

## Desarrollo de aplicaciones basadas en microcontroladores orientadas al IoT.

Estefany Gómez-Gúzman<sup>1</sup>, Julio Enrique Mejía-Gallardo, Luis Daniel Ramírez-Guerra<sup>1</sup>, Ricardo Cruz-Yépez<sup>1</sup> y Oscar G Ibarra-Manzano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca.

### Resumen

En este artículo se muestra el procedimiento general para la publicación y lectura de variables en tiempo real a través de la plataforma de internet de las cosas UBIDOTS utilizando los protocolos MQTT y UDP. El procedimiento descrito, muestra el uso de la herramienta de programación visual Node-Red en la implementación de los dispositivos controladores de hardware a utilizar como un entorno verificador de la correcta operación de los procesos de publicación y lectura de variables, permitiendo desarrollar la estructura del mensaje que es programado en la plataforma del microcontrolador ESP32.

**Palabras clave:** User Datagram Protocol (UDP), Message Queuing Telemetry Transport(MQTT), Internet de las cosas.

### 1. Introducción

En la actualidad es primordial entender mejor los problemas y desafíos de un mundo conectado, el internet de las cosas (IoT - *Internet of Things*) está pasando de ser un tema emergente a uno de importancia técnica. En este proyecto, se plantea que los estudiantes desarrollen una aplicación completa de control bajo un esquema de conectividad en red y capacidad de cómputo que se extienda a un microcontrolador de la familia ESP32 con conexión a internet y comunicación bajo el protocolo UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario - *User Datagram Protocol*). El estudiante complementará su formación en un tema de actualidad y de gran aplicación en la Industria 4.0, obteniendo los conocimientos necesarios para migrar una aplicación de control local basada en un microcontrolador a una aplicación con alcance global mediante el uso de plataformas de código abierto que le permitirán desarrollar habilidades en el desarrollo de nuevas aplicaciones que den respuesta a los desafíos de técnicos de esta cuarta revolución industrial.

El objetivo de este trabajo está orientado a describir el proceso de publicación y lectura de variables generadas por un sistema basado en un microcontrolador en una plataforma comercial de IoT. El principal objetivo de una plataforma de IoT es conectar hardware como sensores o microcontroladores a través de un protocolo que garantice la comunicación entre el hardware y el software. Por su puesto, se debe asegurar la seguridad y autenticación de los elementos involucrados, como usuarios y dispositivos. Finalmente, la plataforma deberá ser capaz de administrar y procesar los datos recibidos, como analizar y exhibir la información proveniente de un sensor ubicado en cualquier parte de planeta con acceso a internet.

Considerando lo antes mencionado, existe cuatro aspectos claves en ecosistema de IoT (News America, 2021): **1. El hardware**, integrado por los sensores y dispositivos encargados de recopilar los datos del entorno, por ejemplo, microcontroladores y sensores periféricos a éstos. **2. La conectividad**, integrado por todo el hardware encargado de realizar la transmisión de los datos recolectados a entorno en la nube. **3. El software**, formado por los programas, ubicados generalmente en la nube, encargados de analizar todos los datos recibidos y generalmente encargados de tomar decisiones. Finalmente, tenemos **4. La interfaz de usuario**, encargada de administrar la interacción entre el usuario y el sistema IoT. Las plataformas comerciales, generalmente, se hacen cargo de los puntos **3. El software** y **4. La interfaz de usuarios**, lo que se refleja en una simplificación de los entornos de IoT. En nuestro caso, nos centraremos en las etapas **1. Hardware** y **2. Conectividad**, y completaremos nuestro ecosistema de IoT con el uso de la plataforma UBIDOTS (Ubidots, 2021) utilizando los protocolos MQTT y UDP, este último, de particular interés por las bondades que representa su implementación en un sistema basado en el microcontrolador ESP32 (Espressif systems, 2021).

### 2. Desarrollo

La instrumentación del ecosistema de IoT se realizó utilizando la plataforma comercial de UBIDOTS en su versión de estudiante, la cual está limitada al número de publicaciones de variables por día. El ecosistema se instrumenta siguiendo los pasos que se describen a continuación:

## 2.1 Registro de usuario en la plataforma de IoT UBIDOTS

Completado el registro como usuario en la página de la plataforma de IoT: <https://ubidots.com>, donde se obtiene el usuario y contraseña para acceder a la cuenta de administración de dispositivos y datos, es necesario como paso inicial, registrar los nombres del dispositivo y de las variables a utilizar. La Figura 1 muestra nuestro dispositivo registrado como "ug-verano" y cuatro variables: "Bateria", "Corriente", "Intensidad" e "Interruptor". Otra información importante que se muestra en el proceso de registro es el "Token" único generado para el usuario por la plataforma, el cual permitirá acceder a la publicación y lectura de variables.

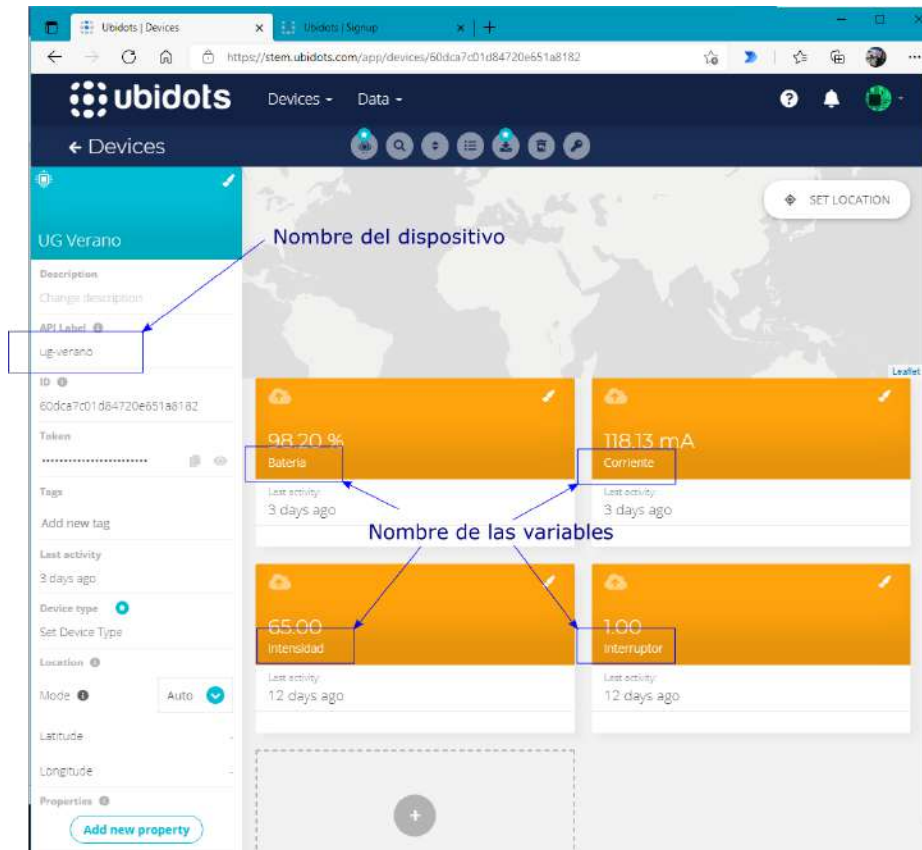


Figura 1. Registro del dispositivo y de la variable a monitorear.

## 2.2 Publicación de variables utilizando el protocolo MQTT y Node-Red.

En esta etapa, se programó visualmente la estructura de un sistema de publicación de variables utilizando el protocolo MQTT mediante el nodo "Ubidots out" y dos nodos adicionales, uno de ellos para introducir el mensaje que se desea enviar desde nuestro sistema ejecutándose en Node-Red hacia la plataforma de IoT en Ubidots. La Figura 2 muestra la interconexión de los nodos, mientras que la Figura 3 muestra los parámetros de programación del nodo "Ubidots out" e "Inject". En el primero, se requiere la etiqueta dada al dispositivo donde se realizarán la publicación de las variables y el "Token" único asignado como usuario. Para el segundo, el nodo "Inject", se requieren los nombres de las variables y datos que se desean publicar, en formato {}JSON, como lo muestra la figura. De esta manera, cada vez que presione el botón de activación del nodo "Inject", Node-Red enviará el mensaje a la plataforma IoT, actualizando la variable o variables señaladas con el dato indicado.

Este método utiliza el protocolo estándar MQTT, el cual es programado dentro del nodo "Ubidots out" cuyo procedimiento o estructura del mensaje final enviado no es mostrado al usuario, lo que representa un problema de uso en una plataforma de un microcontrolador, pero es muy útil para poder simular arquitecturas que cuenten con una realización del protocolo de comunicación, ya sea una pequeña computadora o un microcontrolador.

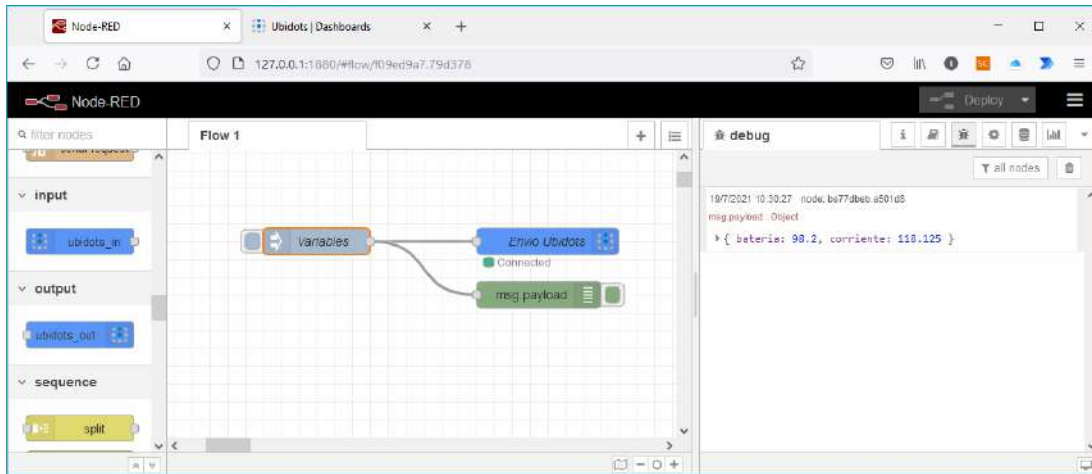


Figura 2. Publicación de variables en tiempo real utilizando los Nodos y la plataforma de Ubidots.

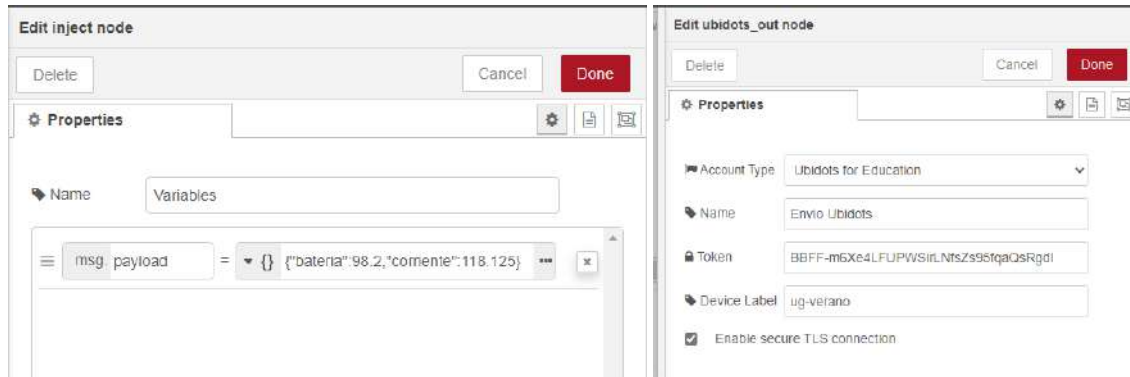


Figura 3. Configuración de los parámetros de los nodos “Ubidots out” y “Inject”.

### 2.3 Publicación de variables utilizando el protocolo UDP y Node-Red.

En esta etapa, se ha sustituido el nodo “Ubidots out” por un nodo estándar de envío de mensajes UDP, este nodo utiliza un protocolo estándar de comunicación basado en mensajes cortos que resulta eficiente en sistemas basados en microcontroladores, ya que el protocolo ha sido ampliamente instrumentado en librerías de uso común. La Figura 4 muestra la interconexión de los nodos utilizados y los mensajes depurados por los nodos “udp in” y “udp out”, donde se puede observar las respuestas enviadas por el servidor de IoT marcadas como “OK”, indicando que no se ha detectado ningún error.

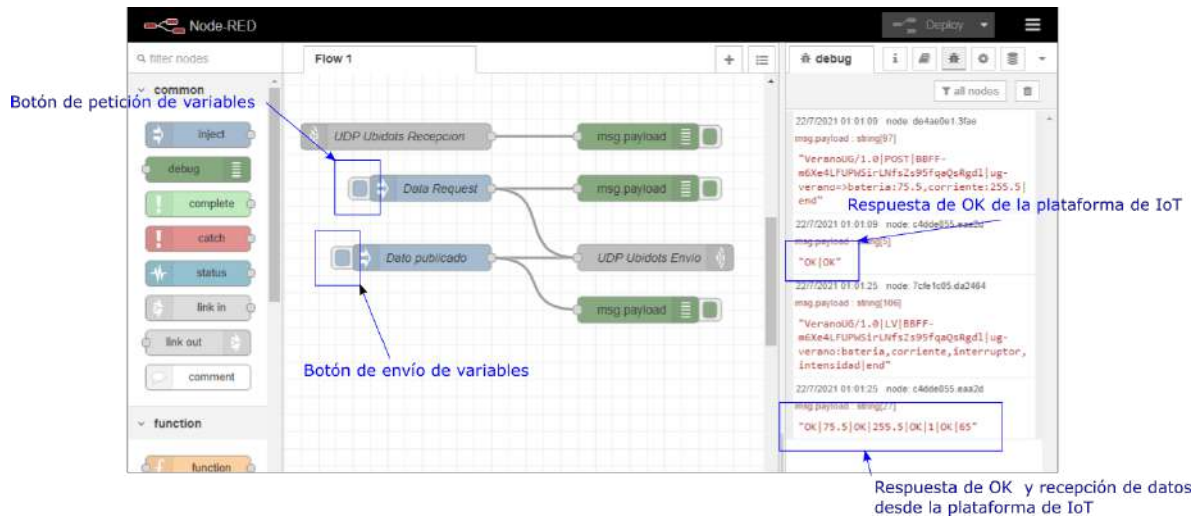


Figura 4. Configuración de los parámetros de los nodos “Ubidots out” y “Inject”.

### 3. Resultados.

La primera prueba que se realizó fue la actualización y lectura de variables utilizando el protocolo MQTT, programando los nodos como se describió anteriormente. La Figura 5 muestra el resultado de una actualización de las variables “batería” y “corriente” a los valores de 98.2 y 118.13, respectivamente.

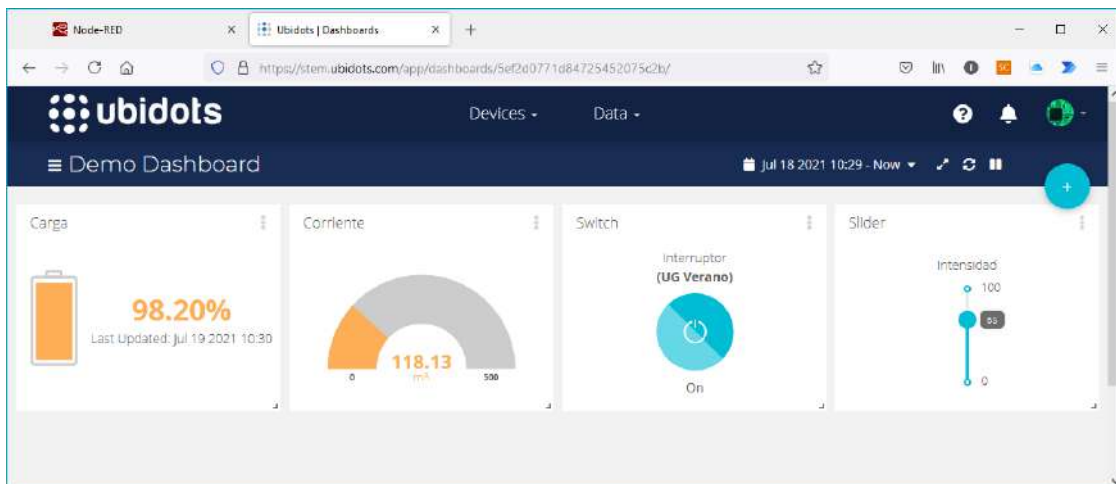


Figura 5. Publicación de variables en tiempo real utilizando los Nodos y la plataforma de Ubidots.

La segunda prueba, consistió en integrar el mensaje de publicación y lectura de variables, este mensaje se muestra en la Figura 7, en donde se integra un mensaje de texto que se envía al servidor IoT a través del puerto 9012 utilizando el protocolo UDP. Este mensaje se integra con la información necesaria para realizar la actualización de las variables y representa una forma muy sencilla de programar en una plataforma basada en un microcontrolador como el ESP32. La información que incluye el mensaje es: Nombre y versión del ecosistema, TOKEN, nombre del dispositivo y nombre y valores de las variables que serán actualizadas.

La Figura 8 muestra el resultado de la actualización y lectura de las variables, como se puede observar, los valores mostrados en el tablero virtual (Dashboard) corresponden a la respuesta mostrada en la sección de depuración de la Figura 7.

La principal ventaja de utilizar el protocolo UDP es la simplicidad de la integración del mensaje, lo que facilita su programación. Sin embargo tiene algunas desventajas, entre ellas, la principal es de que no existe una verificación de

que el mensaje fue recibido por el cliente del servidor de IoT, por lo que es necesario incluir un mecanismo que asegure la recepción del mensaje.

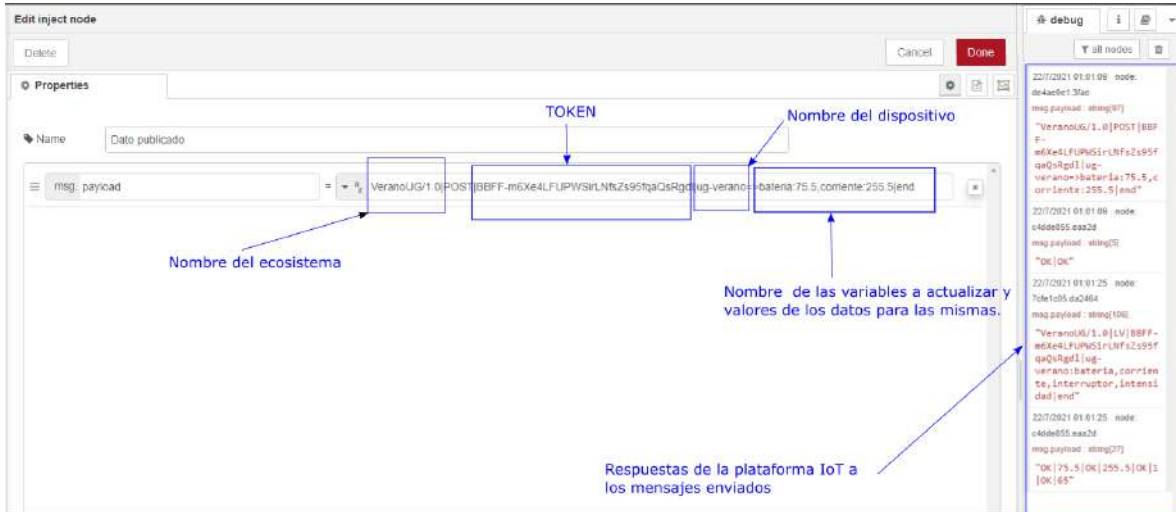


Figura 7. Publicación de variables en tiempo real utilizando el protocolo UDP.

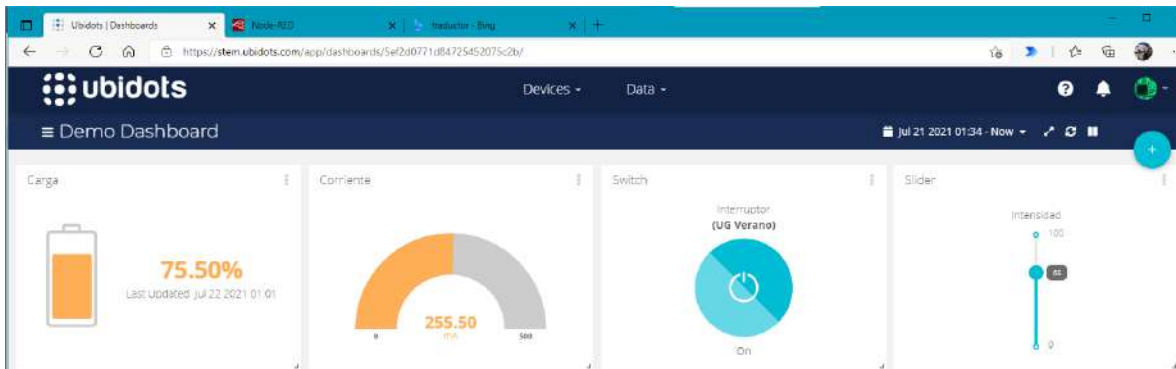


Figura 8. Publicación de variables en tiempo real utilizando el protocolo UDP.

#### 4. Conclusión.

En este trabajo se programaron gráficamente los sistemas de publicación y lectura de variables hacia y desde una plataforma comercial UBIDOTS utilizando los protocolos MQTT y UDP, concluyendo que el protocolo UDP es una alternativa eficiente y segura para realizar la etapa de conectividad en plataformas basadas en microcontroladores, principalmente por la facilidad de la construcción del mensaje.

## Bibliografía/Referencias

News America (19 de Julio de 2021), [Plataformas IoT: Qué son y Por qué implementarlas - News America Digital \(america-digital.com\)](https://www.america-digital.com)

Ubidots, (19 de julio de 2021), <https://docs.ubidots.com/v1.6/reference#tcp-udp>.

Espressif Systems (19 de julio 2021), ESP32 Technical Reference Manual, [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf)