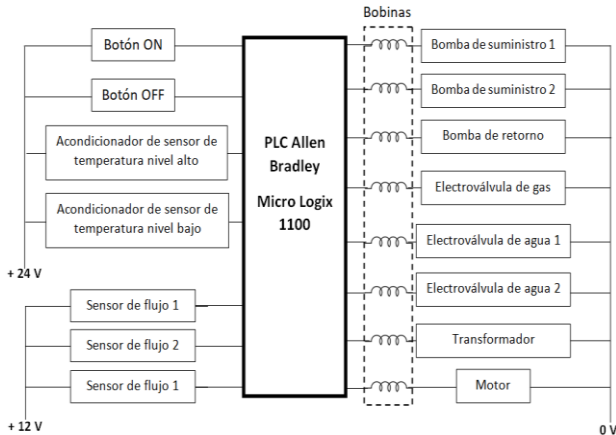
Figura 3 Diagrama de flujo del proceso. Fuente: Elaboración propia

Con base a este flujo del proceso se elaboró la lógica del programa el cual se grabó en la memoria del PLC por medio de comunicación Ethernet. En la figura 4 muestra parte del actual programa que controla el proceso.

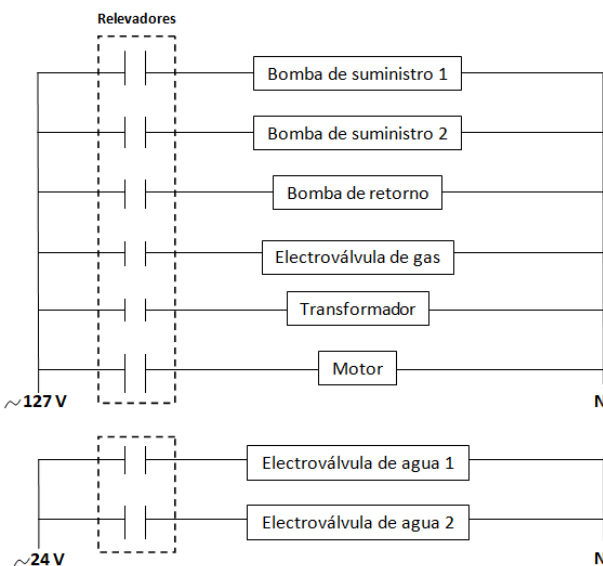


**Figura 4** Programa de PLC  
Fuente: Elaboración propia

Los diagramas de conexión de potencia y control de los sensores y actuadores del PLC se pueden observar en las figuras 5 y 6.

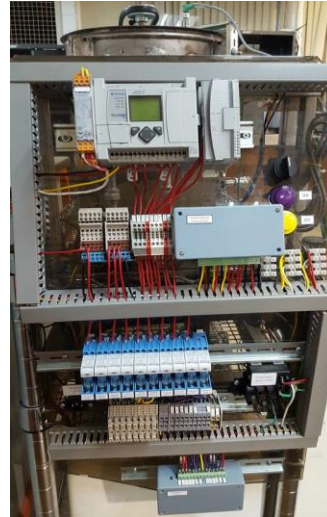


**Figura 5** Representación del esquema de control con las entradas del PLC  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6** Representación del esquema de potencia con las salidas del PLC  
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen (figura 7) se observa el módulo de automatización de la mezcladora con el internet de las cosas incluido.

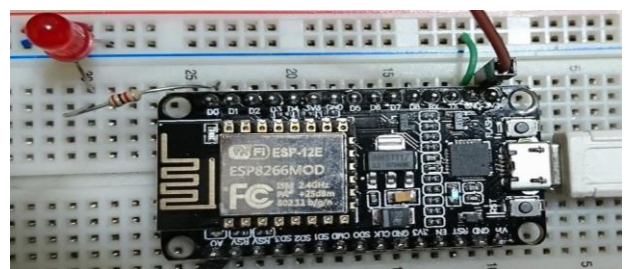


**Figura 7** Módulo de automatización e internet de las cosas  
Fuente: Elaboración propia

**Sistema embebido**

El sistema embebido que se utilizó fue un ESP8266 NODEMCU ESP12E el cual se basa en el lenguaje de programación LUA.

Este sistema cuenta con el módulo de WI-FI integrado, una entrada analógica y nueve GPIO (General Purpose Input/Output) digitales las cuales pueden ser cambiadas a salidas analógicas PWM (Pulse Width Modulation). Además, este módulo puede programarse desde el IDE de Arduino. El módulo se muestra a continuación en la figura 8.



**Figura 8** Sistema embebido  
Fuente: Elaboración propia

Para lograr la recepción de la información del PLC respecto al estado de los elementos del proceso, fue necesario elaborar un pequeño circuito el cual era alimentado por una fuente de 12 V y por medio de un regulador se bajaba hasta 9 volts para alimentar el módulo de Internet.

El sistema embebido tiene la función de enviar la información de las variables que se encuentren funcionando en el proceso y apagar la mezcladora desde la aplicación móvil, ya que encenderla, puede ser peligroso si un usuario llega estar cerca del proceso o que la mezcladora no se encuentre en una zona segura para operar.

Para poder enviar la información del PLC al ESP8266 ESP-12E, se usaron relevadores dobles los cuales encienden los actuadores a 127 V y mandan 3.3 V al microcontrolador.

Para mandar la señal del sistema embebido al PLC, para el apagado de la mezcladora y para manejar la señal analógica del PT100, se tuvieron que realizar cálculos para el eficiente manejo de voltajes y corrientes necesarios.

### Diseño del circuito del módulo de Internet

Para lograr apagar la mezcladora desde la aplicación móvil, es necesario usar un voltaje de 24 V, pero el módulo ESP8266 ESP12E sólo puede mandar 3.3 V con 12 mA.

Al medir la corriente de un relevador de 5 V nos arrojó una lectura de 75.4 mA. Para poder tener esta corriente se usó un transistor 2N4401 el cual tiene una ganancia de 100 a 300 siempre y cuando la corriente del colector este en el margen de 150 mA a 10 mA. Este relevador nos dará en la salida 24 V de lectura para el PLC.

La alimentación utilizada en el módulo es de 12 V por lo que es necesario el uso de una resistencia para tener 5 V en el relevador y además que nos limite la corriente a 75.4 mA y, también una resistencia de base para poner al transistor en saturación.

Los datos que se tienen son:

- Voltaje de alimentación =  $V_a = 12\text{ V}$
- Voltaje del sistema embebido =  $V_{se} = 3.3\text{ V}$
- Corriente del colector =  $I_c = 75.4\text{ mA}$
- Voltaje necesario del relevador =  $V_r = 5\text{ V}$
- Voltaje para conducción de base a emisor =  $V_{be} = 0.7\text{ V}$
- 

- Voltaje de colector emisor en saturación =  $0.2\text{ V}$ .
- Ganancia del transistor 2n4401 =  $\beta = \frac{300+100}{2} = 200$

Con los datos siguientes en la parte del colector se hace una suma de voltajes para conocer el voltaje que debe llevar la resistencia por lo que:

$$12 = 0.2 + V_{rc} + 5 \quad (1)$$

$$V_{rc} = 12 - 0.2 - 5 = 6.5\text{ V}$$

Ya que conocemos la corriente que es necesaria para activar el relevador, obtenemos con la ley de ohm la resistencia de colector que debe llevar:

$$R_c = \frac{6.5\text{ V}}{75.4\text{ mA}} = 82.2806\ \Omega \quad (2)$$

Se selecciona una resistencia de  $100\ \Omega$

Para poder saber la resistencia de la base se hace una sumatoria de voltajes:

$$3.3 = 0.7 + V_{rb} \quad (3)$$

$$V_{rb} = 3.3 - 0.7 = 2.6\text{ V}$$

Para obtener la resistencia de la base se utiliza la siguiente ecuación.

$$I_c = \beta I_b \quad (4)$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

Ya que la ganancia tiene un rango se multiplica por dos la corriente del colector y así el transistor queda saturado sin problemas.

$$I_b = \frac{2(I_c)}{\beta} \quad (5)$$

Sustituyendo datos.

$$I_b = \frac{2(75.4\text{ mA})}{200} = 0.754\text{ mA}$$

Teniendo la corriente de base se utiliza la ley de ohm y se obtiene la resistencia de base.

$$R_b = \frac{2.6\text{ V}}{0.754\text{ mA}} = 3.448\text{ K}\Omega \quad (6)$$



Con este resultado se selecciona una resistencia de 3.3 K $\Omega$ .

El acondicionador de señal del PT 100 nos envía de 0 a 10 V, pero el ESP8266 ESP12E sólo lee hasta 3.3 V con una resolución de 1023 bits; para eso es necesario el uso de un divisor de tensión, en el cual se selecciona una resistencia de 10 K $\Omega$ .

Datos:

- Voltaje máximo del PT100 =  $V_p = 10\text{ V}$
- Voltaje en la resistencia  $R_2 = V_{R_2} = 3.3\text{ V}$
- Resistencia de diseño =  $R_2 = 10\text{ K}\Omega$

Utilizando la fórmula de divisor de voltaje:

$$- V_p = \frac{R_2(V_p)}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

Sustituyendo los valores:

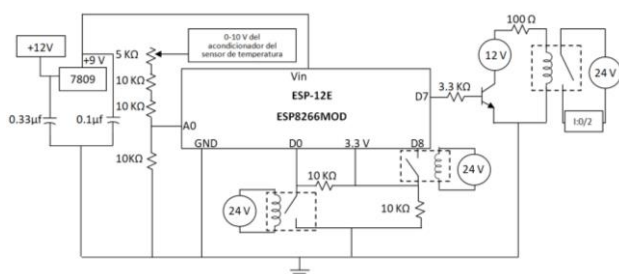
$$3.3\text{ V} = \frac{10\text{ K}\Omega(10\text{ V})}{R_1 + 10\text{ K}\Omega}$$

Despejando:

$$R_1 = \frac{10\text{ K}\Omega * 10\text{ V} - 33\text{ K}\Omega}{3.3\text{ V}} = 20.3030\text{ K}\Omega$$

Para esto se usaron dos resistencias de 10 K $\Omega$  y además de eso un potenciómetro de 5 K $\Omega$  para afinar la temperatura enviada a la aplicación móvil respecto a la del PLC.

A continuación en la figura 8, se muestra el diagrama del circuito:



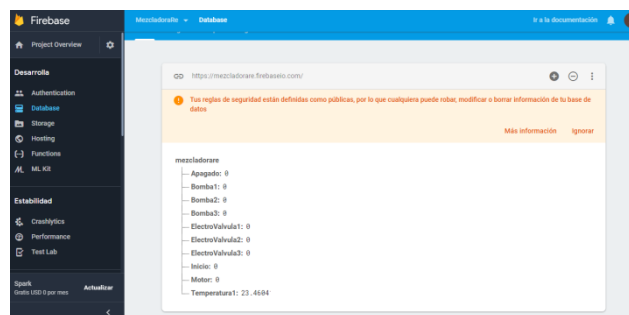
**Figura 8** Circuito de internet para envío y obtención de información

Fuente: Elaboración propia

## Base de Datos

El uso que se le dio a la base de datos es únicamente almacenar los estados de cada dispositivo y comunicarlos entre el sistema embebido y el dispositivo móvil.

Mediante el uso del servicio de Google Firebase con la librería 18.0.0 se crearon las variables necesarias que llevará la aplicación móvil y el sistema embebido. A continuación se muestra en la figura 9 el proyecto utilizado en FireBase:



**Figura 9** Base de datos en Firebase.

Fuente: Elaboración propia

Para indicar el estado de los dispositivos encendido/apagado (tales como son las bombas de agua, la electroválvula de gas, las electroválvulas de agua y el motor), se utilizó el tipo de variable Booleana y para indicar el estado del proceso de mezclado (encendido/apagado). Para el sensor de temperatura se utilizó una variable tipo Float para poder mostrar el valor completo del PT100.

## Aplicaciones Móviles.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó Android Studio, el cual es el IDE de desarrollo de aplicaciones oficial para Android y es gratuito a través de una licencia. Este software se programa en XML para la interfaz e interacción con el usuario, mientras que la lógica y funciones se programan en JAVA haciendo conexión una con la otra.

La interfaz que se diseñó para la aplicación se hizo de manera que con ayuda de imágenes fuera sencillo ver el estado de las variables seleccionadas de tal manera que cuando una de las variables esté encendida, la imagen tenga color. Para la temperatura sólo se acordó que se viera el valor para que fuera sencilla su lectura.

En otra vista se elaboró un diagrama del proceso donde los íconos de los elementos también muestran esta característica al estar encendidos. La aplicación se desarrolló para versiones de Android 6 o mayores (Marshmallow).

En la figura 10 se muestra la aplicación móvil desarrollada teniendo dos pantallas una que enlista los elementos de la mezcladora y otra en forma de diagrama.

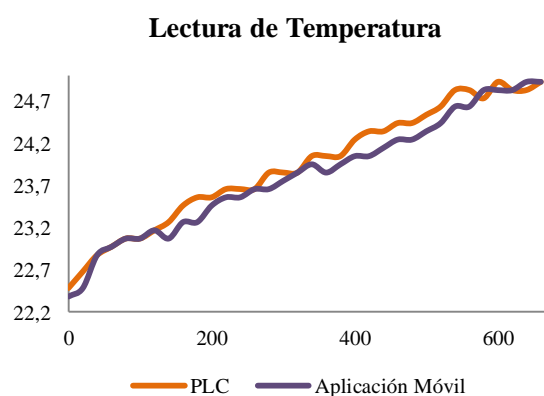


**Figura 10** Aplicación móvil desarrollada  
Fuente: Elaboración propia

## Resultados

Se tomaron los valores que marcaban el PLC y la aplicación móvil mandados por el acondicionador de señal del PTC 100. Estos valores de temperatura se compararon respecto a mediciones de tiempo cada 20 segundos. Además, se calculó el error que se tenía, sus valores máximos y mínimos y su porcentaje de error (el cual fue de 4 %).

Estos datos se recabaron y con ellos se graficó el valor de la temperatura del PLC y la aplicación móvil respecto al tiempo como se puede ver en la gráfica 1:



**Gráfica 1** Temperatura contra tiempo (PLC, aplicación móvil)

Fuente: Elaboración propia

ISSN: 2410-3454

ECORFAN® Todos los derechos reservados

También se graficó el error que se obtuvo de las dos lecturas respecto al tiempo el cual se puede ver en la gráfica 2:



**Gráfica 2** Error respecto al tiempo con valor máximo y mínimo

Fuente: Elaboración propia

## Agradecimiento

Al Instituto Tecnológico de Chihuahua por el apoyo brindado en el desarrollo del proyecto.

## Conclusiones

En este proyecto se comprobó la factibilidad de realizar el monitoreo de un proceso automatizado mediante un PLC vía internet a través de una aplicación móvil y una base de datos. Este sistema nos brinda la posibilidad de ver el estado de las variables en un tiempo real aceptable además de un control de seguridad por medio de la aplicación móvil protegiendo al equipo y a las personas.

El uso de los softwares como Arduino IDE y Android Studio nos permite el desarrollo de aplicaciones que necesitan comunicación vía remota por medio de una base de datos ya que provén un fácil enlace debido a sus librerías de Firebase.

La aplicación móvil que se desarrolló nos permite el uso de pantallas con interfaz-máquina-humano (HMI), de manera que resulta intuitivo su uso.

El prototipo usado nos provee de una integración de diferentes áreas de conocimiento aplicado, en las cuales se encuentra el campo de automatización, redes, aplicaciones móviles, sistemas embebidos, internet de las cosas, entre otras.

El proyecto da hincapié a la importancia del concepto de IOT en la industria y reitera el nuevo modelo industrial revolución 4.0 que se implementa hoy en día.

### Referencias

- Arrián Salas, S. (2015). Todo sobre sistemas embebidos. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias aplicadas.
- Arroyo, N. (2011). Información en el móvil. Editorial UOC.
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (1988) Autómatas programables. Barcelona: Marcombo.
- Barrientos, A., & B., G. (2014). Sistemas de Producción Automatizados. Madrid: Dextra Editorial.
- Bray T., P., Sperberg-McQueen, C. M., & Maler, E. &. (1997). Extensible markup language (XML). World Wide Web Journal , 27-66.
- Ceballos Sierra, F. J. (2006). Java 2 Lenguaje y aplicaciones. España: RA-MA Editorial.
- Celaschi, F. (2017). Advanced design-driven approaches for an Industry 4.0 framework: The human-centred dimension of the digital industrial revolution. . Strategic Design Research Journal , Volumen: 10, pp 9.
- Daneri, P. A. (2008). Automatización y Control Industrial. Buenos Aires - Argentina: Editorial: HASA.
- Erazo Soria, P., & Vizquete Benitez, R. (2011). Diseño y construcción de una mezcladora industrial para la elaboración de vino de frutas con capacidad de 2000 litros. Escuela Politécnica Nacional.
- Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2016). Cloud-assisted industrial internet of things (iiot)-enabled framework for health monitoring. Computer Networks , 101,192-202.
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons.
- Mundolinux, E. (2012). Área de programación y desarrollo. Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de Manual de XML: <http://www.mundolinux.info/que-es-xml.htm>
- NodeMcu. (2014). NodeMcu. Recuperado el 09 de Marzo de 2018, de NodeMcu: [http://www.NodeMcu.com/index\\_en.html](http://www.NodeMcu.com/index_en.html)
- OMEGA. (2013). Spectris Company. Recuperado el 05 de Marzo de 2018, de OMEGA a Spectris Company: <https://mx.omega.com/prodinfo/rtd.html>
- Pallás Areny, R. (2003). Sensores y acondicionamiento de señales. España: Publicación Digital S.A.
- Revelo, J. (22 de Agosto de 2014). Hermosa Programación. Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de Básico del lenguaje XML: <http://www.hermosaprogramacion.com/2014/08/xml-lenguaje/>
- Sönmez, M. (14 de Mayo de 2018). WORLD ECONOMIC FORUM. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de We need a new Operating System for the Fourth industrial Revolution: <https://www.weforum.org/agenda/2018/05/society-reboot-operating-system-fourth-industrial-revo>
- Torrente Artero, O. (2013). Arduino curso práctico de formación. México: Alfaomega.
- Votinov, M. V., & Ershov, M. A. (2018). Information systems: Characteristics of an IIoT concept implementation at a fish processing enterprise. Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1015, No. 4, p. 042011). IOP Publishing.
- Zamora, J. A. (19 de Mayo de 2016). El Androide Libre S.L. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html>