



Title: Internet of things applied to agriculture using the ESP32 in connection with the Ubidots platform

Authors: MANZANERO-VAZQUEZ, Daniel Jesus, MANRIQUE-EK, Josué Abraham, CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe and DECENA-CHAN, Carlos Alberto

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BECORFAN Control Number: 2021-01
BECORFAN Classification (2021): 131221-0001

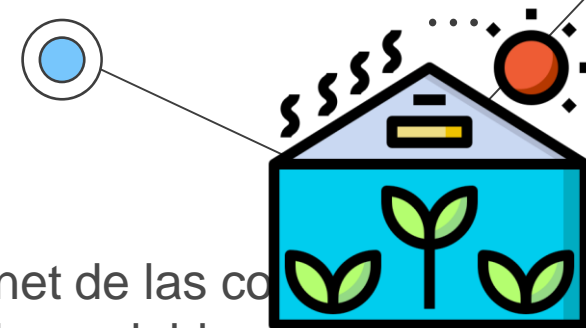
Pages: 23
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

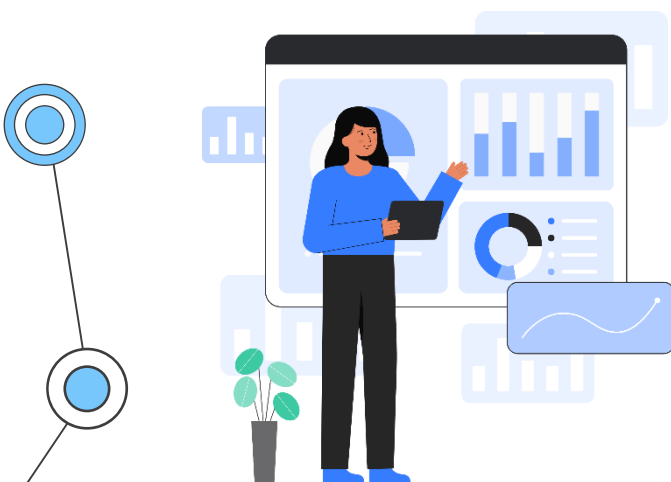
Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

RESUMEN



Se proyecta el uso del módulo esp32 como dispositivo de enlace para internet de las cosas aplicado a un invernadero. Gracias a este prototipo es posible leer y controlar variables presentes en el microclima de un invernadero, como:

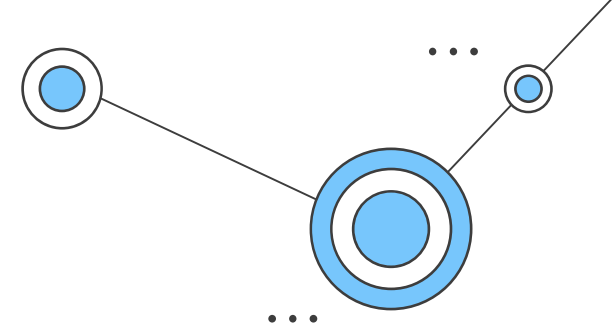
- El porcentaje de humedad relativa del suelo
- La cantidad de iluminación que reciben los cultivos
- El nivel del PH que tiene el suelo
- La temperatura ambiente dentro del invernadero



De la misma se controla una bomba que para el riego y el control de luz ultravioleta que incida sobre las plantas.

Para la comunicación con la plataforma Ubidots se empleó el protocolo MQTT, creando un cliente desde el módulo ESP32, el cual se programó empleando el IDE de Arduino únicamente como editor, compilador y para grabar el código.

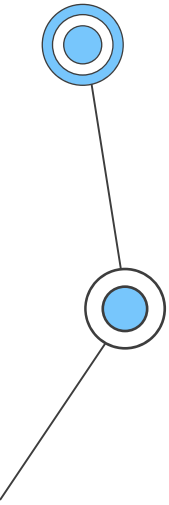
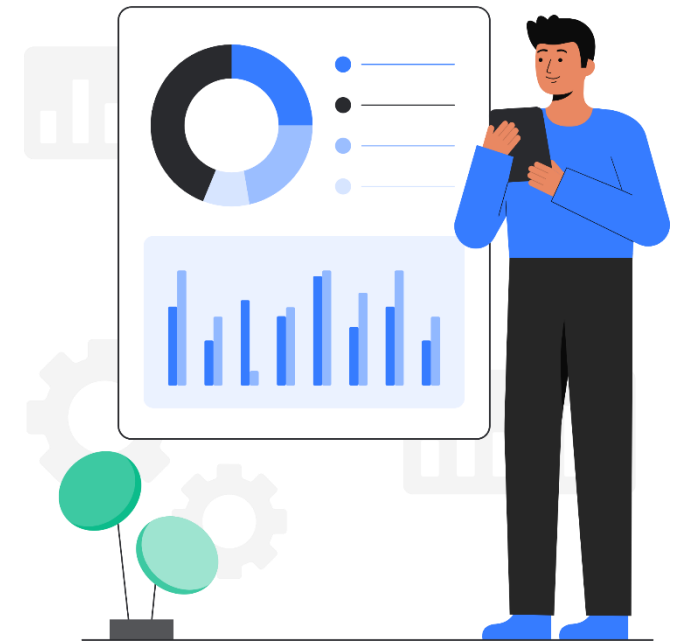
INTRODUCCIÓN



Nuestro sistema de control está compuesto del, software y hardware que permite controlar, supervisar y adquirir los datos del invernadero, de manera local, recolectando y procesando datos en tiempo real, pero al implementar el IoT a este sistema, admitirá la interacción directa con dispositivos inteligentes y servidor web que registre los datos.

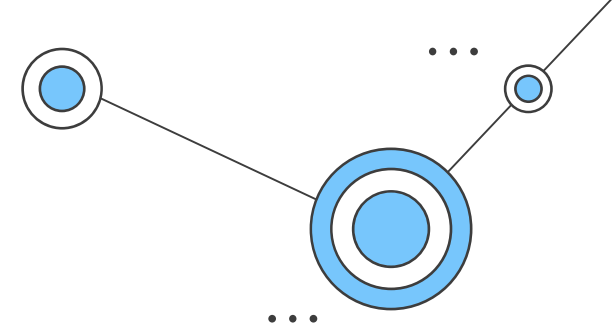
Básicamente, se utiliza para aumentar la productividad general al integrar el mantenimiento inteligente. Además, gracias a ello es posible optimizar el tiempo de reacción del usuario al control se su sistema monitoreado.

Con el internet de las cosas, la computación en la nube y la industria 4.0, es una era que cambiará la dinámica de toda la industria de la automatización.

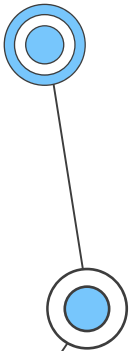


MARCO TEÓRICO

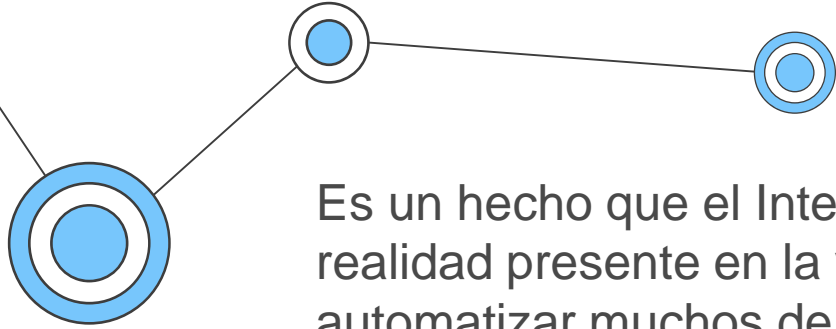
Los avances tecnológicos permiten una continua expansión del Internet y creación de nuevas tecnologías, servicios y plataformas, lo que ha propiciado el desarrollo del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés, Internet of Things) que no es más que la evolución del Internet desde una red de ordenadores interconectados hasta una red de objetos interconectados.



Según Barrio (2018) “El IoT ha sido llamado por voces calificadas a ser uno de los agentes de la «cuarta revolución industrial»”. Esta llamada cuarta revolución industrial, también es conocida como Industria 4.0, la cual es impulsada por el internet de las cosas acompañado de la inteligencia artificial, la robótica, la impresión 3D, la nanotecnología, la biotecnología y la ciencia de los materiales. .



...



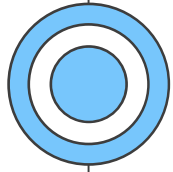
...

Es un hecho que el Internet de las Cosas desde hace unos cuantos años es una realidad presente en la vida cotidiana de muchas personas, que ha logrado automatizar muchos de los electrodomésticos en casa, como las televisiones, refrigeradores, entre otros aparatos inteligentes, las luces y cortinas automáticas, y los asistentes de voz que podemos emplear para controlar con simples comandos de voz todos estos aparatos interconectados a una misma red. Rose (2015)

...

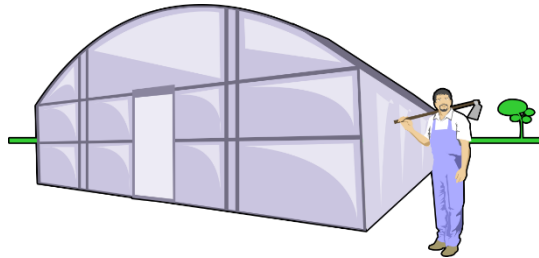
...



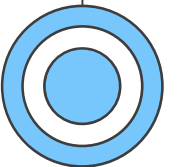


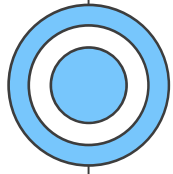
Invernadero con IoT

Los invernaderos normales funcionan creando ambientes climatológicos controlados para facilitar el crecimiento de determinados cultivos y por lo general en estos invernaderos la regulación de las condiciones del microclima dentro del mismo se hace de forma manual, por lo que se necesita la supervisión por parte del agricultor.



Mediante el IoT es posible emplear sensores que lean las condiciones climáticas en las que se encuentra el invernadero y regularlo por medio de actuadores capaces de realizar una tarea mecánica que elimine el excedente de alguna variable climatológica o por el contrario aumente esta variable según sean las condiciones óptimas requeridas para el cultivo. Gracias a esto no será necesario llevar a cabo una inspección manual en el invernadero, dando lugar a un incremento de la producción y la rentabilidad.





Protocolo de comunicación

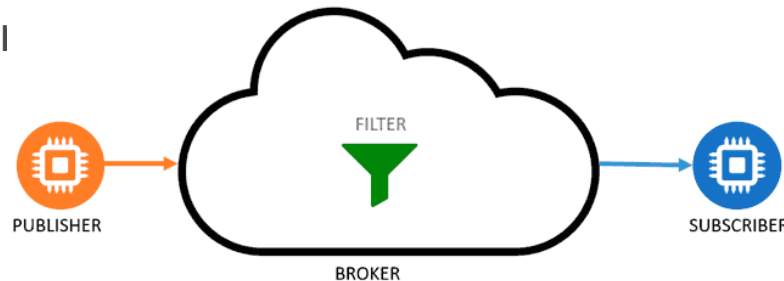


Para este proyecto se empleó el protocolo MQTT (MQ Telemetry Transport), el cual es un protocolo de comunicación maquina a máquina (M2M), el cual está basado en la pila TCP/IP como base para la comunicación. MQTT es un protocolo de mensajería push, se emplea enviando mensajes desde un servidor remoto hasta un dispositivo de forma publicador/suscriptor (pub-sub).

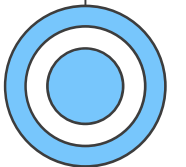


El autor Llamas (2019), nos explica que en este tipo de infraestructuras los clientes se conectan con un servidor central llamado Broker.

Este protocolo emplea un filtro para los mensajes que son enviados a cada cliente, para ello son organizados jerárquicamente en topics, lo que permite que cualquier cliente pueda publicar un mensaje en un topic determinado y otro cliente pueda suscribirse a este topic, el broker le hará llegar los me



Proceso para filtrar los mensajes enviados a cada cliente desde el servidor MQTT.



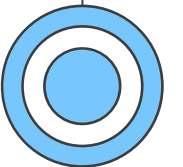


Este protocolo tiene varias ventajas al emplearlo como sistema de comunicación M2M, (Camarillo, 2020):



- El asincronismo, la escalabilidad y el desacoplamiento entre clientes.
- Sencillez y ligereza de procesamiento.
- Es ideal para aplicaciones, donde se empleen dispositivos de baja potencia de procesamiento.
- Exige menos al procesador lo que se traduce en un menor consumo de energía.
- Requiere un ancho de banda muy corto, lo que sirve de mucho en redes inalámbricas, o conexiones de baja velocidad.

...



Microcontrolador y módulo IoT empleado.

CARACTERISTICAS DEL ESP32	
Microprocesador	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con 600 DMIPS
Wi-Fi	(802.11 b / g / n)HT40
Bluetooth	Bluetooth 4.2 y BLE
Frecuencia de operación (valor típico)	160 MHz
SRAM	448 KB
Flash	520 KB
GPIO	34
PWM (software)	16 canales
SPI	4
I2C	2
UART	2
ADC	12-bits de resolución

El módulo ESP32 resulta ideal ya que incorpora en un solo dispositivo un módulo WI-FI y un microcontrolador con entradas digitales, entradas analógicas y salidas digitales con las que es posible enviar y recibir información de internet, leer los sensores analógicos y accionar los actuadores empleados en el invernadero.



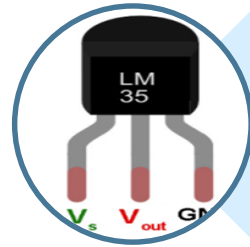
Módulo ESP32

El autor Beningo (2020) indica que el módulo ESP32 es una solución de Wi-Fi/Bluetooth todo en uno, que proporciona no solo la conectividad inalámbrica, sino también un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periféricos con pines de entrada y salida.

Sensores empleados



Módulo medidor 3 en 1: humedad, el pH del suelo, y la cantidad de luz.



El LM35: Sensor de temperatura

Los sensores generan un voltaje directamente proporcional a la escala de la variable que miden, sabiendo eso se puede cuantificar el valor de la variable en el ESP32 con la lectura analógica del sensor, a continuación, se muestran los valores de operación de los sensores.

Rango de operación de los sensores analógicos

SENSOR	ESCALA DE MEDICIÓN	RANGO DE VOLTAJE DEL SENSOR
Luz	0 a 2000 lúmenes	0 – 850 mV
Humedad	0 a 100% humedad de suelo	0 – 450 mV
pH	3.5 a 8 escala pH	0 – 600 mV
Temperatura	-55°C a 150°C	-550 mV a 1500 mV

Los ADC del módulo ESP32 tienen una resolución de 12 bits, eso significa que, al leer el pin, el ESP32 nos va a dar una lectura con un rango de 0 a 4095, sabemos que su rango de lectura es de 0 a 3.3V, por lo que haciendo una regla de tres y ajustando a la escala de voltaje de los sensores fue posible ajustar el valor de la lectura del ESP32 a la escala del medidor 3 en 1.

OBJETIVOS



General:

- Diseñar un dispositivo para uso agrícola que comunique el módulo ESP32 con la plataforma Ubidots por medio de Internet.

Específicos:

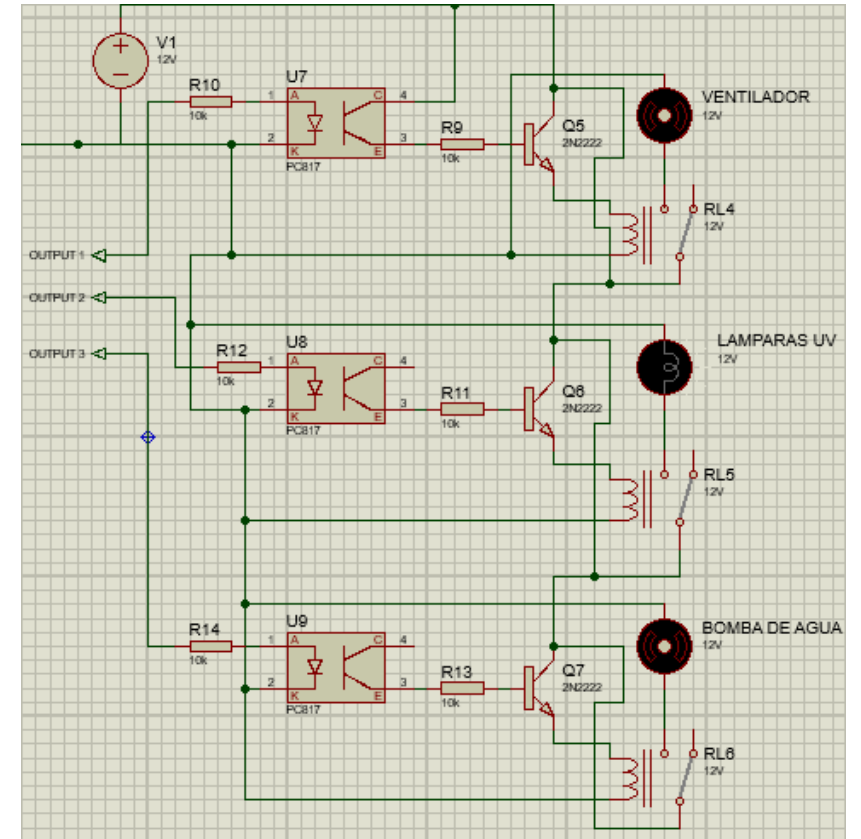
- Crear el cliente MQTT desde el módulo ESP32
- Conectar el cliente MQTT al servidor de Ubiidots
- Leer los sensores conectados al módulo ESP32 desde la plataforma Ubidots
- Controlar las salidas digitales del módulo ESP32 desde la plataforma Ubidots.

METODOLOGÍA

Control de actuadores

Los actuadores empleados para el invernadero fueron tres, una bomba de agua para el riego de los cultivos, ventiladores para disipar el exceso de temperatura, y lámparas UV para los cultivos.

Estos actuadores trabajan a 12V, por lo que fue necesario diseñar y simular un circuito de relevadores para la activación de dichos actuadores. La simulación se realizó en Proteus.



Circuito para la activación de los relevadores que controlan los actuadores.

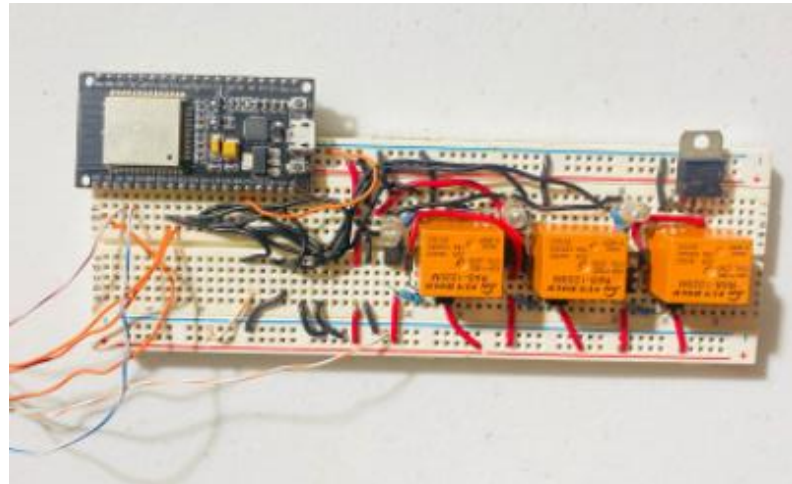
...

...

Armado del circuito.

...

Se armó el circuito para el control de los actuadores siguiendo el diagrama del software de simulación, para la parte de los sensores únicamente se conectaron a tierra y la señal se conectó directo a las entradas analógicas del ESP32 ya que no necesita ningún otro componente para leer la señal de los sensores



Conexiones físicas del ESP32 con el circuito de control.

...

...

Programación del módulo ESP32.

La librería empleada para aplicar el protocolo MQTT en el ESP32 es “PubSubClient.h”.

El código consta de cuatro archivos, el primero contiene las credenciales, se llama “credentials.h”.

En este archivo se declaran las constantes que tendrán como valor las credenciales para que la parte del cliente MQTT funcione las cuales son el SSID y la contraseña de la red Wi-Fi a la que el ESP32 se conectará, el servidor, el puerto que por defecto MQTT emplea el 1883, el Token, el ID cliente, y las variables que son necesarios para la conexión y comunicación con el servidor.



```
INVERNADERO_IOT  clientemqtt  credentials.h  pinout.h
1
2 #define WIFI_SSID "TP-LINK_873C"
3 #define WIFI_PASS "33455228"
4
5 #define UBI_HOST      "industrial.api.ubidots.com"
6 #define UBI_PORT     1883
7 #define UBI_TOKEN    "BBFF-9LrLtnkhWOhtYj2cCjV9dWsQ3gyHQj"
8 #define UBI_CLIENT_ID "60fb1fc526308e000a2daf54"
9
10 #define UBI_CLIENT_LABEL "esp32"
11 #define UBI_RELAY1 "la"
12 #define UBI_RELAY2 "re"
13 #define UBI_RELAY3 "ve"
14
15 #define UBI_HUM "va"
16 #define UBI_LUM "vb"
17 #define UBI_PH "vc"
18 #define UBI_TEMP "vd"
```

Archivo que contiene las credenciales para la conexión del cliente MQTT

Programación del módulo ESP32.

El siguiente archivo es el llamado “pinout.h”, el cual contiene las constantes con el valor de las entradas analógicas y las salidas digitales con las que trabajara el ESP32 y el invernadero.

```
INVERNADERO_IOT  clientemqtt  credentials.h  pinout.h
1  #define ESP_32
2
3  #define PIN_HUM 32
4  #define PIN_LUZ 33
5  #define PIN_PH 39
6  #define PIN_TEMP 36
7
8  #define PIN_RELAY_1 14
9  #define PIN_RELAY_2 12
10 #define PIN_RELAY_3 13
```

El siguiente es el llamado “clientemqtt”, este archivo contiene el código que hace funcionar correctamente el cliente MQTT.

```
INVERNADERO_IOT  clientemqtt  credentials.h  pinout.h
1
2  #include "credentials.h"
3  #include <WiFi.h>
4  #include <PubSubClient.h>
5  /*
6  Instancia de objeto para el wifi en modo
7  cliente y declaracion e instancia de objeto
8  client de la libreria pubsubclient
9  */
10 WiFiClient ubidots;
11 PubSubClient client(ubidots);
```

Se incluye “credentials.h” para el acceso a las constantes de las credenciales y así proporcionar la información al servidor MQTT. En se utiliza para las funciones de la librería <PubSubClient.h> en conjunto con la librería <WiFi.h> empleando los datos del archivo “credentials.h”.

Programación del módulo ESP32.

El archivo “INVERNADERO_IOT”, en este se encuentran todas las instrucciones que el ESP32 debe realizar para la lectura de las entradas analógicas, la escritura de las salidas digitales y los tiempos para la comunicación con el servidor MQTT.

En este archivo se tiene que incluir los documentos “credentials.h” y “pinout.h” para poder acceder a las credenciales y los pines que servirán como entradas analógicas y salidas digitales para el invernadero.

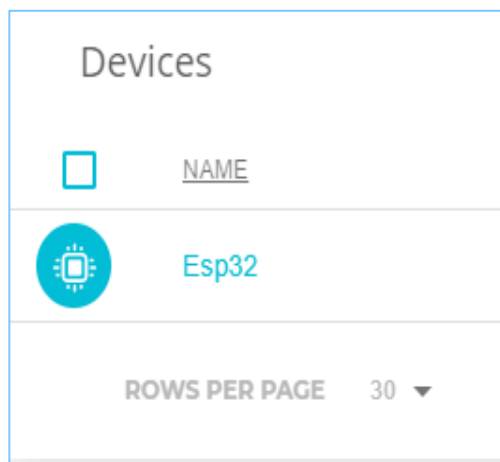
```
INVERNADERO_IOT  clientemqtt  credentials.h  pinout.h
1  #include "credentials.h"
2  #include "pinout.h"
3
4  int conmutador=1,bloquear=0;
5  int adcl_val;
6  unsigned long long1,tiempoMs;
7
8
9 void Relay1Callback(char * pVal) {
10     if (MQTTCLIENTE_GetBool(pVal) == HIGH) {digit
11
12 void Relay2Callback(char * pVal) {
13     if (MQTTCLIENTE_GetBool(pVal) == HIGH) {digit
14
15 void Relay3Callback(char * pVal) {
16     if (MQTTCLIENTE_GetBool(pVal) == HIGH) {digit
17
```

Archivo principal que controla el ESP32.

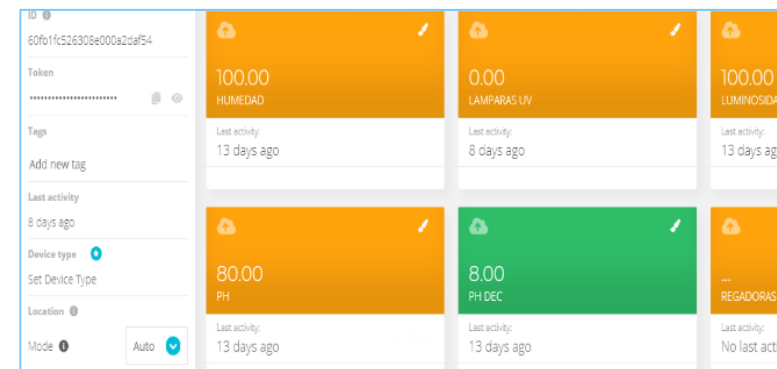
Interfaz empleando el servidor MQTT

La interfaz se realizó en Ubidots, esta plataforma ofrece recursos compatibles con el protocolo MQTT y la comunicación M2M (machine-to-machine).

Lo primero que se hizo en esta plataforma en la creación de un dispositivo en blanco al cual se le llamo "esp32", este dispositivo contiene todas las variables que se emplean para el control del invernadero.



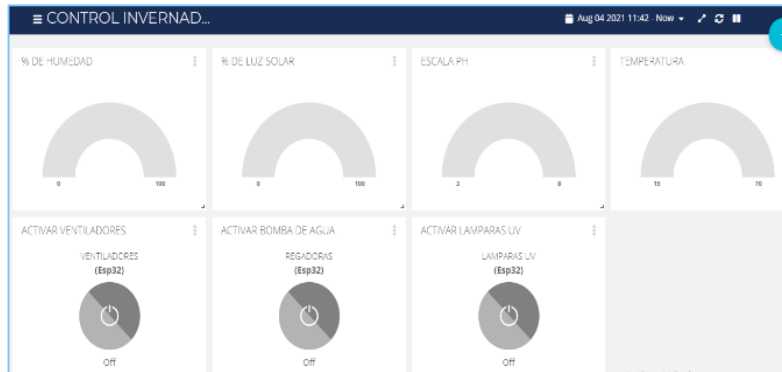
Luego se crearon una por una las variables especificando que obtendrán su valor del cliente MQTT.



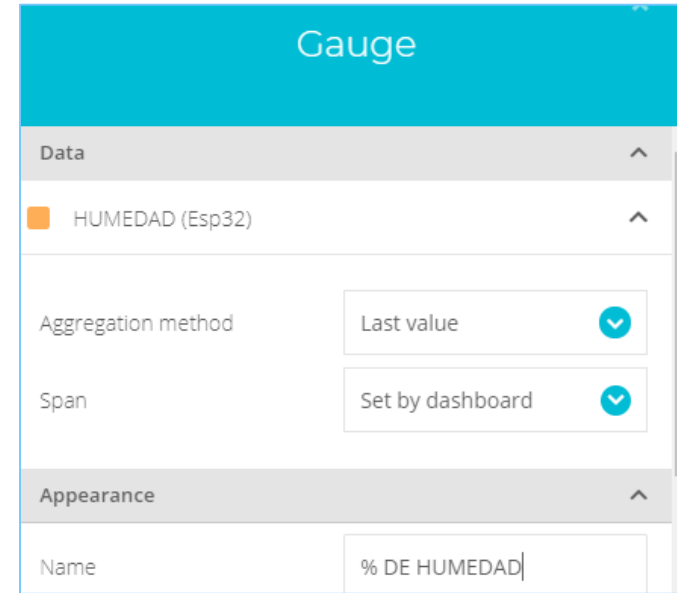
Las variables utilizadas son cuatro para los sensores: porcentaje de humedad de suelo, luminosidad del ambiente, PH del suelo, y temperatura ambiente, también se emplearon tres variables para los actuadores, las cuales son ventiladores, lámpara UV, y bomba de riegoT.

Interfaz empleando el servidor MQTT

Lo siguiente que se hizo fue elaborar la interfaz visual en la cual se representaran la información de los sensores y el estado de los actuadores.



Los elementos empleados fueron cuatro indicadores semicirculares para visualizar el valor de los sensores y tres switch on/off para el estado de los actuadores.

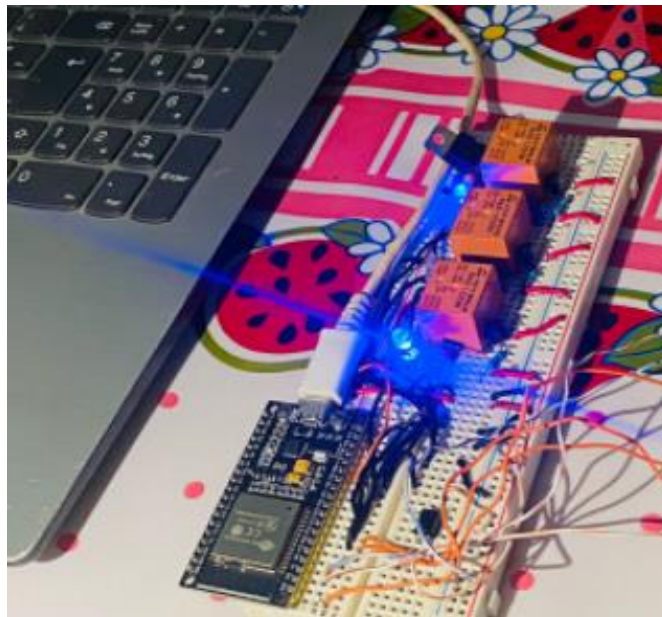


Para cada elemento se le agrego la variable correspondiente y en el caso de los sensores se configuro para que el color del indicador cambie dependiendo el valor de la variable.

RESULTADOS

Pruebas de la comunicación entre el cliente y el servidor.

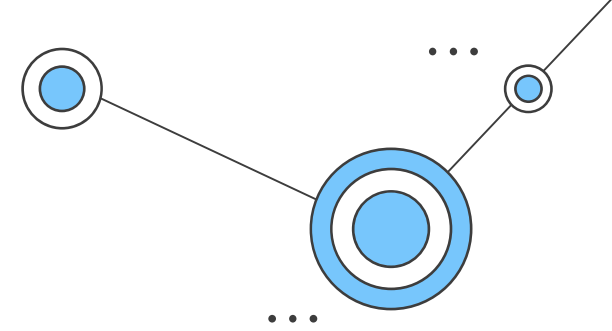
Para realizar las pruebas únicamente se conectaron los sensores al módulo ESP32 y unos leds indicadores para mostrar visualmente el funcionamiento de los relevadores que activan los actuadores.



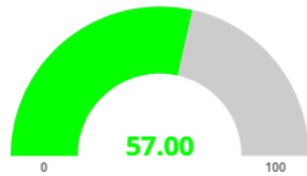
Se obtuvo como resultado que la comunicación entre el ESP32 y el servidor fue exitosa, en la cual se observó el valor de los sensores y los indicadores funcionando correctamente, además se pudo activar correctamente cada uno de los actuadores desde la interfaz.

Para que se observe el funcionamiento de los relevadores se les colocó un led indicador que se enciende cada vez que se activa su actuador correspondiente desde el servidor.

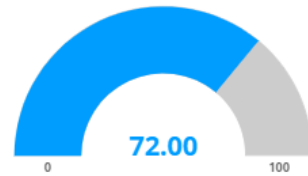
RESULTADOS



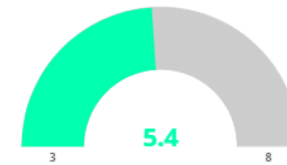
% DE HUMEDAD



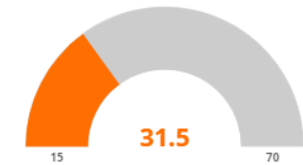
% DE LUZ SOLAR



ESCALA PH



TEMPERATURA

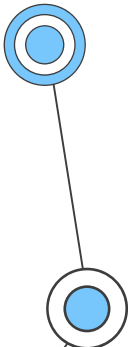


Lecturas del sensor del porcentaje de humedad de suelo y del porcentaje de luz ambiente.

Lecturas del sensor de PH y de temperatura, correcto funcionamiento del módulo ESP32 y del servidor.



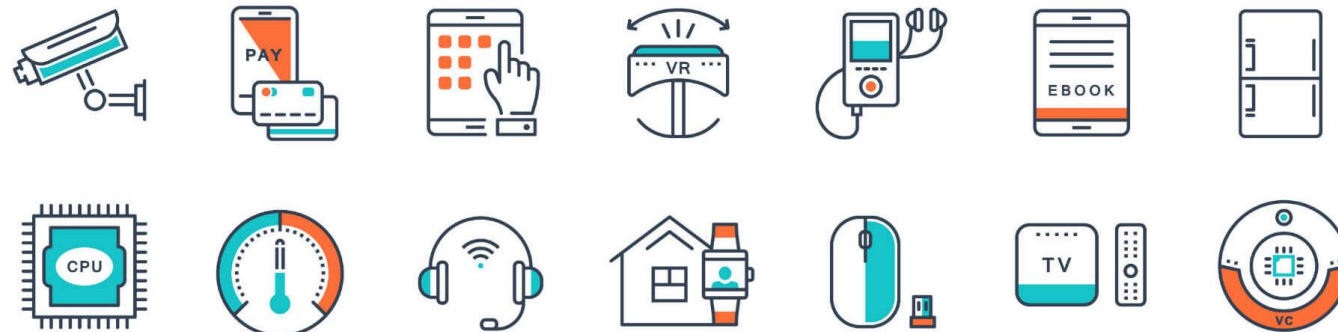
Desde el servidor es posible acceder al registro de las lecturas del periodo de tiempo que se desee.



CONCLUSIÓN



Gracias a este proyecto se concluye que hoy en día es posible aplicar de forma adecuada el internet de las cosas para el control de muchos sectores productivos debido al gran avance de la tecnología en los últimos años, ya que existen diversas plataformas para soluciones de ingeniería en el área de la informática, el internet de las cosas y la inteligencia artificial con una gran accesibilidad y facilidad de manejo para la creación de interfaces virtuales en las que sea posible comunicarse con objetos desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

Además nuestra interfaz creada para el control del dispositivo , es funcional, eficaz y funciona en tiempo real, su diseño es llamativo con indicadores que cambian de color según el valor de la variable.



Referencias

- Am, M. (2015). *Sensores de humedad para plantas*. Jardineria On. <https://www.jardineriaon.com/sensores-de-humedad-para-plantas.html>
- Andrés, M. B. (2018). *Internet de las Cosas* (1.ª ed.). Reus Editorial. <https://books.google.nl/books?id=jFLDwAAQBAJ>
- appandweb.es. (2019, 27 diciembre). *Aplicaciones de IoT en el sector de la agricultura*. App&Web. <https://www.appandweb.es/blog/iot-agricultura/>
- Beningo, J. (2020, 21 enero). *Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial*.
- Digi-Key ELECTRONICS. <https://www.digikey.com.mx/es/articles/how-to-select-and-use-the-right-ESP32-wi-fi-bluetooth-module>
- Camarillo, A. (2021, 29 enero). *¿Qué es MQTT?* 330ohms. <https://blog.330ohms.com/2020/07/12/que-es-mqtt/>
- ESPRESSIF. (2021). *ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU | Espressif Systems*. espressif.com. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

- 
- 
- Llamas, L. (2019, 17 abril). *¿Qué es MQTT? Su importancia como protocolo IoT*. Luis Llamas. <https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/>
 - <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
 - Marmolejo, R.-E. (2018, 18 enero). *LM35 - El sensor de temperatura más popular*. HETPRO. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>
 - Rose, K. (2015, octubre). *LA INTERNET DE LAS COSAS— UNA BREVE RESEÑA*. Internet Society. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
 - TEXAS INSTRUMENT. (2017, diciembre). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
 - Ubidots. (2021). *IoT platform | Internet of Things | Ubidots*. ubidots.com. <https://ubidots.com/>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)