

Sistema para control de llenado de botellones

Esmeralda Rivera^{1*}, Gabriel Chavira², Carlos Ramírez¹ y Ángeles Ahumada¹

Ingeniería Electrónica¹, Facultad de Ingeniería²

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco¹, Universidad Autónoma de Tamaulipas²

Pánuco, Ver.¹, Tampico, Tam.²; México

[*esmeralda.rivera, carlos.ramirez, angeles.ahumada]@itspanuco.edu.mx¹, gchavira@uat.edu.mx²

Abstract— The present proposal aims to design and develop an ON-OFF prototype to automatically control the process of filling water bottles, using a Raspberry Pi 3 model B card and several components that can be easily purchased and are also inexpensive. The methodology used for the design of the hardware was the one called "Top-down", which consists of starting from an idea and increase the level of detail until obtaining the expected prototype. Nowadays, in the process of filling bottles at "My Water" Company, an estimate of half liter of water is lost per bottle when making manual change. The results in the implementation tests of the automated prototype avoid this waste of water, equivalent to 600 liters per month.

Keywords— *Raspberry Pi, Sensors, ON-OFF Control*

Resumen—La presente propuesta tiene como objetivo diseñar y desarrollar un prototipo tipo ON-OFF para controlar en forma automática el proceso de llenado de botellones de agua, utilizando una tarjeta Raspberry Pi 3 modelo B y varios componentes que se pueden adquirir de manera sencilla y también son económicos. Se utilizó la metodología llamada "Top-down" para el del diseño de hardware, la cual consiste en partir de una idea e incrementar el nivel de detalle hasta obtener el prototipo deseado. Actualmente, en el proceso de llenado de botellones en la empresa "My Water", se pierde un estimado de medio litro de agua por botellón en el cambio manual. Los resultados en las pruebas de implementación del prototipo automatizado evitan ese desperdicio de agua, equivalente a 600 litros mensuales.

Palabras claves— *Raspberry Pi, Sensores, Control ON-OFF*

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años atrás, las empresas nacionales cuentan con procesos de automatización, lo cual ha permitido que en el sistema de producción se tenga un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, evitando el desperdicio de materia prima, mejorando los costos de fabricación, la calidad y continuidad de los procesos para la elaboración de los productos, liberando al ser humano de tareas monótonas y peligrosas [1].

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados [2]

Un sistema de control está formado por subsistemas y procesos (o plantas) unidos con el fin de controlar la salida de dichos procesos. Con un sistema de control se puede mover equipos grandes con una precisión que de otra forma sería imposible [3].

En la ciudad de Pánuco, Ver; existen aproximadamente 10 purificadoras de agua y una de ellas denominada "My Water", es la que se presenta como caso de estudio, la cual está dedicada al tratamiento y envasado de agua para consumo humano. La empresa "My Water", cuentan con 3 líneas de producción (válvulas manuales para llenado de botellones con agua), con una producción de 50 botellones diarios (950 litros/día) y se laboran 6 días a la semana. La empresa tiene la problemática de que cuando están llenando las 3 líneas y no se tiene toda la atención a dicho proceso, se sobre pasa el llenado y derraman líquido, es aquí donde el prototipo desarrollado se puede considerar como una alternativa para evitar dicho desperdicio, ya que el sistema va a permitir la programación del flujo de agua a los botellones. Es importante comentar que el prototipo resulta muy económico comparado con otros sistemas de operación similar encontrados en el mercado, otra característica a resaltar como factor de innovación, es la implementación de partes electrónicas de fácil adquisición en el mercado local.

Esta herramienta tecnológica va a permitir disminuir el desperdicio del agua y el tiempo en el llenado de los botellones, por lo que la empresa incrementará su producción a través de su implementación.

Como aporte, en el presente artículo se describen los elementos necesarios para armar el prototipo, se muestran las etapas de integración, se presenta parte del programa desarrollado en ambiente Python, el cual controla la apertura de válvula, la identificación del botellón en el lugar de llenado y el control de llenado limite. Se presentan estimaciones de los consumos de agua a reducirse una vez instalado y estar operando en un periodo determinado de análisis.

II. ANTECEDENTES

El agua es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es una parte importante de las riquezas de un país; por ello se debe aprender a no desperdiciarla. Es bien sabido por todos que el agua es indispensable para la vida y que si se deja de tomarla se corre el peligro de morir en pocos días. “Los seres vivos moran inmersos en el agua o en el aire. En su interior son, en gran medida, agua: en el agua se originó la vida y de ella sigue dependiendo” [4].

Hoy en día existen muchos textos relacionados con el tema de embotellado de líquidos [5]. Existen en el mercado sistemas con bandas transportadoras y brazos robóticos que realizan diferentes secuencias específicas para controlar el llenado de botellas, pero implementan tecnología de alto costo [6].

III. MARCO TEÓRICO

Para comprender el funcionamiento del prototipo del sistema de control para el llenado de botellones, es necesario conocer los elementos que participan en su composición como la tarjeta Raspberry Pi 3 modelo b, el sensor fotoeléctrico, el sensor modelo reflectivo, el sensor de proximidad capacitivo y la válvula solenoide.

A. Raspberry Pi 3

La Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida o computador de placa simple (SBC) de bajo costo, el tamaño es similar a una tarjeta de crédito, fue desarrollado en reino Unido por la fundación Raspberry PI [7], con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas [8]. En la figura 1 se observa un Sistema Raspberry Pi 3 modelo b, que es la que se utilizó en el prototipo desarrollado.

La Raspberry puede medir valores ambientales al recibir información de variedad de sensores y controlar actuadores. La programación es sumamente amigable ya que se puede utilizar como cualquier otro sistema que permita compilar en Linux como Java, usa de manera nativa Python, siendo este el lenguaje con el que está hecho Raspbian, incluyendo las librerías oportunas de C, y con el que se permite el mayor acceso a los sistemas físicos del dispositivo.

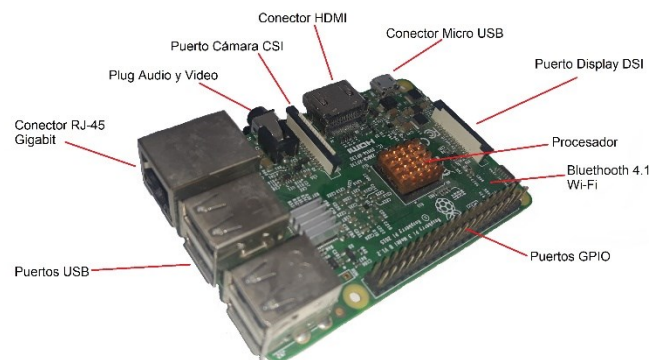


Fig. 1. Sistema Raspberry Pi 3 Modelo B.

B. Sensor fotoeléctrico

Un sensor es un dispositivo que responde a propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc.; generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente las señales obtenidas a partir de un sensor son de pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en aspectos de amplificación y filtrado [9].

Los detectores fotoeléctricos, son dispositivos que utilizan medios ópticos y electrónicos para la detección de objetos. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera luz, y un componente fotosensible que recepta esta luz generada por el emisor. La detección ocurre cuando el haz de luz es interrumpido o reflejado por el objeto que está siendo detectado [10]. En la figura 2 se puede observar un sensor fotoeléctrico.



Fig. 2. Sensor Fotoeléctrico

C. Sensor Modelo Reflectivo.

En el sensor reflectivo, la luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios [11].

El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados [12]. En la figura 3, se observa la forma de operación del sensor reflectivo.

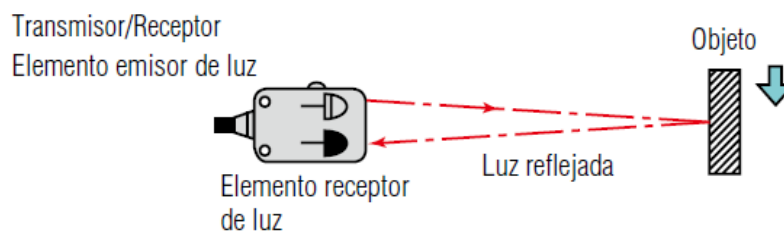


Fig. 3. Operación de Sensor reflectivo

D. Sensor de proximidad capacitivo

Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector [13]. Los diferentes tipos de sensores de proximidad, así como los detectores capacitivos están construidos en base a un oscilador RC [14].

El sensor capacitivo es un interruptor electrónico que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado. En la figura 4 se muestra un sensor de proximidad capacitivo.



Fig. 4. Sensor capacitivo.

E. Válvula solenoide

Es una válvula eléctrica utilizada para controlar el paso de gas (sistemas neumáticos) o fluidos (sistemas hidráulicos). La válvula solenoide puede usarse para controlar el flujo de muchos fluidos diferentes, dándole la debida consideración a las presiones y temperaturas involucradas, la viscosidad del fluido y la adaptabilidad de los materiales usados en la construcción de la válvula [15]. En la figura 5 se muestra una válvula solenoide.



Fig. 5. Válvula solenoide.

IV. METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología “Top-down”, que ofrece como ventaja que la información se estructura en forma modular. Como el diseño se realiza a partir del sistema completo y se subdivide en módulos, permite que las subdivisiones se realicen de forma que los mismos sean funcionalmente independientes.

Las etapas que se siguieron para el desarrollo del prototipo fueron: realizar un análisis de prototipos relacionados al propuesto con el propósito de evaluar el aporte e innovación de la propuesta presentada, se identificaron, estudiaron y evaluaron todos los componentes del prototipo para hacer la integración de los mismos, se realizó el software de control para el llenado de botellones y finalmente se realizaron las pruebas de integración del hardware y el software. En la figura 6, se muestran las etapas que se siguieron para el desarrollo del prototipo.

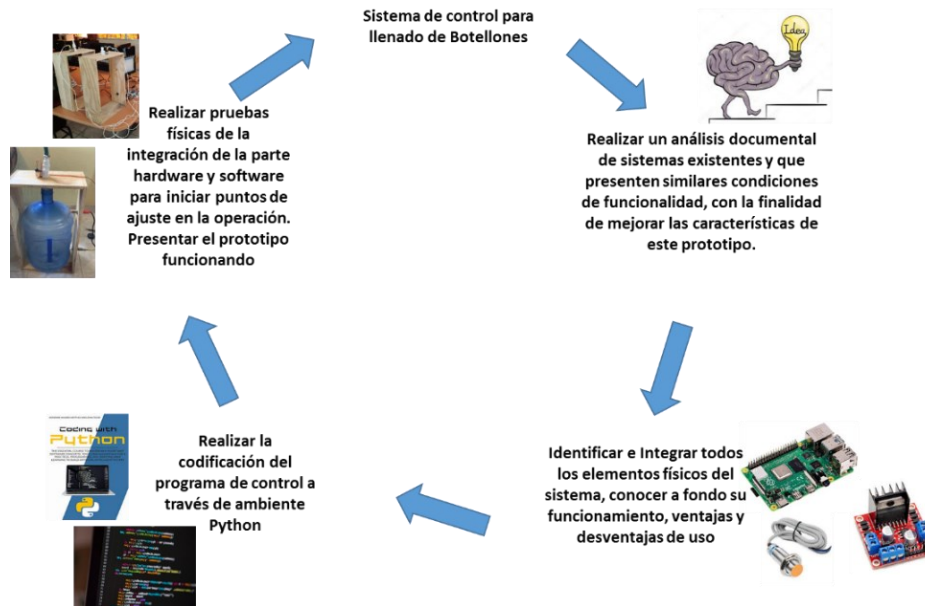


Fig. 6. Mapa de procesos para integración de Prototipo.

V. RESULTADOS

Toda la parte de la lógica para control on-off, se desarrolló en el sistema Raspberry, bajo el ambiente de programación Python, el cual es de una sintaxis muy amigable en la incorporación de nuevas instrucciones. En la figura 7 se muestra parte de la programación desarrollada.

```

1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3
4 GPIO.setwarnings(False)
5 GPIO.setwarnings(GPIO.BCM)
6
7
8 foto = 13
9 sensor = 25
10
11 GPIO.setup(foto, GPIO.IN)
12 GPIO.setup(sensor, GPIO.IN)
13
14 while 1:
15     lec_foto = GPIO.input(foto)
16     lec_sensor = GPIO.input(sensor)
17
18
19     else:
20         GPIO.output(5, True)
21
22 GPIO.cleanup(5)
    
```

Fig. 7. Código desarrollado en ambiente de programación Python.

En su fase inicial al prototipo se le incorporó el sistema Raspberry Pi modelo 3 y se armó en placa protoboard la sección de control de actuadores y sensores; esto con la finalidad de poder hacer pruebas eléctricas de activación de los sensores y la válvula solenoide, tal como se muestra en la figura 8.

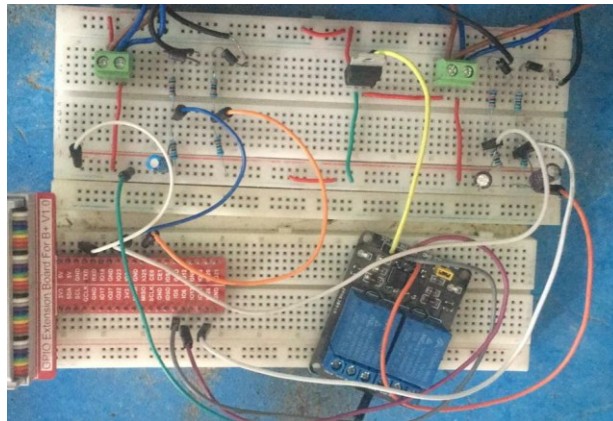


Fig. 8. Armado de circuito en protoboard.

Así también, se diseñó la sección de control en software de simulación de circuitos electrónicos y de placa fenólica, misma que permitirá tener un mejor orden e identificación de los puntos de conexión para cada elemento de entrada y salida, tal como se observa en la figura 9.

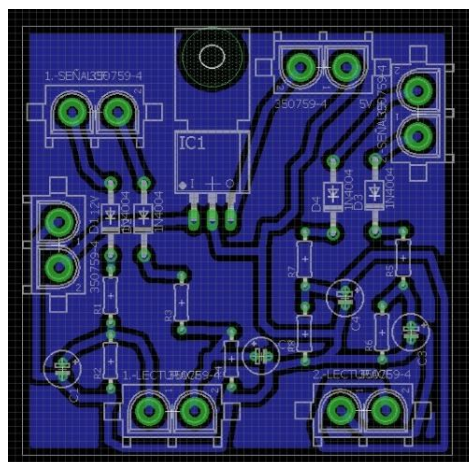


Fig. 9. Diseño de placa fenólica para control, en software de simulación.

Como se puede observar en la figura 10, posteriormente se construyó una cabina de prueba en madera, a la cual se le colocaron una electroválvula y dos sensores; uno óptico y uno capacitivo. Los cuales, el primero detectará la presencia del botellón colocado en la posición de llenado y el segundo controlará el llenado del mismo. Es decir una vez que el sistema Raspberry Pi, detecte a través del sensor fotoeléctrico el recipiente en el lugar correcto, manda activar la electroválvula para que ingrese el agua. En cuanto el sensor de arriba detecte el nivel configurado como lleno, confirmará al sistema de control que desactive la electroválvula. Quedando en un punto de retorno inicial.

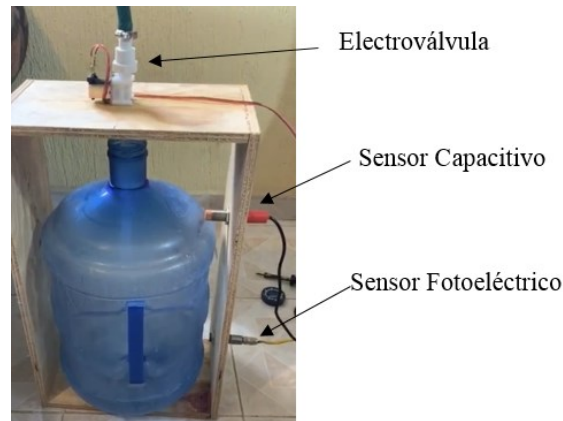


Fig. 10. Cabina construida para pruebas de prototipo.

Como parte de las pruebas de operación realizadas ya con el prototipo, se energizó todo el sistema es decir se activó el módulo Raspberry Pi, se alimentó en forma eléctrica a cada uno de los sensores ubicados en la cabina, se colocó el recipiente en la posición de detección del sensor fotoeléctrico, el cual se configuró a una distancia de 1.5cm de la cara del sensor y la posición del botellón. Una vez detectado, pasa un tiempo de unos segundos para confirmar que si está en posición el bote y ejecuta la instrucción de apertura de la válvula solenoide para que inicie el llenado del recipiente. Una vez alcanzada la altura del sensor capacitivo, el cual está configurado a una distancia de 1cm de la cara del sensor al botellón; este dispositivo detecta que ya se encuentra el llenado a su altura de sensado y solicita al sistema Raspberry Pi, mandar cerrar la electroválvula. El prototipo en funcionamiento fue presentado el área de investigación del ITSP, tal como se observa en la figura 11.



Fig. 11. Entrega de prototipo.

Actualmente en el proceso de llenado se pierde un estimado de ½ litro de agua por botellón en el cambio de botes, ya que el operador no cierra las llaves solo mueve cada uno de los botes llenos y rápido coloca el nuevo vacío. Por lo tanto, se pierde un aproximado de 25 litros de agua diaria, 150 litros semanales y 600 litros mensuales, equivalente al llenado de 8 botellones más semanales y 32 mensuales, por lo tanto con la implementación del prototipo se logrará ahorrar el desperdicio que actualmente existe, logrando producir mayor cantidad de botellones.

Dentro de las actividades comentadas con la empresa “My Water”, se acordó que se habilitará el sistema de Automatización de llenado de botellones en dos de sus tres líneas de producción que cuentan

actualmente. Así también, se dará una capacitación a los usuarios del sistema, se entregará un manual de usuario y técnico.

VI. CONCLUSIONES

Se puede resumir que actividades como ésta permite a los alumnos y docentes, aplicar todas las habilidades y destrezas adquiridas durante el desarrollo de la carrera de Ingeniería Electrónica; y sobre todo es posible comprobar en situaciones reales, los cálculos de diseño, los armados de los diferentes circuitos, la integración de programación, la incorporación de elementos finales de control y elementos de entrada. Es así, como es posible dar soluciones reales a problemáticas de la vida cotidiana como se está haciendo con la empresa “My Water”, en donde se demuestra claramente el ahorro significativo en el agua, la cual es su materia prima principal y con la que se podrían producir hasta 32 garrafrones semanales.

REFERENCIAS

- [1] G. A. Ortiz Chimbolema, «Repositorio Universidad Técnica de Ambato,» 10 Octubre 2020. [En línea]. Available: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28964/1/Tesis_t1511ec.pdf.
- [2] «Universidad Politécnica de Catalunya,» pp. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf>, 2001.
- [3] N. Nice, «Sistemas de Control para Ingeniería,» México: Continental., 2004.
- [4] M. Guerrero Legarreta, El Agua, México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2012.
- [5] S. Zuñiga, «Sistema automático de embotellado supervisado desde una PDA,» Entre Ciencia e Ingeniería, ISSN 1909-8367, pp. 21-40, 2012.
- [6] A. L. Campoverde Rodríguez, «Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil,» 31 Octubre 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2805>.
- [7] U. d. Cambridge, 2011.
- [8] U. P. d. Valencia, «Historia de la Informática,» 2013. [En línea]. Available: <http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi>.
- [9] J. A. Velásquez, «Los sensores en la producción,» Marcombo, 2003.
- [10] E. García, «Automatización de Procesos,» Alfa omega, España, 2003.
- [11] Keyence, p. <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/>, 2018.
- [12] J. Castro De la Cruz, «Tesis Estudio de un sistema de supervisión remota de seguridad en edificaciones utilizando la red GPRS.,» dspace.unach.edu.ec: , 2012.
- [13] Freire, «Automatización de una planta de Agregados con un PLC S7-300 y variaciones de velocidad controlados desde un software Scada.,» 2014.
- [14] D. ELECTRONICA, Sensores de proximidad, 2012.
- [15] E. Emerson, «Emersom Climate Technologies.,» 2013.