

SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE UNA CÁMARA DE GERMINACIÓN HIDROPÓNICA UTILIZANDO EMAIL BASADO EN NODE-RED.

Urquijo, Rubén R., Marinelli, Marcelo J.

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales.

Universidad Nacional de Misiones.

Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones

chinourquijo@gmail.com; marcelomarinelli@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es implementar sobre un sistema de cultivo hidropónico, funcionalidades de IoT (*Internet of things*, Internet de las cosas). Con esto, se pretende sacar provecho del auge que está teniendo dicha tecnología en distintos ámbitos, y aplicarlo a la cámara de germinación hidropónica desarrollada en [1].

La idea principal es poder interactuar, mediante el uso de un software especial para IoT, con el controlador que obtiene información de los sensores de temperatura, humedad y nivel de nutrientes de la cámara, utilizando la comunicación con la cámara vía Twitter y E-mail [2] para la obtención de los valores al instante de la medición de estas variables. De la misma manera, el controlador enviará alertas a las cuentas de Twitter y E-mail configuradas cuando los valores de temperatura, humedad y nivel de nutrientes superen o estén por debajo de los umbrales establecidos en [1].

Palabras clave: *Hidroponía, Internet de las Cosas, Web Services, E-mail, Twitter, Raspberry Pi.*

CONTEXTO

Este trabajo se encuentra enmarcado en el “Programa de Investigación en Computación” del Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones; también posee vínculos con el Doctorado en Ciencias Aplicadas y la Maestría en Tecnologías de la Información de la misma casa de estudios.

Puntualmente, este trabajo es un avance de la Tesis de Maestría denominada “Internet de las

Cosas (IoT) aplicada a un sistema de monitoreo de una cámara de germinación hidropónica.”

En el presente trabajo, lo que se quiere realizar es la elaboración de un prototipo para poder comunicarse con la plataforma IoT. Para ello se necesitará una cuenta de E-mail y una cuenta de Twitter previamente creadas para los fines del trabajo.

Las personas que interactúen con la plataforma, podrán recibir información mediante un mensaje personalizado que llegue a sus cuentas, ya sea de mail o twitter con el objetivo de conocer los valores que posean las variables de Temperatura, Humedad y nivel de Nutrientes de la cámara hidropónica realizada en [1]. Básicamente, la idea es agregar a lo realizado en [3] la posibilidad que las personas puedan interactuar con la plataforma IoT mediante el envío de un mail o un tweet; los cuales serán creados para tal fin. La plataforma, de acuerdo a unas palabras claves definidas previamente, deberá armar la respuesta para enviársela nuevamente a la persona que haya realizado la consulta. Si la consulta llega a la plataforma vía mail, la respuesta vuelve por la misma vía. Si la misma es recibida a través de Twitter, la respuesta llegará como respuesta al tweet, “*arrobando*” al usuario que realiza la consulta.

De la misma manera, cuando por motivos desconocidos para la plataforma se detecten valores anormales que pongan el peligro el cultivo, debe generarse una alarma automáticamente con el objetivo de avisar dicha anomalía. Esta alarma se disparará hacia las cuentas de mail y twitter avisando que la cámara requiere su atención.

Hidroponía.

La hidroponía puede considerarse como un conjunto de técnicas que permitirá el cultivo de plantas sin suelo. Puede permitir en estructuras simples o complejas, la producción de plantas (principalmente, de tipo herbáceo) aprovechando sitios o lugares como azoteas, invernaderos climatizados, suelo infértiles, etc. [4] Por medio de una solución de nutrientes aportan el alimento que se necesario para el desarrollo de las plantas. Los elementos químicos esenciales se diluyen en agua y son transportados por diversas técnicas a los soportes de las plantas. El término hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) [5]. A partir de este concepto, se han desarrollado técnicas que se sustentan en sustratos (medios para sostener a las plantas) o sistemas que aportan soluciones de nutrientes, ya sea de manera estática o circulante, sin perder de vista las necesidades básicas de la planta, como ser humedad, temperatura, agua y nutrientes.

Cuando se emplea esta técnica de cultivo, las raíces absorben una solución rica en nutrientes, necesarios para su crecimiento, y concentraciones equilibradas diluida en agua. Dicha solución dispone de todos los elementos químicos necesarios para que la planta tenga un correcto desarrollo. De esta manera, la planta podrá crecer en una solución mineral únicamente, o en un medio inerte, como ser arena, fibra de coco o lana de roca, entre otros [6].

En condiciones normales, el suelo es quien actúa como reserva de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para el crecimiento de la planta. Cuando los nutrientes minerales que posee la tierra se diluyen en agua, las raíces son capaces de absorberlo. Cuando estos nutrientes son incorporados dentro del suministro de agua de la planta, ya no es necesario el suelo para que la planta se desarrolle y crezca. Con esto, cualquier planta que se cultiva por el método de siembra directa (Figura 1), puede cultivarse también mediante la utilización de la hidroponía, aunque haya algunas que puedan crecer con mayor celeridad y mejores resultados que otras.



Figura 1. Método de siembra directa.

En la actualidad, esta actividad está teniendo un gran auge en países donde las condiciones para la agricultura resultan desfavorables. Combinando ésta técnica con un buen manejo de invernadero, es posible alcanzar rendimientos muy óptimos con relación a los que se pueden obtener en cultivos a cielo abierto.

Es una manera simple, sencilla y de un costo muy bajo para producir vegetales de rápido desarrollo y, por lo general, ricos en elementos nutritivos. Con esta técnica de agricultura a pequeña escala, se usan los recursos y medios que las personas tienen a mano, como ser materiales de desecho, espacios inutilizables y tiempo libre.

La hidroponía ha conseguido estándares comerciales y algunos alimentos, plantas decorativas y jóvenes plantas de tabaco se cultivan de esta manera, debido en gran parte a la falta de suelos adecuados, suelos contaminados que pueden producir enfermedades a las plantas o la utilización de aguas subterráneas que degradan la calidad de los suelos.

Cuando no se utiliza el suelo como lugar de crecimiento de la planta, no se cuenta con el efecto amortiguador que brinda el suelo agrícola. Sin embargo, también se tiene diversos problemas con la oxigenación de las raíces y no es algo que pueda considerarse limpio a escalas comerciales.

La hidroponía es ideal para personas con tiempo libre que desean divertirse, para trabajos de investigación, para que docentes realicen demostraciones a sus alumnos sobre la esencialidad de distintos elementos químicos, también para quien desee cultivar en un contenedor o tina pequeña, para cultivar en aeronaves espaciales o cultivos en gran

escala; aunque se presentarán distintos niveles de complejidad, sobre todo si se desea que sea una actividad económica y tenga un impacto ambiental bajo [6].

Cámara de germinación hidropónica.

Para construir la cámara de germinación, se ha utilizado un contenedor de policloruro de vinilo (PVC), en la cual se han realizado los siguientes montajes:

1. En la parte superior: el hardware que hace de unidad de control, los sensores de humedad y temperatura exterior.
2. En la parte inferior: están los sensores de humedad y temperatura interior, un turboventilador, sistema de iluminación artificial con una lámpara de bajo consumo de 75w y una lámpara incandescente, la cual será utilizada como una fuente de calor para los días de baja temperatura (Figura 2).

Además, en la parte inferior se ha montado un sensor de nivel de nutrientes que, en caso de que el nivel descienda de un mínimo preestablecido, acciona una bomba de impulsión sumergida en un depósito de nutrientes ubicada al lado de la misma.

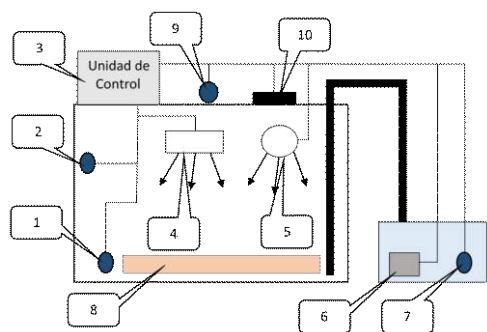


Figura 2 – Cámara de Germinación [1]. 1) Sensor de nivel de nutrientes; 2) Sensor Humedad y Temperatura; 3) Unidad de Control; 4) Lámpara Iluminación artificial; 5) Lámpara incandescente; 6) Bomba de impulsión de nutrientes; 7) Sensor nivel de nutrientes; 8) Espuma de germinación; 9) Sensor Humedad y Temperatura Ambiente; 10) Ventilador.

Placa Raspberry Pi y Sistema Operativo Raspbian.

La Raspberry es considerada una maravilla en miniatura, en cuyo interior existe un importante poder de cómputo en un tamaño no mayor al de una tarjeta de crédito. [7]

Raspberry Pi es un computador de placa reducida o SBC (*Single Board Computer*) de bajo costo, desarrollado por la Fundación

Raspberry Pi en el Reino Unido, con el objetivo de poder estimular a enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas y colegios.

Posee un reducido tamaño (85mm de largo por 56mm de ancho), además posee una salida HDMI, una interfaz Ethernet y 4 USB; por lo que si se conecta un monitor, teclado y mouse, se convierte en una computadora. Está equipado con un procesador ARM1176JZF-S (armv6k) a 700MHz, una GPU Broadcom VideoCore IV3, memoria de 512Mb además de permitir almacenamiento por tarjetas SD o SDHC [8].

Aunque no se indica si es hardware libre o con derechos de marca, en su web oficial [9] explican que se disponen de contratos de distribución y ventas con varias empresas, pero también se pueden convertir en revendedores o redistribuidores de las Raspberry Pi. En cambio, su software sí es *Open Source*, siendo su sistema operativo oficial una versión de Debian adaptada, la cual se denomina Raspbian, aunque también es posible utilizarlo con otros sistemas operativos, entre ellos una versión de Windows 10.

Raspbian [10] es un sistema operativo libre basado en Debian, optimizado para el hardware de Raspberry Pi. Dicho sistema operativo presenta un conjunto de programas básicos y utilidades que hacen funcionar a la Raspberry. Sin embargo, Raspbian no solamente es un sistema operativo puro ya que viene con más de 30.000 paquetes de software pre compilados, en un formato agradable para una fácil instalación y configuración de la Raspberry Pi.

La idea principal de que el sistema Raspbian venga por defecto con más de 30.000 paquetes preinstalados y optimizados para la obtención de un mayor rendimiento en los Raspberry Pi, se completó en junio de 2012. De todas maneras, Raspbian todavía se encuentra en etapa de desarrollo activo, haciendo mayor énfasis en mejorar la estabilidad y el rendimiento del mayor número de paquetes Debian posibles [11].

Cabe mencionar que el sistema Raspbian no se encuentra afiliado a la Fundación Raspberry

Pi. Raspbian fue creado por un equipo pequeño y dedicado de desarrolladores fanáticos del hardware Raspberry Pi, los objetivos educativos de la Fundación Raspberry Pi y el Proyecto Debian. El desarrollo de este sistema operativo es financiado y respaldado por la comunidad, aunque los costos asociados no son gratuitos [10].

Internet de las Cosas.

Al realizar la combinación de Internet con las tecnologías actuales, denominadas emergentes, tales como localización en tiempo real, comunicación de corto alcance, red de sensores integrados, permite transformar los objetos cotidianos como ser heladeras, lavarropas entre otros, en objetos inteligentes que puedan entender y reaccionar ante ciertos eventos de su entorno [12]. ¿Es posible imaginar que una heladera le avise acerca de las fechas de vencimiento de los productos que posee? ¿Qué sucedería si el cepillo de dientes lo alertara sobre alguna carie y solicitase un turno al dentista, sin su intervención? Estos objetos son los elementos fundamentales sobre los que se ha formulado, lo que hoy en día se conoce como, Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*). Es un tema sobre el cual se presta mayor atención en la actualidad, en ambientes informáticos y de alta tecnología. Para muchos es considerada como una nueva generación de intercomunicación, entre objetos de la vida real o cotidiana, el cual constituye una tendencia hacia donde el desarrollo de la tecnología de las telecomunicaciones se mueve de manera acelerada [13].

El término IoT, como tal, comenzó a utilizarse a finales de los años noventa. Más precisamente, fue utilizado por primera vez en el año 1999 por Kevin Ashton (1968 -), pionero de la tecnología británica, en el cual describe un sistema en el que los objetos en el mundo físico podrían conectarse a Internet por medio de sensores. El IoT puede considerarse como un paradigma que sienta las bases y modelos para resolver el inconveniente de tener interconectados todos los objetos que nos rodean [13].

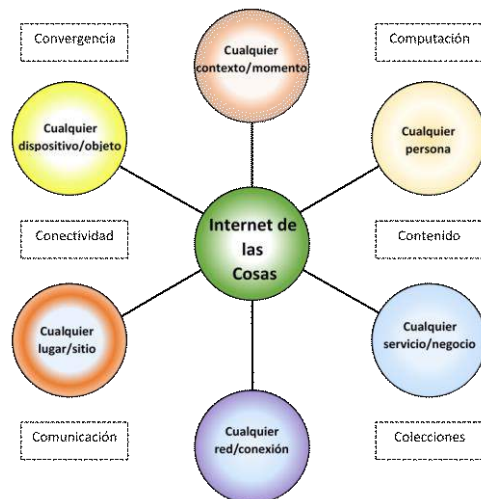


Figura 3 – Internet de las cosas.

La ventaja que tiene IoT es que utiliza la gran mayoría de los estándares existentes de Internet, para la transferencia de información, recolección y análisis de datos, así como también el desarrollo de aplicaciones que permitan la interacción y comunicación con los usuarios. La evolución que ha tenido Internet, ha permitido la interconexión e interrelación de las personas por si mismas a través de aplicaciones como correo electrónico, redes sociales, entre otros. En este momento, nos encontramos en la era de la interconexión con los objetos y cosas cotidianas, con el propósito de crear y promover un ambiente informado y confortable para perfeccionar la toma de decisiones y obtener una mejor calidad de vida.

1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La cámara de germinación consiste en un recipiente plástico con una solución de nutrientes con una placa de poliestireno expandido con rectangulares perforaciones flotando. Si bien, actualmente se está trabajando en la realización de cultivos hidropónicos para los invernaderos de la provincia de Misiones [14], muchos productores de hortalizas aún utilizan el método de siembra directa para la obtención de los plantines y realizar su posterior trasplante en canteros.

Las nuevas tecnologías de Internet tienden a la integración de servicios de la web, redes

sociales, redes de sensores que puedan obtener información de variables ambientales o de cualquier otro tipo y además controlar actuadores, cámaras, etc.; la integración de estos dispositivos y servicios dan como resultado la IoT [15] [16]. Cuando se trabaja con un conjunto de sensores inalámbricos distribuidos espacialmente e interconectados por distintos concentradores, se denomina WSN (*Wireless Sensor Network*) utilizado para monitoreo ambiental, sistemas interconectados de energía, etc., [17].

A la hora de desarrollar aplicaciones del tipo IoT, debemos tener en cuenta que se deben considerar la adquisición de datos proveniente de sensores, tomar decisiones para realizar acciones sobre actuadores, cámaras u otros dispositivos y en tiempo real interactuar con servicios en línea. Si tuviéramos que programar una aplicación IoT de este tipo, se necesitan conocer varios lenguajes y protocolos, así como desarrollar APIs específicas y vincularlas con todos los componentes del sistema. Por esto, surgen varias aplicaciones que integran los componentes que permiten desarrollar aplicaciones IoT. Estas se componen de nodos con funciones específicas y se interconectan por conexiones que intercambian flujo de datos.

El trabajo propone el desarrollo de un prototipo de sistema de monitoreo para sistemas hidropónicos automatizados mediante la evaluación y control de las variables intervinientes. Dicho monitoreo se debe realizar a través de una cuenta de correo electrónico y de la red social Twitter, creadas para tal fin.

Del relevamiento bibliográfico surgió, habiendo hecho una comparación entre las distintas herramientas disponibles en el mercado para la realización del sistema IoT, además se busca que sea compatible con la placa SBC Raspberry Pi 2 modelo B, que es el hardware utilizado en la cámara de germinación, se opta por el desarrollo utilizando Node-RED.

1.2 Diseño de sistemas de control con hardware

Como se ha mencionado anteriormente, la placa utilizada es la Raspberry Pi 2 modelo B (Figura 4); la cual tiene un tamaño aproximado de 85mm de largo por 56mm de ancho; posee una salida HDMI, un conector de red Ethernet y 4 puertos USB, con lo que si conectamos un monitor, teclado y mouse tenemos un ordenador de bajo costo. Además, posee una CPU ARM1176JZF-S (armv6k) a 700 MHz3, GPU Broadcom VideoCore IV3, memoria 512 Mb, capacidad de almacenamiento tarjeta SD o SDHC.



Figura 4 – Raspberry Pi 2 modelo B.

1.3 Puertos GPIO.

Los puertos GPIO son, como su nombre lo indica, puertos de entrada/salida de propósito general, es decir, un conjunto de conexiones que pueden utilizarse como entradas o salidas para diversos usos. Estos puertos representan la interfaz entre la Raspberry Pi y el medio exterior [17].

Posee un total de 17 puertos configurables como entrada o salida. Por defecto están todos configurados como entradas excepto los GPIO 14 y 15 que operan como salidas (Figura 5).

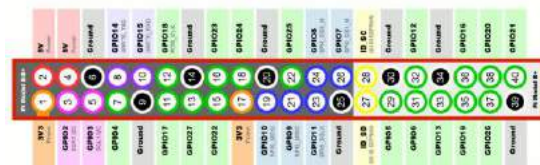


Figura 5 – Puertos GPIO de Raspberry Pi.

1.4 Sensores de humedad y temperatura DHT22

Para la obtención de los valores de las variables de humedad relativa y temperatura se utilizan sensores DHT22 (Figura 6 y Tabla 1), los cuales poseen un rango de operación de 0 a 100% HR y de -40 a 80° C. Además cuentan con una precisión de humedad de 2%

HR y de temperatura 0,5%. Por otro lado, poseen la característica de trabajar con protocolo serial enviando los datos por una única vía, por el pin de datos (Figura 6).



Figura 6 – Sensor DHT22

Tabla 1. Pines de salida de DHT22

Pin	Función
1	5 v
2	Datos
3	NC
4	GND

De acuerdo a la Tabla 1, el pin 1 se corresponde a la alimentación, el 4 a masa (GND) y el pin 2 posee una resistencia *pull up* de 10 K por donde se envían los datos de humedad y temperatura en forma serial hacia el puerto GPIO de la Raspberry Pi (Figura 7).

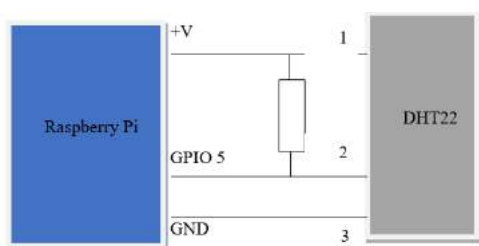


Figura 7 – Conexiones del sensor DHT22 con el puerto GPIO.

1.4 Node-RED.

Es un editor basado en web para generar aplicaciones de IoT. De código abierto, creado por el equipo de *IBM Emerging Technology*. Posee una interfaz amigable que, mediante la función de arrastrar y soltar, permite colocar en el área de trabajo nodos que representan APIs de web, servicios en línea o dispositivos

de hardware. Estos nodos se pueden unir con un cableado que representan el flujo de datos [18], también se pueden programar funciones en JavaScript; de esta manera es posible programar nodos con determinadas funcionalidades. El motor de tiempo real se basa en Node.js que es un entorno para ejecutar JavaScript realizado con el motor V8 de Chrome. Dado que Node.js trabaja con arquitectura basada en eventos no bloqueantes que se ejecutan del lado del servidor, esto hace que consuma poco costo de hardware lo que lo hace ideal para correr en placas Arduino (www.arduino.cc) o Raspberry Pi [19].

2 LÍNEAS DE INVESTIGACION, DESARROLLO E INNOVACIÓN

A continuación se detallan los avances más importantes con respecto a la realización del sistema de monitoreo.

- Actualmente se está trabajando en el desarrollo del sistema de monitoreo a través de Node-RED. Se posee un bosquejo inicial que recibe un correo electrónico y lo responde (Figura 8).
- Se trabajó en la creación y seguridad de la cuenta de correo electrónico, este paso permitió poder realizar el bosquejo antes mencionado.
- Se habilitó el acceso de aplicaciones externas en Gmail para poder obtener los correos electrónicos a través del sistema propuesto.
- Se realizó la petición para poder utilizar la API de Twitter con el objetivo de poder obtener y responder los tweets que se reciban.

3 RESULTADOS Y OBJETIVOS

Actualmente, el sistema desarrollado recibe correos electrónicos y los responde al remitente, con un mensaje personalizado del estado de las variables que se consultan a través del mismo.

Al no obtener todavía, acceso a la API de Twitter, no es posible consultar los datos de las variables utilizando esta red social.

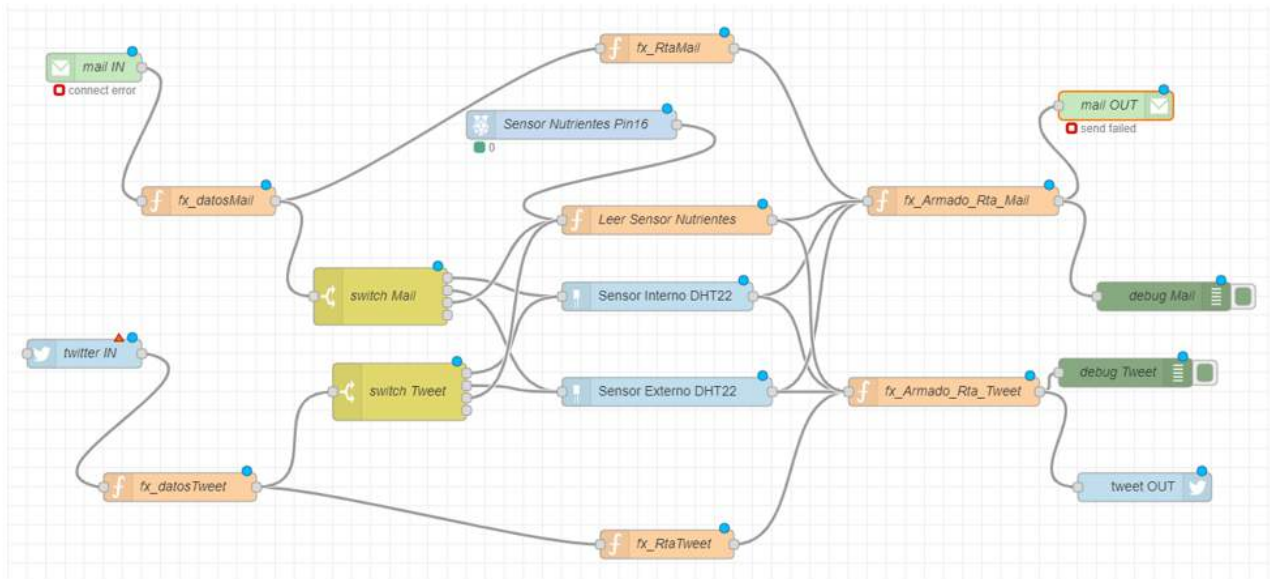


Figura 8 – Diseño del sistema de Monitoreo de la cámara hidropónica

Este trabajo cuenta con publicaciones en distintos congresos y eventos académicos, los cuales se mencionan a continuación:

- M. Marinelli & R. Urquijo, “Sistema de Control de una cámara de germinación hidropónica con IoT”. Libro de Actas del Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) 2017, (pp. 1101-1107) ISBN 978-950-34-1539-9.
- Urquijo, R. & Marinelli, M., “Sistema de monitoreo de una cámara de germinación hidropónica con IoT basado en Raspberry Pi”, Anales de la 47ª Jornadas Argentinas de Informática (47JAIIO), Simposio Argentino de Grandes Datos AGRANDA, ISSN: 2451-7569, pp. 64-73, Argentina, 2018.
- Marinelli, Marcelo; Lombardo, Graciela; Wurm, Guillermo & Urquijo Rubén R., “Implementación de sistemas de control automático para cultivos hidropónicos en invernaderos de la provincia De Misiones.”, Libro de resúmenes: Jornadas Científico-Tecnológicas UNaM, 1º Edición, Editorial Universitaria, ISBN: 978-950-579-495-4, pág. 277, 2018, Posadas Misiones, Argentina.
- Urquijo, Rubén R. & Marinelli, Marcelo, “Monitoreo de una cámara de germinación hidropónica utilizando Internet de las Cosas”, Libro de resúmenes: Jornadas Científico-Tecnológicas UNaM, 1º Edición, Editorial Universitaria, ISBN: 978-950-579-495-4, pág. 289, 2018, Posadas Misiones, Argentina.
- Marcelo Marinelli, Graciela Lombardo, Kuna Horacio, Guillermo Wurm, Rubén Urquijo, Verónica González, “Implementación de sistemas de control automático para cultivos hidropónicos en invernaderos de la provincia De Misiones”, Libro de Actas XX Workshop de Investigadores de Ciencias de la Computación (WICC 2018), ISBN: 978-987-3619-27-4, pp. 128 – 132.
- Urquijo, Rubén R. & Marinelli, Marcelo J., “Monitoreo de una cámara de germinación hidropónica basada en Raspberry Pi y Node-RED”, 4º Congreso de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de las Tres Fronteras, 2019, Foz do Iguaçu, Brasil. (Póster).
- Marcelo Marinelli, Myriam Kurtz, Rubén R. Urquijo, Guillermo Wurm,

“Control de cámaras de germinación hidropónicas mediante Internet de las Cosas”, IEEE ARGENCON 2020, V Congreso Bienal de la Sección Argentina del IEEE (Modo virtual).

Como resultado, se espera poder desarrollar el sistema completo, contemplando el uso de correo electrónico y la red social Twitter (en este caso) para poder consultar el estado de las variables de la cámara de germinación hidropónica.

4 BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Marinelli, “Control automatizado de cultivos hidropónicos mediante Lógica Difusa”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Misiones, 2015.
- [2] Sarthak Jain, Anant Vaibhav & Lovely Goyal, "Raspberry Pi based Interactive Home Automation System through E-mail", ICROIT 2014 - Proceedings of the 2014 International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology, ISBN: 978-1-4799-2995-5, 2014.
- [3] M. Marinelli & R. Urquijo, “Sistema de Control de una cámara de germinación hidropónica con IoT”. Libro de Actas del Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) 2017, (pp. 1101-1107) ISBN 978-950-34-1539-9.
- [4] Beltrano, J. & Gimenez, D. O., “Cultivo en hidroponía”, Libro de Cátedra, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, ISBN: 978-950-34-1258-9, 2015. Consultado el 10-04-2018. Disponible en URL: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>
- [5] Errecart, N., “Contenidos de nitratos, oxalatos, vitamina C y grado de aceptación en Cultivo sin suelo de espinaca vs. Cultivo en suelo”, Tesis de Grado, Universidad Fasta, Mar del Plata, Argentina, 2011. Consultado el 11-06-2018. Disponible en URL: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/355>
- [6] Portillo, G., “La hidroponía”, Blog RenovablesVerdes, 2017. Consultado el 19-07-2018. Disponible en URL: <https://www.renovablesverdes.com/hidroponia/>
- [7] E. Upton & G. Halfacree “Raspberry Pi: Guía del Usuario 2º Edición en Español”, Ed. Wiley, ISBN: 978-1-118-46446-5, 2012.
- [8] "Ultimate guide to Raspberry Pi", No. 324, Computer Shopper. Consultado el 21-09-2017. Disponible en URL: <http://micklord.com/foru/Raspberry%20Pi%20Pages%20from%20Computer%20Shopper%202015-02.pdf>
- [9] Sitio Oficial de Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/>. Consultado el 06-09-2017.
- [10] Sitio Oficial de Raspbian, <http://www.raspbian.org/>. Consultado el 06-09-2017.
- [11] William Harrington, "Learning Raspbian", Pack Publishing, 2015, ISBN: 978-1-78439-219-2. Consultado el 09-05-2017. Disponible en URL: <http://1.droppdf.com/files/VIFV2/learning-raspbian-william-harrington-2015.pdf>
- [12] Kortuem, G., Kawsar, F., Sundramoorthy, V., & Fitton, D., “Smart Objects as Buildings Blocks for the Internet of Things”, Journal IEEE Internet Computing, Vol. 14 (1), pp. 44-51, 2010.
- [13] Gonzalez, S. M., “Entendiendo el Internet de las Cosas”, Revista Investiga.TEC, Num. 24, ISSN: 1659-3383, pp. 22-23, 2015.
- [14] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 1645-1660.

[15] Kelly, S. D. T., Suryadevara, N. K., & Mukhopadhyay, S. C. (2013). Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3846-3853.

[16] Mainetti, L., Patrono, L., & Vilei, A. (2011, September). Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey. In *Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 2011. 19th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.

[17] Jain, S., Vaibhav, A., & Goyal, L. (2014, February). Raspberry Pi based interactive home automation system through E-mail. In *Optimization, Reliability, and Information Technology (ICROIT)*, 2014 International Conference on (pp. 277-280). IEEE.

[18] Kleinfeld, R., Steglich, S., Radziwonowicz, L., & Doukas, C. (2014, October). glue. things: a Mashup Platform for wiring the Internet of Things with the Internet of Services. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things* (pp. 16-21). ACM.

[19] Salihbegovic, A., Eterovic, T., Kaljic, E., & Ribic, S. (2015, May). Design of a domain specific language and IDE for Internet of things applications. In *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 2015 38th International Convention on (pp. 996-1001). IEEE.