

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA EL
CONTROL, MONITOREO Y TOMA DE DECISIONES
APLICADO EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN
BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT). – CASO
DE ESTUDIO CULTIVO DE FRIJOL**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADA POR:

Bach. MORA MAGALLANES, HANSELL VALMIR

Bach. ROSAS PARI, JOSÉ LUIS

Asesor: Ing. RODRÍGUEZ ALCÁZAR, JOSÉ LUIS

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

José Luis Rosas Pari

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, a mis padres Jesús Mora y Rosa Magallanes quienes siempre me apoyaron en todo momento y se sacrificaron en todo aspecto para que defienda mi carrera y llegue a ser un Profesional.

A Wendy Seminario por ser mi compañera de vida que ha estado en mis mejores momentos y sobretodo en los más críticos. Por todo ello agradecerte por el apoyo y por todos los sacrificios amor.

AGRADECIMIENTO

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no creo que sea el único legado del cual yo particularmente me siento muy agradecido y sobre todo afortunado, mis padres me han enseñado a trazar mi propio camino y caminar con mis propios pies. Ellos son el motor y motivo de mi vida, les dedico este trabajo de titulación. Espero que estén orgullosos de mí.

A mis amigos quienes han compartido conmigo los mejores momentos y me han aguantado en mis horas más bajas. Gracias por apoyarme de manera incondicional a pesar de mi carácter a veces complicado.

A mi familia, a la que tengo cerca y a la que tanto me duele tener lejos, porque,

aunque nos veamos poco siempre son
un soplo de aire fresco.

José Luis Rosas Pari

AGRADECIMIENTO

Deseo mostrar mi más sincero agradecimiento a todos los docentes de la prestigiosa Universidad Ricardo Palma que me han dotado de conocimiento para mi formación como profesional y sobretodo agradecerle al Ing. José Luis Rodríguez Alcázar por ser el guía en apoyo y consejos de esta Tesis.

Agradecerte a ti José Luis Rosas por formar parte de este proyecto con el

cual sellamos la primera parte de
nuestras vidas como profesionales.

Hansell Valmir Mora Magallanes

INDICE GENERAL

RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1. Descripción del Problema.....	4
1.1. Formulación del Problema	4
1.1.1. Problema General.....	5
1.1.2. Problemas Específicos	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Hipótesis.....	6
1.4. Delimitación de la Investigación: Temporal Espacial y Temática.....	6
1.5. Justificación e Importancia	7
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	8
2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	8
2.1.1. Investigaciones Nacionales	8
2.1.2. Investigaciones Internacionales.....	11
2.2. Redes de Telecomunicaciones	13
2.2.1. Elementos de una red de Sensores.	14
2.2.2. Topología	14
2.2.3. Estándar IEEE 802.11	15
2.3. Internet de las Cosas.....	17
2.3.1. Elementos en IoT	17
2.4. Agricultura de Precisión.....	19
2.4.1. Parámetro de Estudio	19
2.5. Variables Ambientales	21
2.5.1. Variable Física	21
2.5.2. Magnitud Física.....	21
2.5.3. Transductor	21
2.5.4. Sensores y sus características.....	21

2.6.	Cultivo de Frijol	23
2.6.1.	El Frijol	23
2.6.2.	Evolución y Progreso de la planta de Frijol	23
2.6.3.	La Producción de frijol y la influencia de los factores ambientales.	24
2.7.	Software	27
2.7.1.	IDE Arduino.....	27
2.7.2.	Amazon Web Service (AWS)	27
2.7.3.	Terminal Putty.....	30
2.7.4.	Sistema Operativo Linux.....	30
CAPÍTULO III: HARDWARE Y SOFTWARE		38
3.1.	Elección del Hardware	38
3.1.1	Elección de Componentes	40
3.1.1.1	Dispositivo de Transmisión de datos Inalámbrica.	40
3.1.2	Sensores de Temperatura.....	48
3.1.2.1	Sensor de Temperatura LM35.....	48
3.1.2.2	Sensor de Temperatura TMP36	49
3.1.2.3	Sensor de Temperatura TC74.....	50
3.1.2.4	Sensor de Temperatura DHT11	51
3.1.3	Sensores de Humedad.....	52
3.1.4	Sensores de Humedad de Suelo (Higrómetro)	55
3.1.5	Sensor Detector de Humo.....	58
3.1.6	Sensor de Lluvia	59
3.1.7	Acondicionamiento.....	60
3.2.	Ensamblaje de Sensores	66
3.2.1.	Configuración de los pines ESP12E	66
3.2.2.	Diseño de fuente de alimentación para ESP8266	68
3.2.3.	Reseteo y Modo Sleep del Circuito ESP12E	69
3.2.3.1.	Reseteo del Módulo ESP12E	69
3.2.3.2.	Modo Sleep del Módulo ESP12E	69
3.2.4.	Configuración Final ESP-12E.....	70
3.2.5.	Divisor de Tensión para ADC.....	71
3.2.6.	Configuración de Multiplexor HC4051	72
3.2.7.	Configuración de Micro-USB y CI TP4056	73
3.2.8.	Diseño en Eagle.....	76

3.2.9.	Diseño de Placa en Eagle	77
3.3.	Desarrollo del Software.....	78
3.3.1.	Algoritmo de Funcionamiento.....	78
3.3.2.	Programación de la Nube	79
3.3.2.1.	Servicios en la nube	79
3.3.3.	Creación de Cuenta en AWS (Trial)	80
3.3.3.1.	Creación de un Instancia en EC2 de AWS.....	81
3.3.4.	Node-Red.....	99
3.3.4.1.	Elementos de Node-Red.....	99
3.3.4.2.	Configuración de LOGIN con Node-Red	103
3.3.5.	Base de Datos con PhpMyAdmin.....	105
3.3.6.	Configuración de IDE Arduino con ESP12E.	106
3.3.6.1.	Configuración de Librerías	106
3.3.6.2.	Declaración de Variables	108
3.3.6.3.	Configuración Inalámbrica del ESP-12E	109
3.3.6.4.	Configuración de Sensores en IDE Arduino	111
3.3.6.5.	Configuración de Pantalla OLED	113
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE		116
4.1.	Implementación.....	116
4.1.1.	Alimentación del circuito.....	116
4.1.2.	Conexión en paralelo en Baterías Ion de Litio.....	116
4.2.	Integración de la Red de Sensores Inalámbrica	119
4.2.1.	Ubicación de las plantas de Frijol Canario	120
4.2.2.	Montaje en el campo	122
4.2.3.	Pruebas y Puesta en Funcionamiento	124
4.2.4.	Visualización de Datos.....	127
4.3.	Caso Práctico en un área de cultivo Extenso.	128
4.4.	Dashboard de Node-Red - Cloud Computing	129
4.5.	Resultados.	130
4.5.1.	Tabla de equivalencia.....	130
4.5.2.	Tabla de Resultados por variable física	131
CAPITULO V: COSTOS Y COMPARACIÓN DE PRUEBAS.....		137
5.1.	Análisis de Costo.....	137
5.1.1.	Costo de Dispositivos.....	137

5.1.2.	Costo de Infraestructura	138
5.1.3.	Costo de Ingeniería de Software	138
5.1.4.	Costo de Software	138
5.2.	Costo Final del Proyecto	139
5.3.	Costo Final del Proyecto por una Hectárea de Tierra.	139
5.4.	Comparación de Pruebas	140
5.4.1.	La Observación y Diario de Campo	140
5.4.2.	Pruebas Frijol “A” – Grupo Experimental.	141
	Monitreo usando la Red de Sensores.....	141
5.4.2.1.	Observación N°1	141
5.4.2.2.	Observación N°2	142
5.4.2.3.	Observación N°3	142
5.4.2.4.	Diario de Campo	143
5.4.3.	Pruebas Frijol “B” – Sin monitoreo – Grupo de Control	144
5.5.	Herramientas de verificación de Mediciones.	148
	CONCLUSIONES	152
	RECOMENDACIONES.....	154
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	156
	ANEXOS	161
	ANEXO N° 1: Tabla de Temperatura.....	161
	ANEXO N° 2: Tabla de Humedad Relativa	162
	ANEXO N° 3: Tabla de Humedad de Suelo.....	163
	ANEXO N° 4: Tabla de Sensor Lluvia	164
	ANEXO N°5: Glosario	165
	ANEXO N°6: Datasheet TP4056.....	166
	ANEXO N° 7: Módulo RF 433MHz	169
	ANEXO N° 8: MÓDULO RF 2.4GHz nRF24L01	170
	ANEXO N°9: Código Fuente	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 : Estándar WiFi IEEE 802.11	16
Tabla N° 2 : Resumen de Módulos RF	47
Tabla N° 3 : Características sensor de Temperatura LM35	49
Tabla N° 4 : Características sensor de Temperatura TMP36.....	49
Tabla N° 5 : Características sensor de Temperatura TC74.....	50
Tabla N° 6 : Características sensor de Temperatura DHT11.....	51
Tabla N° 7 : Resumen de Sensores de Temperatura.....	52
Tabla N° 8 : Resumen de Sensores de Humedad.....	55
Tabla N° 9 : Resumen Sensores de Humedad de Suelo	58
Tabla N° 10 : Características del Módulo Cargador de Batería	62
Tabla N° 11 : Eficiencia solar según su composición	65
Tabla N° 12 : Modo Uart del ESP-12E.....	67
Tabla N° 13 : Modo FLASH del ESP-12E	67
Tabla N° 14 : Símbolos y descripción de pines del HC4051	72
Tabla N° 15 : Configuración de los Sensores	73
Tabla N° 16 : Equivalencia del Sensor de Humedad de Suelo(Higrómetro).....	130
Tabla N° 17 : Equivalencia del Sensor de Lluvia.....	131
Tabla N° 18 : Tabla de Temperatura (Anexo N°1).....	131
Tabla N° 19 : Tabla de Humedad Ambiental (Anexo N°2).....	132
Tabla N° 20 : Tabla de Humedad de Suelo (Anexo N°3).....	133
Tabla N° 21 : Tabla de Presencia de Lluvia (Anexo N°4)	134
Tabla N° 22 : Tabla Sensor de Smoke (Anexo N°5)	135
Tabla N° 23 : Resultados de Prueba Smoke	135
Tabla N° 24 : Costo de Dispositivos.....	137
Tabla N° 25 : Tabla de Costo.....	138
Tabla N° 26 : Costo de Ingeniería de Software	138
Tabla N° 27 : Costo de Software	139
Tabla N° 28 : Costo Final del Proyecto	139
Tabla N° 29 : Tabla de costo por una hectárea de tierra.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Estándar IEEE 802.....	16
Figura N° 2: Capas de Red	18
Figura N° 3: Clase de Texturas en los Suelos.....	26
Figura N° 4: Combinación de Suelo arcilloso limoso	26
Figura N° 5:Arquitectura de Sistema MQTT	33
Figura N° 6: Arquitectura publicación/suscripción de MQTT	34
Figura N° 7: Ventana de Trabajo Node-RED.....	35
Figura N° 8: Entorno de desarrollo de Node-Red.....	37
Figura N° 9: Proxy Inverso.....	37
Figura N° 10: Esquema Red de sensores inalámbrica	39
Figura N° 11 : Topología tipo estrella mediante broker	39
Figura N° 12 : Módulos RF en la Frecuencia 433MHz.....	41
Figura N° 13: Regiones y Zonas para la atribución de Frecuencias.....	42
Figura N° 14 : Módulo nRFf24l01	42
Figura N° 15 : Módulo XBee.....	43
Figura N° 16: Soc ESP8266EX	43
Figura N° 17 : Diagrama de Bloque ESP8266	44
Figura N° 18 : Pin out ESP8266	45
Figura N° 19 : Pin Out ESP-12E	46
Figura N° 20: Sensor LM35.....	49
Figura N° 21 : Sensor TMP36	50
Figura N° 22 : Sensor TC74	50
Figura N° 23 : Sensor DHT11	51
Figura N° 24: Sensor de Humedad HIH6130	53
Figura N° 25 : Sensor DHT11 (Humedad).....	54
Figura N° 26 : Sensor DHT22	54
Figura N° 27 : Sensor de Humedad de Suelo FC-28 (HIGROMETRO).....	56
Figura N° 28 : Sensor de Humedad de Suelo SEN 13322 (SPARKFUN).....	57
Figura N° 29 : Sensor de Humedad de Suelo YL-69.....	57
Figura N° 30 : Sensor Sharp GP2Y1010AU0F	59
Figura N° 31 : Sensor de Lluvia	59

Figura N° 32 : Regulador de Voltaje LM1117	60
Figura N° 33 : Diagrama Funcional del HC4051	61
Figura N° 34 : Descripción de Pines del HC4051	61
Figura N° 35 : Tabla de Funcionamiento del HC4051	61
Figura N° 36 : Baterías Ion de Litio 18650	63
Figura N° 37 : Operación de una celda Fotovoltaica.....	64
Figura N° 38 : Programador FTDI.....	65
Figura N° 39 : Pantalla OLED de 0.96"	66
Figura N° 40 : Modos de Configuración del ESP-12E.....	68
Figura N° 41 : Diseño de Fuente de Alimentación de ESP-12E.	69
Figura N° 42 : Reseteo del ESP-12E.	69
Figura N° 43 : Configuración final del ESP-12E.	71
Figura N° 44 : Divisor de Voltaje.....	71
Figura N° 45 : Divisor de Voltaje y configuración de ESP-12E en EAGLE	72
Figura N° 46 : Configuración de HC4051	73
Figura N° 47 : Configuración de HC4051 en EAGLE	73
Figura N° 48 : Conector Micro-USB tipo B y configuración de CITP4056	74
Figura N° 49 : Diseño en Eagle del dispositivo IoT	76
Figura N° 50: Diseño de la Placa en Eagle del dispositivo IoT.....	77
Figura N° 51:Algoritmo de Funcionamiento del Dispositivo IoT.....	78
Figura N° 52 : Solución de Cloud Computing.....	80
Figura N° 53 : Página Principal de AWS	80
Figura N° 54 : Inicio de Sesión en AWS	81
Figura N° 55 : Ingreso a la cuenta de AWS.....	81
Figura N° 56 : Panel de AWS.....	82
Figura N° 57 : Elección de Imágenes de maquina Amazon (AMI).....	82
Figura N° 58 : Elección del tipo de instancia	83
Figura N° 59 : Tipos de Instancias en AWS	83
Figura N° 60 : Configuración de SSH en AWS	84
Figura N° 61 : Detalles de la Instancia	84
Figura N° 62 : Resumen de la instancia creada en AWS.....	84
Figura N° 63 : “Key” para ingresar a la instancia EC2 de AWS.....	85
Figura N° 64 : Archivo “.pem” guardado en la carpeta del Proyecto.....	85
Figura N° 65 : Instancia EC2 ejecutada.....	85

Figura N° 66 : Selección de trabajo para una IP ELASTICA	86
Figura N° 67 : Asignar una IP ELASTICA mediante VPC.....	86
Figura N° 68 : Resumen de la instancia instalada	87
Figura N° 69 : Parámetros para la creación del archivo “.ppk”.....	87
Figura N° 70 : Carga de Archivo ".ppk"	88
Figura N° 71 : Archivo “.ppk” creado	88
Figura N° 72 : Ingreso de la IP ELASTICA en IP ADDRESS mediante el puerto 22... 89	
Figura N° 73 : Selección de archivo “.ppk”.....	89
Figura N° 74 : Ingreso mediante SSH a la instancia de Ubuntu.....	90
Figura N° 75 : LOGIN en la instancia de Ubuntu.	90
Figura N° 76 : Ingreso a la AMI de Ubuntu(console)	91
Figura N° 77 : Prueba de instalación de PHP en Ubuntu(console)	93
Figura N° 78 : Elección del servidor para PhpMyAdmin.....	94
Figura N° 79 : Configuración de PhpMyAdmin.....	94
Figura N° 80 : Configuración de la contraseña PhpMyAdmin.....	95
Figura N° 81 : Puerto de escucha de Mosquitto Broker en TCP/IPv4 y TCP IPv6	95
Figura N° 82 : Versión de Node.js.....	96
Figura N° 83 : Versión de Node Package Manager.....	96
Figura N° 84 : Node-Red ejecutado con http://34.216.134.126:1880	97
Figura N° 85 : Ventana de Trabajo de Node-Red.....	100
Figura N° 86 : Módulo Mqtt como Input.....	100
Figura N° 87 : Módulo Http como Input	100
Figura N° 88 : Módulo Http como Output.....	101
Figura N° 89 : Nodo Función con Input de Temperatura.	101
Figura N° 90 : Conexión del Nodo Chart.	102
Figura N° 91 : Configuración del Nodo Chart.....	102
Figura N° 92 : Conexión del Nodo Gauge.....	102
Figura N° 93 : Configuración del Nodo Gauge	103
Figura N° 94 : Conexión del Nodo MySql(Datos_mecedor).....	103
Figura N° 95 : Configuración de LOGIN	103
Figura N° 96 : Página Principal de phpMyAdmin (base de datos).....	106
Figura N° 97 : Descarga del IDE Arduino.....	106
Figura N° 98 : Descarga de la librería PubSubClient en el IDE Arduino	107
Figura N° 99 : Descarga de los paquetes de placas ESP8266 en el IDE Arduino.....	107

Figura N° 100 : Librería SSD1306 para pantallas OLED en Arduino.	108
Figura N° 101 : Descarga de la librería DHT en el IDE Arduino.	108
Figura N° 102 : Configuración I2C en la Pantalla OLED.	114
Figura N° 103 : Diagrama de conexión de ESP12 y pantalla OLED.	114
Figura N° 104 : Pantalla OLED conexiones SDA, SCL, VCC y GND.....	114
Figura N° 105 : Placa Terminada	116
Figura N° 106 : Arreglo de baterías en paralelo de 3.7V a 3000mAh.....	117
Figura N° 107 : Curva de batería de Ion del Litio	118
Figura N° 108 : Sensores Inalámbricos y el ESP-12E.....	119
Figura N° 109 : Esquema de Configuración de la WSN y su conexión a Internet.....	120
Figura N° 110 : Suelo franco arcilloso limoso.	120
Figura N° 111 : Ubicación Geográfica de la Chacra en el Distrito de Chincha Alta. ..	121
Figura N° 112 : Semilla de Frijol	121
Figura N° 113 : Germinación de Frijol Canario	121
Figura N° 114 : Traslado de la Planta a la Tierra	122
Figura N° 115 : Frijoles en Desarrollo.....	122
Figura N° 116 : Caja de Pase VOLT IP65.....	123
Figura N° 117:Trípode, caja de paso con la placa y Panel Solar.....	124
Figura N° 118: Acondicionamiento de Panel Solar.....	124
Figura N° 119: Acondicionamiento de Panel Solar, vista de planta.....	124
Figura N° 120:Acondicionamiento de Sensor de Lluvia	124
Figura N° 121:Acondicionamiento de Sensor de Humo	124
Figura N° 122:Vista de Proyecto terminado.....	124
Figura N° 123: Encendido de la placa	125
Figura N° 124:Módulo compartiendo Internet	125
Figura N° 125: ESP-12E transmitiendo la información mediante wifi	125
Figura N° 126: DNS de la DASHBOARD.....	126
Figura N° 127: b) Ingresar Datos.....	126
Figura N° 128 : c) Ingreso de Datos	126
Figura N° 129 : d) Usuario Logueado	126
Figura N° 130 : Dashboard de las 5 variables física a medir.....	126
Figura N° 131 : Gadget de Temperatura.....	127
Figura N° 132 : Grafico de puntos tipo chart de Temperatura	128
Figura N° 133 : Dimensionamiento en una hectárea de Tierra.....	129

Figura N° 134: Formas de ejecución de Node-Red	129
Figura N° 135 : Flujograma para visualización de datos.....	130
Figura N° 136 : Gráfica de temperatura.....	132
Figura N° 137 : Gráfica de Humedad Ambiental	133
Figura N° 138 : Gráfica de Humedad de Suelo	133
Figura N° 139 : Gráfica de presencia de lluvia.....	134
Figura N° 140 : Voltaje VS densidad de polvo (sensor de smoke)	135
Figura N° 141 : Medidor de humedad ambiental, temperatura y reloj	148
Figura N° 142 : Medidor de exposición solar, Ph, temperatura y humedad de suelo...	149
Figura N° 143 : Verificación valores de Temperatura y Humedad de Ambiente.....	149
Figura N° 144 : Precisión de Humedad de Ambiente.....	150
Figura N° 145: Sensor de temperatura, cantidad de luz, humedad de suelo y Ph.	150

RESUMEN

El Perú es uno de los países con mayor actividad agrícola en el continente americano, con el avance de la tecnología y el financiamiento del estado muy pronto más personas en el interior de nuestro país tendrán la ansiada conexión a internet de banda ancha. Con ello los agricultores podrán iniciar el uso de las tecnologías de la comunicación e información aplicado a los cultivos, haciendo la actividad agraria mucho más fácil.

En este trabajo de investigación se propuso diseñar, desarrollar e implementar una red de sensores inalámbricos basado en el internet de las cosas aplicado en el cultivo de Frijol con el objetivo de establecer el monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión. Para lograr este objetivo se propuso crear un dispositivo electrónico capaz de establecer una red de sensores inalámbricos, para ello se utilizó el MCU ESP8266 en su módulo ESP-12E aplicando el IoT. Con el dispositivo interactuando con internet se analizó los factores ambientales de temperatura ambiental, humedad de ambiente, presencia de lluvia y cantidad de smoke, estos sensores proporcionaron datos que fueron enviados mediante internet hacia la nube a la interfaz gráfica de Node-Red que fue capaz de mostrar la información de manera sencilla al usuario. La placa diseñada con el dispositivo de IoT y sensores almacenó energía en las baterías de Ion de Litio, dichas baterías obtuvieron energía mediante los paneles solares generando su propia autonomía.

Se realizaron pruebas y simulaciones del sistema diseñado, desarrollado e implementado que demostraron que los sensores elegidos para monitorear y controlar las variables ambientales son los correctos, proporcionándonos información de las variables en tiempo real que se lograron visualizar en la plataforma de internet y la cual a su vez almacenó en la base de datos. El trabajo de investigación contribuye a los agricultores y público en general a tener herramientas confiables en base a las TIC's para tomar mejores decisiones en la Agricultura de Precisión que en este caso fue aplicado en el cultivo de Frijol.

Palabras Claves: Redes de sensores inalámbricos, agricultura de precisión, ESP-12E, ESP8266, WIFI, Sensores, Internet de las cosas, monitorización, control, toma de decisiones, bajo consumo, panel solar, baterías, frijoles, cultivo, agricultura.

ABSTRACT

Peru is one of the countries with the greatest agricultural activity in the American continent with the advance of technology and the financing of the state very soon more people in the interior of our country will have the longed connection to broadband internet. With this, farmers will be able to initiate the use of communication and information technologies applied to crops, making agricultural activity much easier.

In this research work, it was proposed to design, develop and implement a network of wireless sensors based on the Internet of Things applied in bean cultivation with the objective of establishing monitoring, control and decision making in precision agriculture. To achieve this goal, it was proposed to create an electronic device capable of establishing a wireless sensor network, for which the ESP8266 MCU was used in its ESP-12E module by applying the IoT. With the device interacting with the internet, the environmental factors of environmental temperature, humidity of the environment, presence of rain and amount of smoke were analyzed. These sensors provided data that was sent via the Internet to the cloud to the graphical interface of Node-Red that was able to show the information in a simple way to the user. The plate designed with the IoT device and sensors stored energy in the Lithium Ion batteries, these batteries obtained energy through the solar panels generating their own autonomy.

Tests and simulations of the system designed, developed and implemented were carried out that showed that the sensors chosen to monitor and control the environmental variables are the correct ones, providing us with information on the variables in real time that were visualized in the internet platform and which once stored in the database. The research work contributes to farmers and the general public to have reliable tools based on ICTs to make better decisions in Precision Agriculture, which in this case was applied in bean cultivation.

Keywords: Wireless Sensor Network, precision agriculture, ESP-12E, ESP8266, WIFI, Sensors, Internet of things, monitoring, control, decision making, low consumption, solar panel, batteries, beans, cultivation, agriculture

INTRODUCCIÓN

La agricultura en el Perú es y seguirá siendo una de las actividades primarias que dará impulso a la economía nacional y es así que según Arzubiaga (2018) manifiesta que: “En definitiva el crecimiento del sector agrícola ayuda a diversificar la economía y reducir la dependencia en las industrias extractivas no renovables, y puede ser un gran impulsor de la reducción de la pobreza en el Perú.”

Es por ello que viendo que la agricultura sigue y seguirá desarrollándose en el país esta debe mejorar, pasando de una agricultura tecnificada a una agricultura tecnológica que pueda complementar las herramientas con las TIC's en favor de los cultivos. La gran mayoría del sector agrícola en el país no cuenta con tecnología agrícola a causa de desconocimiento de la misma tecnología o por falta de medios económicos es por ello que en vista de esta carencia en el sector agrícola se observa la deficiencia en el control, monitoreo y toma de decisiones en aspectos agrícolas, para ello mediante el uso de la agricultura de precisión se pretende establecer el monitoreo, control y toma de decisiones usando un dispositivo electrónico capaz de desarrollarse sobre un red de telecomunicaciones inalámbricas mediante el uso del internet de las cosas. Este diseño, desarrollo e implementación se realiza para el monitoreo y control de los factores ambientales de temperatura ambiental, humedad de suelo, humedad ambiente, presencia de lluvia y cantidad de smoke. Con esta información observada en la interfaz gráfica de Node-red el agricultor es capaz de tomar la mejor decisión el cultivo.

Esta investigación es aplicada sobre el cultivo de Frijol Canario por ser un cultivo que se adapta sobre el terreno de la costa peruana, específicamente en el departamento de Ica. Para ello la investigación y según revisado en Sampieri (2014) indica que el término diseño, hablando de metodología de la investigación, se refiere al plan o estrategia pensada para obtener información deseada con la finalidad de responder al planteamiento del problema.

La metodología que se usa en esta investigación es de corte aplicada, porque está orientada a controlar situaciones prácticas, y el enfoque es mixto, porque representa la categoría de integración entre enfoques tanto cuantitativo como cualitativo. Para ello

Sampieri, Fernández y Baptista (2003) manifiestan que sobre dichas metodologías lo siguiente:

Ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o al menos, en la mayoría de sus etapas. Requiere de un manejo completo de los dos enfoques y una mentalidad abierta. Agrega complejidad al diseño de estudio; pero contempla todas las ventajas de cada uno de los enfoques. La investigación oscila entre los esquemas de pensamiento inductivo y deductivo, además de que por parte del investigador necesita un enorme dinamismo en el proceso. (s.p.)

Dentro de las investigaciones mixtas se hace uso de datos cualitativos y cuantitativos. Ambos enfoques son representaciones muy útiles para el progreso del conocimiento científico y ninguno es básicamente mejor que otro.

Es cuantitativa, porque se realiza un método experimental, pues en este caso se harán las manipulaciones de la variable independiente para observar efectos que se producen en una o más variables dependientes. Según el diseño experimental y el grado de manipulación sobre la variable independiente esta tendrá un grupo de comparación en donde el primer grupo se someterá a la variable independiente y tomará el nombre de “grupo experimental” mientras el que no la tenga tendrá como nombre “grupo de control”.

Es cualitativa, porque mantiene un análisis no estadístico de la información para luego formular propuestas de índole interpretativo. Se debe considerar que el análisis parte de los juicios, ideas y opiniones del investigador, por ende, es un enfoque menos riguroso, pero no por ello deja de ser serio. El término subjetivo no significa que el investigador pueda certificar lo que desea, sino que deberá realizarlo desde la lógica y coherencia. La tendencia de la investigación cualitativa va hacia la generalización del conocimiento y la recaudación de información, pues el investigador puede utilizar escritos, entrevistas, material gráfico o audiovisual, siempre que se establezca la pertinencia.

El diseño a utilizar es el cuasi-experimental, porque reúne dos de los tres niveles de control que un investigador tiene y estos son la posibilidad de manipulación intencional de las variables independientes y la existencia de grupos de comparación, el nivel que

no se tiene y hace que esta investigación no sea de tipo pura es el nivel de equivalencia inicial de grupos que es cuando las unidades que integran los grupos son elegidos de manera aleatoria y al azar.

Para nuestro caso de investigación se manipulará la variable independiente, se medirá la variable dependiente y se realizará un control y validez de los datos obtenidos con dos grupos en comparación usando un grupo experimental y un grupo de control.

El gráfico del diseño es X e Y donde:

X: Manipulación de la variable Independiente. (Red de sensores Inalámbrica basado en IoT)

Y: Medición del efecto sobre la variable dependiente. (Control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión)

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Descripción del Problema

En la actualidad en el Perú, la agricultura es una de las principales actividades productivas, el cual ayuda a la reducción de pobreza rural y crecimiento económico; es por ello que se ha reconocido su gran potencial para generar desarrollo en el país. Es así que en el año 2017 según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) el sector agricultura se consolidó como la segunda actividad económica generadora de divisas en el país. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018)

Ciertamente, desde siempre se ha tenido el potencial agrícola, pero con deficiencias por no usar una agricultura tecnificada y como consecuencia tampoco es una agricultura muy tecnológica. Es por ello que se observa carencia en los campos agrícolas respecto al control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión para un mejor cultivo.

El caso más resaltante es en el cultivo de frijol en su variedad de Frijol Canario el cual en muchos lugares de la costa de nuestro Perú aún es sembrado de manera rudimentaria sin uso de la tecnología para su control y monitoreo, pero a pesar de no tener ello se tiene algunos buenos resultados por ser un cultivo fuerte frente a enfermedades. (INIA, 2004)

1.1. Formulación del Problema

Los costos elevados de los dispositivos tecnológicos para agricultura, la carencia de energía eléctrica en las mismas tierras del cultivo, inversión económica elevada y sobretodo el desconocimiento de las TIC's en el uso agrícola genera el problema de carencia en el control, monitoreo y toma de decisiones en el sector de agricultura de precisión.

Dicha problemática tiene como síntomas en la agricultura el deterioro del cultivo, mayor consumo de recursos como agua, fertilizantes, pesticidas y sobretodo genera el deterioro de las personas por el trabajo y reducciones en la calidad de vida en los agricultores que al no tener el uso de tecnología y

herramientas capaces de mejorar sus tomas de decisiones tendrían como consecuencias pérdidas económicas, pérdida de sus cultivos, deficiencias en sus cultivos, pérdida de tiempo y pérdidas de productos alimenticios en el país.

Sin embargo, la problemática evidenciada podría solucionarse realizando el diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbrico para el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión usando la tecnología del Internet de las Cosas(IoT) poniéndolo en situación experimental en el cultivo de Frijol.

1.1.1. Problema General

¿Cómo mejorar la carencia de monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera se puede controlar, monitorear y tomar decisiones en la agricultura de precisión?
- ¿Qué tecnología de la información y comunicaciones se adapta para controlar, monitorear y tomar decisiones en la agricultura de precisión?
- ¿Cuáles son los factores ambientales a analizar en el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión?
- ¿De qué forma se puede presentar la información del control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión?
- ¿De qué forma se puede almacenar energía en el dispositivo de control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión?
- ¿En qué cultivo se puede controlar, monitorear y tomar decisiones en la agricultura de precisión?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Establecer el monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Proponer, diseñar, desarrollar e implementar un dispositivo electrónico para controlar, monitorear y tomar decisiones en la agricultura de precisión.
- Proponer y explorar el uso una red de sensores inalámbricos mediante el uso de la tecnología del Internet de las cosas.
- Evaluar los factores ambientales de temperatura ambiental, humedad de suelo, humedad de ambiente, presencia de lluvia y cantidad de smoke.
- Visualizar la adquisición de información mediante una interfaz gráfica usando Node-Red de IBM.
- Almacenar energía en baterías de litio obtenida mediante un panel solar logrando su propia autonomía.
- Evaluar el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión usando el cultivo de Frijol.

1.3. Hipótesis

Monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión de factores ambientales con un dispositivo electrónico en una red de sensores inalámbricos basado en IoT.

1.4. Delimitación de la Investigación: Temporal Espacial y Temática

La investigación está delimitada de la siguiente manera:

- **Delimitación Temporal:** Los datos considerados para este proyecto de investigación serán enmarcados en el periodo de una semana recolectando data de las diferentes variables físicas.
- **Delimitación Espacial:** El proyecto de investigación planteado está desarrollado en una de las chacras del distrito de Chincha Alta en el Departamento de Ica al sur del Perú la cual tiene las siguientes coordenadas, las coordenadas presentadas son coordenadas exactas de la chacra en donde se desarrolló el proyecto de investigación:

LATITUD: - 13° 26' 47''

LONGITUD: -76° 6' 19''

- **Delimitación Temática:** La realización de la presente investigación busca diseñar, desarrollar e implementar una red de sensores inalámbricos basado en la tecnología del IoT considerando el área de la agricultura de precisión sobre el cultivo de Frijol canario.

1.5. Justificación e Importancia

La investigación estará asentada en la realización de una red de sensores inalámbricos basado en la tecnología de IoT con la finalidad de que se pueda controlar, monitorear y obtener datos e información de los factores ambientales para aplicarlos en la Agricultura de Precisión mediante la toma de decisiones. Dicha toma de decisión gestionará la producción agrícola del cultivo de frijol canario a partir de la observación, toma de mediciones y resolverá cualquier factor que pueda determinar que un cultivo sea exitoso o no.

Por lo mencionado anteriormente, surge la siguiente interrogante que será absuelta a lo largo de la investigación ¿Cómo mejorar la carencia de monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión?

Justificación: El presente proyecto se genera de la necesidad de monitorear, controlar y tomar decisiones sobre los factores ambientales, aquellos que influyen en los cultivos agrícolas. A causa de ello se pretende desarrollar, diseñar e implementar un dispositivo basado en una red de comunicaciones inalámbrica y IoT, el cual tendrá entre sus características su bajo costo en su realización, autonomía en el ámbito de energía, proporcionar datos e instrumentos que ayuden a la toma de decisiones de los agricultores frente a los múltiples cambios de factores ambientales que puedan generar posibles malas cosechas en el producto agrícola.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

El capítulo muestra la descripción de los conceptos del sistema que se desea desarrollar, diseñar e implementar, desde los antecedentes de estudio que son los que impulsan y sostienen en parte la realización del proyecto de investigación, la definición de una red de sensores inalámbricos, la topología en uso, descripción del IoT y Amazon Web Servicio y su plataforma en la nube. Así mismo, se señala el concepto de agricultura de precisión, el cual indica su propósito y a su vez también señala el concepto del cultivo de Frijol canario desde su crecimiento y desarrollo, además de sus factores ambientales que intervienen en su producción.

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

La presente investigación tuvo como referencia a investigaciones relacionadas al tema, esto implicó hacer la revisión de diversos antecedentes que de alguna manera se relaciona a la temática planteada, dicho estudio nos ha permitido recabar información teórica, problemática y metodología referente a los temas como las redes de sensores inalámbricos, tecnología del IoT y además lo referente a la Agricultura de Precisión. Para ello se ha realizado el análisis de los antecedentes tanto nacionales como internacionales, los cuales se muestran a continuación.

2.1.1. Investigaciones Nacionales

La primera investigación nacional que guarda relación con la temática de estudio es el de Villon (2011) quien realizó la investigación del “Diseño de una red de sensores inalámbricos para agricultura de precisión” en la cual el autor observa una necesidad en la agricultura de riego y fertilización de las plantas, la cual fija objetivos de lograr implementar una red de sensores inalámbricos la cual no se vea afectada mediante los factores externos como lluvia, vientos y fríos usando la metodología del diseño experimental y que llega a la conclusión de que las redes inalámbricas son viables y flexibles a tal punto de que se adapta a cualquier aplicación en la agricultura. De esta investigación nos brinda la información aplicativa de la red de sensores en la Agricultura de Precisión la

misma de que será aplicada a nuestra investigación. (Villón Valdiviezo, 2011)

En la segunda investigación nacional relacionada a la temática de investigación es la de Antaño (2011) en su investigación “Diseño de una red inalámbrica de sensores para monitorear un cultivo de plátanos en el distrito de Mala” el autor plantea como problemática una ausencia dedicada al cultivo de plátano en el Perú, carencia de tecnología aplicada a la agricultura, poco control de plagas, incapacidad de llegar a estándares internacionales sobre el cultivo de plátano para ello plantea como objetivo principal el de realizar una red de sensores inalámbricos que pueda controlar variables de humedad y temperatura con la finalidad de obtener un producto de calidad en el cultivo de plátano en el distrito de Mala. La metodología que usa es la experimental profesional y concluye que la propuesta tecnológica logra adelanto significativo en la agricultura para el monitoreo de variables de temperatura y humedad. Además, en el entorno social indica que la energía solar que usa para su dispositivo se puede desarrollar sin afectar la naturaleza y en la parte de tecnología el autor indica que el monitoreo de variable ayuda notoriamente a mejorar el cultivo de plátano. Esta investigación nos brinda la información de cómo una red de sensores llega a aplicarse sobre algún cultivo que en este caso se realizó sobre el cultivo de plátano, pero para nuestra investigación será realizado sobre el cultivo de Frijol Canario. (Antaño Espinoza, 2011)

En la tercera investigación nacional relacionada con nuestro tema de investigación es la de Aragón (2014) quien en su investigación “Diseño e implementación de una plataforma de gestión de una red de sensores aplicada a la monitorización de la calidad ambiental en la cuenca del río Napo” observa la problemática de insuficiencia y elusión de la regulación medioambiental para solucionar esta carencia el autor se plantea el objetivo de desarrollar un sistema de información para las redes de sensores de calidad de agua y de aire, el cual muestra el comportamiento periódico de la data recolectada por los sensores en una base de datos a través de una interfaz Web bajo la metodología de experimental usando el lenguaje Unificado de Modelado UML, el cual es un lenguaje visual para especificar, construir y documentar los componentes de sistemas intensivos en software. El autor concluye al realizar el monitoreo del

comportamiento periódico de la data recolectada y gestiona las redes de sensores desplegadas, evidenciado en la validación de utilidad del sistema, en la que los usuarios emplearon esta funcionalidad en un 85%. De esta investigación podemos obtener que en muchas áreas de aplicación y sobretodo en la agricultura es posible usar una red de sensores inalámbricas para el monitoreo de información. Esta investigación nos brinda la información de cómo usar una plataforma de gestión de red sobre factores ambientales en una región en nuestro caso usaremos una plataforma de red sobre la nube la cual recopilará la información. (Aragon Valladares, 2014)

La cuarta investigación nacional relacionada a la temática de investigación es la de Varas (2013) que en su investigación “Diseño de un sistema electrónico para riego de césped de jardín empleando un sensor de humedad de suelos y comunicación inalámbrica” observa la deficiencia del sistema de riegos en jardines y para ello se planteó el objetivo de diseñar un sistema electrónico para el riego de jardines usando sensores. La metodología que usa el autor es netamente experimental con ello el autor logró diseñar el sistema de riego para el jardín el cual tiende a ser un proyecto interdisciplinario pues abarca la electrónica y la agronomía. Esta investigación nos brinda la información de los sensores a usarse para nuestra investigación como es el caso del sensor de humedad. (Varas Salazar, 2013)

En la quinta y última investigación nacional relacionada al tema es la de Reyna (2015) en su investigación “Sistema automatizado para el monitoreo y control de humedad en un invernadero” observa la carencia de la implementación de un sistema automatizado que los ayude a lograr establecer las mejores condiciones climáticas en un invernadero de acuerdo a las necesidades de cada tipo de cultivo para ello la autora se planteó el objetivo de diseñar un sistema automatizado para el monitoreo y control de humedad en un invernadero mediante la metodología experimental logrando concluir que para realizar el sistema de monitoreo deberá usar un sensor de temperatura de DHT22 y además logró agregar autonomía al invernadero pues ya no dependerá de un operario para su control. Esta investigación nos brinda la información del control del

factor ambiental de Humedad de ambiente que es una de las variables monitoreada en nuestra investigación. (Reyna Huamán, 2015)

2.1.2. Investigaciones Internacionales

La primera investigación internacional relacionada al tema es de Peña y Suquillo (2016) que en su investigación “Estudio del modelo de referencia del internet de las cosas(IoT), con la implementación de un prototipo domótica” realizado en Ecuador observa que no se ha realizado el estudio del modelo de referencia del IoT y mediante el uso de la metodología investigativa indican en sus conclusiones que mediante el IoT se puede monitorear sensores y controla actuadores desde internet, pero las autoras indican que no es la ideal ya que presenta cierto retardos(delay). Esta investigación nos proporciona información de la nueva tecnología del Internet de las Cosas que será aplicada en nuestra investigación. (Peña Merizalde & Suquillo Chuquimarca, 2016)

La segunda investigación internacional relacionada al tema de redes de sensores inalámbricas y referente al área de agricultura es la de Pariente (2017) que en su investigación “Monitorización y Control en la nube de variables ambientales en un invernadero botánico” realizado en España en la Universidad Politécnica de Madrid, observa la problemática de un uso inadecuado de recurso humano para controlar variables ambientales en un invernadero botánico durante las 24 horas todos los días del año. En vista de ello el autor se plantea el objetivo de monitorear y controlar las variables ambientales de un invernadero botánico a través de la nube. Para lograr el objetivo usó la metodología experimental en donde llegó a diseñar una red de sensores inalámbricos distintos a las habituales, además creo un servidor que recogía datos de una red que se mostraban a un usuario autorizado de manera remota y tome sus decisiones correctas. Para ello el autor instaló un invernadero botánico y comprobó que funcionará de manera interrumpida y durante largo tiempo. Esta investigación nos proporciona relevante información respecto a las redes inalámbricas y a su vez al uso de hardware para la realización de la red de sensores. (Pariente Ibarra, 2017)

En la tercera investigación de corte internacional relacionada al tema es la de Castillo (2017) que en su investigación “Diseño e Implementación de un dispositivo IoT de bajo coste para entornos agrícola” realizado en España en la

Universidad de Granada presenta la necesidad de monitorear las condiciones ambientales de cultivo agrícola pues esto afectan en forma directa el comportamiento del cultivo, pero con un dispositivo de bajo costo. Para ello planteo el objetivo de diseñar e implementar un dispositivo de IoT de bajo costo para la monitorización agrícola. La conclusión del autor en su investigación es la afirmación de que si se puede implementar un dispositivo de IoT de costo reducido el cual logró su propia autonomía y además comprobó que Thingspeak es una plataforma ideal para el análisis de datos obtenidos mediante el dispositivo de IoT. Esta investigación nos proporciona la información de cómo darle autonomía a nuestro proyecto, que se sostiene sobre energía ambiental proporcionada por el sol el cual es absorbido mediante paneles y guardado en batería de Ion de Litio. (Castillo Izquierdo , 2017)

En la cuarta investigación internacional relacionada al tema el autor Piamonte (2017) en su investigación de “Diseño de una red de sensores inalámbricas para la monitorización y transmisión de datos del suelo y ambientales en tiempo real en los cultivos de palma africana” realizado en Colombia en la Universidad Santo Tomas el autor observa la problemática de la existencia de enfermedades que se implantaban en el cultivo de palma africana causado por origen biótico mediante los hongos y bacterias además también existen enfermedades de origen abióticos que son relacionado a factores climáticos es ahí en donde plantea el objetivo de diseñar una red de sensores inalámbricas para la monitorización y transmisión de datos del suelo y ambientales en tiempo real en los cultivos de palma. Para ello utilizó la metodología experimental el cual logró diseñar la red de sensores inalámbricos para la monitorización y transmisión de datos del suelo y del ambiente en tiempo real en los cultivos de palma. Esta investigación nos proporciona la utilización de sensores que miden los factores ambientales como sensores de humedad, sensores de temperatura pero controlando la información sobre el cultivo de palma la cual se puede replicar en el cultivo de Frijol. (Piamonte Pardo, 2017)

En la quinta y última investigación internacional relacionada al tema es la investigación de Palacios (2017) quien en su investigación Diseño de una red de sensores con tecnología 802.15.4 basada en el concepto agricultura de precisión

para el control y monitoreo de cultivos de hortalizas bajo invernadero en la granja de la pradera de la Universidad Técnica del Norte realizada en Ecuador observa la problemática en la gestión de cultivos de las hortalizas en su misma universidad para ello se plantea el objetivo de diseñar una red de sensores basada en la agricultura de precisión, para controlar el riego, monitorear agente ambiental que participan y poseen un registro automático de datos de labranza de los cultivos de hortalizas en un invernadero en la granja de “La Pradera” mediante el uso de la metodología experimental y llegando a la conclusión de que la comunicación entre sensores y el nodo central se realizó de manera muy eficiente y a su vez manejo todas las variables de factores ambientales el cual ayudo a mejorar su cultivo de hortalizas. Esta investigación nos proporciona la información de utilización de múltiples tecnologías para realizar la comunicación inalámbrica entre nodos, nuestro caso usaremos la comunicación Wifi. (Palacios Echeverría, 2017)

2.2. Redes de Telecomunicaciones

Se denomina una Red de Telecomunicaciones Inalámbricas a los sistemas compuestos por nodos autónomos que son distribuidos espacialmente de tal forma que se comuniquen entre sí para monitorear un conjunto de magnitudes y variables físicas. Es de esta forma que se puede medir diferentes variables, abarcando un gran espacio geográfico sin perder la comunicación de datos. (Camargo Olivares, 2009)

Las redes inalámbricas se clasifican en tres grupos dependiendo la distancia de la que cubren y se ordenan de la siguiente manera:

- WWAN/WMAN (*Wireless Wide Area Network/ Wireless Metropolitan Area Network*): “engloba a las redes que cubren desde decenas hasta miles de kilómetros. Son típicamente redes celulares, como UMTS, GPRS o WiMax.” (Camargo Olivares, 2009)
- WLAN (*Wireless Local Area Network*): “redes que cubren desde varios metros hasta centenas de metros. Tecnologías HiperLAN2 (ETSI) o Wi-Fi

(familia 802.11 del IEEE). Esta categoría será el centro de nuestro estudio.”
(Camargo Olivares, 2009)

- WPAN (*Wireless Personal Area Network*): “redes que llegan hasta la decena de metros. Encajarían en esta categoría tecnologías como *IrDA*, *HomeRF*, *Bluetooth*, *ZigBee*, o *RFID*.” (Camargo Olivares, 2009)

2.2.1. Elementos de una red de Sensores.

2.2.1.1 Nodo Sensor

Se definirá NODO de una red de telecomunicaciones a todo punto de la red al cual concurren a dos o más vínculos de comunicación. Este nodo sensor tendrá la capacidad de administrar su propia energía, tendrá un sensor, un microcontrolador y una comunicación inalámbrica. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.234)

2.2.1.2 Vínculos

Se definirá como vínculo en una red de telecomunicaciones a los distintos medios físicos que permitan unir dos nodos existentes de una red, se debe considerar que es muy diferente al llamado “enlace”, ya que, este se diferencia por establecer una conexión y luego mantenerla. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.235)

2.2.1.3 Estación Central

Estará encargada de la recolección de datos sobre la base de un ordenador común en donde se almacenará la información, permitiendo que los usuarios accedan de manera remota y observen el comportamiento de la información para la toma de decisiones.

2.2.2. Topología

El concepto de topología se emplea en el diseño de redes de comunicaciones cuando se quiere referir a la forma de conexión de los nodos y los vínculos de la red.

2.2.2.1 Topologías Básicas

2.2.2.1.1 Tipo Estrella

Es la red diseñada con un nodo Central, el cual es el concentrador y distribuidor del tráfico. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.238)

2.2.2.1.2 Tipo Malla

Se denomina una red de tipo malla cuando las redes están diseñadas sin un nodo o un equipo central. En esta red todos están conectados entre sí, de tal forma que no solo uno concentra la información. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.239)

2.2.2.1.3 Tipo Anillo

Se denomina una red de tipo anillo cuando los equipos terminales están conectados a dos equipos que se tiene adyacente formando entre todos un círculo. Esta red se usa mucho en las redes de área local (LAN). En esta red si uno de los terminales deja de funcionar, toda la red cae; así mismo, la velocidad en esta configuración no es muy veloz. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.240)

2.2.2.1.4 Tipo Bus o Barra

Son las redes en donde cada terminal está conectado a un “bus” o barra por donde circula toda la información, el cual tiene como destino un equipo de red y se distribuye por el procedimiento de difusión. En este caso, un nodo no requiere que la información necesariamente tenga que pasar por un nodo predecesor, sino que el flujo de información pueda ir para todos y según sea el requerimiento, obtiene la información. (Castro Lechtaler & Jorge Fusario, 2013, p.242)

2.2.3. Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 perteneciente al estándar IEEE 802 (Figura N°1) está dedicado a las redes de área local (LAN) centrándose en los niveles de más bajo de la arquitectura OSI (capa física y capa enlace). (Camargo Olivares, 2009)

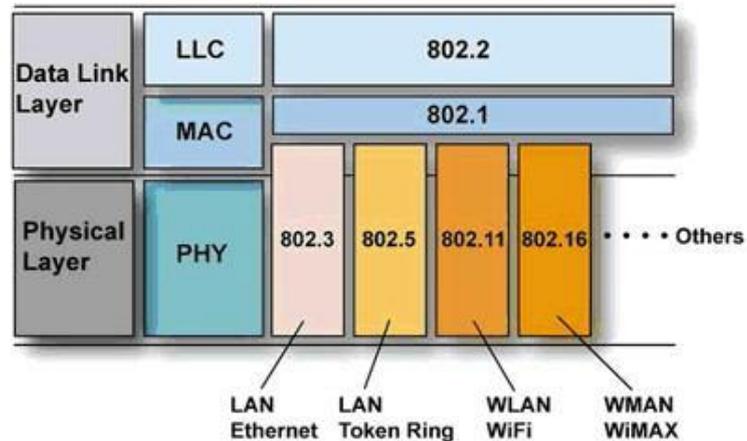


Figura N° 1: Estándar IEEE 802
 Fuente: (Camargo Olivares, 2009)

Una de las características del proyecto es su funcionalidad en la conexión inalámbrica y esto lo realiza mediante WiFi usando el estándar IEEE802.11, el cual está definido como la interconexión entre estaciones en espacios limitados utilizando el aire como medio de transmisión. Es así como se logró un estándar de interés para el desarrollo de nuevas tecnologías en el uso de interconexión en áreas locales. Dentro de las tecnologías y estándares a usarse en este proyecto están los siguientes que son mostradas en la Tabla N° 1:

Tabla N° 1 : Estándar WiFi IEEE 802.11

	802.11 legacy	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Banda	2.4Ghz / 850-950nm	2.4GHz	5Ghz	2.4GHz	2.4GHz / 5GHz
Capa física	FHSS / DSSS / IR	DSSS	OFDM	DSSS / OFDM	MIMO / OFDM
	GFSK / DPSK	DPSK sin/con CCK o PBCC	PSK / QAM	DPSK / PSK / QAM	
Tasa máxima	2 Mbps	11Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Throughput (*)	0.9 Mbps	4.5 Mbps	23 Mbps	20 Mbps	135 Mbps
Alcance inferior (*)	20m	40m	35m	40m	70m
Alcance exterior (*)	100m	150m	120m	150m	300m
Año	1997	1999	1999	2003	2008
Uso	En desuso	Muy extendido	Poco extendido	Extendido y creciente	En desarrollo
Rendimiento	Buen rendimiento	Rendimiento medio	Mejor rendimiento	Rendimiento medio	Máximo rendimiento
Consumo	Bajo consumo	Bajo consumo	Mayor consumo	Bajo consumo	
Canales sin solapamiento	No	3 canales simultáneos	12 canales simultáneos		
Compatibilidad		Incompatible con 802.11a	Incompatible con 802.11b	Compatible con 802.11b	Compatible con todos
Interferencias	Bluetooth, microondas, DECT, ...			Bluetooth, microondas, ...	
Otras			Necesita licencia en algunos países		

Fuente: (Camargo Olivares, 2009)

En la Tabla N°1 se hace referencia a la capa física para la propagación de ondas de radio mediante Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Camargo

Olivares (2009) en su artículo Redes de Área Local Inalámbricas indica lo siguientes respecto a DSSS:

Técnica de Espectro Expandido por Secuencia Directa donde los datos se codifican con un código de pseudoruido dando lugar a una secuencia de símbolos parecida al ruido y con mucha redundancia (el número de bits enviados realmente es muy superior a la tasa real de bits transmitidos). Esta redundancia se construye de tal manera que el receptor es capaz de regenerar los datos originales aún en el caso de que se presente una interferencia dentro del canal, siempre y cuando la interferencia sea de una anchura relativamente pequeña. (p.40)

2.3. Internet de las Cosas

Este concepto está referido a la conexión digital entre objetos de uso cotidiano con Internet, es decir, se podrá tener conectado todos los dispositivos del mundo, ya sean vehículos, dispositivos de medición, sensores biológicos o cualquier otro objeto que requiera ser monitoreado de forma inalámbrica.

El principal inconveniente que está aplazando el desarrollo de IoT es la restricción de direccionamiento que nos proporciona el actual protocolo IPv4, donde no es posible interconectar mucha cantidad de objetos. Por tal motivo, se cree que el paso y transición a la IPv6 hará que el protocolo de direccionamiento, que permitirá la interconexión casi ilimitada de cualquier objeto, llevará a que el Internet de las cosas pueda evolucionar.

2.3.1. Elementos en IoT

Los elementos que intervienen en el IoT:

- Sensores, actuadores y periféricos.
- Dispositivos hardware (Microcontroladores o MCU) es un dispositivo con el cual se realizará la interacción.
- Conectividad es el medio de comunicación con el que se comunicará el hardware con la red, sea este alámbrica o inalámbrica como: *Ethernet*, *WiFi*, *GPRS*, *LPWAN*, *Zigbee*, *Bluetooth BLE*, *6LoWPAN*, *Sigfox*, etc.

- Protocolos de comunicación son lenguajes para la comunicación del hardware con el software de aplicación como *HTTP*, *MQTT*, *API REST*, etc. Se puede observar que en la Figura N°2 las diferentes capas de Red. (II PROGRAMA DE EMPRENDEDORES TECNOLOGICOS, 2017)

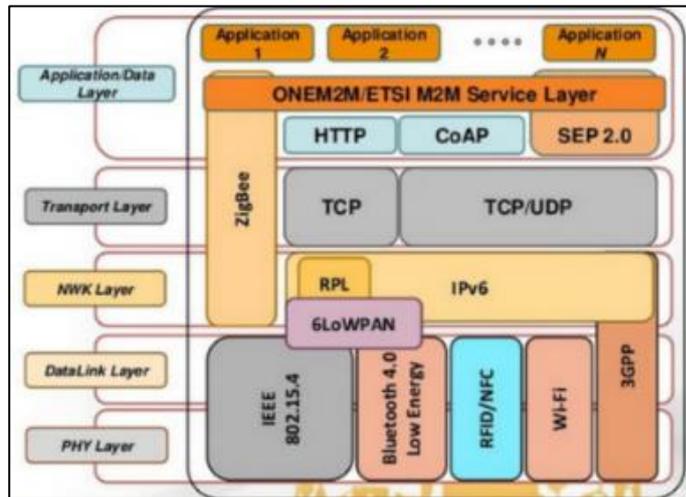


Figura N° 2: Capas de Red

Fuente: Manual del II Programa Universitario de Emprendedores Tecnológicos – INICTEL UNI

- Plataformas software sirven para tratar los datos recogidos por nuestros sensores y luego almacenarlos. Estas plataformas que se encuentran en la nube pueden ser: *AWS*, *CarrIoTs*, *Thingspeak*, *Temboo*, *Thingr*, etc.
- Servicios son los ofrecidos por las plataformas software que desean exponer datos recolectados, enviar avisos o alertas cuando se detecte un suceso.

Por lo tanto, el resumen sería:

Sensor — MCU — Comunicación — Protocolo — Plataforma — Servicio

Uno de los retos del IoT es de enviar datos de cualquier sensor a través de cualquier protocolo a cualquier plataforma de forma inalámbrica y como usar la menor energía posible para uso de baterías. (Acosta Jacinto & Yauri Rodriguez, 2017)

2.4. Agricultura de Precisión

Es un sistema practicado para estudiar y controlar la variación de factores ambientales dentro de un espacio y tiempo, en el terreno y el cultivo. La variación espacial entiende las diferencias entre fertilidad de distintos lugares del terreno y las que se dan en el crecimiento de las plantas cultivadas en anteriores espacios. La diferenciación temporal comprende las oposiciones observadas en la producción de un mismo terreno entre una temporada y otra por cada relación al tiempo.

Uno de los beneficios de la Agricultura de Precisión es que las personas que trabajen la tierra podrán ser selectivos en el uso de tecnologías; esto se dará que se adapte más a su necesidad y a su capacidad de solventar producto. Seleccionar alguna tecnología es la mejor decisión para ambientes pequeños, menores o iguales a una hectárea, pues representa un mínimo costo de inversión. La mezcla de dos o más tecnologías es excelente para terrenos de mayores dimensiones. (Juan Carlos Rosas, 2003)

2.4.1. Parámetro de Estudio

2.4.1.1 Temperatura Ambiente

La temperatura está definida como la intensidad de calor que tiene un objeto, dicha energía calorífica es el promedio de la energía cinéticas de la materia, es decir, cuando mayor sea la energía mayor será la temperatura.

Según el autor Juan Carlos Rosas (2003) en su obra El Cultivo de Frijol Común en América Tropical indica que el frijol es de origen tropical, el cual se desarrolla mejor en temperaturas entre los 18 y 24 °C, temperaturas que normalmente se encuentran en tierras desde los 400 a 1200 msnm.

2.4.1.2 Humedad de Suelo

Se denomina humedad de suelo a la suma de cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un espacio o terreno. (Fundación Wikimedia I. , 2018)

2.4.1.3 Humedad Relativa

Está definida como el conjunto de agua almacenado en el aire, está relacionada con la humedad que existe en el suelo y la temperatura. Se debe considerar que la humedad relativa con respecto a la temperatura es inversamente proporcional, es decir, a mayor temperatura la humedad relativa disminuye. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.200)

2.4.1.4 El CO₂ en la Plantas

El dióxido de carbono en las plantas es como el oxígeno para las personas. El proceso de respiración de las plantas las realiza mediante la fotosíntesis.

Mediante la fotosíntesis la planta fabrica su propia glucosa y su oxígeno. Para realizar dicho proceso debe tener agua y luz, para esto la fotosíntesis se desarrolla en las hojas y en el tallo en donde se encuentran las células vegetales, en este caso los cloroplastos, célula que contiene la clorofila que da el color verde a las plantas. (Ordóñez, 2001)

En conclusión, se debe tener en cuenta que para que las plantas realicen el proceso de Fotosíntesis, deberá estar ligado a los factores de concentración de dióxido de carbono en la atmosfera, temperatura, agua y luz en el ambiente. (Ordóñez, 2001)

2.4.1.5 La Lluvia

Según el autor Juan Carlos Rosas (2003) en su obra El Cultivo de Frijol Común en América Tropical el cultivo de Frijol, el frijol se maneja bajo las condiciones de lluvia. Es por ello que el riego de la planta de frijol admite alcanzar altos niveles y una buena calidad de grano.

Se tiene que considerar que en muchas regiones del Perú las precipitaciones son irregulares, pero para nuestro caso de investigación la planta de frijol asciende en su consumo de líquido cuando su desarrollo vegetativo se eleva.

2.5. Variables Ambientales

2.5.1. Variable Física

Es la distinción de algún parámetro sobre fenómeno físico o ambiental. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.2)

2.5.2. Magnitud Física

Son los valores numéricos representados a través de una variable o constante física. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.2)

2.5.3. Transductor

Es el convertidor de una variable física a otra variable con un dominio diferente, es decir, cambia el dominio de la variable física a una señal eléctrica, movimiento, presión o de flujo.

Se tiene que considerar que un sensor es diferente de un transductor, y a su vez es diferente de un actuador, ya que, el sensor y actuador se rigen por el principio de transducción. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.2)

2.5.4. Sensores y sus características

El sensor es un elemento de entrada que proporciona alguna variable de salida manipulable en favor de la variable física. Además, es capaz de cambiar el dominio de una variable física y es usado como entrada útil a la unidad de Procesamiento. Según sea el caso de los sensores, estos se distinguen por sus características, los cuales tienen características estáticas o dinámicas. En este caso las características estáticas se refieren a aquellas que no cambian durante el tiempo y las características dinámicas son aquellas que están en función al tiempo. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.17)

2.5.4.1. Características Estáticas de los Sensores

2.5.4.1.1. Sensibilidad

Es la mínima entrada que se requiere para provocar una salida detectable. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.2. Rango

Valor mínimo y valor máximo de la variable física que está midiendo el sensor, es decir, mantiene un intervalo entre estos valores. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.3. Precisión

Es el grado de repetitividad de una variable medida. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.4. Exactitud

Es la diferencia que se muestra entre la salida actual del sensor en comparación con el valor real de la variable medida, esto es representado de manera porcentual. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.5. Linealidad Estática

Es la diferencia en la gráfica normal del sensor frente a la curva proporcionada por el fabricante mediante el datasheet en condiciones controladas respecto a la curva de salida. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.6. Offset

Está definido como el valor de la variable salida cuando la entrada es cero, si en caso las medidas no lleguen a cero con la variable de entrada, por default se propone otro valor como punto de referencia. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.1.7. Resolución

Está definido como el cambio más pequeño en la magnitud de entrada que es apreciada en la magnitud de salida. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.19)

2.5.4.2. Características Dinámicas de los Sensores

2.5.4.2.1. Tiempo de Respuestas

Es el periodo de tiempo que surge desde que la variable es sensada y esta presenta un cambio en el estado del sensor para su posterior registro. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.20)

2.5.4.2.2. Histéresis

Es la capacidad del sensor para continuar la gráfica de salida ideal, respecto a los cambios de las variables físicas. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.20)

2.5.4.2.3. Linealidad Dinámica

Capacidad del sensor de seguir de manera correcta la curva de salida proporcionada por el fabricante del sensor en situaciones que la variable física experimente cambios repentinos o bruscos. (Corona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014, p.20)

2.6. Cultivo de Frijol

2.6.1. El Frijol

El Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta que es trabajada por personal agricultor, dicho vegetal tiene la denominación científica como planta herbácea Fabaceae (leguminosas o familia de los frijoles) que es oriunda de América Central y América del Sur y al presente es cultivada en distintos países de América latina por sus granos, los cuales se puede recolectar y consumir aún en estado inmaduro, o cuando está madurando, sin cáscara y seco.

2.6.2. Evolución y Progreso de la planta de Frijol

En el crecimiento de una planta existen dos términos que serán usados en el desarrollo de las plantas de Frijol, el cual presenta cambios en su morfología y su fisiología, los cuales sirven de base para lograr a identificar las etapas en que se encuentra el cultivo.

El término crecimiento o evolución dentro de las plantas está definido como el cambio de volumen o peso. El crecimiento es un fenómeno cuantitativo el

cual es posible medir mediante variables de longitud, acopio de materia seca, números de protuberancias o nudos de las plantas e índice de superficie foliar. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.8)

El término desarrollo o progreso dentro de las plantas está definido como un fenómeno cualitativo, el cual se refiere a cambios estructurales y fisiológicos. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.8)

2.6.2.1. Características Generales del desarrollo de la planta de Frijol

En el ciclo de vida de la planta de frijol existen dos fases sucesivas: Fase Vegetativa y la Fase Reproductiva.

2.6.2.1.1. Fase Vegetativa

Esta fase se inicia y caracteriza por tener las semillas en circunstancias favorables para iniciar su germinación. Esta fase culmina cuando emergen los primeros botones florales. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.8)

2.6.2.1.2. Fase Reproductiva

Es la fase comprendida por el cultivo cuando esta muestra los primeros botones florales y racimos. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.8)

2.6.3. La Producción de frijol y la influencia de los factores ambientales.

2.6.3.1. El clima

La planta de frijol se desenvuelve y se origina mejor entre las temperaturas de 18 y 24°C. El calor excesivo y falta de agua ocasionan que las plantas de frijol se marchiten y se quemem las hojas. El clima con temperatura de inferiores a 18°C son comunes en zona de altura, este clima hace que la planta de frijol se atrase en su floración, lo cual genera que se prolongue el crecimiento de la planta. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.17)

El cultivo de frijol se resiente a la falta de humedad del suelo entonces para que se dé un buen crecimiento, es ideal que absorba entre 300-350 mm de precipitación pluvial, los cuales deben ser bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.17)

2.6.3.2. El suelo

Las plantas de Frijol se establecen en diversos suelos que tienen características variables; sin embargo, debe ser sembrada en suelos que permitan que sus raíces puedan establecerse a 50cm, con la finalidad de que puedan extraer el suficiente líquido y sales minerales necesarios para su desarrollo. (Juan Carlos Rosas, 2003, p.17)

Este suelo no debe tener rocas ni capas endurecidas, por el contrario, el suelo debe tener una tierra suelta y porosa que permita la filtración adecuada del agua y que su exceso pueda ir a capas más profundas. Cada planta de frijol requiere de una buena cantidad de aeración que admita la respiración normal de las raíces.

Una de las clasificaciones de tipos de suelos está dada por la textura de ellas tal como se muestra en la Figura N° 3, si bien existen diversas combinaciones de tipos de texturas en los suelos se tiene a tres clases principales que se describen a continuación:

- Suelo Arcilloso: Formado por granos finos de color amarillo, cuenta con la capacidad de retener gran cantidad de agua, pero con la desventaja que al entrar al contacto con ella le da al suelo la particularidad de pegajosidad, si bien la arcilla mezclado con el humus es una buena tierra para cultivar no lo es para el crecimiento de la planta pues la raíz no tiene la aireación suficiente provocando que la planta se pudra.
- Suelo Arenoso: Formado por partículas de gran tamaño es áspero y seco al tacto por ende las partículas de la arena se encuentran separadas generando el drenado de agua de manera rápida por consiguiente este tipo de tierra no es ideal para la agricultura porque no retiene nutrientes para las plantas.
- Suelo Limoso: Formado por partículas pequeñas son suaves al tacto y están hechas de sedimentación fina que es arrastrada por agua y viento. Su característica principal es la de retener agua por un mayor tiempo y su

composición está hecha por arena fina y arcilla de color marrón oscuro. Este tipo de tierra es ideal para la agricultura pues es rico en nutrientes para las plantas.

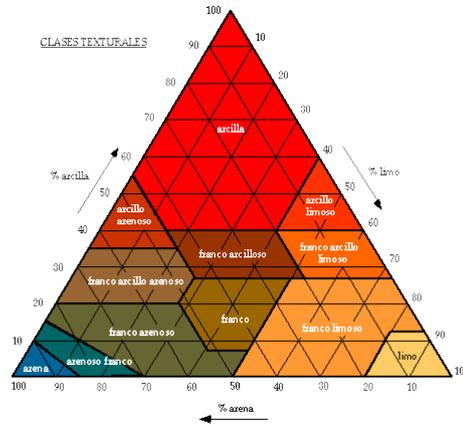


Figura N° 3: Clase de Texturas en los Suelos
Fuente: (Dorronsoro, 2018)

Para nuestra investigación se usará un suelo franco arcilloso limoso, el cual está compuesto de manera uniforme y proporcional de cada uno de los tipos de tierras descritos anteriormente respecto a su textura. Es así que el suelo franco arcilloso limoso está compuesto de manera porcentual de la siguiente manera: arena 10%, arcilla 30% y limo 60% tal cual se muestra en la pirámide de texturas de la Figura N°4, la lectura de esta pirámide está compuesta por el trazado de 3 líneas correspondientes a cada uno de los porcentajes de la textura de cada suelo.

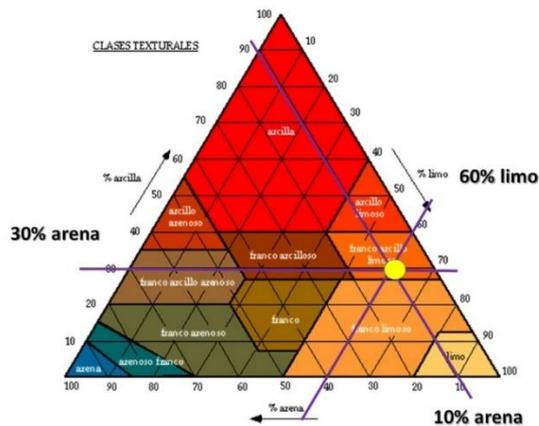


Figura N° 4: Combinación de Suelo arcilloso limoso
Fuente: Elaboración Propia

2.7. Software

2.7.1. IDE Arduino

Para la ejecución y compilación del programa en el ESP-12E se necesita de un programa llamado IDE del mismo Arduino, que significa "Integrated Development Environment" ("Entorno de Desarrollo Integrado"). Este IDE se instalará en la PC o Laptop, siendo su entorno muy sencillo de usar y en el cual se escribirá el programa que se quiera que el ESP-12E ejecute. Una vez escrito, se cargará mediante un cable USB-UART y el ESP-12E comenzará a trabajar de forma autónoma.

2.7.2. Amazon Web Service (AWS)

La plataforma de servicio en la nube, Amazon Web Services (AWS), por ser una plataforma de servicios en internet ofrece la potencia de la computación, almacenamiento de bases de datos, entrega de contenido y otras funcionalidades.

2.7.2.1 Amazon EC2

Amazon Web Service (AWS) nos proporciona Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) siendo este un servicio web que nos entrega volumen informático en una nube segura.

La función de Amazon Elastic Compute Cloud es presentarnos un entorno virtual de computación que nos permita interfaces de servicio web para lanzar las llamadas instancias que serán enviadas mediante diferentes sistemas operativos. (AWS, 2018, p.1)

Para emplear Amazon EC2, se debe requiere lo siguiente:

- Elegir una imagen de máquina de AWS, también conocido en sus siglas como AMI.
- Luego se debería configurar todo lo correspondiente a sus accesos y seguridad en la red.
- Determinar el uso de una IP Elástica.

2.7.2.2 Ubuntu

Es una distribución GNU/Linux que proporciona un sistema operativo, dicho sistema operativo tiene dos finalidades: una como ordenadores de escritorio y otra con la finalidad de ser un servidor.

La característica de Ubuntu es la facilidad de su uso y su rápida instalación, además de que el soporte para la comunidad que lo usa es de cada 6 meses, realizando actualizaciones.

2.7.2.3 Storage (Almacenamiento)

Cuando selecciona un tipo de instancia, este determina las características de red y almacenamiento que estarán disponibles, para ello se define las características de red.

2.7.2.4 Grupo de Seguridad (Firewall)

Los grupos de seguridad actúan como firewall para las instancias asociadas al controlar el tráfico entrante y saliente en el ámbito de la instancia. Para ello, se debe agregar reglas a un grupo de seguridad que le permita conectarse a la instancia desde su dirección IP mediante Secure Shell (SSH) usando el programa PuTTY que proviene de las siglas Pu: Port unique (Puerto único) y TTY: terminal type (tipo terminal.). Además, se pueden añadir reglas que permitan Hypertext Transfer Protocol (HTTP) de entrada y salida y acceso HTTPS desde cualquier lugar.

2.7.2.5 Archivo “.pem” y creación de llaves de acceso.

AWS utiliza una criptografía de clave pública para proteger la información de acceso de la instancia. Una instancia de Linux no tiene contraseñas; en su lugar, se utiliza un par de claves para iniciar sesión en su instancia de manera segura. Se especifica el nombre del par de claves cuando lanza la instancia, luego se proporciona la clave privada cuando inicia sesión con SSH. (AWS, 2018, p.22)

Para crear el par de claves con la consola de Amazon EC2 se debe considerar usar los siguientes pasos:

- i. Abrir la consola de AWS y buscar el ítem de EC2 en <https://console.aws.amazon.com/ec2/>.
- ii. En el panel de navegación se encontrará el tópico NETWORK&SECURITY, luego seleccione Key Pairs.
- iii. Seleccione Create Key Pair.
- iv. Se deberá un nombre para el nuevo par de claves en el campo Key pair name del cuadro de diálogo Create Key Pair luego seleccione Create(crear).
- v. El navegador descargará el archivo de clave privada automáticamente. Dicho archivo base tendrá un nombre el cual es el mismo que se especificó anteriormente para el par de claves, y la extensión del archivo es “. pem”. Se deberá guardar el archivo de clave privada en un lugar seguro.
- vi. Cuando se use un cliente SSH en un equipo Mac o Linux, para conectarse a su instancia de Linux, se deberá utilizar el comando que se muestra para establecer los permisos de archivo de clave privada de manera que solo una persona pueda leerlo.

Línea de Comando.

```
“chmod 400 my-key-pair.pem”
```

2.7.2.6 IP Elástica (Elastic IP)

Las direcciones IP elásticas son direcciones IPv4 estáticas creadas para la computación o ingeniería informática que se desarrolla de forma dinámica en la nube. Una dirección IP elástica se asocia a la cuenta de AWS. Con una dirección IP elástica, puede enmascarar los errores de una instancia o software reasignando rápidamente la dirección a otra instancia de su cuenta. (AWS, 2018, p.708)

Una dirección IP elástica es una dirección IPv4 pública a la que se puede tener acceso desde Internet. Si la instancia no tiene una dirección IPv4 pública, puede asociar una dirección IP elástica con su instancia para permitir la comunicación con Internet; por ejemplo, para conectarse a su instancia desde el equipo local. (AWS, 2018, p.708)

Actualmente, no se admiten las direcciones IP elásticas para IPv6. Los términos y condiciones de las direcciones IP elásticas en AWS son las siguientes:

- Para utilizar una dirección IP elástica, primero se debe asociar a una cuenta de AWS luego se asocia una instancia o a una interfaz de red.
- Si asocia una dirección IP elástica a una instancia o a su interfaz de red principal, la dirección IPv4 pública de la instancia, en caso de que la tenga, se liberará de nuevo al grupo de direcciones IPv4 públicas de Amazon. No puede reutilizar una dirección IPv4 pública.
- Una dirección IP elástica solo se utiliza en una región específica.

2.7.3. Terminal Putty

PuTTY es un cliente SSH. En años anteriores solo era para el sistema operativo de Windows, pero actualmente, se puede usar en las plataformas Unix. El nombre PuTTY proviene de las siglas Pu: Port unique (Puerto único) y TTY: terminal type (tipo terminal.)

2.7.3.1. SSH

SSH (Secure SHell) es un protocolo para realizar conexiones de manera remota o a distancia con finalidad de controlar o monitorear sus servidores remotos a través de internet. Una de las características de SSH es la posibilidad de encriptar la conexión, dicha conexión se realiza mediante el puerto 22.

2.7.4. Sistema Operativo Linux

Dentro del sistema operativo Linux se instalarán los siguientes paquetes de programas que serán fundamentales para el desarrollo del proyecto, estos programas son Apache, Php, Mysql, phpMyAdmin, Node-Red, Mqtt y Nginx.

2.7.4.1 ¿Qué es el Software libre?

Es aquello en donde se respeta el libre uso del producto adquirido, es decir, se respeta el uso libre por cada usuario, a su vez se puede realizar un copiado, un estudio y una distribución del mismo. Cabe señalar que también se le pueden realizar mejoras al software con propósito de uso, estudio y adaptación a cualquier funcionamiento según la necesidad que se tenga.

La característica importante de un software libre es que se disponga de manera gratuita pero no es obligatorio que sea así, ya que, en algunos casos puede tener un costo bajo para su distribución comercial.

2.7.4.1.1 ¿Qué es una distribución en Linux?

Es un sistema operativo básico, la cual está acompañada por una cantidad de paquetes de aplicación, cada distro o distribución tiene la particularidad de seleccionar con que aplicaciones se acompaña el sistema operativo. (Cuaresma, 2005)

2.7.4.1.2 Servidor Apache 2

El servidor apache es, hoy por hoy, el servidor web más utilizados y en gran parte se debe a que es freeware bajo licencia GNU, y en parte también se debe a su robustez y sus múltiples posibilidades. Con Apache cualquiera puede montar su propio servidor Web y hacer uso de él.

Entre sus características más importantes del servidor de apache es lo siguiente:

- Estable. - El servidor tiene su comprobada robustez respecto a las caídas o cambios de servidores inesperados.
- Multiplataforma. - El servidor de apache es compatible para los diversos sistemas operativos, ya sea Linux, Windows y IOS.

2.7.4.2 PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: *Hypertext Preprocessor*) código abierto de lenguaje popular que se usa para el desarrollo web, para la investigación se procedió a utilizar la versión 7.

Las características de PHP son las siguientes:

- Gran extensión en la documentación.
- Existen varias herramientas para aprender la programación en PHP.

- Existe una gran cantidad de empleos en la programación de PHP.
- PHP es libre y multiplataforma, es por ello que se usa en diferentes sistemas operativos del mercado, ya sea Microsoft Windows, Linux y IOS.

2.7.4.3 MYSQL

Es un sistema de servicio de bases de datos relacional que tiene como dueña a la empresa sueca MySQL AB y además son dueños de los derechos del código fuente del servidor SQL.

El lenguaje de programación que utiliza MySQL es descrito en inglés como *Structured Query Language* (SQL), que fue desarrollado por IBM en 1981, y desde entonces es utilizado de forma generalizada en las bases de datos.

Características principales:

- Velocidad y robustez.
- Sistema que soporta datos en columnas.
- Fácil portabilidad entre sistemas.

2.7.4.4 PHPMYADMIN

PhpMyAdmin es una herramienta escrita en PHP con la finalidad de administrar de manera óptima la base de dato de MySQL y esto se realizaría mediante páginas webs, utilizando Internet.

Al presente *phpMyAdmin* logra crear y eliminar base de datos, modifica tablas, borrar, editar y añadir campos, del mismo modo ejecuta cualquier sentencia SQL.

2.7.4.5 MQTT

Message Queue Telemetry Transport(MQTT) es definido como un protocolo machine to machine (M2M) que se basa en un protocolo de mensajería del tipo publicación/suscripción y es muy diferente a HTTP, ya que este es un protocolo de petición/respuesta. (Llamas, 2019)

Una de sus fortalezas de MQTT es que el protocolo es simple y ligero, por ello que en muchas investigaciones es usado por su bajo consumo de ancho de banda, baja latencia y menor consumo de energía. (Llamas, 2019)

2.7.4.5.1 Arquitectura de un sistema MQTT

El protocolo MQTT utiliza la topología de tipo estrella, es decir, todos los clientes o dispositivos que se comporten como tal se conectan directamente a un punto central que tendrá la función de servidor. En MQTT este servidor se llamará *Broker*. En la Figura N°5 se puede observar cómo diversos clientes se conectan directamente hacia un broker para realizar el proceso de publicación/suscripción. (Llamas, 2019)

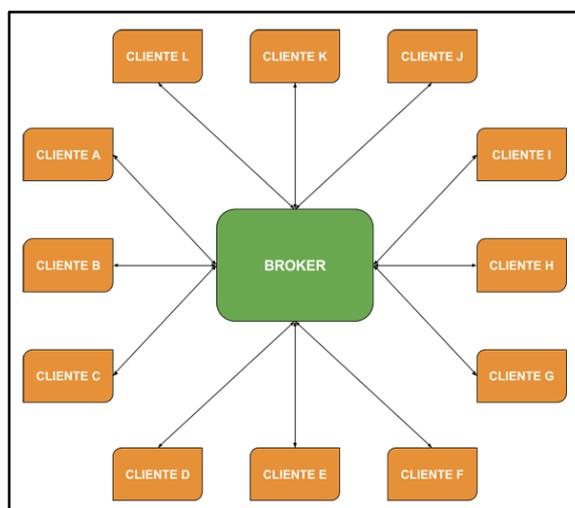


Figura N° 5:Arquitectura de Sistema MQTT

Fuente: Programarfacil.com

2.7.4.5.2 Arquitectura publicación/suscripción de MQTT

La arquitectura está soportada en la realización de eventos. Los mensajes serán distribuidos por el broker siempre y cuando cada mensaje haya sido remitido a los receptores mediante una suscripción. (Llamas, 2019)

Otro elemento de la arquitectura de MQTT, es el término “*topic*” que es el tema donde se suscriben los receptores para tomar el mensaje.

Como ejemplo se plantea que un cliente se suscribe a un “*topic*”, que es como el tema; a quién va dirigido el mensaje; entonces, si se realiza una analogía, es como el asunto de un correo electrónico. Otro factor que se debe considerar es que un mensaje no tiene destinatario definido, puede haber uno, muchos o como también ninguno. En la Figura N°6 se plantea el ejemplo de dos clientes (A y B), los cuales están suscritos al tópico 1, mientras el cliente C publica en el tópico, siendo recibido por el cliente A y cliente B. (Llamas, 2019)

En conclusión, el emisor es quien envía el mensaje, pero no sabe a quién va dirigido dicho mensaje, solo el broker tendrá esta información. Por ende, un nuevo mensaje solo se envía a aquellos que se han suscrito al “*topic*”. (Llamas, 2019)

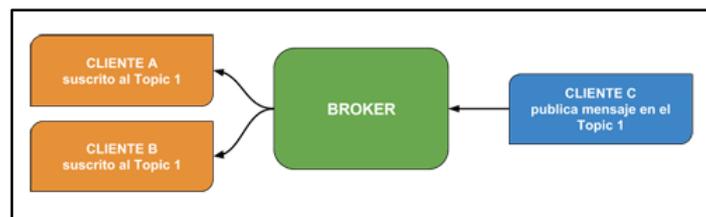


Figura N° 6: Arquitectura publicación/suscripción de MQTT

Fuente: Programarfácil.com

2.7.4.6 Node de RED

Node-RED es la herramienta de gran potencial que sirve para conectar y comunicar el hardware y servicios de manera rápida y sencilla. Este programa facilita de gran manera la programación, ya que, esta usa una programación visual basada en bloques conectados mediante flujos de trabajo.

Su historia comienza con su creación por los señores Nick O’Leary y Dave Conway-Jones del grupo de Servicios de Tecnologías Emergentes de IBM en el año 2013. Estos tenían como objetivo de entregar una solución a la complejidad de nosotros como investigadores queremos integrar el hardware con servicios. Estos son: los ingresos a internet, envío de mensajes por twitter, envío de datos a la nube, etc.

El programa está formado por una estructura mínima de nombre nodos, los cuales son entrelazados por flujos hacia una interfaz gráfica, la cual permite realizar una tarea en concreto. Un ejemplo de ello son los mensajes del protocolo MQTT.

Cada nodo está organizado en flujos, los cuales se irán agrupando en nodos conectados entre sí, todo este trabajo se realiza de forma visual sin ser un experimentado en programación. En la Figura N°7 se muestra la venta de trabajo de Node-Red.

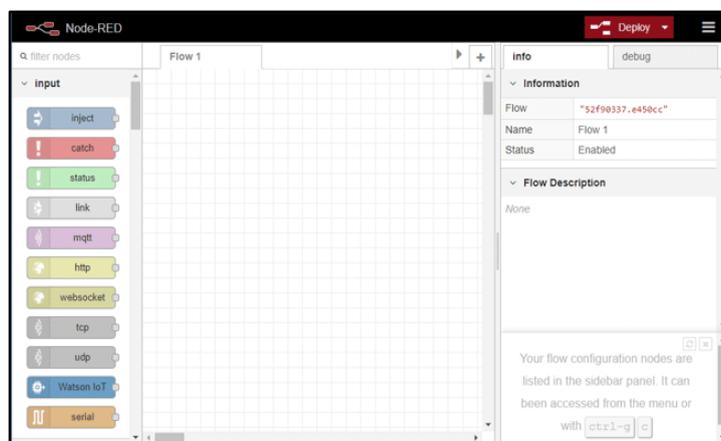


Figura N° 7: Ventana de Trabajo Node-RED

Fuente: Programarfacil.com/Node-RED

2.7.4.6.1. Elección de Node-Red para IoT

Se seleccionó a Node-RED como programa base para nuestra investigación; porque este es de código abierto y está soportado por una gran empresa como IBM. Se debe recalcar que este programa puede ser instalado en diversos sistemas operativos, desde una Raspberry Pi y como en nuestro caso se usará una Instancia en AWS con el EC2 mediante el Ubuntu.

2.7.4.6.2. Entorno de desarrollo de Node-RED

El entorno de Node-RED se organiza con la programación en aplicaciones de la tecnología de internet de las cosas usando como microcontrolador a el Arduino o como en nuestro caso al módulo ESP-12E basado en el System on Chip(SoC) de ESP8266.

Cuando se utiliza Node-Red resaltan las características en donde los nodos son la unidad básica, pero dentro de ellas existen muchos nodos que están pre-instalados y tienen diversas funcionalidades.

Entre los nodos existentes están los nodos de entrada, salida, los que realizan funciones, almacenamiento de datos, etc. Es aquí donde se demuestra el potencial de Node-Red, pues se puede conectar con otros servicios.

La clasificación de nodos se da de la siguiente manera en nuestra investigación:

- Nodos de Entrada: Son los nodos que aceptan información en su entrada para ser transmitidos a una base de datos o en su defecto a un panel de control.
- Nodos de Salida: Son los nodos que solo reciben información a través de diferentes técnicas, para nuestro caso de investigación será usado el protocolo MQTT.
- Nodos de Entrada y Salida (E/S): Son los nodos que permiten tanto el ingreso de datos y como la salida de ellos. Un ejemplo de ello es tener la capacidad de leer una información de temperatura, transformarlos en grados Celsius y enviarla a otro nodo para su recepción o almacenamiento.

Dentro de la interfaz de trabajo de Node-Red existe el espacio llamado “*flow*” que es la parte de la interfaz en donde se arrastrarán cada uno de los nodos y en donde comenzará la lógica para los flujos.

Por último, existe una parte de la ventana de trabajo llamado “*debug*” que sirve para publicar mensajes de lo que está sucediendo en cada tratamiento de datos. Es decir, es como el monitor serie del IDE de Arduino o para nuestro caso, será lo que desea enviar o recibir el ESP-12E. En la Figura N°8 se muestra el entorno de trabajo de Node-Red.

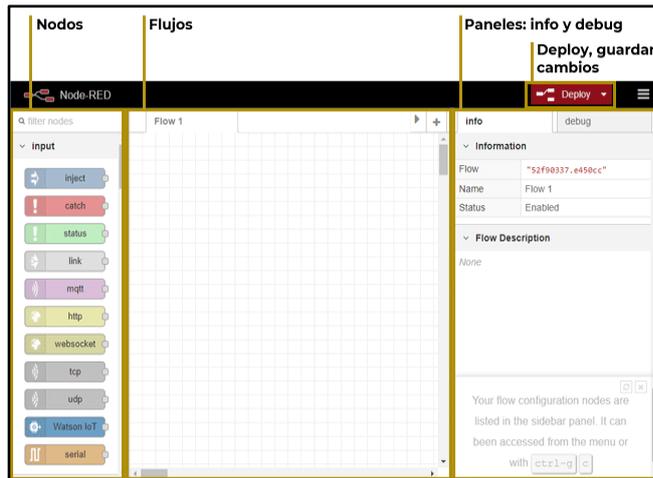


Figura N° 8: Entorno de desarrollo de Node-Red

Fuente: Node-RED

2.7.4.7 NGINX

NGINX, pronunciado como “*engine-ex*”, es un software de servidor web con uso de código abierto que en la actualidad es usado como proxy inverso.

2.7.4.7.1. Proxy Inverso

Para la industria de la informática, el uso de proxy inverso es parecido a un de servidor ubicado entre el cliente y el servidor o servidores web que recuperan los recursos entre ellos mismos. Quiere decir que los recursos entregan la información al cliente como si los hubiera devuelto el propio servidor web. Fundamentalmente es el llamado “intermediario” que puede actuar en diferentes roles, tal cual se muestra en la Figura N°9 en donde existe interacción entre el internet y web server.

Una de las aplicaciones que se le da al proxy inverso es emplearlo como un *firewall* en una red interna y además se puede usar como *balanceador de carga*.

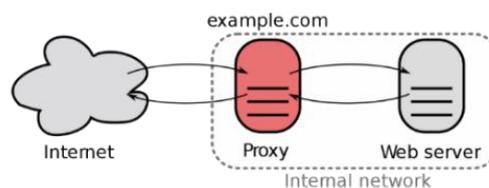


Figura N° 9: Proxy Inverso

Fuente: Adrianalonso.es/devops

CAPÍTULO III: HARDWARE Y SOFTWARE

En este capítulo se plasmará el diseño y desarrollo de una red de sensores basado en el IoT, para ello este capítulo estará compuesto por el desarrollo del software y del hardware. El desarrollo del software estuvo compuesto por la creación de EC2 en la plataforma de AWS, luego de haber sido creado la maquina EC2 con Ubuntu se procedió a agregar todos los programas necesarios entre ellos Apache, Php, MySql, phpmyadmin y Node-Red, todos estos con su respectiva configuración. Así mismo, se preparó el software para el ESP12E el cual será desarrollado en el IDE de Arduino al cual se le agregan las respectivas librerías para su funcionamiento. En el desarrollo del software además se configuró Node-Red el cual nos ayudó a visualizar mediante una Dashboard las variables ambientales medidas.

Para el desarrollo del hardware primó la realización del proyecto mediante los programas de ISIS PROTEUSV8 y el EAGLE. En estos programas se realizaron los bocetos de cada circuito, en donde probó el funcionamiento mediante simulaciones, así mismo se usaron dichos programas para la realización de las Placas o PCB, previa realización de implementación en *protoboard*.

3.1. Elección del Hardware

La presente investigación usó el dispositivo ESP-12E el cual es un referente para la creación de dispositivos basados IoT. Los requerimientos, que fueron previamente descritos en la introducción del proyecto de investigación nos permiten visualizar ciertas consideraciones como los factores ambientales que se van a monitorear, el uso de internet alámbrico o inalámbrico, que la finalidad del proyecto sea de provecho para el agricultor en su toma de decisiones y a su vez el sistema se pone a prueba sobre el cultivo de frijoles canarios.

El desarrollo de la red de sensores estuvo basado en la tecnología de IoT y bajo el dispositivo ESP-12E el cual manejó la siguiente configuración mostrada en la Figura N°10.

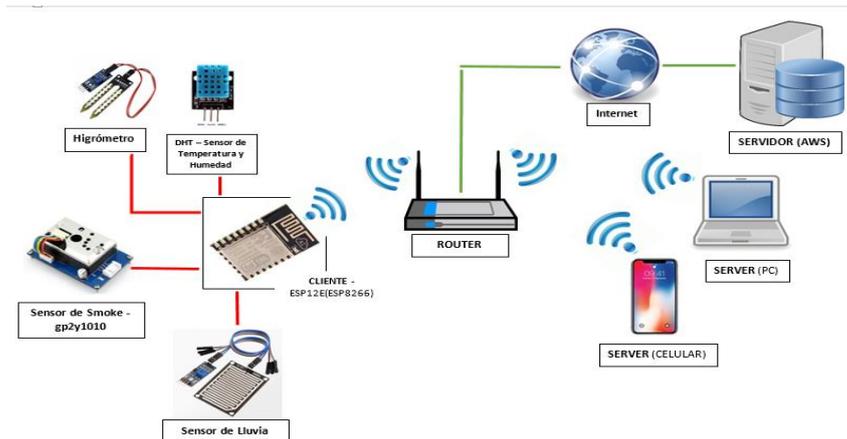


Figura N° 10: Esquema Red de sensores inalámbrica

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar el módulo ESP-12E está en modo cliente respecto al broker (Router + Internet + Servidor) el cual gestionó la información y fue el puente de comunicación entre los sensores y las plataformas de PC. Se debe recordar que la información se basa en “payload” en un lenguaje JSON en donde existe un cliente (Sensores) el cual publica utilizando un nombre de locación conocidos como “topics” por lo tanto cualquier dispositivo que desee recibir dicha información debió suscribirse a los topics que estuviesen publicando.

La arquitectura que usó este diseño es el de tipo estrella en donde se tuvo varios clientes y existió un broker encargado de gestionar la red y de transmitir los mensajes mediante la publicación y suscripción de información, en la Figura N°11 se puede observar como cada cliente se une mediante un broker.

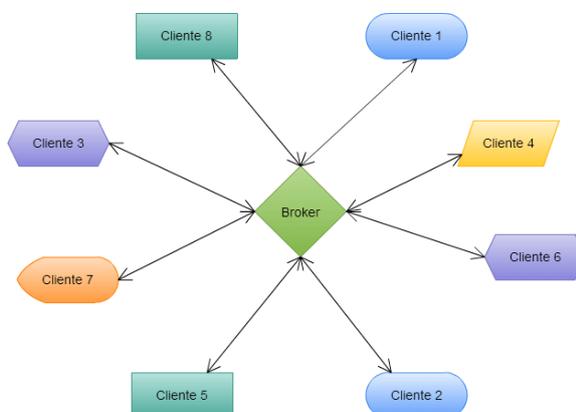


Figura N° 11 : Topología tipo estrella mediante broker

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1 Elección de Componentes

Una de los aspectos fundamentales en las redes de comunicación inalámbrico es su arquitectura, la tecnología y a su vez la manera de comunicarse. Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta dos aspectos, el primero correspondiente a la energía respecto a la alimentación del circuito y el segundo sobre espectro radioeléctrico que debe ser libre para la transmisión de información, además se debe considerar la distancia a la que se desea transmitir la información y la importancia de la información a transmitir, agregar que otro aspectos importante a diseñar en un red de sensores inalámbricos es la de crear dispositivos resistentes a los cambios brusco del ambiente, que tenga vida útil y sobretodo un bajo precio en su realización pero con un buen rendimiento dentro del mercado.

3.1.1.1 Dispositivo de Transmisión de datos Inalámbrica.

En el mercado existen diversas opciones de dispositivos para la transferencia de datos de forma inalámbrica, dentro de las alternativas disponibles se tomaron los siguientes criterios, disponibilidad en el mercado, adaptabilidad del sistema, el precio y tamaño del dispositivo.

Análisis de módulos RF

3.1.1.1.1 Módulos RF en la Frecuencia 433MHz (Anexo N°7)

Los módulos de RF en la frecuencia de 433MHz se muestran en la Figura N°12 y están compuestos de un emisor y un receptor. La transmisión de información en espacio libre y con línea de vista puede llegar hasta 200m como máximo, mientras que con obstáculos la transmisión de información solo suele llegar a 100m y esto debido tanto a la obstrucción como a las interferencias del entorno.

Estos módulos suelen alimentarse entre 3V y 12V, siendo 3V cuando se requiere transmitir información para una menor distancia mientras que será usado en 12V cuando se requiera la distancia máxima.

Se debe considerar que la frecuencia de operación de estos módulos es la de 433MHz la cual es una frecuencia en una banda de NO libre uso en la Región N°2, región a la cual pertenece el Perú, según lo revisado en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y lo indicado por el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), este tipo de dispositivo queda descartado para su uso en nuestra investigación por no estar dentro del rango de frecuencias de uso permitido.

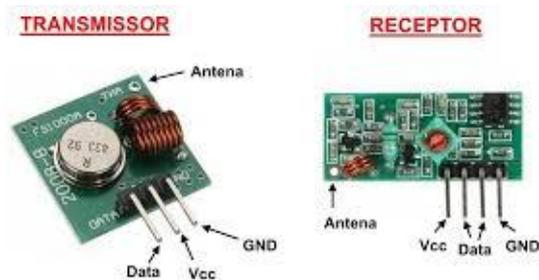


Figura N° 12 : Módulos RF en la Frecuencia 433MHz

Fuente: Mercado Libre Argentina

3.1.1.1.2 Módulos RF en la Frecuencia 2.4GHz

Para este caso los módulos RF que trabajan en la frecuencia de 2,4GHz existen los dispositivos nRF24101, módulos XBee y el ESP12E(ESP8266).

La frecuencia de 2,4GHz es de libre uso en la Región N°2 según lo indicado en el PNAF y la organización ITU, es por ello que de los tres dispositivos anteriormente mencionados se obtiene el adecuado para usarse en la investigación. En la Figura N°13 se puede observar que nuestro país pertenece a la Región N°2 según el Reglamento de Radiocomunicaciones quien es la que asigna a las frecuencias 2400-2500MHz como bandas designadas a aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM).

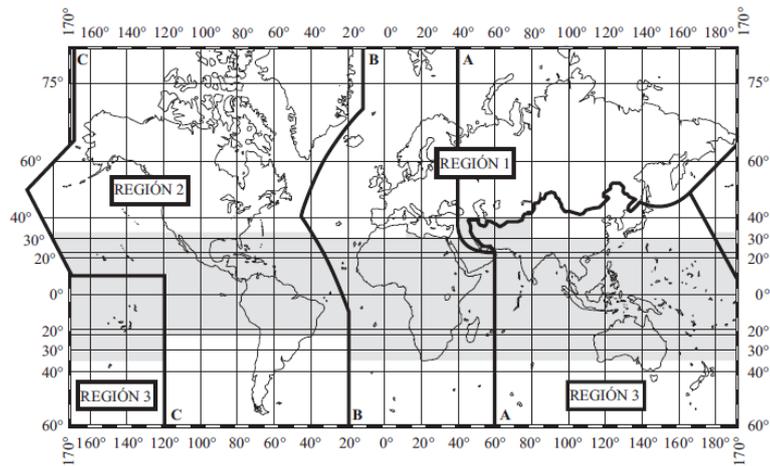


Figura N° 13: Regiones y Zonas para la atribución de Frecuencias
 Fuente: (Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU), 2016)

3.1.1.1.3 Módulo nRFf24l01(Anexo N°8)

El módulo nRFf24l01 que se muestra en la Figura N°14 tiene entre sus características tiene una velocidad de transmisión de 250kbps, 1Mbps y 2Mbps la cual trabaja a muy baja potencia, para ello su consumo de corriente al emitir es de 11.3mA y al recibir es de 13.53mA, este módulo suele alimentarse entre los rangos de 1.9V y 3.6V. El costo es de 10 soles sin incluir la antena de radio.



Figura N° 14 : Módulo nRFf24l01
 Fuente:elektrojo.com

3.1.1.1.4 Módulo XBee

Es el segundo módulo que trabaja en la frecuencia de 2.4GHz es XBee el cual se rige al protocolo de comunicaciones de ZigBee y son desarrollados por la empresa DIGI. Según sus desarrolladores estos módulos tienen baja latencia y la distancia para transmitir y recibir información alcanza los 200m. La alimentación que usa es de 3.3V, mientras que la corriente que

consume es de 45 mA en transmisión y el consumo de corriente en la recepción de información es de 50mA. El costo de los módulos de XBee mostrado en la Figura N°15 es de 100 soles la unidad.



Figura N° 15 : Módulo XBee

Fuente: www.digi.com/xbee

3.1.1.1.5 SoC ESP8266EX

El Sistema en Chip(SoC) ESP8266EX de la empresa ESPRESSIF SYSTEM el cual se muestra en la Figura N°16, es un chip de bajo costo y con una gran demanda en el mercado para el IoT. Entre las características del chip ESP8266 es la transmisión inalámbrica mediante el protocolo WIFI de IEEE 802.11 b/g/n usando un microcontrolador de 32bits y un ADC integrado de 10bits.

- Utiliza una MCU Tensilica L106 32-bit
- Voltaje de operación entre 3V y 3,6V
- Temperatura de operación -40°C y 125°C
- Dentro de su consumo se alimenta con 3.3V y con un consumo de 150 mA.
- El costo de este módulo en el mercado es de 12 soles.



Figura N° 16: Soc ESP8266EX

Fuente: Embedded System Engineering

Por lo tanto, el ESP8266 no es microcontrolador ya que este internamente tiene un microcontrolador llamado Tensilica L106 de 32bits, el cual es el encargado de tramitar las entradas, salidas y cálculos precisos para hacer funcionar cualquier programa que se haya grabado. Se debe considerar que lo único que le falta al ESP8266 es una memoria para almacenar programas, la cual no la tiene, lo que genera inconvenientes porque se tendrá que usar los pines de entrada y salida para conectar una memoria Flash externa. Como se puede apreciar en la Figura N°17 se muestra el diagrama de bloque del ESP8266.

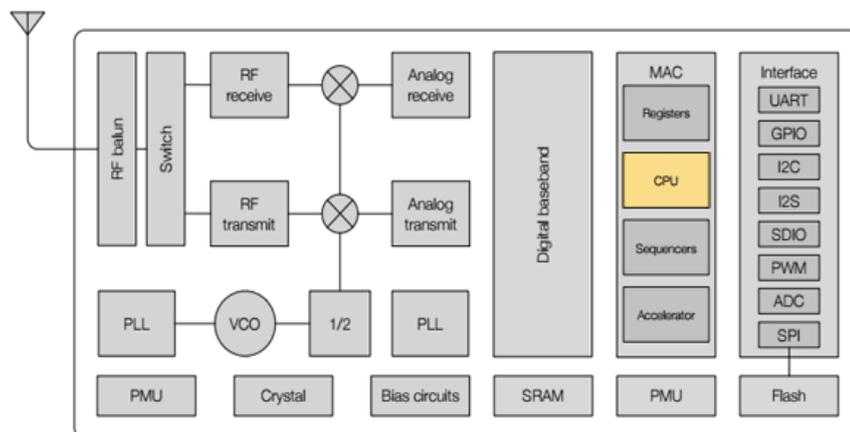


Figura N° 17 : Diagrama de Bloque ESP8266

Fuente: Programarfácil.com

Respecto a las interfaces del ESP8266 este dispositivo cuenta con 17 interfaces tal cual se observa en la Figura N°18 en donde se indica el INOUT del SoC ESP8266 en donde encontramos al *General Purpose Input/Output* (GPIO) las cuales se pueden programar con entradas y salidas digitales, además tiene 4 interfaces de *Pulse Width Modulation* (PWM) y cuenta con una entrada analógica de 10 bits de precisión.

En las interfaces de comunicación cuenta con interfaces de comunicación síncronas, *Serial Peripheral Interface* (SPI), *Inter-Integrated Circuit* (I2C), mientras que las interfaces asíncronas están el *universal synchronous and asynchronous receiver-transmitter* (USART) la cual se utiliza para conectar con la interfaz *Recommended Standar* (RS-232).

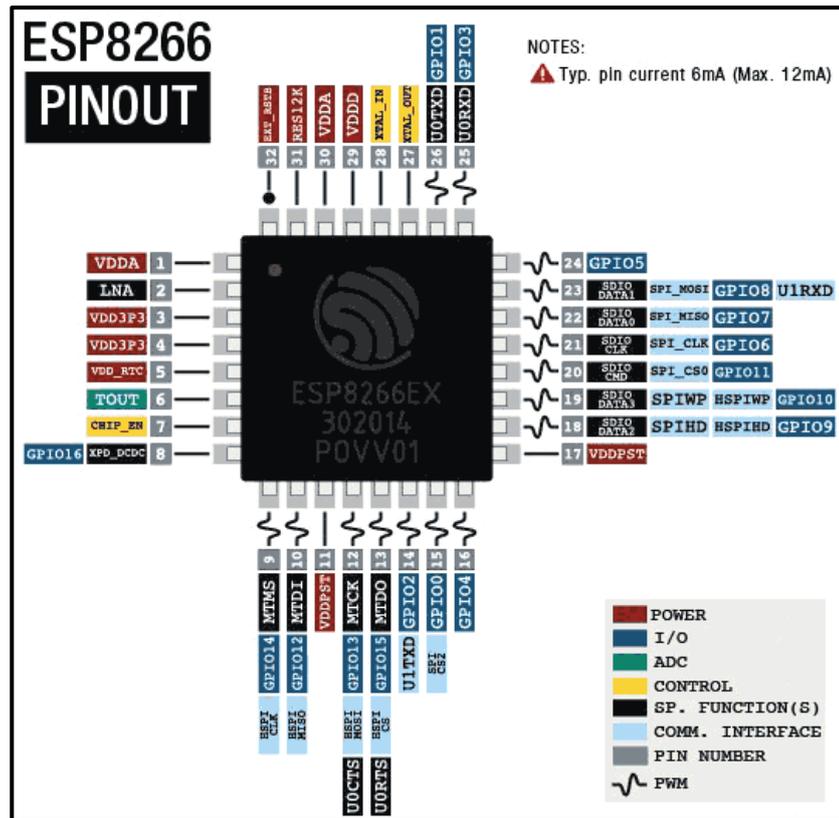


Figura N° 18 : Pin out ESP8266

Fuente: Programarfacil.com

3.1.1.1.5.1 Módulo ESP12E

Como se pudo apreciar en la descripción anterior el ESP8266 no cuenta con memoria, es por ello y vista la necesidad lo desarrolladores crearon los módulos desde su versión ESP-01 hasta la versión ESP-12E de los cuales entre todos se diferencian en la memoria que le agregan y los pines de entrada y salida asignados.

Dentro de los múltiples módulos de ESP8266, existe uno que es el ESP-12E que se muestra en la Figura N°19 el cual incorpora una memoria flash de 4MB cubriendo la falta de capacidad en memoria del SoC ESP8266.

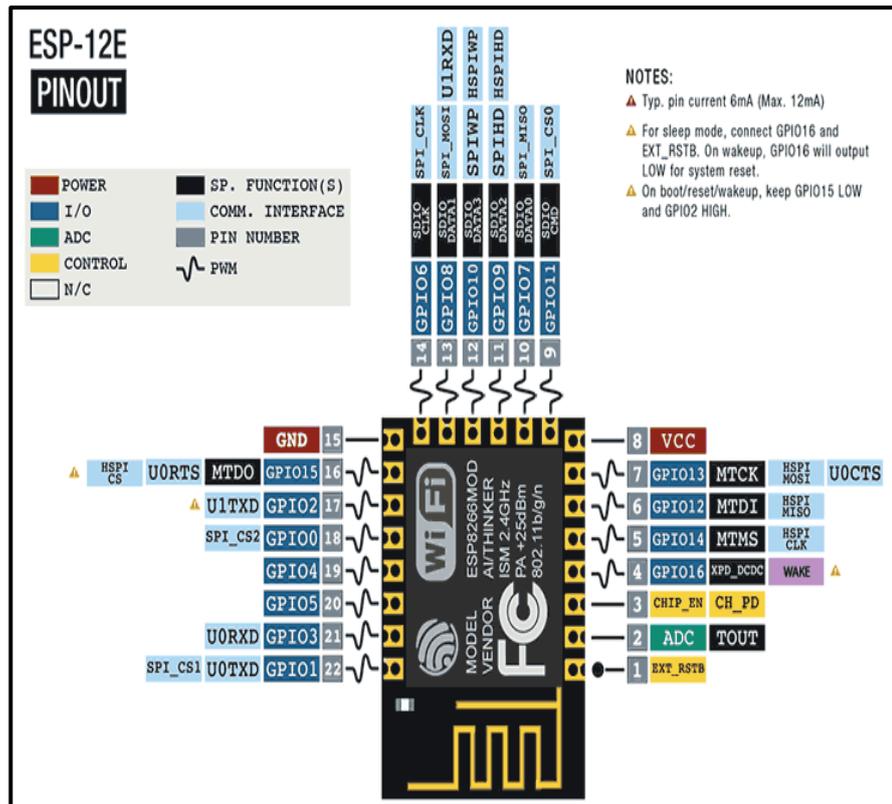


Figura N° 19 : Pin Out ESP-12E

Fuente: Programarfácil.com

Como se puede observar el ESP-12E es un dispositivo robusto y versátil en sus aplicaciones es por ello que en este proyecto de investigación se usó dicho módulo, tiene una totalidad de 22 pines. En donde se observan 17 pines *General Purpose Input/Output* (GPIO), un pin *ADC* y 2 pines para la alimentación y tierra. A su vez encontramos un Pin denominado “*CHIP_EN*” de encendido y apagado del ESP12E y un pin denominado “*EXT_RSTB*” de reseteo.

En resumen, de los módulos de transmisión inalámbrica descritos en este apartado se muestran en la Tabla N°2, en él se indican el módulo, el consumo de corriente eléctrica, rango de distancia para la TX, la velocidad del envío de datos y el costo del dispositivo en el mercado peruano.

Tabla N° 2 : Resumen de Módulos RF

NOMBRE DEL MÓDULO	CONSUMO ELÉCTRICO	RANGO DE TX	DATA RATE	PRECIO
RF 433MHz	4mA	100m	8Kbps	7 Soles
nRF24101	11.3 – 13.53mA	40m	250Kbps	10 Soles
XBEE	45mA	200m	250Kbps	100 Soles
ESP8266	150mA	La información es transmitida mediante Wifi y sale mediante internet.	250Kbps	12 Soles

Fuente: Elaboración Propia

Elección Final

La elección del dispositivo para la comunicación es uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de este proyecto. Según lo descrito y revisado en los tópicos anteriores y mediante la justificación de la Tabla N°2 se puede observar que el módulo de RF 433MHz es un dispositivo con menor costo en el mercado, la velocidad de transmisión no es de todo confiable, su consumo de energía es el menor del dispositivo presentados, pero la dificultad de este dispositivo es que no está dentro del rango de frecuencia espectral de uso Industrial, Científico y Médico (ICM) las cuales son frecuencias para el uso sin licencia del espectro, pero no para aplicaciones de telecomunicaciones, por ende, este dispositivo queda descartado para la investigación.

Dentro de los dispositivos que están dentro del rango de frecuencia en la banda ICM es la frecuencia de 2.4GHz y según revisado en el PNAF, esta frecuencia se puede usar para aplicaciones científicas.

El primer dispositivo que se revisó dentro de esta banda de frecuencia permitida es el Módulo nRF24101 este dispositivo no es del todo factible pues según Tabla N°2 de resumen, la distancia de transmisión de información solo la puede dar para distancias muy cortas y nuestra investigación necesita rango de transmisión mucho más amplios, es por ello que se descarta dicho dispositivo.

El segundo dispositivo dentro de esta banda de frecuencia permitida es el Módulo XBee el cual contrario al módulo nRF24101 llega a transmitir la

información a una mayor distancia, pero con la salvedad de que su costo es demasiado elevado. Es por ello que se optó por el tercer dispositivo que es el ESP12E (ESP8266), el cual aparece como una solución rentable económicamente y nos muestra su eficiencia en la conexión a Internet, en la actualidad es un dispositivo ideal para el desarrollo en el Internet de las Cosas. El módulo ESP12E tiene su antena de Tx y Rx adherida en la misma placa la cual según los niveles de señal de recepción puede transmitir la información a una velocidad máxima de 54Mbps con niveles de -70dbm y una velocidad mínima de 1Mbps con niveles de señal de -90dbm. Respecto a su consumo de corriente eléctrica según sea el modo de configuración puede llegar a consumir a picos de 500mA, pero en modo Sleep consume 20mA, en modo Light Sleep 2mA y Deep Sleep 0.2mA es así que este módulo nos proporciona diversas formas de obtener lo mejor de él.

Es por ello que viendo las posibilidades de aporte de cada módulo de comunicación inalámbrica se ha optado por trabajar en el trabajo de investigación con el módulo ESP-12E. Se consideró para esta elección dicho módulo porque es una tecnología novedosa y no existen muchos trabajos de investigación con dicho dispositivo. Es así que se visualiza que este trabajo de investigación pueda servir de base para el desarrollo de otros proyectos dedicados a la misma línea de comunicación inalámbrica y el IoT.

3.1.2 Sensores de Temperatura

3.1.2.1 Sensor de Temperatura LM35

Este sensor está configurado en grados Celsius (centígrados), su salida es analógica tal cual es su entrada por donde será medido con Arduino u otro microcontrolador. Una de las desventajas de este sensor es que solo se podrán medir temperaturas dentro del rango de 2° C y 150° C, el cual para nuestra investigación no implica algún obstáculo para su elección. Este sensor tiene aplicaciones típicas en fuente de alimentación, baterías y climatización. En la Tabla N° 3 se muestra sus características según su hoja técnica y en la Figura N°20 se muestra el sensor LM35 el cual consta de 3 patillas una para su alimentación, GND y salida de información.

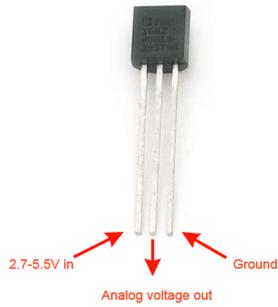


Figura N° 21 : Sensor TMP36

Fuente: learn.adafruit.com/tmp36-temperature-sensor/

3.1.2.3 Sensor de Temperatura TC74

Los dos sensores anteriores mencionados son sensores analógicos. Estos tipos de sensores tienen una desventaja y es que son más sensibles a la interferencia o ruido, por ello el presente sensor a describir es el TC74, que es un sensor digital.

Siendo este un sensor de temperatura digital está adecuado para aplicaciones de bajo costo. Tiene la capacidad de transformar la temperatura dentro del propio sensor para luego transmitirla en una palabra digital de 8-bits. En la Tabla N° 5 se muestra las características principales del sensor TC74 y en la Figura N°22 se muestra en físico al sensor de Microchip TC74.

Tabla N° 5 : Características sensor de Temperatura TC74

CARACTERISTICAS	
Voltaje de operación	2,7V a 5,5V
Rango de temperaturas	-40° C a 125° C
Precisión	± 2° C de 25° C a 85° C y ± 3° C de 0° C a 125° C
Resolución	8-bit
Muestra/segundo	8

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 22 : Sensor TC74

Fuente: www.microchip.com/wwwproducts/en/TC74

3.1.2.4 Sensor de Temperatura DHT11

Este sensor igual al TC74 es un sensor digital, pero con la ventaja adicional de que puede coexistir con un sensor de humedad de ambiente que lo hace diferente a los demás.

El sensor DHT11 es la combinación de sensor de temperatura y humedad en el ambiente que tiene la facilidad de convertir la información de temperatura a grados centígrados, la única desventaja que no genera mayor impacto en nuestra investigación es que solo puede obtener rango de temperatura desde 0°C a 50° C. El periodo de lectura de la información para este sensor oscila entre 1 a 2 segundos. Respecto a la calidad y sensibilidad de obtención de datos es muy óptima para el precio en el mercado de la electrónica. En la Tabla N°6 se muestra las características del Sensor DHT11 y en la Figura N° 23 se muestra físicamente al sensor DHT11 que incluye al sensor de temperatura y el sensor de humedad ambiental.

Tabla N° 6 : Características sensor de Temperatura DHT11

CARACTERISTICAS	
Voltaje de operación:	de 3V a 5,5V
Rango de temperaturas:	0° C a 50° C
Precisión:	± 2° C
Resolución	8-bit
Muestra/segundo	0,5

Fuente: Elaboración Propia

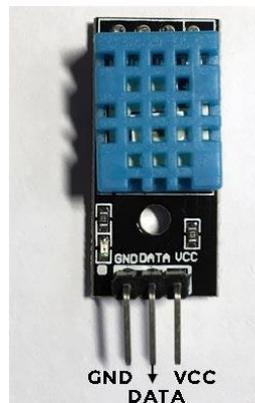


Figura N° 23 : Sensor DHT11

Fuente: programarfácil.com

Elección Final

Para la elección final del sensor de temperatura nos apoyaremos de la Tabla N°7, que es una tabla resumen de los sensores de Temperatura, la función de toma de temperatura se debe tener en cuenta la precisión de cada sensor, los rangos de temperaturas, la alimentación que utiliza, el consumo de corriente y sobretodo el costo del sensor es por ello que de todas las opciones antes planteadas el sensor de temperatura que nos muestra mayor ventaja es el DHT11 el cual es un sensor con una precisión de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, con rangos positivos de 0°C a 50°C , con voltajes de 3.3V a 5V, con consumo de corriente de 1mA y con un costo en el mercado de 9 soles y además podemos usarlo como sensor de humedad ambiental.

Este sensor si bien es casi parecido a los otros planteados anteriormente este tiene mejor desempeño en el proceso de investigación y el factor determinante para la elección fue el tamaño, el costo en el mercado y el tiempo de respuesta frente a las variables ambientales de temperatura y humedad de ambiente.

Tabla N° 7 : Resumen de Sensores de Temperatura

SENSOR DE TEMPERATURA	SENSOR LM35	SENSOR DHT11	SENSOR TMP36	SENSOR TCT74
Rango de Temperatura	-55°C a 150°C	0°C a 50°C	-40°C a 150°C	-40°C a 125°C
Precisión(Temperatura)	+ 0,5 °C	+2°C	+ 2°C	+ - 2°C de 25°C a 85°C y +3°C de 0°C a 125°C
Voltaje de operación	4V a 30V	3V a 5,5V	2,7V a 5,5V	2,7V a 5,5V
Conversion	10mV/°C	-	10mV/°C	-
Tiempo de Respuesta(100%)	4 min	1 seg	8 min	-
Offset	0 V	-	0.5V	-
Resolucion	-	8-Bit	-	8-Bit

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Sensores de Humedad

Dentro de las alternativas de sensores de humedad se tienen a los siguientes dispositivos, el sensor HIH6130, el sensor DHT11 y DHT22, los cuales se explicarán a continuación para su elección final en el proyecto de investigación.

3.1.3.1 Sensor de Humedad HIH6130

El HIH6130, que se muestra en la Figura N° 24, es un sensor de temperatura y humedad relativa (RH) de salida digital combinados en un mismo componente. Esto permite que la medición de humedad relativa se compense por temperatura y proporciona una segunda salida de sensor de temperatura independiente.

Las principales características de este dispositivo es la operación entre voltaje de 2.3V a 5.5V, asimismo el rango de humedad que evalúa es de 10-90% y compensa su salida de temperatura entre los rangos de 5-50°C. El costo de este sensor en el mercado peruano es de 90 soles.

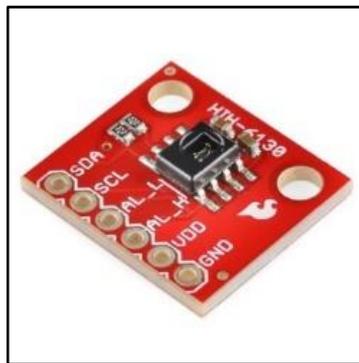


Figura N° 24: Sensor de Humedad HIH6130

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/11295>

3.1.3.2 Sensor de Humedad DHT11

Si bien el sensor DHT11 se comporta como un sensor de temperatura este a su vez también se comporta como un sensor de humedad de ambiente, este sensor se comporta como un sensor capacitivo de humedad y a su vez emplea un sensor de temperatura resistivo para calcular la temperatura en el aire circundante. Estos datos se muestran mediante una señal digital mediante el único PIN de datos que tiene el sensor. Una de sus ventajas es la simpleza en su uso, pero con la salvedad que este debe calibrarse de la mejor manera para que no tenga fallos en la toma de datos. El costo del dispositivo en el mercado peruano es de 9 soles.

Sus características principales es que su alimentación es de 3V a 5V, con un rango de medición de humedad de 20% a 90% de humedad RH con una precisión de 4% con un tiempo de sensado de 2 segundos. En la Figura N°25 se muestra al sensor DHT11 de manera física, en él se observa 3 patillas una para VCC, GND y data.

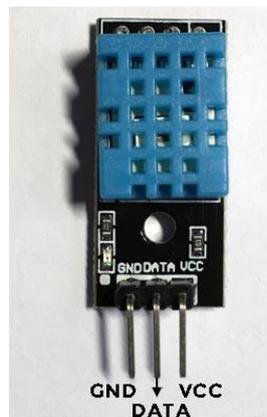


Figura N° 25 : Sensor DHT11 (Humedad)

Fuente: programarfácil.com

3.1.3.3 Sensor de Humedad DHT22

El sensor DHT22 es un sensor de temperatura y humedad de ambiente, tal cual el DHT11 este usa un sensor capacitivo en su interior y termistor para medir la temperatura de aire.

Entre sus características principales se encuentra que el sensor trabaja de 3.3V a 6V, con un rango de humedad de 0% a 100% RH, la precisión con que toma la data es de 2% con un tiempo en el sensado de 2 segundos. En la Figura N°26 se muestra al sensor DHT22 que a diferencia al DHT11 tiene físicamente 4 patillas Vcc, GND, Data y de Pull Up.



Figura N° 26 : Sensor DHT22

Elección Final

Para la elección final del sensor de humedad nos apoyaremos en la Tabla N°8, que es la tabla de resumen de los sensores de Humedad, dentro de los sensores de humedad relativa se puede apreciar que existen características similares, pero en donde se puede observar gran diferencia es en el costo de cada sensor es por ello que para la definición de uso de sensor de humedad quedó entre el DHT11 y DHT22, puesto que el sensor HIH6130 tiene un costo elevado de 90 soles.

Para definir el uso del sensor de Humedad de Ambiente se tuvieron bien a considerar su costo es realmente bajo y a su vez su consumo de energía es de $1.25mA$ según sus especificaciones técnicas y a su vez este trabaja dentro de voltajes de 3V y 5V valor similar al que usa el ESP12E. Así mismo su precisión es de $\pm 5\%$ que es lo que se adapta a la variable a evaluar, por todos estos aspectos es que se tuvo bien a definir el uso del sensor DHT11 que además también será usado como sensor de Temperatura.

Tabla N° 8 : Resumen de Sensores de Humedad

SENSOR DE HUMEDAD	SENSOR HIH6130	SENSOR DHT11	SENSOR DHT22
Voltaje de Operación	2,3V a 5,5V	3V a 5,5V	3,3V a 5V
Rango de Humedad	10% a 90 %	20% a 80%	0% a 100%
Rango de temperatura	5°C a 50°C	0°C a 50°C	-40°C a 125°C
Precisión(Humedad)	+4%	+5%	+2% a 5%

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Sensores de Humedad de Suelo (Higrómetro)

En el mercado existen 3 modelos de sensores de humedad terrestre o humedad de suelo, entre ellos existen los siguientes:

Alternativas disponibles

3.1.4.1 Sensor de Humedad de Suelo FC-28 (HIGROMETRO)

Este sensor puede medir la humedad de suelo mediante la variación de conductividad. Su funcionamiento se basa en dos electrodos los cuales nos

permiten determinar la humedad de suelo mediante contacto, en un comienzo el circuito comienza abierto ya que ambos electrodos no se conectan entre sí, pero esto cambia cuando se inserta a la tierra lo cual hace que se comporte como una resistencia haciendo que el circuito se cierre. En efecto de ello la corriente circula a través de los electrodos y esto dependerá de la humedad de la tierra; por lo tanto, a mayor humedad el medio se vuelve más conductivo y por ende genera un mayor flujo de corriente.

Una característica adicional es que el sensor trabaja a 5V y este presenta un comparador LM393 para su calibración y precisión, ello se puede evidenciar en la Figura N°27, El consumo de corriente eléctrica es de 32mA y el costo de este sensor en el mercado es de 12 soles.

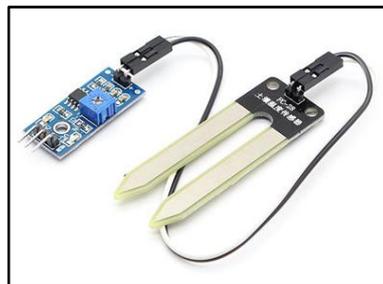


Figura N° 27 : Sensor de Humedad de Suelo FC-28 (HIGROMETRO)

Fuente: www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/

3.1.4.2 Sensor de Humedad de Suelo SEN 13322 (SPARKFUN)

Este sensor de la empresa SPARKFUN, que se muestra en la Figura N°28, tiene la capacidad de medir la humedad de suelo, este sensor trabaja con alimentación entre los rangos de 3.3V a 5V. El funcionamiento es muy similar al sensor FC 28 ya que al igual que este usa 3 Pines para la conexión a algún microcontrolador, pin de VCC, GND y SIG (Señal). La única diferencia es que en este sensor no usa un regulador para su calibración. El precio de este sensor en el mercado es de 25 soles.

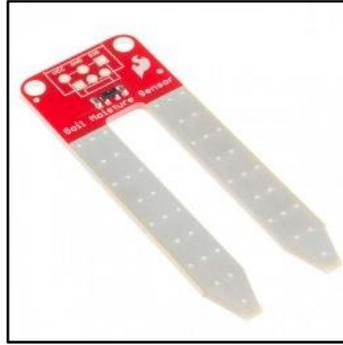


Figura N° 28 : Sensor de Humedad de Suelo SEN 13322 (SPARKFUN)

Fuente: www.sparkfun.com

3.1.4.3 Sensor de Humedad de Suelo YL-69

Este sensor igual que el anterior logra calcular la humedad presente en la tierra que lo rodea utilizando dos electrodos de aluminio que transportan el flujo de corriente a través del suelo. Por ello proporcional a mayor presencia de agua o humedad hace que la tierra conduzca electricidad sin ningún problema ya que muestra una menor resistencia, mientras que un suelo seco es un conductor disminuido en electricidad ya que se genera una mayor resistencia.

El sensor usa al igual que el sensor FC-28 usa un comparador LM393 el cual mediante un potenciómetro ayuda a la calibración del mismo, en la Figura N°29 se muestra los componentes de este sensor. El voltaje de alimentación es de 2V a 6V. Su consumo de corriente es de 35mA y su costo en el mercado es de 6 soles.

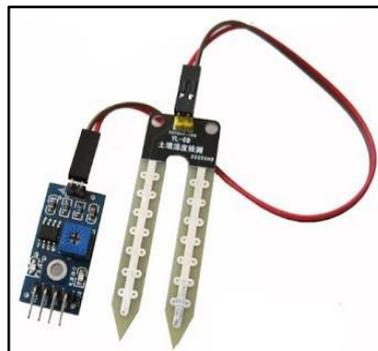


Figura N° 29 : Sensor de Humedad de Suelo YL-69

Fuente: <http://www.niplesoft.net/blog/2016/01/19/sensor-de-humedad-de-suelo-yl-69/>

Elección Final

Para nuestro proyecto se utiliza el sensor de Humedad de suelo YL-69 y para ello nos apoyaremos en la Tabla N°9 la cual muestra el resumen de los tres sensores evaluados, para la elección final se evaluaron las 3 siguientes características el consumo de corriente eléctrica, el voltaje de alimentación y el costo del sensor. En la elección del sensor se observó similitud en el funcionamiento entre el sensor YL-69 y FC-28, pero el sensor YL-69 tiene ventaja sobre el otro sensor por el costo. Es así que la decisión final sobre el sensor de humedad de suelo recae sobre el sensor YL-69. Si bien son muy similares entre los sensores YL-69 y FC-28 se decantó por usar el sensor YL-69 por ser un sensor fácil de conseguir en el mercado por su precio, bajo consumo de corriente y voltaje dentro de previsto.

Tabla N° 9 : Resumen Sensores de Humedad de Suelo

SENSOR HUMEDAD DE SUELO	SENSOR FC-28	SENSOR SEN 13322	SENSOR YL-69
Voltaje de operación	3,3V a 5V	3,3V a 5V	2V a 6V
Corriente	32 mA	-	35 mA
Salida	Analogica y Digital	Analogica y Digital	Analogica y Digital
Precio	12 Soles	25 Soles	6 Soles

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Sensor Detector de Humo

3.1.5.1 Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

El sensor Sharp GP2Y1010AU0F esta mostrado en la Figura N°30 y tiene la capacidad de medir la congregación de partículas de polvo en el aire. Su funcionamiento es mediante un diodo infrarrojo y fototransistor que está colocado de tal forma que permite calcular la luz reflejada por la cantidad de partículas en el aire.

Este sensor a su vez consume poca corriente (20mA) y es alimentado mediante voltaje continuo de 7V. Según la hoja técnica la salida de voltaje es de forma lineal y proporcional al conjunto de partículas de CO₂ detectado. La sensibilidad del sensor está dada por la constante de 0.5V por cada 0.1mg por metro cúbico.

El sensor está compuesto por un cable de tipo JST de 6 pines la cual se conecta al Arduino o cualquier microcontrolador, pero en nuestro caso será el ESP12-E el cual será usado en esta investigación. Para realizar la conexión del sensor con el ESP12-E se deberá añadir una resistencia de 150 ohm y un condensador de 220uF.



Figura N° 30 : Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

Fuente: <http://techblog.calvinboey.com>

3.1.6 Sensor de Lluvia

En el mercado de la electrónica existe un modelo de sensor de Lluvia.

3.1.6.1 Sensor de Lluvia FC-37

El sensor de lluvia FC-37 detecta solo la presencia de lluvia por la variación de conductividad, esto se da porque el sensor al entrar en contacto con el agua provoca un corto circuito. El módulo entregará como dato una señal analógica que estará variando según la presencia de agua que se pose sobre el módulo. El sensor de lluvia usa el voltaje de trabajo desde 3.3V a 5V y usa a su vez un módulo LM393 como comparador. En la Figura N°31 se observa el sensor, el comparador y cables de conexión.

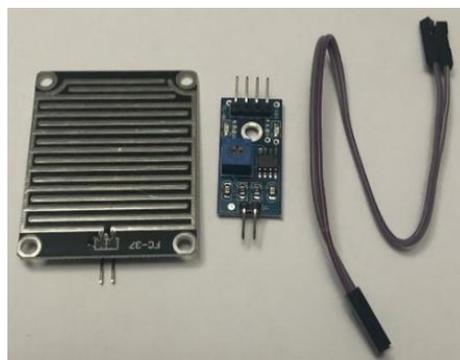


Figura N° 31 : Sensor de Lluvia

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7 Acondicionamiento

3.1.7.1 Regulador de Voltaje

En este proyecto de investigación, no todos los dispositivos trabajan con una alimentación similar, estas varían desde 12V, 10V o 5V, para nuestra investigación la gran mayoría de dispositivos incluidos el ESP-12E trabaja a un voltaje de 3.3V es por ello que se necesita un regulador de tensión.

Para tener un voltaje de 3.3V se puede obtener de diferentes maneras, pero la que se usará en esta investigación es mediante el CI LM1117 el cual es un regulador de tensión y estará compuesto de la siguiente configuración usando capacitores y así obtener los 3.3V para el desarrollo del proyecto. En la Figura N°32 se muestra la conexión del regulador LM1117 y los capacitores.

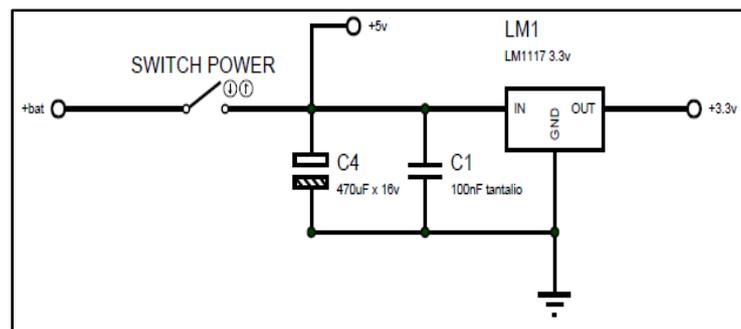


Figura N° 32 : Regulador de Voltaje LM1117

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7.2 Multiplexor Analógico

El multiplexor o demultiplexor HC4051 tiene la cualidad de expandir las entradas y salidas de la placa ESP12E, este CI cuenta con 8 canales analógicos.

Un MULTIPLEXOR digital es un selector de datos, este es un circuito lógico que acepta varias entradas digitales y selecciona alguna de ella en algún momento dado para entregar una salida. En la Figura N°33 se puede observar la distribución de pines y diagrama funcional del Multiplexor HC4051, en la Figura N°34 se muestra la descripción de funciones de cada Pin por ultimo en la Figura N°35 se muestra la tabla de habilitación para las salidas.

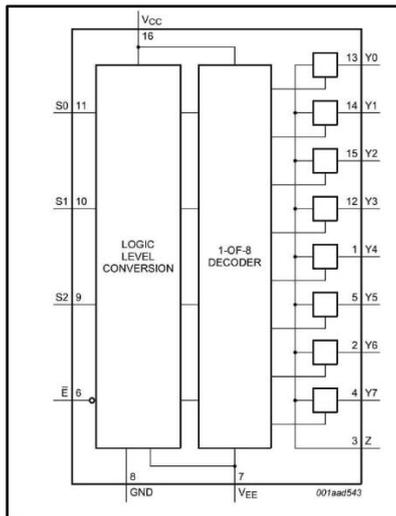


Figura N° 33 : Diagrama Funcional del HC4051

Fuente: Datasheet HC4051

Symbol	Pin	Description
\bar{E}	6	enable input (active LOW)
V_{EE}	7	supply voltage
GND	8	ground supply voltage
S0, S1, S2	11, 10, 9	select input
Y0, Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7	13, 14, 15, 12, 1, 5, 2, 4	independent input or output
Z	3	common output or input
V_{CC}	16	supply voltage

Figura N° 34 : Descripción de Pines del HC4051

Fuente: Datasheet HC4051

Input				Channel ON
\bar{E}	S2	S1	S0	
L	L	L	L	Y0 to Z
L	L	L	H	Y1 to Z
L	L	H	L	Y2 to Z
L	L	H	H	Y3 to Z
L	H	L	L	Y4 to Z
L	H	L	H	Y5 to Z
L	H	H	L	Y6 to Z
L	H	H	H	Y7 to Z
H	X	X	X	switches off

Figura N° 35 : Tabla de Funcionamiento del HC4051

Fuente: Datasheet HC4051

3.1.7.3 Módulo Cargador de Batería

Para mantener la carga de las baterías de litio se usará el circuito integrado TP4056. Este circuito integrado tiene las siguientes características mostrada en la Tabla N°10.

Tabla N° 10 : Características del Módulo Cargador de Batería

DESCRIPCION	CARACTERISTIAS
Voltaje de Entrada	5V
Voltaje de salida	4.2+/- 1%
Max. Corriente de salida	1.2A
Max. Potencia de salida	4.2W
Temperatura de trabajo	- 20 ~ 85 °C
Eficiencia de conversión	80%
Dimensiones	2.8 cm x 2 cm x 0.5 cm

Fuente: Elaboración Propia

Siendo el CI TP4056 (Anexo N°5) es un cargador lineal que muestra la corriente y voltaje constante usado para cargar las baterías de iones de litio de una sola celda.

La tensión de carga se fija tal cual como se muestra en la Tabla N°7, en él se muestra las características que tiene el CIP4056, que tiene un voltaje de salida 4,2V.

3.1.7.4 Baterías Recargables de Ion de Litio 18650

Las baterías de Ion de Litio populares como baterías de LI-ION están creadas para el almacenamiento de energía eléctrica empleando un ion de Litio que consigue los iones necesarios para realizar la reacción electroquímica equivalente entre ánodo y cátodo.

Esta batería tiene entre sus particularidades un bajo mantenimiento, entre sus cualidades se encuentra el almacenamiento de energía y su resistencia hacia las descargas, las cuales en la mayoría de casos son muy altas, dicha batería es ideal para el uso en investigaciones científicas. Dichas baterías se pueden observar en la Figura N°36.

3.1.7.4.1 Ventajas de las Batería Ion-Litio

- Densidad de energía alta: Almacena un gran conjunto de carga por unidad de peso y volumen.
- Ligero peso: Son baterías menos pesadas y ocupan menos volumen que las de tipo Ni-MH.
- Mayor voltaje por celda: Una batería suministra de 3 a 3.7 voltios, lo mismo que tres baterías de Ni-MH o Ni-Cd (1,2 V cada una).

- *No tienen efecto memoria.*
- Descarga lineal: Durante toda la descarga, el voltaje de la batería varía muy poco, es una ventaja, ya que es muy fácil saber la carga que almacena la batería.

3.1.7.4.2 Desventajas de las Batería Ion-Litio

A pesar de todas sus ventajas, esta tecnología no es el sistema perfecto para el acopio de energía, pues tiene algunas desventajas, tales como:

- Mediana duración: La batería dura 500 ciclos entre carga y descarga.
- Vida Útil: Durabilidad de dos a tres años, inclusive pueden durar mayor a este rango, siempre y cuando se almacene energía mayor al 40%.
- Elaboración costosa: Su costo de fabricación es mayor a las Ni-Cd/Ni-MH, pero actualmente su costo de fabricación ha disminuido por el fuerte ingreso en el mercado de la electrónica.
- Ambiente de Trabajo: A bajas temperaturas ofrecen un rendimiento inferior respecto a las baterías de Ni-Cd/Ni-MH causando su reducción de vida útil a un 25%.



Figura N° 36 : Baterías Ion de Litio 18650

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7.5 Panel Solar

Un panel solar está compuesto por celdas fotovoltaicas. Por ello la descripción de celda fotovoltaica está definido como la conversión de luz en energía eléctrica a nivel atómico. Se conoce que existen materiales que tienen la propiedad de realizar el efecto fotoeléctrico que consiste en absorber fotones de luz y emiten como resultado electrones, dichos electrones son los llamados electrones libres que luego son capturados dando como resultado corriente eléctrica que al final se usa como electricidad. En la imagen de la Figura N° 37

se puede apreciar el procedimiento para la absorción de energía solar convirtiéndola en energía eléctrica.

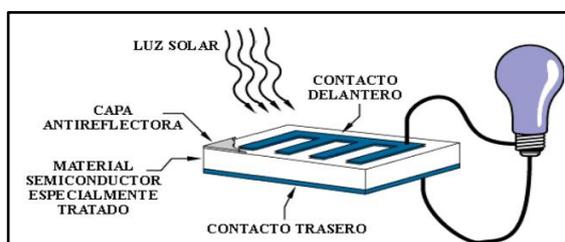


Figura N° 37 : Operación de una celda Fotovoltaica

Fuente: Tesis Control digital para convertidor multinivel alimentado con energía solar –
Universidad de las Américas de Puebla Autor : Domitilo Martínez Hernández

3.1.7.5.1 Composición de las Celdas Solares

Los paneles solares están creados de los materiales semiconductores que se usan en la fabricación de componentes electrónicos como, por ejemplo, el silicio, este elemento se emplea en la industria de la electrónica y microelectrónica. Cada una de las celdas solares, es separada por un enrejado semiconductor el cual es asistido para formar un campo eléctrico, para ello se usa un lado positivo y otro lado negativo.

3.1.7.5.2 Proceso de Funcionamiento de una Celda Solar

El proceso de funcionamiento de una celda solar se da desde que un haz de luz que toma su participación como energía luminosa llega hacia la celda solar realizando que los electrones sean desplazados y transportados hacia los átomos del material semiconductor.

Para crear un circuito eléctrico se debe conectar conductores tanto en el polo positivo como en el polo negativo, por lo que los electrones pueden ser internados en forma de corriente eléctrica, es así como se generó la electricidad que es usada para potenciar una carga o energizar un equipo.

Se debe considerar que cuanto mayor es el área de arreglo de las celdas fotovoltaicas mayor será la energía o electricidad producida.

3.1.7.5.3 Distribución de una celda solar

Las celdas solares hechas del material de silicio cuentan con una gran variedad, entre ellos esta los de tipo monocristalinos, policristalinos y amorfo, cada una de estas celdas se diferencian en la eficiencia, siendo la eficiencia la capacidad de transformar la luz solar a electricidad. En la Tabla N°11 se muestra la eficiencia de las celdas solares según su composición.

Tabla N° 11 : Eficiencia solar según su composición

Eficiencias de celdas Solares según su composición	
Monocristalina:	12-15 %
Policristalina:	11-14 %
Amorfa:	6-7 %

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7.6 Programador FTDI

Es un conversor de protocolo USB a TTL Serial de la compañía de *Future Technology Devices International*. Este programador será usado para configurar el ESP12E para ello se usará la interfaz de IDE de Arduino descargando las librerías de ESP8266. En la Figura N° 38 se muestra el programador FTDI capaz de trabajar a 3.3V y 5V.

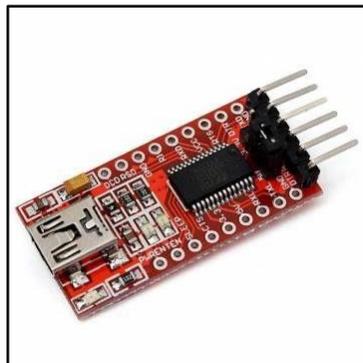


Figura N° 38 : Programador FTDI

Fuente: www.luisllamas.es/programar-arduino-mini-pro-conversor-ftdi-ft232r

3.1.7.7 Pantalla OLED de 0.96"

Las pantallas OLED es un tipo de LED de capa emisiva que está formado por un compuesto orgánico que emite una luz en respuesta al flujo de la electricidad.

Se eligió una pantalla OLED de características con tamaño de pantalla de 0.96" la cual incorpora un controlador SDD1306 y además tiene una resolución de 128x64píxeles.

Se debe considerar que estas pantallas OLED consumen alrededor de 10mA porque su funcionamiento es dedicado a encender el led necesario, un aporte importante de la pantalla OLED es que esta logra apreciarse mejor en ambiente muy luminosos como cuando se está bajo el sol. En la Figura N°39 se muestra la pantalla OLED y sus cuatro pines de conexión.

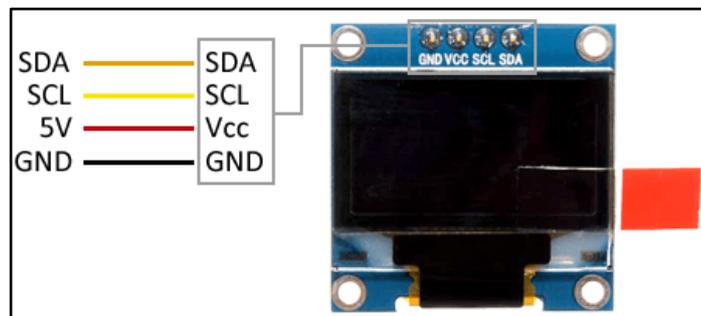


Figura N° 39 : Pantalla OLED de 0.96"

Fuente: www.luisllamas.es/conectar-arduino-a-una-pantalla-oled-de-0-96/

3.2. Ensamblaje de Sensores

El modulo sensor está compuesto por el módulo ESP-12E y los sensores que medirán las variables de temperatura, humedad de suelo, humedad relativa, lluvia y smoke. Dicha placa estará compuesta por el circuito integrado TP4056 el cual será el encargado de cargar las baterías de Ion de Litio. De igual modo la placa también tiene un conector micro-USB de tipo hembra el cual será el encargado de conectarse hacia una fuente para cargarse o en su defecto para su uso en campo se conectará hacia el panel solar. A continuación, se mencionarán las partes de la placa a ensamblarse.

3.2.1. Configuración de los pines ESP12E

Para programar el ESP-12E primero se debe revisar la configuración del ESP8266. Este sistema en chip tiene las siguientes características:

- MCU de Tensilica de 32-bits

- Wifi 2.4GHz
- Memoria RAM 50Kb
- Una entrada analógica ADC(10bits)
- 17 Puertos de Propósito General(GPIO)

NOTA: Considerar que el ESP8266 no cuenta con memoria *FLASH*.

Teniendo en cuenta que el ESP8266 no cuenta con una memoria flash existen módulos los cuales le entregan esta característica al módulo ESP8266, nos referimos al módulo ESP-12E el cual cuenta con acceso a los pines, incorpora una memoria flash y además cuenta con una Antena WiFi.

Funcionamiento del ESP-12E

- **MODO *UART*:** Este modo de configuración sirve para subir o carga el programa a la memoria del ESP-12E.

Para realizar esta configuración se debe dejar los pines en el siguiente estado como se muestra en la Tabla N°12:

Tabla N° 12 : Modo Uart del ESP-12E

PIN	ESTADO
GPIO 0	L(0V)
GPIO 2	H(3.3V)

Fuente: Elaboración Propia

- **MODO *FLASH*:** Este modo de configuración sirve para ejecutar el programa que fue anteriormente cargado a la memoria del ESP-12E.

Para realizar esta configuración se debe dejar los pines en el siguiente estado como se muestra en la Tabla N°13:

Tabla N° 13 : Modo FLASH del ESP-12E

PIN	ESTADO
GPIO 0	H(3.3V)
GPIO 2	H(3.3V)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°40 se puede observar la configuración en Eagle del ESP-12E. En él está el diagrama del ESP-12E en conexión con el pin GPIO0 y el pin GPIO2. Además, se observa el componente JP2 siendo en el hardware considerado como espadines tipo macho. Cuando el jumper haga puente entre el pin1 y pin2 de JP2 ira a GND lo cual llevará a cabo la configuración modo UART el cual solo sirve para la carga del programa en el IDE de Arduino. En cambio, cuando se retire el puente del Jumper (JP2) este pasará por la resistencia y se conectará a VCC, entonces es aquí donde nos encontraremos en el segundo escenario en el modo Flash el cual nos habilitará solo el ejecutado del programa anteriormente guardado.

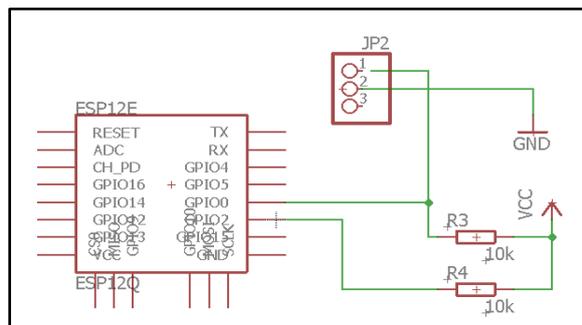


Figura N° 40 : Modos de Configuración del ESP-12E.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Diseño de fuente de alimentación para ESP8266

Para poner en funcionamiento el ESP8266 sobre el módulo ESP-12E se debe tener en consideración que este funciona a 3.3 V y consume alrededor de 100 mA. Para el diseño la fuente de alimentación se usará el regulador lineal de baja caída LM1117 a 3.3V que tiene una capacidad de corriente de 800 mA. Si bien este regulador nos entregará 3.3V se debe considerar en la entrada del regulador un voltaje mínimo de 5V para evitar su sobrecalentamiento. En la Figura N°41 se muestra la conexión realizada en Eagle para el funcionamiento del regulador de voltaje.

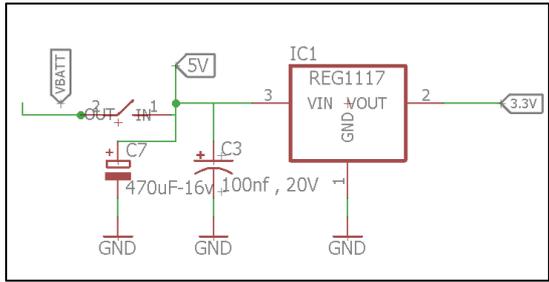


Figura N° 41 : Diseño de Fuente de Alimentación de ESP-12E.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Reseteo y Modo Sleep del Circuito ESP12E

3.2.3.1. Reseteo del Módulo ESP12E

El circuito de reinicio es necesario solo en el módulo ESP-12E. No es de forma obligatoria, pero es mejor tenerlo. Para ello se deberá agregar una resistencia de 10K como pull-up en el pin de reinicio (Pin N°1). Cuando el pin RESET este en modo bajo (GND), el dispositivo se reiniciará. De igual modo en Pin N°4 o GPIO16 estará conectado a unos espadines el cual usará un puente y dejará al GPIO16 en modo alto configurando el modo sleep del ESP-12E. Lo descrito anteriormente se muestra en la Figura N°42.

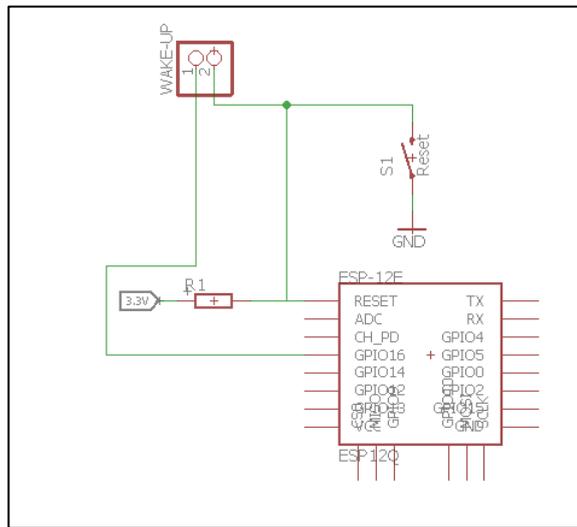


Figura N° 42 : Reseteo del ESP-12E.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3.2. Modo Sleep del Módulo ESP12E

En el presente proyecto de investigación entre el dispositivo sensor y el envío de datos existirán algunos momentos de inactividad pues se envían datos cada cierto tiempo, además es de conocimiento que este dispositivo estará en el

campo y su alimentación será mediante batería es por ello que deberá ser necesario que el consumo de energía sea muy bajo en dichos momentos de inactividad. Para ello el ESP-12E y el ESP8266 tiene modos de ahorro de energía.

El ESP8266 en el módulo ESP-12E y dispone de 3 modalidades para el ahorro de energía:

- Modem-sleep: Es tipo de ahorro de energía que desactiva en su totalidad la conexión inalámbrica, dicha conexión se establece con un punto de acceso (*router*), es decir, cuando sea requiera su activación se realizará y cuando no se requiera se dejará desactivado. La energía consumida en este modo es de 15mA.
- Light-sleep: Es tipo de ahorro de energía que permite conservar la conexión WiFi, reduciendo el consumo de energía eléctrica en los tiempos que no existe envío de datos como información. La energía consumida en este modo es de 0.5 mA.
- Deep-sleep: Es tipo de mayor ahorro de energía, pero a efecto de dejar la placa en suspenso, por lo tanto, el único componente del ESP8266 que funciona durante este modo es reloj en tiempo real (Real Time Clock o RTC). La energía consumida en este modo es de 10uA.
- Como conclusión final se considerará usar el modo DEEP SLEEP pues nos genera menor consumo de energía en el ESP-12E.

3.2.4. Configuración Final ESP-12E

En la siguiente Figura N°43 se puede apreciar la configuración final del ESP-12E, en él se puede observar las partes anteriormente detalladas como el modo de configuración del módulo ESP-12E, la configuración del Reseteo del ESP-12E y el modo de trabajo para el ahorro de energía del módulo ESP-12E.

En la Figura N° 45 se muestra el divisor de tensión y la configuración final del ESP-12E. Como se muestra a continuación una resistencia R6 de 220k, con una resistencia R7 de 100k es suficiente para el montaje siguiendo la fórmula del divisor de tensión.

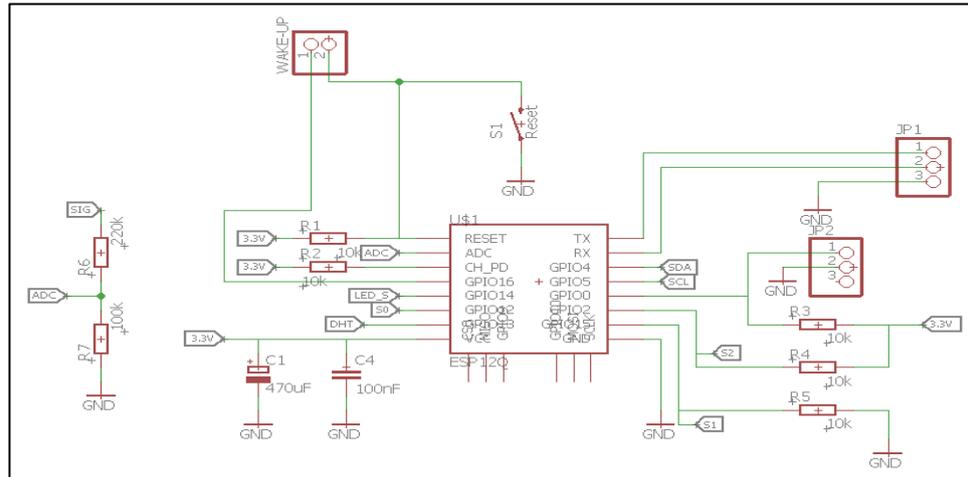


Figura N° 45 : Divisor de Voltaje y configuración de ESP-12E en EAGLE

Fuente: Elaboración Propia

3.2.6. Configuración de Multiplexor HC4051

Para configurar el CI 74HC4051 se debe reconocer la cantidad de pines que tiene el CI, en la Figura N°46 se muestra la distribución de pines, además de que función tiene cada uno, para ello se usara la Tabla N°14. Para nuestro caso en el proyecto de investigación se procederá a usar un MULTIPLEXOR para los sensores de humedad de suelo, el sensor para la lluvia y el sensor para el control de Smoke.

En la siguiente tabla esta la distribución de Pines del CI74HC4051.

Tabla N° 14 : Símbolos y descripción de pines del HC4051

Symbol	Pin	Description
\bar{E}	6	enable input (active LOW)
V_{EE}	7	supply voltage
GND	8	ground supply voltage
S0, S1, S2	11, 10, 9	select input
Y0, Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7	13, 14, 15, 12, 1, 5, 2, 4	independent input or output
Z	3	common output or input
V_{CC}	16	supply voltage

Fuente: Datasheet HC4051

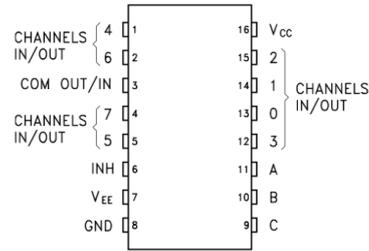


Figura N° 46 : Configuración de HC4051

Fuente: Datasheet HC4051

Como se describió anteriormente serán 3 sensores a usarse con el multiplexor. El CI HC4051 contara con la siguiente configuración de direcciones de canal analógico para sensores analógicos. Se usarán las salidas Y0, Y1, Y2 para Sensor Higrómetro, sensor de smoke y sensor de lluvia respectivamente, tal como se muestra en la Tabla N°15 y en la Figura N°47.

Tabla N° 15 : Configuración de los Sensores

S2	S1	S0	Z	
0	0	0	Y0	SENSOR HIGROMETRO
0	0	1	Y1	SENSOR SMOKE
0	1	0	Y2	SENSOR LLUVIA
0	1	1	Y3	
1	0	0	Y4	
1	0	1	Y5	
1	1	0	Y6	
1	1	1	Y7	

Fuente: Elaboración Propia

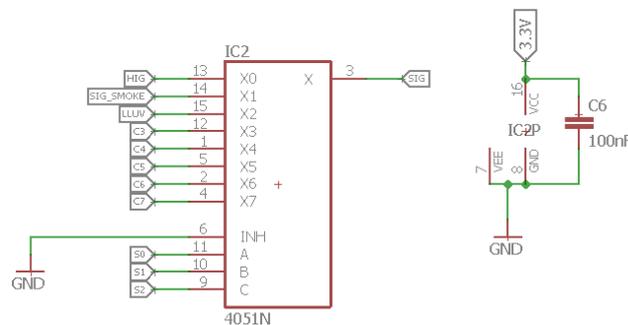


Figura N° 47 : Configuración de HC4051 en EAGLE

Fuente: Datasheet HC4051

3.2.7. Configuración de Micro-USB y CI TP4056

Para poder almacenar la energía eléctrica se usará el CI TP4056 que según su hoja técnica usa la siguiente configuración mostrada en la Figura N°48. La energía se podrá obtener de 2 formas, la primera mediante un cargador de 5V a 1A y otra mediante el uso de paneles solares, para nuestra investigación se usará un panel solar de 5V a 0.6A.

Para conectar el cargador y el panel solar se usará el conector Micro-USB tipo B.

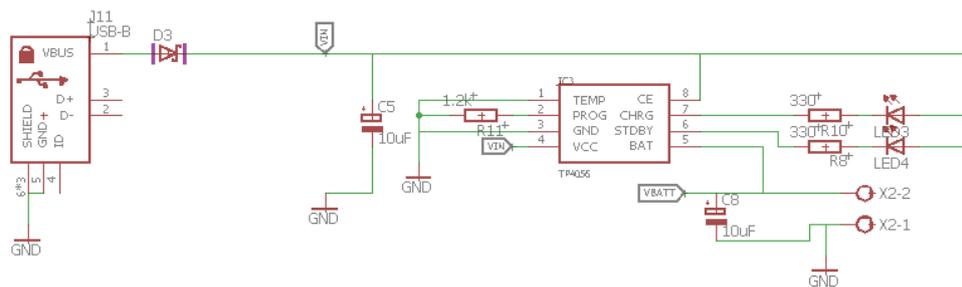


Figura N° 48 : Conector Micro-USB tipo B y configuración de CITP4056

Fuente: Elaboración Propia

3.2.8. Diseño en Eagle

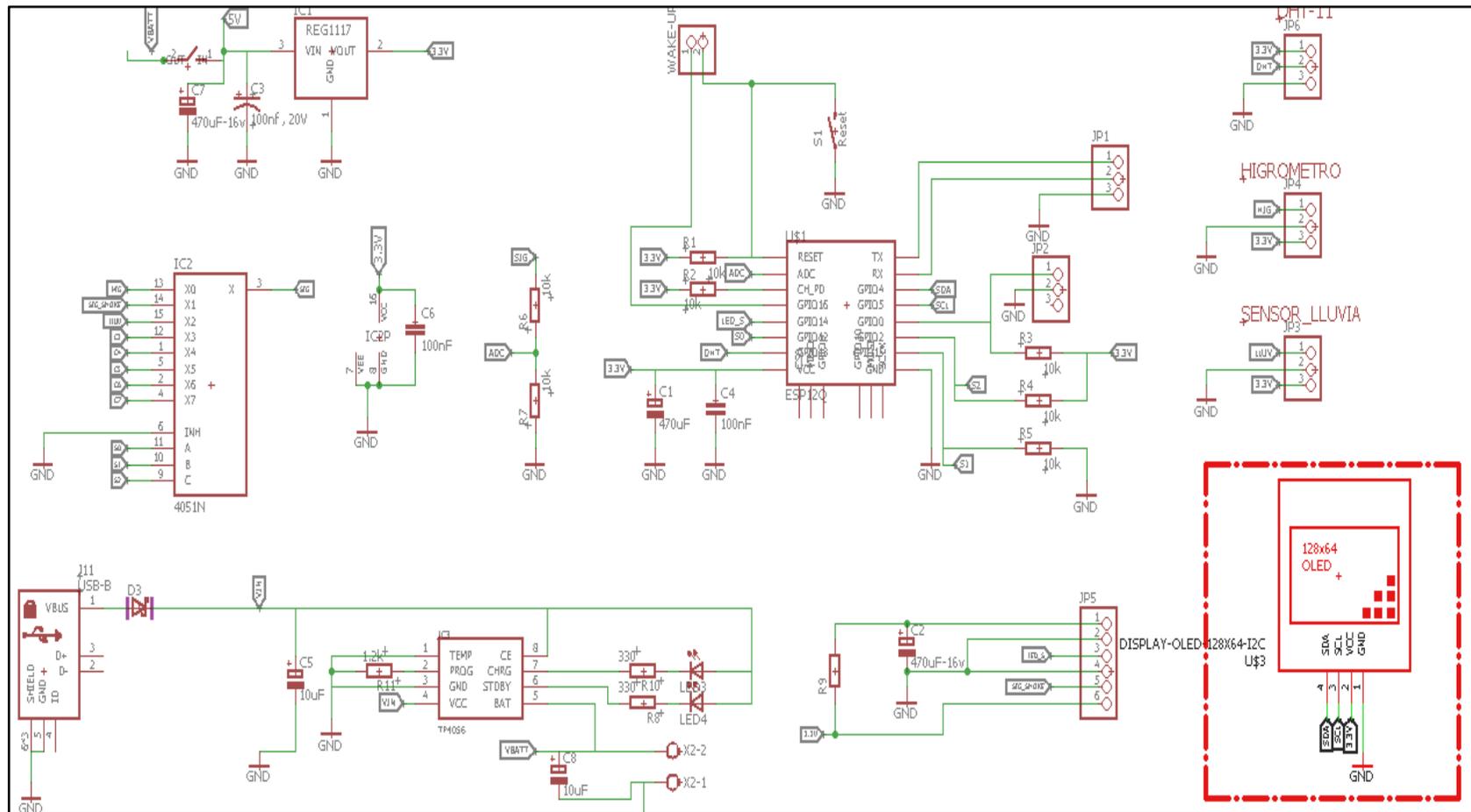


Figura N° 49 : Diseño en Eagle del dispositivo IoT

Fuente: Elaboración Propia

3.2.9. Diseño de Placa en Eagle

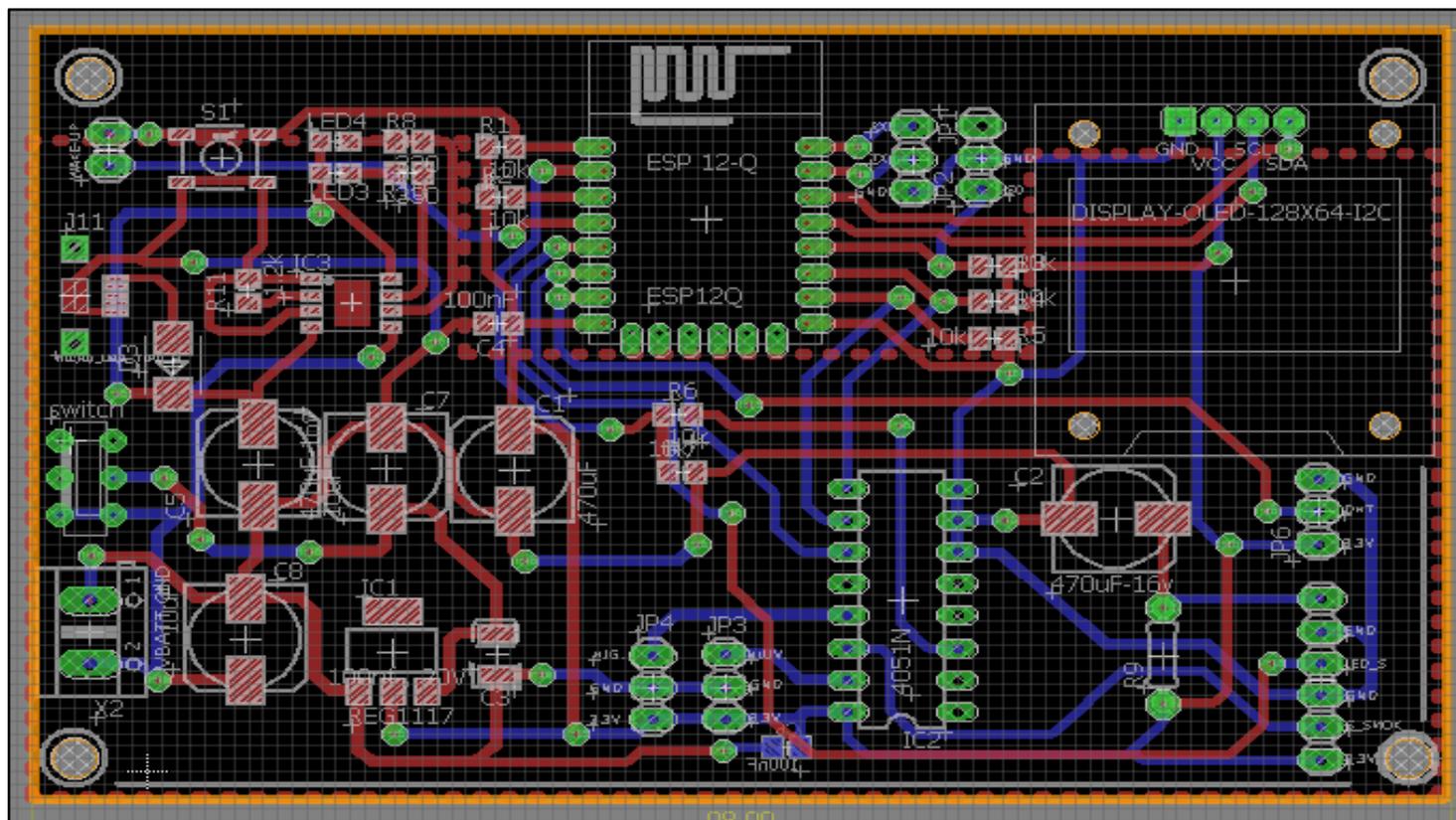


Figura N° 50: Diseño de la Placa en Eagle del dispositivo IoT

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Desarrollo del Software

3.3.1. Algoritmo de Funcionamiento

Primero se debe definir el modo de funcionamiento del diseño del dispositivo. Por ello y para que se pueda entender este funcionamiento se usará un flujograma de la Figura N°51, en él se mostrará el funcionamiento del código compilado en Arduino.

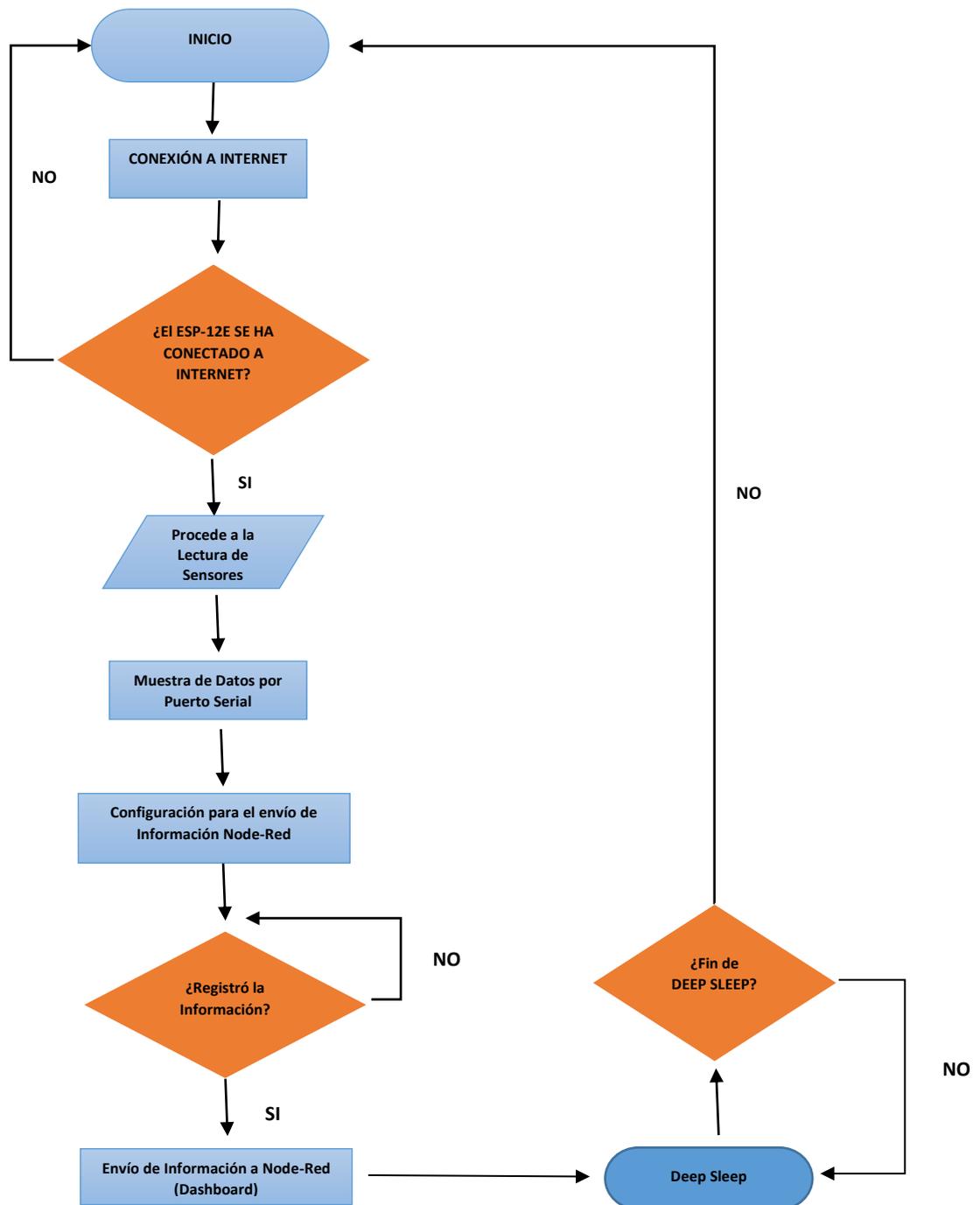


Figura N° 51: Algoritmo de Funcionamiento del Dispositivo IoT

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Programación de la Nube

3.3.2.1. Servicios en la nube

El IoT se inicia en la etapa donde las cosas empiezan a transmitir información a Internet. Es en este instante en donde todos los datos necesitan un lugar para ser recibidos y/o procesados, es por esto surge el término “*Cloud Computing*” o computación en nube y con ello se presentan las siguientes soluciones, en la Figura N°52 se muestra las soluciones de servicio en la Nube.

3.3.2.1.1. Software como servicio (SaaS or Software as a Service)

Está definido como el servicio basado en la web al cual se accede a través del navegador sin preocuparse por la implementación del software. Los ejemplos más conocidos tenemos: los servicios de correo electrónico (*Gmail, yahoo, etc*), *DropBox, Google Docs, etc.*

En el caso de SaaS usados para el IoT tenemos a: *Ubidots, Adafruit.io, dweet.io, ThinkSpeak, Temboo, IFTT(IF/THEN), Xively y Node-Red.*

3.3.2.1.2. Plataforma como servicio (PaaS or Platform as a Service)

Es entorno conteniendo en componentes o módulos de software que se encuentran pre-configurado para integrarse sobre una tecnología específica de desarrollo. Es decir, se podría disponer de un sistema operativo que albergue un servidor Web.

Tenemos como ejemplo a servicios como *Google App engine, Heroku, Openshift, AWS (Amazon Web Services), Microsoft Azure Web Sites.*

3.3.2.1.3. Infraestructura como servicio (IaaS or Infrastructure as a Service)

A diferencia de los *PaaS, IaaS* tiene un control y gestión también de la infraestructura donde se desplegarán las aplicaciones. La ventaja de este tipo de soluciones es que se puede gestionar la capacidad de la memoria, procesador y velocidad de cada servidor

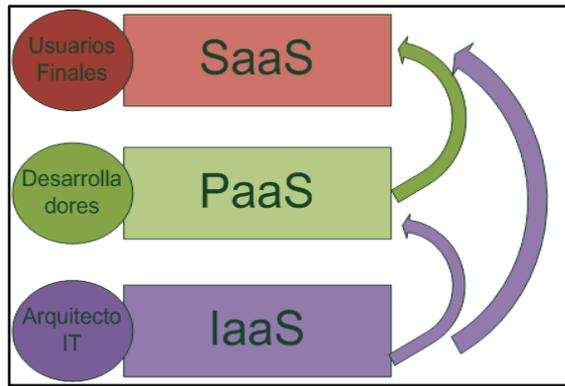


Figura N° 52 : Solución de Cloud Computing

Fuente: Manual del II Programa Universitario de Emprendedores Tecnológicos – INICTEL UNI

3.3.3. Creación de Cuenta en AWS (Trial)

Para el desarrollo de una Instancia en Amazon Web Services (AWS) primero se debe crear una cuenta, para realizar dicho planteamiento se necesita de un correo electrónico y una tarjeta de crédito o débito (Cualquier banco). Considerar que para la creación de una cuenta en AWS puede realizarse de forma gratuita por un año (*TRIAL*) o por modo de paga.

Como nuestro caso es de forma investigadora AWS nos permite crear una sola instancia en EC2 de forma gratuita.

Luego de la creación de la cuenta el siguiente paso será crear la instancia en EC2 de AWS.

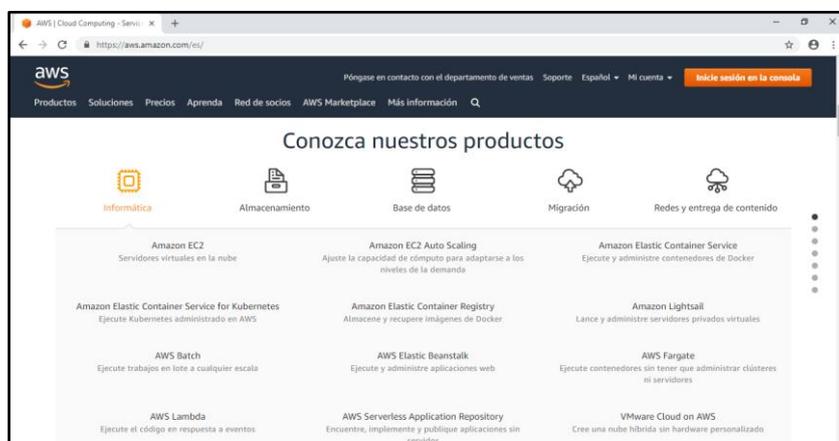


Figura N° 53 : Página Principal de AWS

Fuente: AWS

Cuenta de Investigación:

Correo: hansell_mora@hotmail.com

Password: HansellMora123456

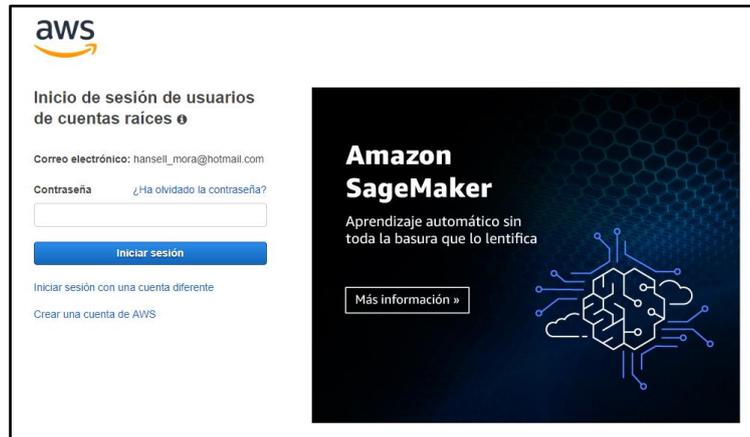


Figura N° 54 : Inicio de Sesión en AWS

Fuente: AWS

Luego de ingresar a AWS se nos mostrará la siguiente imagen que se muestra en la Figura N°55 donde nos muestra todas las bondades que brinda AWS como soporte para nuestra investigación, en nuestro caso usaremos el servicio de EC2.

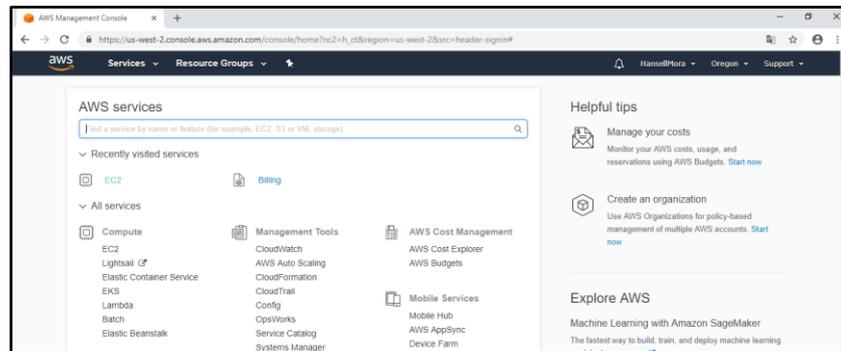


Figura N° 55 : Ingreso a la cuenta de AWS

Fuente: AWS

3.3.3.1. Creación de un Instancia en EC2 de AWS

Paso 1: Lanzamiento de una instancia

- Abrir la consola de Amazon EC2.
- Elegir del panel de AWS, Launch Instance

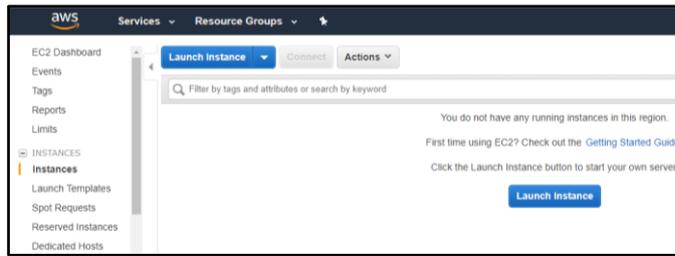


Figura N° 56 : Panel de AWS

Fuente: AWS

- c) En la página de AWS luego de elegir *“Launch Instance”*, se debe seleccionar una de las imágenes de máquina de Amazon que se encuentran en una lista de configuraciones básicas predeterminadas que sirven como plantillas para la instancia. Para nuestro caso se usará la imagen de máquina de Amazon relacionada con Ubuntu Server 16.04 LTS. Como se observa en la Figura N°57 se selecciona la AMI que está marcada como *“Free tier eligible”* (Apta para la capa gratuita).

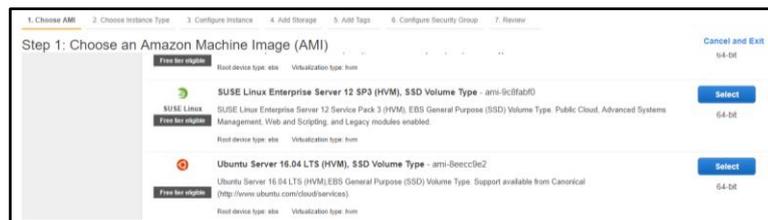


Figura N° 57 : Elección de Imágenes de maquina Amazon (AMI)

Fuente: AWS

- d) El siguiente paso en la creación de una instancia es elegir el hardware de la instancia el cual será de tipo *“t2.micro”* la cual es una opción predeterminada, se debe considerar que este tipo de hardware es gratuito para una instancia. Luego se deberá dar clic en Review and Launch.

Nota: Las instancias T2 son de rendimiento prolongable porque proporcionan el nivel base de rendimiento de la CPU con la posibilidad de poder ampliarse por encima del nivel básico anteriormente asignado, esto se muestra en la Figura N°58.

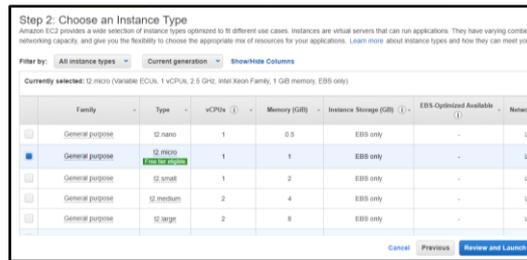


Figura N° 58 : Elección del tipo de instancia

Fuente: AWS

Modelo	CPU virtual	Créditos por hora de la CPU	Memoria (GiB)	Almacenamiento
t2.nano	1	3	0,5	Solo EBS
t2.micro	1	6	1	Solo EBS
t2.small	1	12	2	Solo EBS
t2.medium	2	24	4	Solo EBS
t2.large	2	36	8	Solo EBS
t2.xlarge	4	54	16	Solo EBS
t2.2xlarge	8	81	32	Solo EBS

Figura N° 59 : Tipos de Instancias en AWS

Fuente: AWS

- e) El siguiente paso para ir creando la instancia es el área mínima de almacenamiento de la instancia por ello en esta parte se elegirá el almacenamiento de 8GB con un tipo de volumen de “General Purpose SSD (GP2)”.

Nota: Los volúmenes SSD de uso general (gp2) ofrecen almacenamiento económico que resulta ideal para una gran variedad de cargas de trabajo. Estos volúmenes ofrecen latencias en milisegundos de un solo dígito y la posibilidad de ampliar a 3.000 Input/Output Operation per Second (IOPS) durante periodos prolongados. Entre un mínimo de 100 IOPS (a 33,33 GiB o menos) y un máximo de 10,000 IOPS (a 3 334 GiB o más), el desempeño de referencia aumenta linealmente a 3 IOPS por GiB del tamaño del volumen. AWS diseña volúmenes gp2 para ofrecer el desempeño aprovisionado el 99% del tiempo. El tamaño de un volumen gp2 puede variar de 1 GiB a 16 TiB.

- f) El siguiente paso es configurar la seguridad de grupo que está caracterizado por poder configurar la entrada de tipo *SSH* mediante el protocolo *TCP* en el puerto 22, tal cual se muestra en la Figura N°60.



Figura N° 60 : Configuración de SSH en AWS

Fuente: AWS

- g) Por último, se queda revisar la instancia creada con el resumen. Luego se procederá a crear el archivo “*pem*” para después lanzar la instancia en AWS.

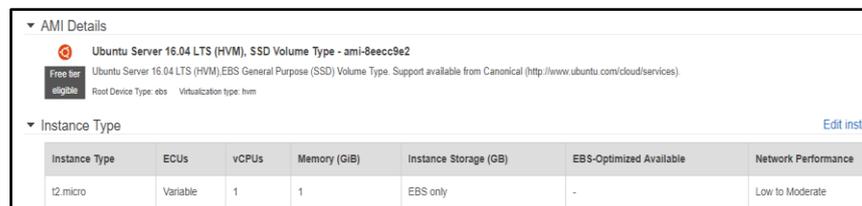


Figura N° 61 : Detalles de la Instancia

Fuente: AWS

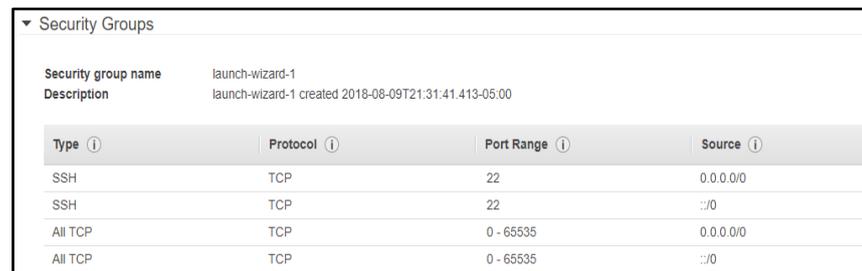


Figura N° 62 : Resumen de la instancia creada en AWS

Fuente: AWS

Paso 2: Creación de Archivo “.pem” y “.ppk” para ingresar a la instancia mediante SSH.

El segundo paso después de haberse lanzado la instancia de *EC2* en *AWS* es crear el archivo “.pem” para su posterior conversión y usar el programa PuTTY.

Para ello se usará en *AWS* antes de lanzar la instancia nos mostrará la siguiente imagen, como se muestra en la Figura N°63, en donde se deberá

poner un nombre al archivo “.pem” y guardarlo en una carpeta que sea confiable, Figura N°64.

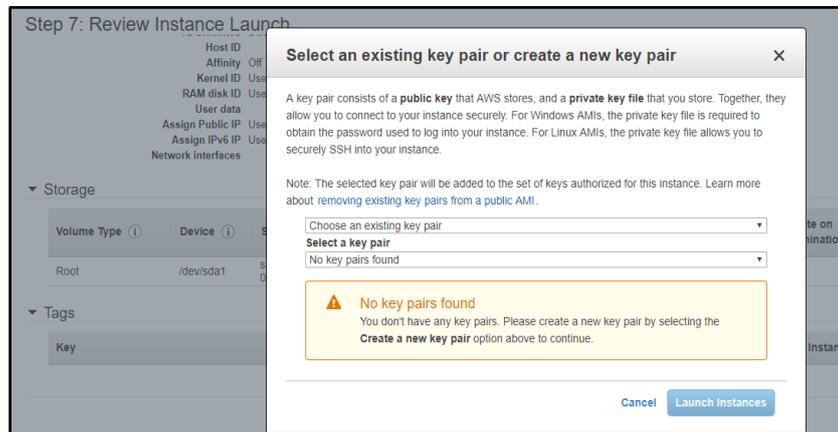


Figura N° 63 : “Key” para ingresar a la instancia EC2 de AWS

Fuente: AWS

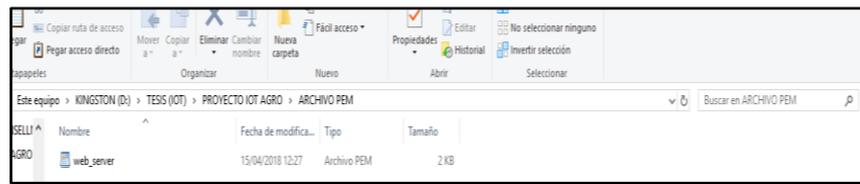


Figura N° 64 : Archivo “.pem” guardado en la carpeta del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Luego de haberse guardado el archivo “.pem” se procederá con éxito a lanzar la instancia, en la Figura N°65 se muestra la instancia EC2 ejecutada.

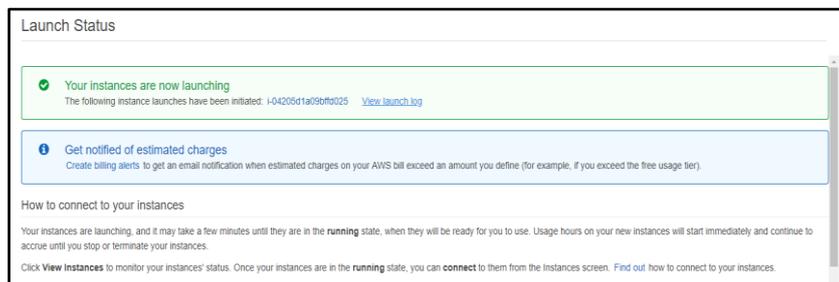


Figura N° 65 : Instancia EC2 ejecutada

Fuente: AWS

Una vez ya instalada y ejecutada la instancia se deberá asignar una IP ELASTICA a la instancia generada. Para ello se deberá ir al apartado de

seguridad y redes de trabajo y seleccionar *IP ELASTIC*, en la Figura N°66 se muestra el apartado de Network&Security la opción de IP Elástica.

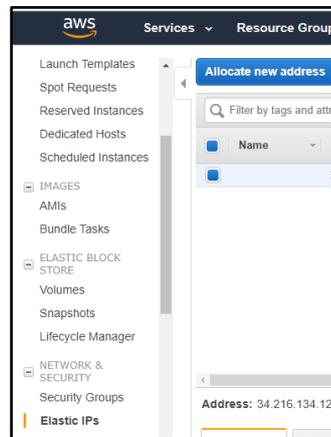


Figura N° 66 : Selección de trabajo para una IP ELASTICA

Fuente: AWS

Para la creación de una IP ELASTICA se deberá hacer clic sobre él y nos llevará a una página para asignación de una IP ELÁSTICA mediante VPC, tal cual se muestra en la Figura N°67.



Figura N° 67 : Asignar una IP ELASTICA mediante VPC

Fuente: AWS

Para nuestro caso de investigación AWS asigno la IP ELASTICA en IPv4 con la dirección 34.216.134.126 la cual ahora en adelante será usada para el presente proyecto de investigación, tal cual se muestra en la Figura N°68.

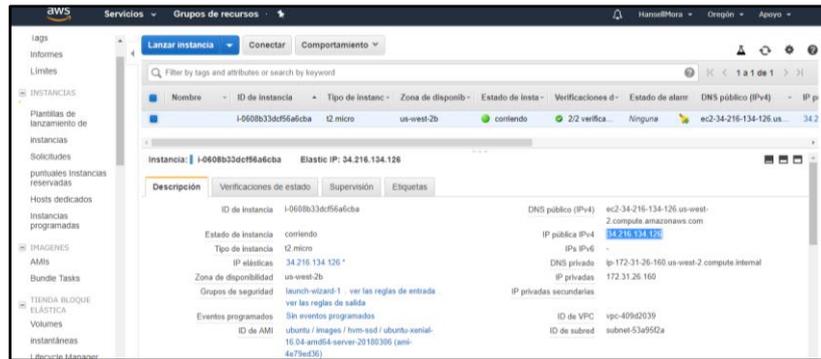


Figura N° 68 : Resumen de la instancia instalada

Fuente: AWS

Con todo listo ya para el ingreso mediante *SSH* se deberá primero convertir el archivo “.pem” a archivo de tipo *Putty Private Key (.ppk)* luego de ello se debe realizar los siguientes pasos.

Conectarse a una instancia de Linux desde Windows mediante PuTTY:

- a) Descargar el programa PuTTY desde el siguiente link <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/> e instalarlo. Se deberá asegurar instalar el paquete completo.
- b) Iniciar el programa *PuTTYgen* (por ejemplo, desde el menú Inicio, elija *Todos los programas > PuTTY > PuTTYgen*).
- c) En “*Type of key to generate*”, seleccionar “*RSA*” o *Sistema criptográfico de clave pública desarrollado por Rivest, Shamir y Adleman*. Tal cual muestra la siguiente imagen.

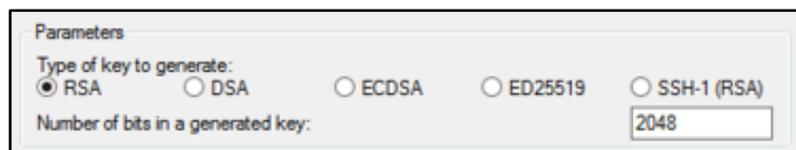


Figura N° 69 : Parámetros para la creación del archivo “.ppk”

Fuente: AWS

- d) Seleccionar *Load*(cargar). De forma predeterminada el programa *PuTTYgen* muestra solo archivos con la extensión “. ppk”. Para localizar el archivo

“.pem” , seleccione la opción de mostrar todos los tipos de archivo o “All files” como se muestra en la Figura N°70 .



Figura N° 70 : Carga de Archivo ".ppk"

Fuente: AWS

- e) Seleccione el archivo de clave privada que creó en el procedimiento anterior (“web_server”) y luego seleccione “Open” (Abrir). Seleccione OK para descartar el cuadro de diálogo de confirmación.
- f) Seleccione “Save private key”. El programa *PuTTYgen* mostrará una advertencia acerca de guardar la clave sin contraseña. Seleccione “Yes”.
- g) Por último se mostrará el archivo “.ppk” creado como se muestra en la Figura N°71.

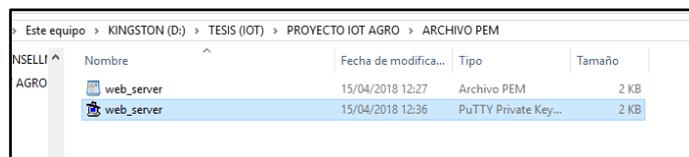


Figura N° 71 : Archivo “.ppk” creado

Fuente: AWS

Paso 3: Ingresar mediante SSH.

Para ingresar mediante SSH se deberá abrir el programa *PuTTY* y se ingresará con datos creados de la *IP ELASTICA* y el archivo “.ppk” guardado anteriormente.

Para ello en “Host Name (Or IP address)” se deberá colocar la *IP ELASTICA* (34.216.134.126) que fue anteriormente asociada y se accederá mediante el puerto 22 mediante SSH tal cual se muestra en la Figura N° 72.

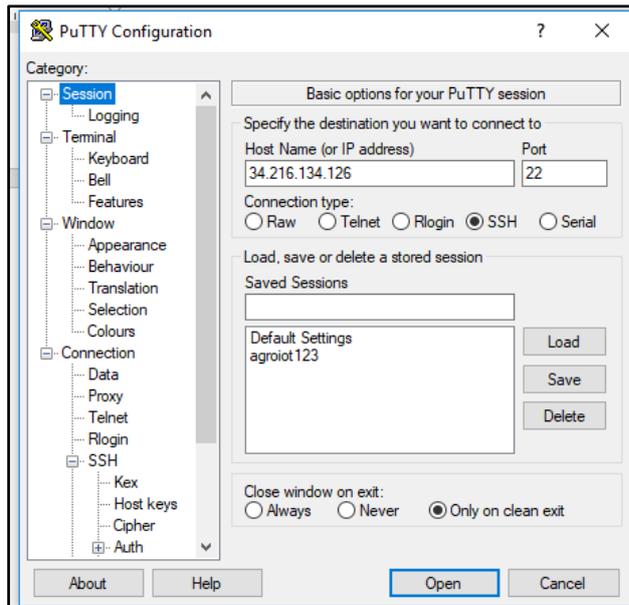


Figura N° 72 : Ingreso de la IP ELASTICA en IP ADDRESS mediante el puerto 22.

Fuente: AWS

Dentro de la pantalla de “*PuTTY configuration*” existen opciones de las diversas conexiones que se pueden realizar, en este caso la conexión se realizará mediante la autenticación de información, para ello se deberá hacer clic en “*Auth*” (como se muestra en la Figura N°73) la cual nos ayudará en la conexión mediante SSH usando el archivo “*.ppk*”.

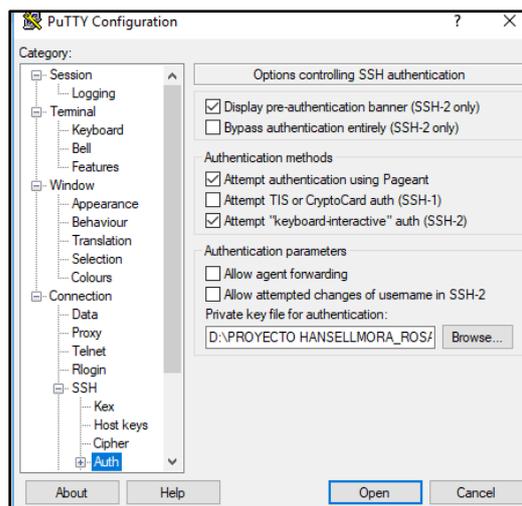


Figura N° 73 : Selección de archivo “.ppk”

Fuente: AWS

Una vez ingresado los dos requisitos para el ingreso mediante *SSH* se le da clic en “*OPEN*” y nos mostrará la siguiente Figura N°74 en donde se dará clic en la opción “*NO*”.

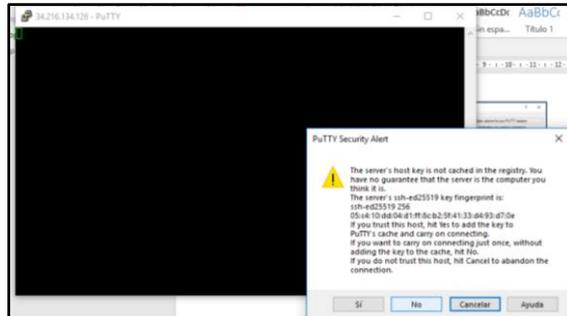


Figura N° 74 : Ingreso mediante SSH a la instancia de Ubuntu

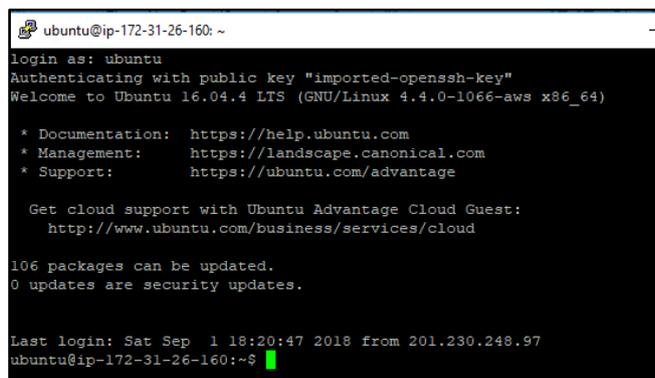
Fuente: Elaboración Propia

Luego se ingresará a la instancia creada en AWS en donde nos solicitará colocar el usuario que por default será “Ubuntu” luego se dará “*ENTER*” y se ingresará a la instancia para su posterior configuración de los demás programas que usará el servidor, en la Figura N°75 se muestra el inicio mediante el servidor de Ubuntu. En la Figura N°76 se muestra el ingreso mediante SSH al servidor de Ubuntu con la IP ELASTICA asignada por EC2 de AWS.



Figura N° 75 : LOGIN en la instancia de Ubuntu.

Fuente: Elaboración Propia



3.3.3.1.1. Instalación de Apache en EC2

Siendo Apache el servidor Hypertext Transfer Protocol (HTTP) más usado del mundo se procederá a instalarlo dentro de la instancia de EC2 de AWS.

NOTA: Se debe considerar que Apache se encuentra disponible dentro de los repositorios de software predeterminados de Ubuntu, es por ello que es posible la instalación mediante las herramientas convencionales de administración de paquetes.

Al ingresar dentro de la instancia se deberá seguir los siguientes pasos:

Paso N°1: Instalar Apache

Primero se procede a actualizar los ficheros existentes en Ubuntu ejecutando el siguiente comando.

```
sudo apt update
```

Luego se procede a cargar el paquete de Apache2

```
sudo apt install apache2
```

Paso N° 2: Configuración de Firewall

En la instalación de Apache2 este se registró en Uncomplicated Firewall(UFW) para proveer los perfiles que permitan habilitar o deshabilitar su acceso a través del Firewall. Para visualizar los perfiles se digita lo siguiente:

```
sudo ufw app list
```

Al ejecutarse el comando se desplegará un alista de perfiles de aplicación que se tiene dentro de Ubuntu y Apache2.

```
Available applications:
```

```
Apache  
Apache Full  
Apache Secure  
OpenSSH
```

Los cuales tienen los siguientes perfiles disponibles.

- **Apache:** El perfil habilita solo el puerto 80 (normal, tráfico web sin encriptar).
- **Apache Full:** El perfil habilita dos puertos: puerto 80 (normal, tráfico web sin encriptar) y el puerto 443 (tráfico encriptado mediante Transport Layer Security (TLS) /Secure Sockets Layer (SSL)).
- **Apache Secure:** este perfil habilita únicamente el puerto 443 (tráfico encriptado mediante TLS/SSL).

3.3.3.1.2. Instalación de Php7 en EC2

Para la instalación de PHP7 se tiene que ejecutar los siguientes comandos. El cual instalará el programa en Ubuntu. Este comando instalará la última versión estable de PHP y algunos módulos adicionales que son necesarios para que la aplicación web funcione.

```
sudo apt-get install libapache2-mod-php php7.0-mbstring php-gettext
```

Luego de la instalación de PHP7 se procede a comprobar si PHP funciona correctamente para se procede a crear un archivo de prueba y se procede a abrir en el navegador, esto se realiza en nano editor de texto. Para acceder a ello se procede a escribir el siguiente comando.

```
sudo apt-get install nano
```

Luego de la ejecución del comando se procede a editar en la dirección */var/www/html* en donde se crea el archivo PHP el cual es un apartado en donde el programa Apache busca de manera predeterminada el URL para ejecutar alguna dirección, pero como este no tendrá ninguno no ejecutará ninguno, es por ello que mediante privilegios de usuario “root” se procede a escribir en ese directorio. Para ello se ejecutará el siguiente comando:

```
sudo nano /var/www/html/test.php
```

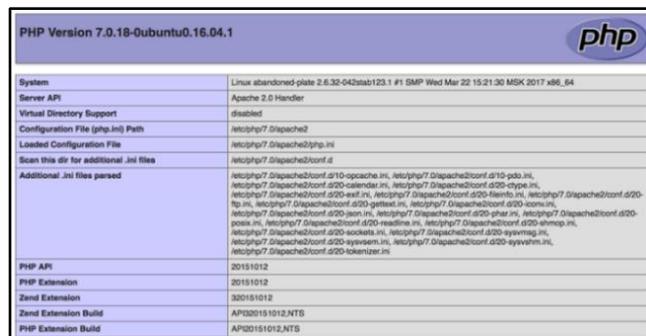
Dentro del editor escribiremos lo siguiente:

```
<?php
phpinfo();
?>
```

Por último, se procede a guardar y con esto además del conocimiento de la IP se procede a comprobar la instalación del Programa PHP.

```
http://< 34.216.134.126>/test.php
```

En la Figura N°77 se muestra el programa de PHP instalado en el servidor de Ubuntu, con ello se comprueba que la instalación tuvo éxito.



PHP Version 7.0.18-0ubuntu0.16.04.1	
System	Linux abandoned-plate 2.6.32-042stab123.1 #1 SMP Wed Mar 22 15:21:30 MSK 2017 x86_64
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.0/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.0/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.0/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php/7.0/apache2/conf.d/10-opcache.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-ctype.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-exif.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-fileinfo.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-ftp.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-gettext.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-iconv.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-javascript.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-mbstring.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-mysqlnd.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-openssl.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-pdo_mysql.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-readline.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-redis.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-sockets.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-system.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-sysvshm.ini, /etc/php/7.0/apache2/conf.d/20-tokenizer.ini
PHP API	20151012
PHP Extension	20151012
Zend Extension	320151012
Zend Extension Build	API320151012.NTS
PHP Extension Build	API320151012.NTS

Figura N° 77 : Prueba de instalación de PHP en Ubuntu(console)

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.1.3. Instalación de MySQL en EC2

Para la instalación de MySQL se procede a escribir el siguiente comando.

```
sudo apt-get install mysql-server mysql-client libmysqlclient-dev
```

Al ejecutar dicho comando se irá instalando el programa y luego de varias ejecuciones nos solicitará establecer una contraseña durante la instalación la cual para nuestro caso será *usuario:root* y *contraseña:123456789*

3.3.3.1.4. Instalación de PhpMyAdmin en EC2

Para la instalación de PhpMyAdmin se ejecuta lo siguiente:

```
sudo apt-get install phpmyadmin
```

Cuando se ejecute la instalación, nos mostrará el siguiente mensaje que nos solicitará que seleccionemos el servidor web, para la investigación y como se muestra en la Figura N°78, usaremos el servidor web de ‘Apache2’.

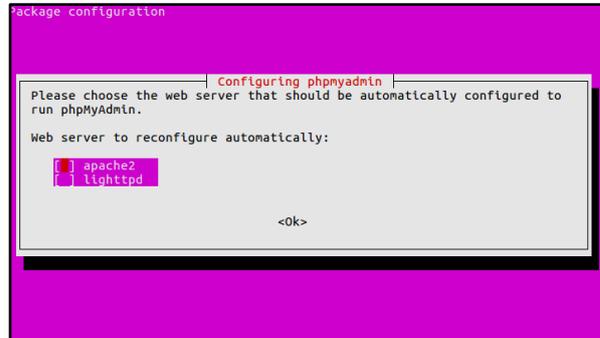


Figura N° 78 : Elección del servidor para PhpMyAdmin.

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente paso se mostrará en pantalla la Figura N°79, solicitará que nuestra base de datos sea ejecutada por phpMyAdmin. Se dejará por “default” y presionaremos “sí” o “yes”.

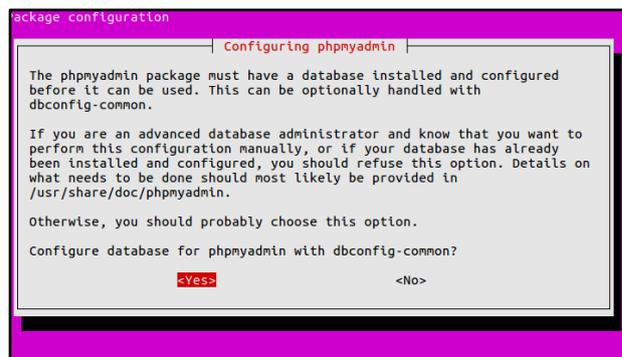


Figura N° 79 : Configuración de PhpMyAdmin

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente pantalla, solicitará una contraseña para acceder a PhpMyAdmin. En la Figura N°80 se muestra la confirmación de la Contraseña:123456789.

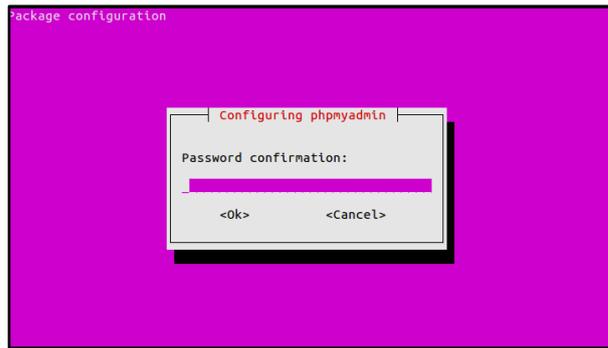


Figura N° 80 : Configuración de la contraseña PhpMyAdmin

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.1.5. Instalación de Mosquitto Broker en EC2

Para la instalación de *Mosquitto Broker* se ejecuta el siguiente comando.

```
sudo apt-get install mosquitto mosquitto-clients
```

Después de su ejecución este funciona por defecto. Se debe considerar que *mosquitto Broker* tiene el puerto de escucha en el 1883. Para comprobar ello se puede ejecutar el siguiente comando.

```
netstat -ln --tcp
```

Al ejecutar dicho comando se puede observar que hay un servicio en el puerto 1883 tanto sobre *TCP/IPv4* como sobre *TCP/IPv6*.

Proto	Recv-Q	Send-Q	Local Address	Foreign Address	State
tcp	0	0	0.0.0.0:1883	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	127.0.0.1:3306	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	0.0.0.0:80	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	0.0.0.0:5910	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	0.0.0.0:22	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	0.0.0.0:1880	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp	0	0	0.0.0.0:6010	0.0.0.0:*	LISTEN
tcp6	0	0	:::1883	:::*	LISTEN
tcp6	0	0	:::8080	:::*	LISTEN
tcp6	0	0	:::22	:::*	LISTEN

Figura N° 81 : Puerto de escucha de Mosquitto Broker en TCP/IPv4 y TCP IPv6

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.1.6. Instalación de Node-Red en EC2

Para la instalación de Node-Red se debe primero instalar la última versión de Node.js porque este dará soporte a la última versión por aproximadamente 30 meses desde su fecha de lanzamiento en el 2015. Para actualizar *Node.js* se debe ejecutar el siguiente comando.

```
sudo apt-get install nodejs-legacy
```

Para observar que se haya actualizado a su última versión se debe verificar mediante la ejecución del siguiente comando.

```
node -v
```

Luego de la ejecución del comando se mostrará la versión de Node.js(Ver Figura N°82).

```
Last login: Tue Oct  9 00:40:59 2018 from 179.7.55.16
ubuntu@ip-172-31-26-160:~$ node -v
v4.2.6
```

Figura N° 82 : Versión de Node.js

Fuente: Elaboración Propia

Para que se pueda instalar y administrar los paquetes del software Node.js se usará *Node Package Manager (npm)* el cual será necesario para instalar Node-Red.

Para ejecutar la actualización del programa *Node Package Manager* se usa el siguiente comando.

```
sudo apt-get install npm
```

Para verificar y comprobar que la instalación de Node Package Manager fue hecha de manera exitosa se ejecuta el comando de visualización de versión (Ver Figura N°83).

```
npm -v
```

```
root@ip-172-31-26-160:/home/ubuntu# npm -v
3.5.2
```

Figura N° 83 : Versión de Node Package Manager

Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar las versiones de Node.js y Node Packet Manager se procede a la instalación de Node-Red. Para ello se ejecuta el siguiente comando.

```
sudo npm install -g --unsafe-perm node-red node-red-admin
```

Luego de ello se debe revisar que el firewall este habilitado en el puerto 1880 por el cual se ejecuta Node-Red.

Para visualizar Node-Red se ejecuta en el navegador Web: <http://34.216.134.126:1880> y se mostrará la Figura N°84.



Figura N° 84 : Node-Red ejecutado con <http://34.216.134.126:1880>

Fuente: Elaboración Propia

Para iniciar Node-RED automáticamente, se necesita instalar un “node-red.service” el cual es un archivo que se debe ser modificado. Para ello se debe ejecutar.

```
sudo nano /etc/systemd/system/node-red.service
```

Luego de ello en el modo consola se puede editar en él se copiará y pegará lo siguiente:

```
[Unit]
Description=Node-RED
After=syslog.target network.target

[Service]
ExecStart=/usr/local/bin/node-red-pi --max-old-space-size=128 -v
Restart=on-failure
KillSignal=SIGINT

# log output to syslog as 'node-red'
SyslogIdentifier=node-red
```

```
StandardOutput=syslog

# non-root user to run as
WorkingDirectory=/home/sammy/
User=sammy
Group=sammy

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Ahora que nuestro archivo de servicio está instalado y comprendido en Ubuntu, se necesita habilitar. Esto permitirá que se ejecute en el arranque, para ello se debe ejecutar el siguiente comando.

```
sudo systemctl enable node-red
```

3.3.3.1.7. Instalación de NGINX y configuración de Proxy Inverso

Se utilizará Nginx para representar al servicio Node-RED. Esto significa que Nginx manejará todas las conexiones SSL en el puerto 80 (utilizando los certificados Let's Encrypt que configuró previamente) y luego pasará el tráfico a Node-RED.

Para ello se debe realizar el copiado y pegado del archivo editor del programa NGINX.

```
Server {
    listen 80;
    server_name agroIoTv1.ddns.net;

    location / {
        proxy_pass http://127.0.0.1:1880/login/;
        proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;
        proxy_set_header Connection "upgrade";
        proxy_http_version 1.1;
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
    }
}
```

```
location /dashboard {
    proxy_pass http://127.0.0.1:1880/ui;
    proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;
    proxy_set_header Connection "upgrade";
    proxy_http_version 1.1;
    proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
}
```

3.3.4. Node-Red

Es la herramienta de código abierto creada por los desarrolladores de IBM para interconectar elementos o componentes involucrados en el IoT. Dichos componentes van desde dispositivos hardware hasta servicios en la nube utilizando protocolos de comunicación orientados a la comunicación de sensores en la nube.

La herramienta de Node-RED brinda un entorno Web que permite crear flujos de procesos y eventos interconectados. La base de su funcionamiento está basada en *Node.js*.

3.3.4.1. Elementos de Node-Red

Si bien Node-Red está basado en nodos y conexiones mediante flujos de trabajo, se debe recordar que Node-Red está basado en *Node.js* y este usa *JavaScript*. Para nuestro caso solo usaremos Node-Red como módulos en forma de nodos.

3.3.4.1.1. Ventana de Node-Red

La ventana del editor consta de cuatro componentes, como se muestra en la Figura N°85:

- a) Encabezado. - en la parte superior, que contiene el botón desplegar, el menú principal y, si la autenticación del usuario está habilitada, el menú del usuario.
- b) Paleta de la izquierda. - que contiene los nodos disponibles para usar.

- c) Espacio de Trabajo. - donde se crean los flujos.
- d) Paleta Derecha. - Donde contiene la información obtenida en el espacio de trabajo.



Figura N° 85 : Ventana de Trabajo de Node-Red

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.1.2. Input

Como *INPUT* se tiene los siguientes módulos a usarse:

- **Nodo Mqtt:** Se conecta a un agente MQTT y se suscribe a los mensajes del tema especificado, es decir este nodo sirve para suscribirse a los mensajes enviados a un tema o patrón de tema (Ver Figura N°86).

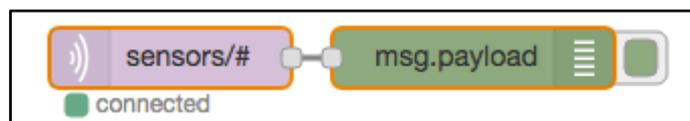


Figura N° 86 : Módulo Mqtt como Input

Fuente: <https://cookbook.nodered.org/mqtt/subscribe-to-topic>

- **Nodo Http:** Nodo para acceder a los encabezados. (Ver Figura N°87).

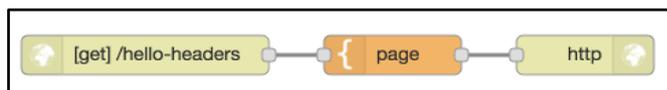


Figura N° 87 : Módulo Http como Input

Fuente: <https://cookbook.nodered.org/mqtt/subscribe-to-topic>

3.3.4.1.3. Output

Como *OUTPUT* se tiene los siguientes módulos a usarse:

- **Nodo Http:** El nodo devuelve una respuesta binaria o en todo caso ejecuta una acción sobre http (Ver Figura N°88).

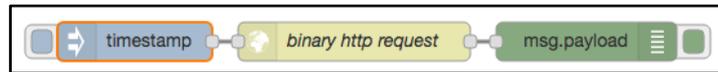


Figura N° 88 : Módulo Http como Output

Fuente: <https://cookbook.nodered.org/mqtt/subscribe-to-topic>

- **Nodo Debug:** Este nodo Muestra las propiedades de mensaje seleccionadas en la pestaña barra lateral de depuración y, opcionalmente, el registro de tiempo de ejecución. Por defecto muestra msg.payload.

3.3.4.1.4. Funciones

El nodo de Funciones se utiliza para ejecutar código JavaScript contra el objeto 'msg'. El nodo función acepta un objeto 'msg' como entrada y puede devolver 0 o más objetos de mensaje como salida. En la Figura N°89 se aprecia la conexión del sensor de temperatura mediante una función que almacenará información en la base de datos.

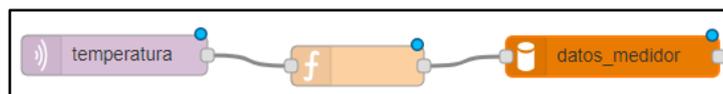


Figura N° 89 : Nodo Función con Input de Temperatura.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.1.5. Dashboard

Para la ejecución de la Dashboard esta debe ser descargada de los paquetes de Node-Red. Este traerá múltiples opciones, pero para el caso de la investigación solo se usarán “Chart” y “Gauge”.

- **Chart:** Esta muestra una gráfica con los ejes “X” e “Y” al cual se le puede adjuntar a un grupo, con un tamaño y una etiqueta especial. En la Figura N°87 se muestra la conexión del sensor humedad hacia

la Dashboard de chart. Así mismo, se puede configurar cada cuanto tiempo se desea tomar los datos (Ver Figura N°90).

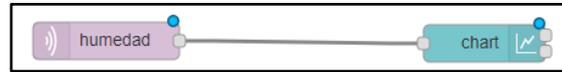


Figura N° 90 : Conexión del Nodo Chart.

Fuente: Elaboración Propia

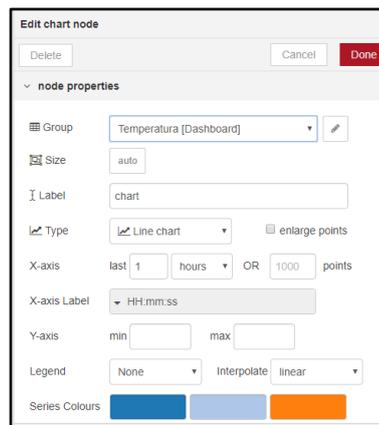


Figura N° 91 : Configuración del Nodo Chart.

Fuente: Elaboración Propia

- Gauge: El nodo calibrador, se encargará de mostrar los datos obtenidos en las variables físicas medidas. Para la configuración del nodo este contemplará los valores mínimos y máximos, además se podrán configurar los colores para que sea visible las cantidades mínimas y máximas (Ver Figura N°92 y Figura N°93).

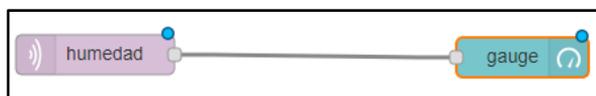


Figura N° 92 : Conexión del Nodo Gauge

Fuente: Elaboración Propia

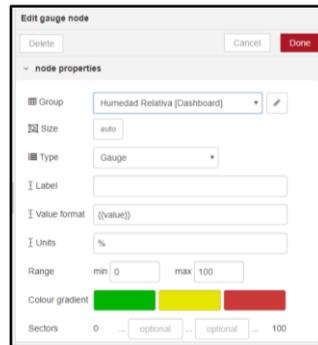


Figura N° 93 : Configuración del Nodo Gauge

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.1.6. Nodo Storage (Almacenamiento)

Para la etapa de almacenamiento en Node-Red como ya es de conocimiento dentro de la investigación se basa en una plataforma de datos, en este caso se usará MySQL, el cual se tiene cargado en el EC2 de AWS sobre Ubuntu. En la Figura N°94 se muestra el sensor humedad conectado mediante una función y guarda la información en MySQL usando el nodo de datos de medidor.

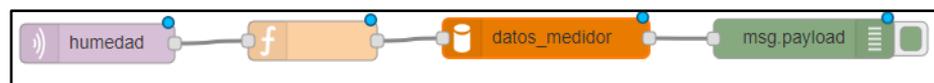


Figura N° 94 : Conexión del Nodo MySQL(Datos_medidor)

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.2. Configuración de LOGIN con Node-Red

El ingreso a la Dashboard está dado mediante un acceso o Login, este se realiza mediante acceso a usuario y un password. Para ello se ha utilizado Node-Red y su nodo Http como Input y Output (Ver Figura N°95) enlazados mediante el nodo de funciones, el cual tiene la siguiente configuración en HTML.

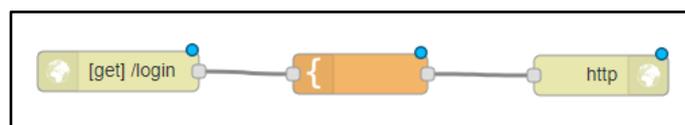


Figura N° 95 : Configuración de LOGIN

Fuente: Elaboración Propia

Configuración de HTML:

```
<!DOCTYPE html >
```

```

<html lang="es">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Login </title>
</head>

<body>
<h1>Ingreso sus datos
</h1>
<form name="login">
  <table width="200" border="0">
    <tr>
      <th scope="row"><h2>Usuario</h2></th>
      <td><span class="cnt">
        <input name="usuario" type="text" class="Input" value="" size="20"
/>
      </span></td>
    </tr>
    <tr>
      <th height="33" scope="row"><h2>Clave</h2></th>
      <td><span class="cnt">
        <input name="password" type="password" class="Input" value=""
size="20" />
      </span></td>
      <td><span class="cnt">
        <input value="Entrar" target="_parent" onclick="Login()"
type="button" class="boton"/>
      </span></td>
    </tr>
    <tr>
      <th scope="row"><input type="reset" name="Borrar" id="Borrar"
value="Reset" class="boton" /></th>
    </tr>
  </table>

```

```

</form>

<script language="JavaScript">
function Login(){
var done=0;
var usuario=document.login.usuario.value;
var password=document.login.password.value;

if (usuario=="HANSELL" && password=="123456789") {
alert("Usted esta logueado");
window.location="http://agroIoTv1.ddns.net/dashboard/";

}
}

</script>
</center>
<script language="Javascript">
<!-- Begin
document.oncontextmenu = function(){return false}
// End -->
</script>
</body>
</html>

```

3.3.5. Base de Datos con PhpMyAdmin

Para el almacenamiento de datos se usará *phpMyAdmin* en el cual se crearán datos de medidor entre los cuales están temperatura, humedad de suelo, humedad relativa, smoke, cantidad de lluvia. En la Figura N°96 se muestra la configuración del servidor de datos de medidor.

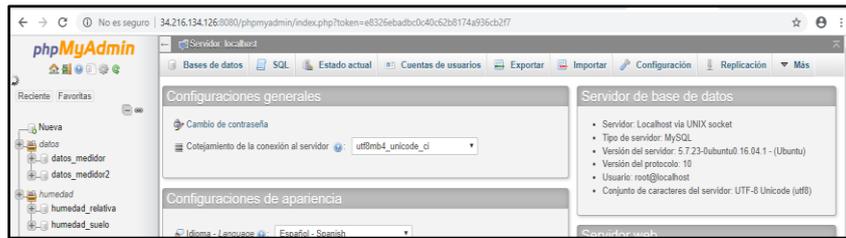


Figura N° 96 : Página Principal de phpMyAdmin (base de datos).

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6. Configuración de IDE Arduino con ESP12E.

Para programar el ESP12E se usará el IDE de Arduino. El cual será descargado de la página de Arduino <https://www.arduino.cc/> (Ver Figura N°97). En dicha página se descargará la versión más actualizada de este programa y según sea el caso de uso se podrá usar sobre el sistema operativo de Windows o IOS.

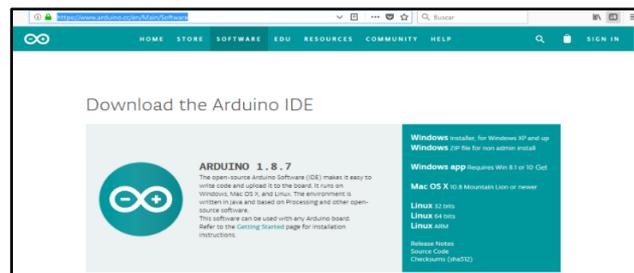


Figura N° 97 : Descarga del IDE Arduino.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.1. Configuración de Librerías

3.3.6.1.1. Librería PubSubClient

La librería *PubSubClient* es compatible con la plataforma de *IDE* de Arduino y ESP8266. Esta librería nos ayuda a tener un cliente que permite suscribir y publicar algún contenido usando MQTT, mediante una suscripción llamado “*topic*”.

Para hacer uso de esta librería se procede a cargarse en el gestor de librerías en el IDE de Arduino. En la siguiente Figura N°98 se muestra la carga de la librería *PubSubClient*.



Figura N° 98 : Descarga de la librería PubSubClient en el IDE Arduino

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.1.2. Librería ESP8266

Para hacer uso del ESP8266 se requiere de una librería en el IDE de Arduino, esta librería se puede cargar desde el mismo IDE de Arduino ingresando en Archivo/Preferencias (Ver Figura N°99).

Al abrirse la ventana de preferencias se debe ingresar el siguiente enlace <http://arduino.esp8266.com> para descargar los paquetes del ESP8266.

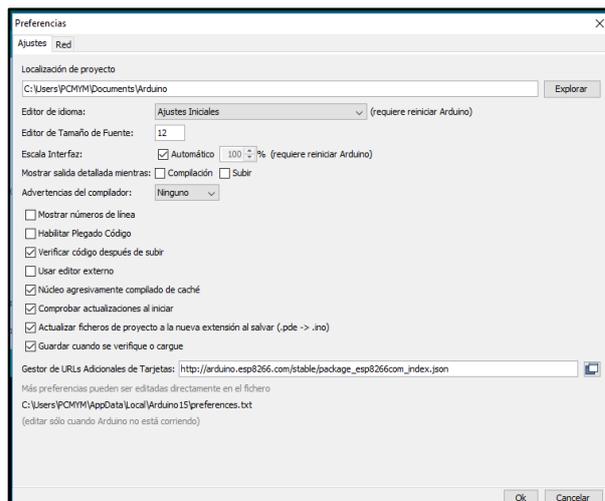


Figura N° 99 : Descarga de los paquetes de placas ESP8266 en el IDE Arduino.

Fuente: Elaboración Propia

Luego de ello se procede a cargar la librería de ESP8266 en el gestor de librerías.

3.3.6.1.3. Librería OLED

Una pantalla OLED (*Organic light-emitting diode*) es el LED donde la emisión está formada por un compuesto orgánico que emite luz en respuesta al flujo de electricidad.

Las pantallas OLED al igual que otras pantallas necesitan un controlador específico que ayuden a convertir los datos acogidos en las señales electrónicas para controlar la pantalla, en este caso las pantallas OLED usan el controlador SSD1306.

Actualmente en el mercado se ofrecen pantallas OLED de 0.96" que pueden conectarse al microcontrolador. Las pantallas OLED tiene el controlador SDD1306 el cual tiene un tamaño pequeño de 25mm x 14mm. Las pantallas son monocromas y su resolución de 128×64*pixels*. En la Figura N°100 se muestra la librería a usarse en el IDE de Arduino.



Figura N° 100 : Librería SSD1306 para pantallas OLED en Arduino.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.1.4. Librería Sensor DHT

La librería DHT es la que permite la conexión para la comunicación de los sensores DHT11 y DHT22. Se debe considerar que para la presente investigación se usará el sensor DHT11. Para descargar la librería se deberá buscar en el gestor de Arduino como se muestra en la Figura N°101.

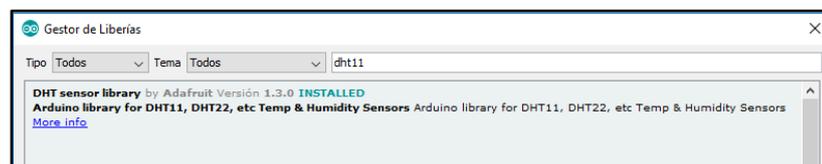


Figura N° 101 : Descarga de la librería DHT en el IDE Arduino.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.2. Declaración de Variables

Primero se debe revisar que es una variable, que es un objeto de lenguaje que tiene como particularidad el cambio, pero para utilizar alguna variable ésta debe de ser declarada en el código y al ser declarada como variable, se le asocia un identificador, es decir, un nombre, con algún almacenamiento para que se determine su visualización y existencia de la variable. Para nuestro caso y en nuestra investigación el módulo ESP-12E en el IDE de Arduino se declararán las siguientes variables:

- Int: Indica una cantidad entera de 2byte o una palabra.
- Float: Los datos de tipo punto flotante, son para números que tiene un punto decimal. Es por ello que para nuestra investigación se usará en algunas mediciones ya que los números de punto flotante a menudo se usan para aproximar valores analógicos y continuos porque tienen mayor resolución que los enteros. Se almacenan como 32 bits (4 bytes) de información.
- Char: Un tipo de datos que ocupa 1 byte de memoria que almacena un valor de carácter.
- Long: Son variables de tipo de dato extenso, el cual requiere almacenar un número y siendo algún caso como el de 32 bits (4 bytes), va desde el rango de -2,147,483,648 a 2,147,483,647.

3.3.6.3. Configuración Inalámbrica del ESP-12E

Para la configuración WiFi se usará el ESP8266 en su módulo ESP-12E ya que tiene las características de ser pequeño, barato, es sencillo de usar y tiene la capacidad de convertirse un microcontrolador de gama media/alta.

El estándar WiFi prevé dos conjuntos de frecuencias: 2,4 GHz y 5,8 GHz. El rango de 2,4 GHz va de 2,40 a 2,4835 GHz y esta distribuidos en 11 canales. Para nuestra investigación se usará las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) o bandas ICM (Industrial, Científico y Médico) son frecuencias para su uso sin licencia del espectro radioeléctrico en aplicaciones de tipo industrial, científico y médico, pero no para telecomunicaciones. En el PNAF el Perú es considerado dentro de la Región N°2 y según el órgano regulatorio internacional ITU, mediante el documento Radio Regulation en su capítulo 5.150 las bandas

ISM para esta región es: 902-928 MHz (frecuencia central de 915 MHz), 2400-2500 MHz (frecuencia central de 2450 MHz), 5725-5875 MHz (frecuencia central de 5800 MHz), y 24-24.25 GHz (frecuencia central de 24.125 GHz). Para nuestra investigación se usará el rango de 2400-2500MHz. (Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU), 2016)

La conexión mediante WiFi se hace mediante la siguiente configuración y es realizada en el IDE de Arduino:

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "Iphone HMM";
const char* password = "ei9xqpf02gibs";
const char* mqtt_server = "34.216.134.126";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void setup() {
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
}

void setup_wifi() {

  delay(10);

  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
```

```

delay(500);
Serial.print(".");
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

3.3.6.4. Configuración de Sensores en IDE Arduino

La investigación estará basada en el uso de 5 sensores, entre ellos están el sensor para humedad ambiental y sensor para la temperatura ambiental, el sensor para humedad de suelo (higrómetro), el sensor de lluvia y sensor de smoke. Para cada uno de los sensores se tiene una configuración.

Sensor Temperatura y Humedad

```

void dht()
{
  Serial.println("=====");
  Serial.println("Sample DHT11...");

  byte temperature = 0;
  byte humidity = 0;
  int err = SimpleDHTErrSuccess;
  if ((err = dht11.read(pinDHT11, &temperature, &humidity, NULL)) !=
SimpleDHTErrSuccess) {
    Serial.print("Read DHT11 failed, err="); Serial.println(err);delay(1000);
    return;
  }
}

```

```

Serial.print("Sample OK: ");
Serial.print((int)temperature); Serial.print(" *C, ");
Serial.print((int)humidity); Serial.println(" H");
temp=(int)temperature;
hum=(int)humidity;
}

```

Sensor Humedad de Suelo

```

void higrometro()
{
digitalWrite(s0,LOW);
digitalWrite(s1,LOW);
digitalWrite(s2,LOW);
hig = analogRead(A0);
Serial.print("lectura sensor higrometro ");
Serial.println(hig);
}

```

Sensor de Smoke

```

void smoke()
{
digitalWrite(s0,HIGH);
digitalWrite(s1,LOW);
digitalWrite(s2,LOW);
for(int k=0 ; k<=3; k++)
{
digitalWrite(led_s,LOW);
delayMicroseconds(samplingTime);

voMeasured = analogRead(A0);

delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(led_s,HIGH); delayMicroseconds(sleepTime);
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;
}
}

```

```

if(dustDensity<0){
  dustDensity=0;
}
delay(25);
}
Serial.print("Raw Signal Value (0-1023): ");
Serial.print(voMeasured);

Serial.print(" - Voltage: ");
Serial.print(calcVoltage);

Serial.print(" - Dust Density: ");
Serial.println(dustDensity);
}

```

Sensor de Lluvia

```

void lluvia()
{
  digitalWrite(s0,LOW);
  digitalWrite(s1,HIGH);
  digitalWrite(s2,LOW);
  lluv = analogRead(A0);
  Serial.print("lectura sensor lluvia ");
  Serial.println(lluv);
}

```

3.3.6.5. Configuración de Pantalla OLED

La configuración de la Pantalla OLED SDD1306 de la Figura N°101 está hecha mediante I^2C la cual debe considerar 2 cables o dos líneas para el funcionamiento. La primera línea corresponderá a la señal de reloj (CLK) y la segunda línea corresponde al envío de datos (SDA). En la siguiente Figura N°102 se muestra como es la configuración I^2C .

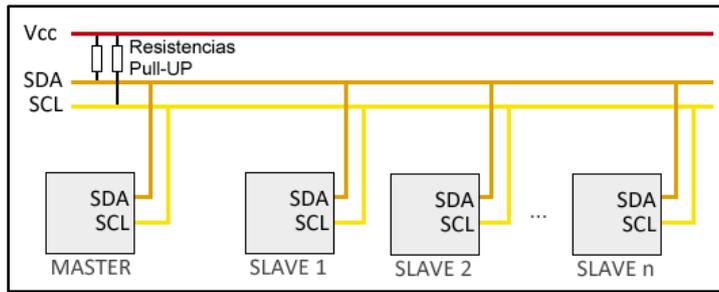


Figura N° 102 : Configuración I2C en la Pantalla OLED.

Fuente: Elaboración Propia

El bus I^2C se maneja con la arquitectura de tipo maestro-esclavo. El dispositivo maestro inicia la comunicación con los esclavos, y puede mandar o recibir datos de los esclavos. Los esclavos no pueden iniciar la comunicación (el maestro tiene que preguntarles), mucho menos entre si directamente.

En la Figura N°103 se puede apreciar la configuración de la pantalla *OLED*. En dicha imagen se puede apreciar que el GPIO4 corresponde al pin SDA mientras que el GPIO5 corresponde a la sincronización mediante SCL.

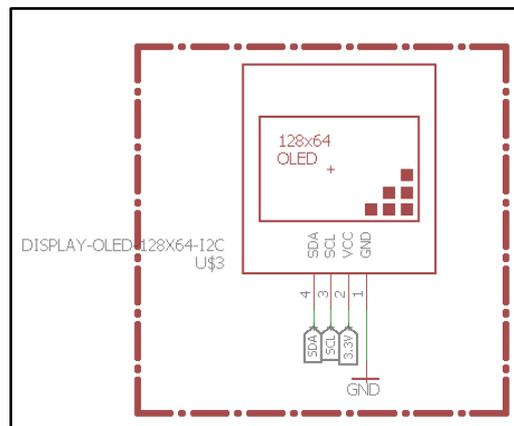


Figura N° 103 : Diagrama de conexión de ESP12 y pantalla OLED.

Fuente: Elaboración Propia

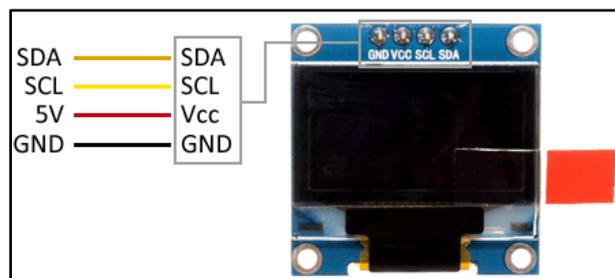


Figura N° 104 : Pantalla OLED conexiones SDA, SCL, VCC y GND.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE

4.1. Implementación

La placa está compuesta de todo lo desarrollado en el Eagle eso incluye los 5 sensores, el módulo ESP-12E, el conector USB tipo B, el regulador de voltaje y el multiplexor. Los sensores (DHT11, Sensor de Lluvia, Higrómetro, smoke) y la pantalla OLED serán conectadas mediante cables hacia el exterior.

4.1.1. Alimentación del circuito

Como se puede observar en la Figura N°105, la placa posee una bornera por donde se conectará las baterías Ion de Litio, esta placa a su vez tendrá un conector micro-USB tipo B por el cual se podrá cargar las baterías mediante un cargador de 5V a 1Amp o mediante el uso de un panel solar.

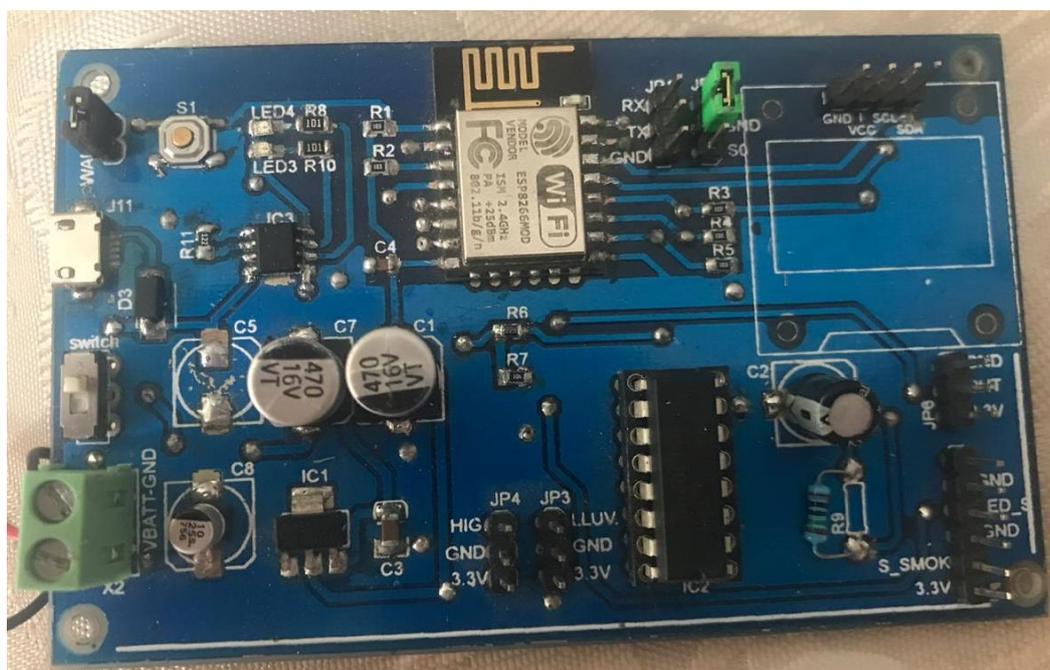


Figura N° 105 : Placa Terminada

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Conexión en paralelo en Baterías Ion de Litio

El ordenar baterías 18650 de Ion de Litio en serie amplía el voltaje, pero ello no genera ningún aumento en la capacidad de la batería. Un ejemplo de ello es el

combinar 10 baterías de iones de litio catalogada con 3.5 Ah(3500mAh) estando en serie proporcionará una batería de 37V y 3.5 Ah quiere decir que sería un voltaje bueno, pero con una capacidad muy baja para aplicaciones en electrónica.

Para extender la capacidad de la batería de Ion de Litio se deberá combinar las baterías en conexión en paralelo. Para realizar dicha configuración en lugar de conectar el terminal positivo de una batería al terminal negativo de la siguiente batería en una conexión en serie, se realizan conexiones paralelas al conectar los mismos terminales. Para conectar dos baterías en paralelo, simplemente se conecta el terminal positivo de la primera batería al terminal positivo de la segunda batería, y luego conecta el terminal negativo de la primera batería al terminal negativo de la segunda batería.

NOTA: Para temas de seguridad y consideraciones, antes de realizar conexión de cualquier batería en paralelo, se debe revisar y asegurar de que ellas tengan los voltajes casi idénticos entre todas las baterías a conectarse. Si los voltajes son diferentes entre ellas generará que una batería este en un estado de carga mayor que la otra provocando que la batería de mayor carga trate de compensar a la de menor voltaje. Es decir, el flujo de corriente dañará a ambas baterías generando sobrecalentamiento pudiendo generarse una explosión.

En conclusión, para realizar una conexión en paralelo se debe tener las baterías con los mismos voltajes. Para calcular la capacidad total en Amperio hora (Ah) de las baterías conectadas en paralelo es sencillo pues solo es multiplicar la cantidad de baterías conectadas en paralelo por la capacidad de batería en individual. Por ejemplo:

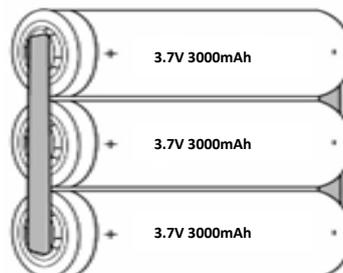


Figura N° 106 : Arreglo de baterías en paralelo de 3.7V a 3000mAh

Fuente: Elaboración Propia

Capacidad de Bateria en Paralelo

$$= N^{\circ} \text{ de celdas en paralelo } \times \text{Capacidad de cada bateria}$$

$$\text{Capacidad de Bateria en Paralelo} = 3 \times 3000 \text{mAh} = 9 \text{Ah}$$

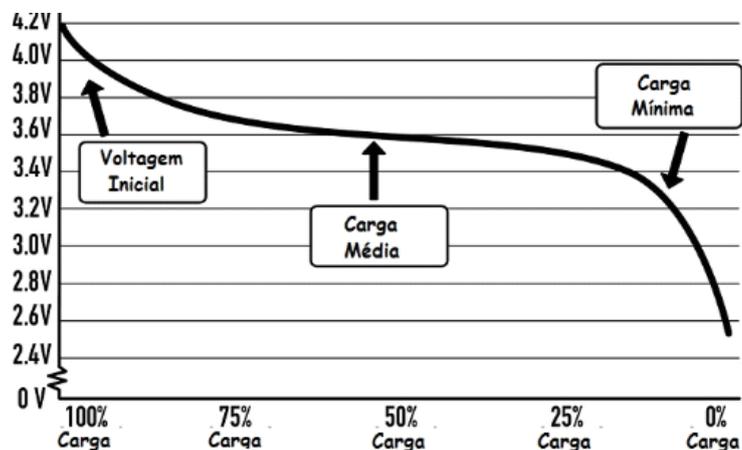


Figura N° 107 : Curva de batería de Ion del Litio

Fuente: Elaboración Propia

En el caso del dispositivo implementado se tuvieron los siguientes consumos para el sensor DHT11 se observó el consumo de 2.5mA, el sensor higrómetro consumió 35mA, el sensor de lluvia consumió 15mA y el sensor de presencia de smoke un consumo de 20mA y contando con el consumo de 50mA del ESP-12e. En total de todo el dispositivo suma un 122.5mA.

Es decir, para 24 horas se estará consumiendo 2940mAh al día, esto está dentro de lo pensado, pues como es de conocimiento se usa baterías Ion-Litio de 3000mAh. En un día de trabajo del dispositivo no se tendría problemas, es más nos duraría casi tres días ya que las baterías de Ion-Litio están en paralelo y esto nos genera 9000mAh.

El panel solar a usarse se especifica con tensión y potencia. Para cargar baterías de 3,7 voltios, un panel con tensión de 5 voltios es suficiente. La potencia necesaria se calculará a partir de la corriente deseada, 2940mAh diarios, lo que resulta en 14.7Wh. Considerando un promedio de 6 horas de sol para el Perú en

donde será instalado, un panel solar de 3W sería suficiente para esa aplicación desarrollada.

4.2.Integración de la Red de Sensores Inalámbrica

La Red sensores inalámbricas se construye con la base del ESP-12E el cual será el dispositivo inalámbrico que tendrá la finalidad de concentrar todos los sensores, en la Figura N°108 se observa el dispositivo creado para el desarrollo de la investigación.

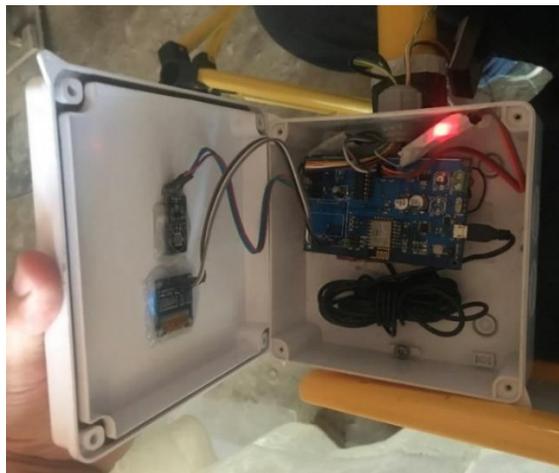


Figura N° 108 : Sensores Inalámbricos y el ESP-12E

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°109 se puede observar la conexión alámbrica de los sensores hacia el módulo ESP-12E y este a su vez se conecta de forma inalámbrica mediante WiFi saliendo hacia internet mediante un Router en modo cliente con la finalidad de acceder a los servidores para enviar, recibir y procesar datos.

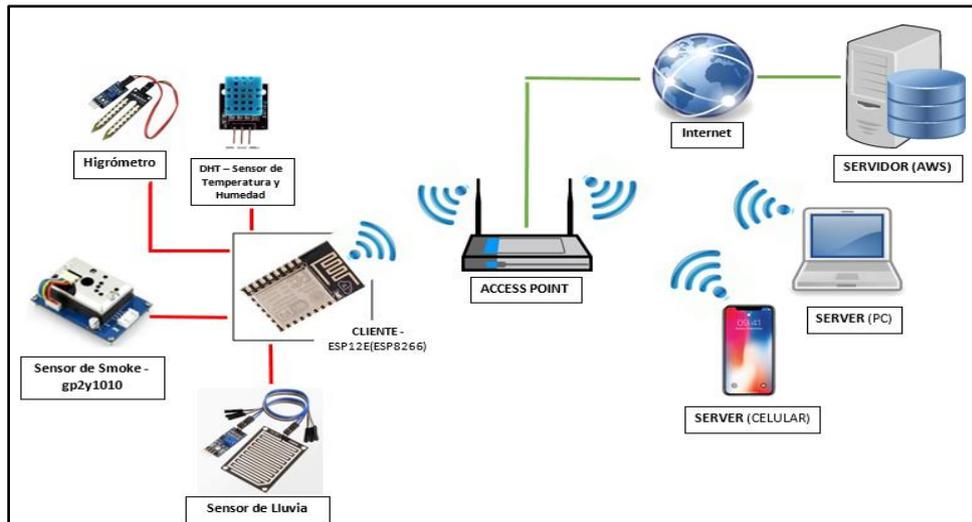


Figura N° 109 : Esquema de Configuración de la WSN y su conexión a Internet.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Ubicación de las plantas de Frijol Canario

El área de estudio designado para el proyecto de investigación es de $0.6m^2$ en donde se sembraron dos semillas de Frijol Canario. Dicha área es un suelo franco arcilloso limoso, el cual es la mezcla de suelo tipo arcilla, suelo tipo limoso y arena permitiendo que la mezcla de ellos se genere la infiltración adecuada de agua considerando que el exceso de esta se pueda mover a capas más profundas. Asimismo, se deberá evitar que los suelos que se endurezcan con facilidad y formen costras superficiales. En la Figura N°110 se observa el área de terreno y el tipo de suelo usado.



Figura N° 110 : Suelo franco arcilloso limoso.

Fuente: Elaboración Propia

El proyecto se desarrolló en el distrito de Chíncha, Departamento de Ica. Las coordenadas Geográficas son:

LATITUD: - 13° 26' 47''

LONGITUD: -76° 6' 19''

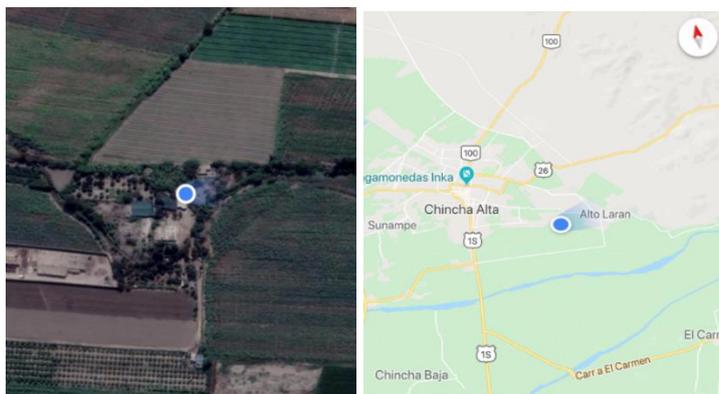


Figura N° 111 : Ubicación Geográfica de la Chacra en el Distrito de Chinchá Alta.

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de la investigación se sembraron 2 semillas de Frijol Canario de la cual nacieron 2 plantas, en un inicio se las semillas se remojaron en algodón con agua por 7 días hasta su germinación. Luego de ello se procedió al traslado de las plantas germinadas hacia la tierra en donde iniciaría su crecimiento desde su emergencia, formación de hojas primarias, desarrollo del botón floral, inicio y fin de la floración, inicio y formación de vainas y por último el llenado y maduración de vainas(fruto). En la Figura N°112 se muestra las semillas de Frijol y en la Figura N°113 se observa la planta en su germinación durante los 7 primeros días posterior a ello en la Figura N°114 se muestra la planta de frijol desarrollada la cual es trasladada hacia la tierra. Por último, en la Figura N°115 se observa a la planta ya sembrada y en pleno desarrollo.



Figura N° 112 : Semilla de Frijol

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 113 : Germinación de Frijol Canario

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 114 : Traslado de la Planta a la Tierra

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 115 : Frijoles en Desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Montaje en el campo

Para el montaje físico se usó una caja de paso VOLT de IP65 de material PVC con las siguientes medidas 15x15x7cm (Ver Figura N°116). El código IP es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por una envolvente (caja, fly case, etc) con respecto a la penetración de cuerpos sólidos y la penetración de agua. Este código está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras “IP” e independientes el uno del otro.

Para el caso de nuestra investigación se usará **IP65**:

- Primera Cifra el número 6= totalmente estanco al polvo.
- Segunda Cifra el número 5= protegido contra chorros de agua en todas las direcciones.



Figura N° 116 : Caja de Pase VOLT IP65

Fuente: Elaboración Propia

Además, se usó un trípode (Figura N°117) para colocar la caja de paso que incluye la placa con los sensores y el panel solar. Asimismo, se deberá acondicionar el largo del cable del sensor de higrómetro para que este pueda llegar a la tierra, los sensores de lluvia y smoke se acondicionaron alrededor del trípode para la toma de mediciones.



Figura N° 117: Trípode, caja de paso con la placa y Panel Solar
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 118: Acondicionamiento de Panel Solar
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 119: Acondicionamiento de Panel Solar, vista de planta
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 120: Acondicionamiento de Sensor de Lluvia
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 121: Acondicionamiento de Sensor de Humo
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 122: Vista de Proyecto terminado.
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Pruebas y Puesta en Funcionamiento

El inicio del funcionamiento del proyecto se realiza cuando se desliza el *Switch* desde *OFF* hacia *ON* como se observa en la Figura N°123, la placa comenzará a buscar la red inalámbrica que fue grabada en la memoria *Flash*, que para este caso de la investigación se usará:

```
RED: const char* ssid = "Iphone HMM";  
PASSWORD: const char* password = "ei9xqpf02gibs";  
SERVIDOR MQTT: char* mqtt_server = "34.216.134.126";
```

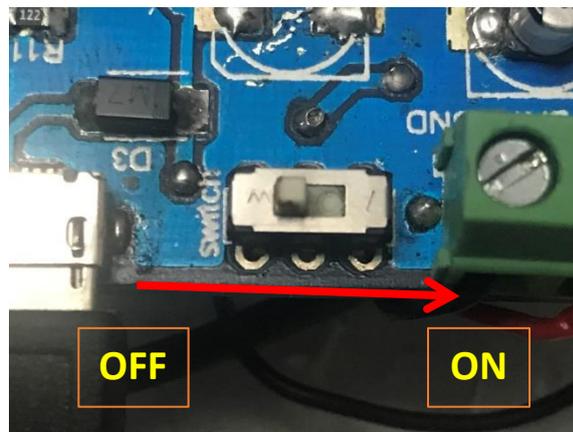


Figura N° 123: Encendido de la placa

Fuente: Elaboración Propia

Luego de establecer conexión el módulo ESP-12E comenzará a transmitir los datos de las 5 variables física tomadas en esta investigación, esto se puede verificar cada vez que el led de TX parpadee (Figura N°125).



Figura N° 124: Módulo compartiendo Internet

Fuente: Elaboración Propia

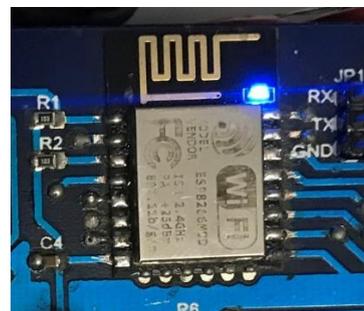


Figura N° 125: ESP-12E transmitiendo la información mediante wifi

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso sería ingresar y observar mediante la Web, para ello se deberá digitar el siguiente URL: <http://agroIoTv1.ddns.net> (Figura N°126) en donde se nos solicitará el Ingreso de nuestros datos para loguearse (Figura N°127) e iniciar la visualización.

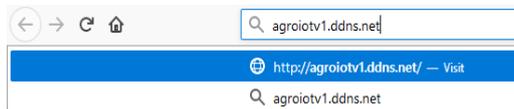


Figura N° 126: DNS de la DASHBOARD
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 127: b) Ingresar Datos
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 128 : c) Ingreso de Datos
Fuente: Elaboración Propia

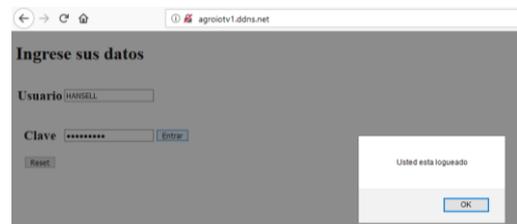


Figura N° 129 : d) Usuario Logueado
Fuente: Elaboración Propia

Luego de loguearse en la página web (Figura N°128) se mostrará la Figura N°129 donde se indica que el usuario se ha logrado *loguear* luego se muestra la Dashboard obtenida de Node-Red, dicha imagen de Node-Red está compuesta por los widgets de salida en donde se muestran todas las mediciones como se muestra en la Figura N°130.



Figura N° 130 : Dashboard de las 5 variables física a medir
Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Visualización de Datos

En la investigación se tiene posibilidad de observar las mediciones de diversas formas una de ellas es la visualización mediante la Dashboard de Node de Red y mediante la visualización de información usando la base de datos de *PhpMyAdmin*.

4.2.4.1. Visualización de información mediante Node-Red

La observación de información mediante la dashboard de Node-Red es de muy fácil entendimiento ya que usa gráficas y colores los cuales indican si algún parámetro esta desde el mínimo al máximo valor posible.

4.2.4.2. Visualización mediante Gadget

Esta visualización está dada usando los gráficos tipo medidores, los cuales son sencillos de graduar en su mínimo y máximo valor, además usa colores para diferenciar los valores (Figura N°131).

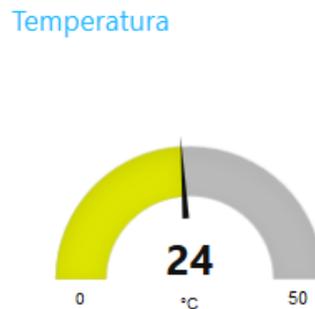


Figura N° 131 : Gadget de Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.2.1. Visualización mediante Chart (Gráficas de puntos)

Esta visualización se realizará mediante un gráfico de punto que está definido en su eje “X” por el tiempo y en el eje “Y” por la data obtenida en cada una de las mediciones de las variables (Figura N°132).



Figura N° 132 : Grafico de puntos tipo chart de Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.3. Visualización de información mediante PhpMyAdmin

Esta visualización se realizará ingresando a PhpMyAdmin la cual será la base de datos en donde se guarde toda la información de las variables de medición. Dicha visualización se hará mediante web ingresando a PhpMyAdmin o extrayendo la información en cualquiera de los formatos existentes ya sea SQL o CSV (Excel).

4.3. Caso Práctico en un área de cultivo Extenso.

Para el caso de nuestra investigación tuvimos bien a realizar un DIMENSIONAMIENTO del diseño de la WSN a diseñarse por si es que en algún caso se quiera rentabilizar el proyecto, es por ello que se tomó como área de dimensionamiento a 1 hectárea de tierra. Una hectárea de tierra equivale a 10 000m². Cabe señalar que en nuestro país y en algunas zonas del Perú se toma mucho el termino “topo” que equivale a 1/3 de una hectárea de tierra.

Para ser viable nuestro dimensionamiento se usará una hectárea de tierra equivalente a 3 topos, pero el termino hectárea no está dentro del sistema métrico de medida es por ello que de aquí en adelante solo se considerará como área de medida a 10 000m².

En la siguiente Figura N°133 se puede apreciar el boceto de una hectárea de tierra en la cual se aprecia 100m de ancho por 100m de largo. Asimismo, se aprecia línea de color naranja la cual indica las líneas para las siembras de plantas y las líneas de color marrón indican los surcos por donde recorrería el agua para el riego de plantas.

Para el dimensionamiento se consideró que cada entre cada dispositivo de aplicación en IoT deberá estar separado cada 30m como máximo. Es por ello que por cada línea de plantación aproximadamente deberá existir 4 nodos de dispositivo de aplicación en IoT. Por ello aproximadamente se deberá usar 35 nodos de dispositivos en 10 000m² de tierra cada “W” en la figura representa el dispositivo de comunicación inalámbrica.

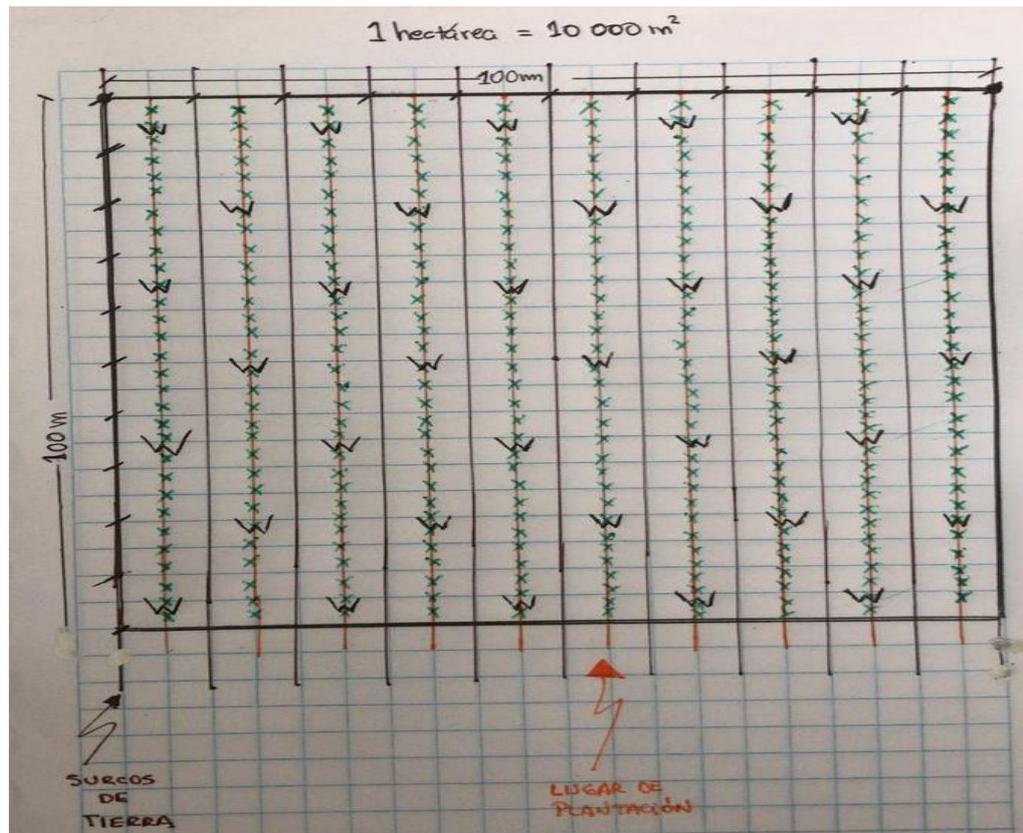


Figura N° 133 : Dimensionamiento en una hectárea de Tierra

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Dashboard de Node-Red - Cloud Computing

La visualización de la información se puede realizar de varias formas, para nuestra investigación se usará *Node-Red*, cabe indicar que esta herramienta de programación se puede usar de diversas maneras ya sea de manera local, mediante un dispositivo o el uso en la nube que en nuestro caso se usará en una imagen de Ubuntu en AWS EC2, en la Figura N°134 se muestra los 3 casos en donde se puede usar *Node-Red*.

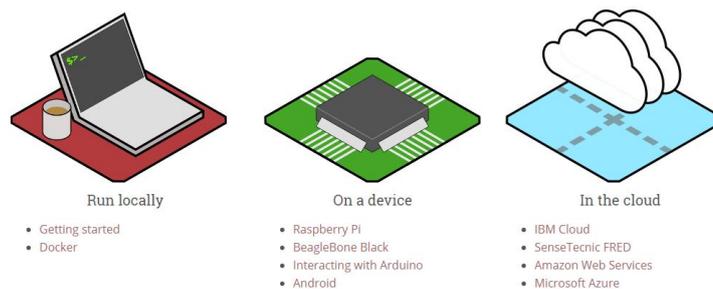


Figura N° 134: Formas de ejecución de Node-Red

Mediante la nube y la configuración de la Plataforma sobre el servicio (*PaaS*) se realizó que toda la información pueda ser visualizada de manera ordenada mediante el uso de Node-Red. Para crear una visualización en la Dashboard se realizó la creación de conexiones de los flujogramas mediante los *widgets* de *gauge* y *chart*. (Figura N°135).

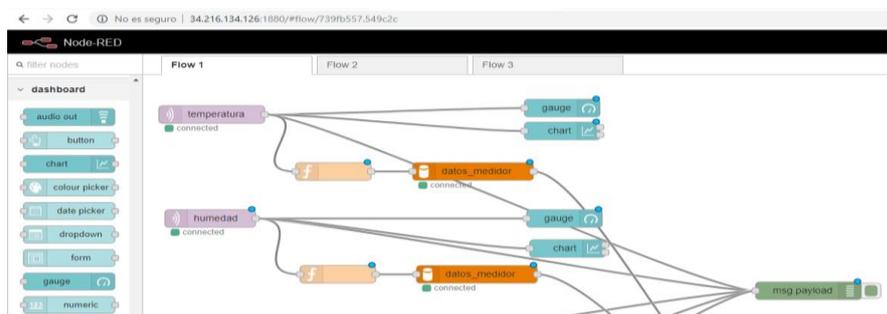


Figura N° 135 : Flujograma para visualización de datos

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Resultados.

4.5.1. Tabla de equivalencia

Como es de conocimiento en la presente investigación se está usando sensores analógicos y digitales, para el caso de los sensores analógicos Higrómetro y Sensor de Lluvia se tendrán que usar los siguientes cuadros de equivalencia en la Tabla N°16 y Tabla N°17.

4.5.1.1. Higrómetro

Para el proyecto de investigación se presenta el siguiente cuadro de equivalencia correspondiente al sensor de humedad de suelo siendo su unidad de medida el porcentaje (%).

Tabla N° 16 : Equivalencia del Sensor de Humedad de Suelo(Higrómetro)

INTERVALOS DE LECTURA(% de Humedad)	DENOMINACIÓN
LECTURA >1000(97.75%)	Sensor desconectado o en el Suelo
LECTURA <1000(97.75%) & LECTURA >=600(58.65%)	El Suelo esta Seco
LECTURA <600(58.65%) & LECTURA >=370(36.17%)	El suelo esta Humedo
LECTURA <370(36.17%)	Suelo demasiado Humedo

4.5.1.2. Sensor de Lluvia

El sensor de lluvia FC-37 indica la presencia de lluvia, es por ello que no genera una unidad de medida como lo haría un pluviómetro el cual indicaría la cantidad de lluvia por área geográfica siendo la unidad de medida el mm o conocido como l/m^2 , es decir, el agua de lluvia equivale a 1L de agua por m^2 .

Es por ello que, en el caso de sensor de lluvia, este no tiene unidad de medida para lo que se plantea, por ello se manejará el siguiente cuadro de equivalencia.

Tabla N° 17 : Equivalencia del Sensor de Lluvia

INTERVALOS DE LECTURA	DENOMINACIÓN
LECTURA <1000 & LECTURA >=500	NO LLUEVE
LECTURA <500 & LECTURA >=300	LLUVIA MODERADA
LECTURA <300	LLUVIA INTENSA

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Tabla de Resultados por variable física

4.5.2.1. Temperatura

Los resultados obtenidos respecto al sensor de temperatura fueron extraídos de la base de datos de *PhpMyAdmin*. La semana escogida fue desde el día 13/01/2019 al 23/01/19 en un horario de las 24 horas (Figura N°136).

Para el caso de verificación y constatación de información se tomó datos de una semana (Ver Anexo N°1)

Tabla N° 18 : Tabla de Temperatura (Anexo N°1)

FECHA	HORA	TEMPERATURA (°C)
14/11/2018	01:00:00	18
14/11/2018	01:01:00	18
14/11/2018	01:02:00	18
14/11/2018	01:03:00	18
14/11/2018	01:04:00	18
14/11/2018	01:05:00	18
14/11/2018	01:06:00	18
14/11/2018	01:07:00	18

Fuente: Elaboración Propia

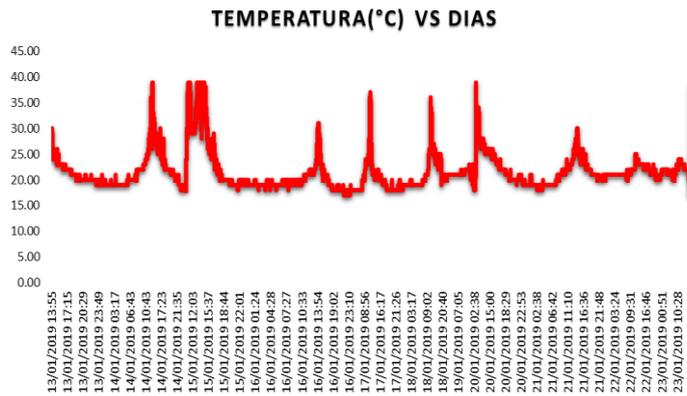


Figura N° 136 : Gráfica de temperatura

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.2. Humedad de Ambiente

Los resultados obtenidos respecto al sensor de humedad de ambiente fueron extraídos de la base de datos de PhpMyAdmin. La semana escogida fue desde el día 13/01/2019 al 23/01/19 en un horario de las 24 horas (Figura N°137).

Para el caso de verificación y constatación de información se tomó datos de una semana (Ver Anexo N°2)

Tabla N° 19 : Tabla de Humedad Ambiental (Anexo N°2)

FECHA	HORA	HUMEDAD(%)
14/11/2018	01:00:28	95
14/11/2018	01:00:51	95
14/11/2018	01:01:14	95
14/11/2018	01:01:37	95
14/11/2018	01:02:00	95
14/11/2018	01:02:23	95
14/11/2018	01:02:46	95
14/11/2018	01:03:31	95
14/11/2018	01:03:54	95

Fuente: Elaboración Propia

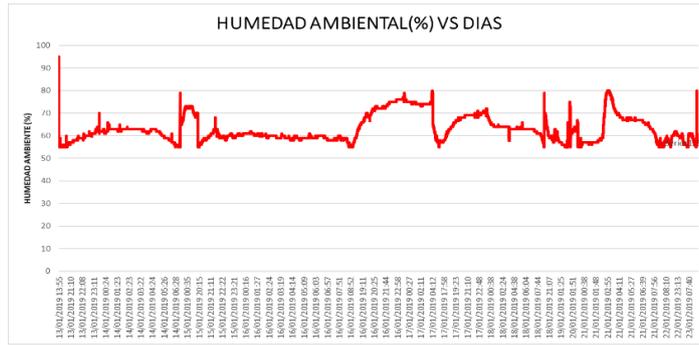


Figura N° 137 : Gráfica de Humedad Ambiental

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.3. Humedad de Suelo

Los resultados obtenidos respecto al sensor de humedad de suelo fueron extraídos de la base de datos de *PhpMyAdmin*. La semana escogida fue desde el día 13/01/2019 al 23/01/19 en un horario de las 24 horas (Figura N° 138).

Para el caso de verificación y constatación de información se tomó datos de una semana (Ver Anexo N°3)

Tabla N° 20 : Tabla de Humedad de Suelo (Anexo N°3)

FECHA/HORA	HUMEDAD DE SUELO(%)
13/01/2019 13:55	41.6
13/01/2019 13:55	41.6
13/01/2019 13:55	41.6
13/01/2019 13:55	41.6
13/01/2019 13:56	41.6
13/01/2019 13:56	41.6

Fuente: Elaboración Propia

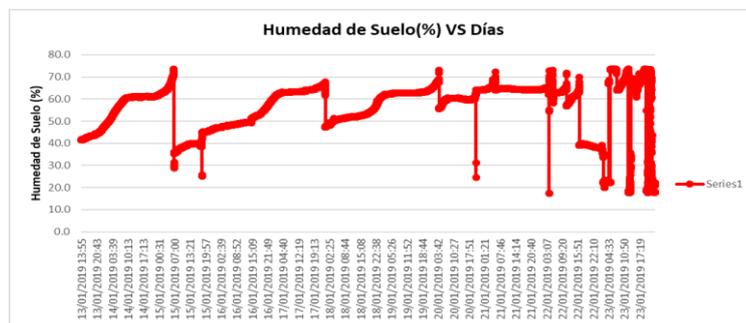


Figura N° 138 : Gráfica de Humedad de Suelo

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.4. Sensor de Lluvia (Pluviómetro)

Los resultados obtenidos respecto al sensor de humedad de suelo fueron extraídos de la base de datos de *PhpMyAdmin*. La semana escogida fue desde el día 13/01/2019 al 23/01/19 en un horario de las 24 horas (Figura N°139).

Para el caso de verificación y constatación de información se tomó datos de una semana (Ver Anexo N°4)

Tabla N° 21 : Tabla de Presencia de Lluvia (Anexo N°4)

FECHA/HORA	Presencia de Lluvia
13/01/2019 13:55	867
13/01/2019 13:55	867
13/01/2019 13:55	867
13/01/2019 13:55	866
13/01/2019 13:56	866
13/01/2019 13:56	866

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 139 : Gráfica de presencia de lluvia

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.5. Sensor de Smoke

Los resultados obtenidos respecto al sensor de smoke fueron extraídos de la base de datos de *PhpMyAdmin*. La semana escogida fue desde el día 13/01/2019 al 23/01/19 durante las 24 horas.

En el caso de este no se obtuvieron muestras pues en el caso real donde se investigó no hubo ningún caso de partículas de CO_2 o contaminación ambiental, pero de todas formas para probar su funcionamiento se usó una vela la cual al apagarse generaba monóxido de carbono.

Para el caso de verificación y constatación de información se tomó datos de una semana (Ver Anexo N°5)

La siguiente tabla no mostrará resultado ya que durante la muestra del 14/11/18 en las horas anteriormente indicadas no se obtuvieron datos de smoke.

Tabla N° 22 : Tabla Sensor de Smoke (Anexo N°5)

FECHA	HORA	LECTURA DE SENSOR
14/11/2018	01:00:28	0
14/11/2018	01:00:51	0
14/11/2018	01:01:14	0
14/11/2018	01:01:37	0
14/11/2018	01:02:00	0
14/11/2018	01:02:23	0
14/11/2018	01:02:46	0
14/11/2018	01:04:17	0
14/11/2018	01:04:40	0

Fuente: Elaboración Propia

Para entender el comportamiento de este sensor aplicado en Smoke se recurrió al datasheet del sensor el cual indica lo siguiente:

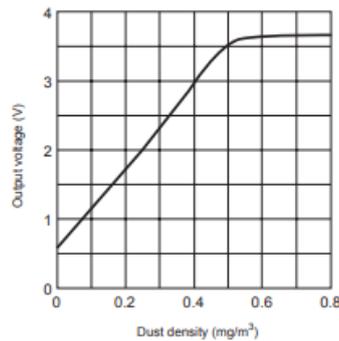


Figura N° 140 : Voltaje VS densidad de polvo (sensor de smoke)

Fuente: Elaboración Propia

De las pruebas con la vela se obtuvo los siguientes valores:

Tabla N° 23 : Resultados de Prueba Smoke

NUMERO DE DATO	VOLTAJE	DENSIDAD SMOKE
1	0.03	-0.1
2	0.86	0.05
3	0.47	-0.02
4	0.03	-0.09

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V: COSTOS Y COMPARACIÓN DE PRUEBAS

5.1. Análisis de Costo

El análisis costo-beneficio es una técnica que se utiliza para comparar los costos totales de un proyecto a punto del beneficio que se pueda tener, con el fin de obtener el mejor enfoque y aprovechar las oportunidades de algún negocio.

El presente proyecto se desarrolla en gastos involucrados con la implementación del prototipo, incluyendo los gastos de ubicarlo en toda el área previamente estudiada siendo en el suelo franco arcilloso limoso costeño, para este caso se aplicará en una porción de tierra en el Distrito de Laran, Provincia de Chincha Alta en el Departamento de Ica, por consiguiente, se procede a detallar el beneficio que se obtendrá para justificar si el proyecto es factible.

El costo es la cantidad monetaria que se necesita para la creación del proyecto, los grupos a ser analizados en el capítulo son equipos de hardware, software, infraestructura y trabajo de ingeniería.

5.1.1. Costo de Dispositivos

Es el costo de elementos empleados para la implementación del sistema de monitoreo y control, interviene todo el hardware que construye los dispositivos aplicado en IoT, la cantidad de sensores y su alimentación basada en un panel solar y baterías de Ion de Litio.

Tabla N° 24 : Costo de Dispositivos

Item	Equipo	Cantidad	Precio Unitario(S./.)	Subtotal(S./.)
1	Esp - 12 e (Modulo Wifi)	1	16.00	16.00
2	CI - CD4051	1	1.00	1.00
3	CI - LM47	1	1.00	1.00
4	TC4056A	1	4.00	4.00
5	PANTALLA OLED	1	5.50	5.50
6	USB TTL PROGRAMADOR	1	18.50	18.50
7	DHT11	1	9.00	9.00
8	HIGROMETRO	1	6.00	6.00
9	SENSOR DE LLUVIA	1	6.00	6.00
10	Sensor de GAS	1	10.00	10.00
11	Sensor de Smoke	1	15.00	15.00
12	Baterias de 3000mAH	3	20.00	60.00
13	Panel Solar	1	30.00	30.00
14	Cargador de Batería	1	12.00	12.00
15	Elementos Electronicos (Resistencias y Condensadores)	1	5.00	5.00
16	Conectores	4	0.50	2.00
17	Espadines	1	1.00	1.00
18	Switch	1	0.50	0.50
19	Cautin	1	10.00	10.00
20	Soldadura Delgada	1	6.00	6.00
TOTAL (S./.)				218.50

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Costo de Infraestructura

En los costos de infraestructura se encuentra el consumo de energía, gastos de instalación, cables y conexiones. Además, se encuentra el costo de realización de una placa para componentes en SMD, se debe recordar que siendo un proyecto de investigación se requiere que sea una placa pequeña y compacta con la finalidad de reducir el espacio del dispositivo.

Tabla N° 25 : Tabla de Costo

Item	Infreestructuras	Cantidad	Precio Unitario(S/.)	Subtotal(S/.)
1	Soporte de Metal	1	70.00	70.00
2	Materiales puntos de energía + instalación	1	15.00	15.00
3	Caja de Paso IP65	1	5.00	5.00
4	Placa para componentes SMD	1	30.00	30.00
5	Cables y extras	1	20.00	20.00
TOTAL (S/.)				140.00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Costo de Ingeniería de Software

En los costos de ingeniería se considera los honorarios de la persona encargada de todo el diseño del sistema y estudio de campo, el cual es valorado con la dificultad del caso y las condiciones climáticas del lugar donde se ejecutará.

En el presente caso de investigación se asume el costo del diseño el cual se valora con un costo de 300 soles como único pago por el software del Proyecto asumiendo que lo realiza un egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, además se incluye la elaboración de la documentación respectiva.

Tabla N° 26 : Costo de Ingeniería de Software

Item	Ingeniería	Cantidad	Precio Unitario(S/.)	Subtotal(S/.)
1	Estudio de campo, diseño y verificación de infraestructura	1	300.00	300.00
2	Documentación	1	100.00	100.00
TOTAL (S/.)				400.00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Costo de Software

En el análisis el presupuesto del software es de 0.00 soles debido a que los programas utilizados se basan en la Arquitectura Open Source y acceso libre. El

único caso que pueda generar un costo de Software sería por el pago anual de AWS que es donde se encuentra nuestro servidor de Ubuntu.

Tabla N° 27 : Costo de Software

Item	Software	Cantidad	Precio Unitario(S./.)	Subtotal(S./.)
1	ARDUINO IDE	1	0.00	0.00
2	NODE DE RED	1	0.00	0.00
3	PHP	1	0.00	0.00
4	MYSQL	1	0.00	0.00
5	UBUNTU	1	0.00	0.00
TOTAL (S./.)				0.00

Fuente: Elaboración Propia

5.2.Costo Final del Proyecto

El proyecto final tiene como finalidad su utilidad en el campo de la Electrónica y en la Agricultura de Precisión entregándole al agricultor una herramienta más para toma de decisiones para el desarrollo de cultivo en el campo.

Tabla N° 28 : Costo Final del Proyecto

Item	Resumen de Costos	Precio (S./.)
1	Equipo	218.50
2	Infraestructuras	140.00
3	Ingeniería	400.00
4	Software	0.00
TOTAL (S./.)		758.50

Fuente: Elaboración Propia

5.3.Costo Final del Proyecto por una Hectárea de Tierra.

En términos de costos finales y proyectando la investigación al dimensionamiento de $10\ 000m^2$ o una hectárea de tierra se usará un aproximado de 35 nodos de dispositivos para aplicativos de IoT, teniendo un costo de aproximado de todo el nodo 758 soles y si en caso se requiera cubrir una hectárea de tierra se consideraría solo el costo de equipo e infraestructura, ya que el costo de Ingeniería solo se consideraría una sola vez pero por cada cliente que requiera el Proyecto de Investigación, si bien el proyecto de investigación no está orientado a un tema comercial se hace referencia el dimensionamiento del proyecto para un área de $10\ 000\ m^2$ de tierra en caso luego futuros investigadores requieran realizar un escalamiento de esta tecnología.

A continuación en la siguiente Tabla N°29 se muestra el costo total del proyecto aplicado en un área $10\,000m^2$ o una hectárea de tierra (dimensionamiento).

Tabla N° 29 : Tabla de costo por una hectárea de tierra

Item	Resumen de Costos	Cantidad	Precio Unitario(S/.)	Subtotal(S/.)
1	Un dispositivo(EQUIPO, INFRAESTRUCTURA,ING,SOFTWARE)	1	400.00	400.00
2	Equipo	35	218.50	7647.50
3	Infrestructuras	35	140.00	4900.00
4	Software	1	0.00	0.00
TOTAL (S/.)				12947.50

Fuente: Elaboración Propia

5.4.Comparación de Pruebas

Para las comparaciones de prueba de frijol se usaron 2 semillas de Frijoles, una de ella siempre será monitoreada (grupo experimental) y la otra se dejará sin monitoreo (grupo de control). Para observar su desarrollo y observar su relación entre variables se realizará un diseño cuasi-experimental porque se manipulará la variable independiente y se medirá la variable dependiente en donde se llevará un control y validez de los datos obtenidos.

Siendo una investigación de corte mixta, se realizó técnicas e instrumentación para cada una de los enfoques cualitativos y cuantitativos.

Para el enfoque cuantitativo se usó una tabla de recolección de información de cada uno de los factores ambientales, sean temperatura, humedad de ambiente, humedad de suelo, cantidad de lluvia y cantidad de smoke, además se realizó la comparación entre 2 grupos en un estudio de caso.

Para el enfoque cualitativo se usará el método de observación mediante un diario de campo la cual recopiló información de los hechos observados de los dos grupos planteados en la investigación.

5.4.1. La Observación y Diario de Campo

Para el enfoque cualitativo como se indicó anteriormente se usará el método de observación, Sampieri (2014) describe que la observación cualitativa no es mera contemplación (“sentarse a ver el mundo y tomar notas”); implica

adentrarnos profundamente en situaciones experimentales y mantener un papel activo, así como una reflexión permanente. Estar atento a los detalles, sucesos, eventos e interacciones. (p.399).

Para realizar dicha observación se usará el diario de campo que según el autor Luis Alejandro Martínez (2007) es uno de los instrumentos que día a día nos permite sistematizar nuestras prácticas investigativas; además, nos permite mejorarlas, enriquecerlas y transformarlas.

El diario de campo permite que la relación entre la teoría y la práctica se relacionen es por ello que un diario de campo se compone de 3 pilares la descripción, argumentación y la interpretación.

5.4.2. Pruebas Frijol “A” – Grupo Experimental.

Monitero usando la Red de Sensores

5.4.2.1.Observación N°1

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol con monitoreo usando el diseño de una red de sensores inalámbrico para el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión.

Características del Terreno: Área de $0.25m^2$ de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 13/11/18 en él se observó el periodo de germinación y estando la planta en su fase Reproductiva en la etapa de prefloración, se observó hojas unifoliadas y trifoliadas con nudo para la floración. La planta tiene sus hojas en forma vertical pues es el horario nocturno. El color de la planta de Frijol es extremadamente verde oscuro. El tallo de la planta tiene color verde claro, pero con una pequeña desviación la cual de todas formas soporta las hojas y el nudo de floración.

Durante la fecha del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que durante el día la planta de frijol respondía de buena manera hacia los estímulos del sol, pues durante esa

temporada era de alta temperatura en el distrito de Chincha mientras que en las noches la temperatura y la humedad de ambiente bajaba. De igual forma las plantas estuvieron en un periodo de floración para luego dar paso al periodo de crecimiento del fruto mediante vainas, se observó que cada flor blanca desarrollaba una vaina de color verde intenso.

5.4.2.2.Observación N°2

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol con monitoreo usando el diseño de una red de sensores inalámbrica para el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión.

Características del Terreno: Área de 0.25m² de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 14/11/18 en él se observó que la planta mantiene sus hojas unifoliadas y trifoliadas firmes, pero con la diferencia que mientras esta la lloviznas las hojas las pone en una forma vertical más firme. Sus colores se mantienen igual al de la observación N°1.

Durante la fecha del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que durante el día la planta de frijol respondía de buena manera hacia los estímulos del sol, pues durante esa temporada era de alta temperatura en el distrito de Chincha mientras que en las noches la temperatura y la humedad de ambiente bajaba. De igual forma las plantas estuvieron en un periodo de floración para luego dar paso al periodo de crecimiento del fruto mediante vainas, se observó que cada flor blanca desarrollaba una vaina de color verde intenso.

5.4.2.3.Observación N°3

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol con monitoreo usando el diseño de una red de sensores inalámbrica para el control, monitoreo y toma de decisiones en la agricultura de precisión.

Características del Terreno: Área de $0.25m^2$ de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 17/11/18 en él se observó que el cielo se encontraba despejado y con sol radiante, la tierra se encuentra sumamente poroso y caliente. La planta mantiene sus colores verdes extremos, pero con la diferencia de que las hojas unifoliadas están en forma horizontal como si recibieran en forma perpendicular los rayos del sol. Las hojas trifoliadas mantienen sus hojas elevadas al sol.

Durante la fecha del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que durante el día la planta de frijol respondía de buena manera hacia los estímulos del sol, pues durante esa temporada era de alta temperatura en el distrito de Chincha mientras que en las noches la temperatura y la humedad de ambiente bajaba. De igual forma las plantas estuvieron en un periodo de floración para luego dar paso al periodo de crecimiento del fruto mediante vainas, se observó que cada flor blanca desarrollaba una vaina de color verde intenso.

5.4.2.4. Diario de Campo

DESCRIPCIÓN

La planta de Frijol que es monitoreada por la red de sensores inalámbricos se encuentra sembrada en el distrito de Larán en el departamento de Ica, dicha planta esta posada sobre suelo suelto de textura franco arcilloso limoso donde el agua fluye de manera normal y rápida. La temperatura ambiental y la humedad es la normal y típica en el departamento de Ica aproximadamente $27^{\circ}C$.

En la planta de frijol se tiene las hojas de las plantas unifoliadas y trifoliadas muestran colores verdes naturales y muy marcados. El tallo de la planta se mantiene rígido y fuerte sosteniendo las hojas y futuras floraciones.

ARGUMENTACIÓN

Los anteriores aspectos mantienen datos importantes que se relacionan con el informe de observación relacionado a las plantas de Frijol.

- Tallo de la planta rígido por el consumo de agua.
- Suelo de textura franco arcilloso limoso ideal para el recorrido de agua.
- Color verde de las hojas por la cantidad de luz, temperatura y humedad que rodea a la planta.
- Hojas unifoliadas de color verde de crecimientos opuestos.
- Hojas trifoliadas de color verde intenso de acuerdo al crecimiento de las plantas.

INTERPRETACIÓN

El usar un enfoque cualitativo nos provee de herramientas como la observación y diario de campo, dicho diario de campo no podría ser completado sin el enfoque cuantitativo cuasi-experimental al comparar dos grupos de casos.

La planta que es participe en el grupo experimental ve reflejado mejoras tanto en su crecimiento de tallo pues esta rígido y sostiene de muy buena manera a la planta y las hojas, esto es afianzado por las raíces de la planta que han crecido de una manera correcta pudiendo absorber sales y minerales del agua que surge por la tierra porosa.

El buen estado del tallo hace que las hojas tanto unifoliadas y trifoliadas crezcan de manera frondosa para su posterior crecimiento de botones florales. Esta etapa de botones florales una etapa antes del crecimiento de vainas.

5.4.3. Pruebas Frijol “B” – Sin monitoreo – Grupo de Control

5.4.3.1.Observación N°1

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol sin monitoreo pues este será perteneciente al grupo de control para la comparación de casos.

Características del Terreno: Área de $0.25m^2$ de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 11/11/18 y en él se observó que la planta encuentra retrasada en su crecimiento pues luego de su fase de germinación se encuentra en la fase de hojas primarias con brotes de hojas unifoliadas y trifoliadas. El tallo es rígido de color verde muy claro.

La planta tiene sus hojas en forma vertical pues es el horario nocturno. El color de la planta de frijol es de color verde muy claro. En la actualidad en las fechas del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que la planta de frijol que fue dejada que se desarrolle y se riegue de manera espontánea tiene problemas en su brote de flores y sobretodo en el brote de fruto, en este caso la vaina de frijol se observa muy pequeña no siendo del tamaño normal de una planta de frijol.

5.4.3.2.Observación N°2

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol sin monitoreo pues este será perteneciente al grupo de control para la comparación de casos.

Características del Terreno: Área de $0.25m^2$ de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 14/11/18 y en él se observó que la planta mantiene sus primeras hojas unifoliadas y trifoliadas algo firmes, pero con la diferencia que mientras esta la lloviznas las hojas las pone en una forma vertical muy firme recibiendo la lluvia. En la actualidad en las fechas del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que la planta de frijol que fue dejada que se desarrolle y se riegue de manera espontánea tiene problemas en su brote de flores y sobretodo en el brote de fruto, en este caso la

vaina de frijol se observa muy pequeña no siendo del tamaño normal de una planta de frijol.

5.4.3.3.Observación N°3

FECHA: 13/01/2019 al 23/01/19

HORA:00h – 24h

Objetivo: Descripción de la planta de Frijol sin monitoreo pues este será perteneciente al grupo de control para la comparación de casos.

Características del Terreno: Área de $0.25m^2$ de tierra franco arcilloso limosos en donde se cultivó las semillas de frijol.

Característica de la Planta: El periodo anteriormente descrito y revisado fue durante 17/11/18 y en él se observó que el cielo se encontraba despejado y con sol radiante, la tierra se encuentra sumamente poroso y caliente. La planta que no tiene monitoreo mantiene sus colores verdes claro indicando tal vez la falta de agua y su humedad del suelo, sus hojas se encuentran alzadas hacia el sol recibiendo la energía solar, quiere decir que la planta reacciona a dicho estímulo.

Se observa también que algunas de sus hojas se comienzan a marchitar mostrando un color marrón café. Aun no presenta botones florales y mucho menos muestra vainas como fruto del frijol. En la actualidad en las fechas del 13/01/19 al 23/01/19 se observó que la planta de frijol que fue dejada que se desarrolle y se riegue de manera espontánea tiene problemas en su brote de flores y sobretodo en el brote de fruto, en este caso la vaina de frijol se observa muy pequeña no siendo del tamaño normal de una planta de frijol.

5.4.3.4.Diario de Campo

DESCRIPCIÓN

La planta de Frijol que no es monitoreada por la red de sensores inalámbricos se encuentra sembrada en el distrito de Larán en el departamento de Ica, dicha

planta al igual que el grupo experimental está sembrada sobre suelo textura franco arcilloso limoso por donde fluye el agua para el riego de ella. La temperatura ambiental y la humedad es la normal y típica en el departamento de Ica.

Las hojas de las plantas unifoliadas y trifoliadas apenas muestran crecimiento con colores verdes naturales muy claros. El tallo de la planta no se muestra muy rígido pues se nota que no absorbe mucho líquido ya que sus raíces parecen no haberse afianzado de la mejor manera.

ARGUMENTACIÓN

Los anteriores aspectos mantienen datos importantes que se relacionan con el informe de observación relacionado a las plantas de Frijol.

- Tallo de la planta poco rígido por falta de consumo de agua (no se muestra algún monitoreo para saber si es que necesita de líquido).
- Suelo suelto y poroso ideal para el recorrido de agua.
- Color verde claro de las hojas por la cantidad de luz, temperatura y humedad que rodea a la planta.
- Hojas unifoliadas de pobre crecimiento.
- Hojas trifoliadas con pequeños brotes.
- Hoja seca de color marrón.

INTERPRETACIÓN

El usar un enfoque cualitativo nos provee de herramientas como la observación y diario de campo, dicho diario de campo no podría ser completado sin el enfoque cuantitativo cuasi-experimental al comparar dos grupos de casos. Ahora en este grupo de comparación de grupo de control se tiene lo siguiente:

La planta que es participe en el grupo de control no ve reflejado mejoras tanto en su crecimiento de tallo pues si bien esta algo rígido, aun no sostiene muchas hojas tanto unifoliadas y trifoliadas. Esto debido al parecer por el bajo consumo de agua y poca humedad de tierra.

Por ende, la planta en este grupo de control aun no realiza un crecimiento ideal para el tiempo que esta tiene de sembrada. Esto al parecer podría mejorar si es que se le aplicará la red de sensores con la finalidad de controlar la humedad de suelo, el consumo de agua, la temperatura y la humedad del ambiente que claro fueron iguales para ambos grupos.

5.5.Herramientas de verificación de Mediciones.

Para verificar la fiabilidad de nuestras mediciones se ha tomado como herramienta comparadora al medidor de humedad ambiental, temperatura y reloj iluminado mediante LCD (Figura N°141). Este dispositivo fue usado para la comparación de los siguientes factores ambientales tal como temperatura y humedad de ambiente. El dispositivo comparador tiene las siguientes características.

- Medición Rango de temperatura: $-10^{\circ}\text{C} \sim + 50^{\circ}\text{C}$
- Medición Rango de humedad: $10\% \sim 99\% \text{ RH}$
- Precisión: temperatura $\pm 1^{\circ}\text{C}$, Humedad $\pm 5\% \text{ RH}$
- Resolución: Temperatura 0.1°C , Humedad $1\% \text{ HR}$



Figura N° 141 : Medidor de humedad ambiental, temperatura y reloj

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del factor ambiental, humedad de suelo, fue comparado con el instrumento de estudio de suelo, el cual mide factores ambientales tal como exposición solar, Ph, temperatura y humedad de suelo (Figura N°142). Para nuestra investigación solo fue usado en el factor ambiente de humedad de suelo.



Figura N° 142 : Medidor de exposición solar, Ph, temperatura y humedad de suelo

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°143 se puede apreciar que en la variable de temperatura de la Dashboard de Node-Red indica 28°C mientras que en el dispositivo comparador muestra el valor de 27.9°C, esto hace que el sensor temperatura sea confiable en base a las mediciones que se obtuvieron durante los días 13/01/2019 al 23/01/2019. De igual forma para la variable de humedad de ambiente en la Dashboard de Node-Red se observó que muestra el valor de 69% mientras que en el dispositivo comparador muestra el valor de 65%, esto hace que el sensor DHT11 en su aplicación para humedad de ambiente muestre una data confiable pues el rango de precisión es de +/- 5% tal como se muestra en la Figura N°141.



Figura N° 143 : Verificación valores de Temperatura y Humedad de Ambiente

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 144 : Precisión de Humedad de Ambiente

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de comparación de la medición de humedad de suelo se usó el sensor de la Figura N°145 el cual nos indicará si la tierra o suelo se encuentra muy seco(+DRY), seco (DRY), normal, húmedo (WET), muy húmedo (+WET). En el caso de verificación respecto a la Figura N°140 se observa que mostró la cantidad de 542 que en el cuadro de equivalencia de la Tabla N°13 hace referencia a un suelo húmedo y se confirma con el sensor de la Figura N°142 en donde se aprecia que marca “WET” indicando que el suelo está húmedo. Dicho sensor se muestra en la Figura inferior el cual es un sensor 4 en 1 pues tiene la capacidad de medir la temperatura, cantidad de luz, humedad de suelo y Ph.



Figura N° 145: Sensor de temperatura, cantidad de luz, humedad de suelo y Ph.

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de los sensores de lluvia y smoke estos no serán comparados con otros sensores pues nuestros sensores solo indicaban la presencia del factor ambiental. Y siendo este un proyecto dedicado a la parte científica se comprobaron los sensores y factores ambientales que sean determinantes para el crecimiento del cultivo de frijol entre ellos está la temperatura, la humedad ambiental y la humedad de suelo.

CONCLUSIONES

Empleando el enfoque mixto realizado entre sus partes cuantitativa y cualitativas en nuestro trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

1. Se diseñó, desarrollo e implementó un dispositivo electrónico con la capacidad de conectarse a internet. El uso del MCU ESP8266 en su módulo ESP12E promovió el uso de nuevas tecnologías en el IoT.
2. El dispositivo electrónico se conectó a internet y usó sensores de temperatura ambiente, humedad de suelo, humedad de ambiente, presencia de lluvia y cantidad de smoke generando una red de sensores inalámbrica basado en internet de las cosas.
3. Los sensores evaluaron los 5 factores ambientales que proporcionaron información que fue enviado por internet y fue almacenado en una base de datos en la nube. Dicha información fue vital para la mejora en la toma de decisiones frente al cultivo de Frijol.
4. Las informaciones de las variables ambientales pudieron ser visualizadas en tiempo real mediante una interfaz gráfica sencilla. La interfaz fue fácilmente entendida por el usuario.
5. El dispositivo electrónico fue capaz de generar su propia autonomía ya que uso baterías de Ion de Litio y obtuvo la energía mediante paneles solares.
6. Gracias a las pruebas realizadas se pudo comprobar que el ESP-12E funcionó de manera correcta al conectarse al internet usando un bajo consumo de energía.
7. La plataforma de AWS y su uso de EC2 mediante las creaciones de AMI se pudo obtener una plataforma de servicio para almacenamiento de datos, acceso a una página web y visualización sobre Node-Red.

8. Las realizaciones de cada uno de los anteriores objetivos propiciaron que se pueda controlar, monitorear y tomar decisiones respecto a la agricultura de precisión en su aplicación en el cultivo de Frijol. Esto desencadenó en que el usuario o agricultor pueda tener una herramienta en la cual pueda apoyarse para su control, monitoreo y toma de mejores decisiones respecto al cuidado del cultivo del frijol.

RECOMENDACIONES

Para líneas futuras de investigaciones se puede recomendar lo siguiente:

- a) El uso de otros sensores como el sensor de *pH* para el monitores de acidez en las plantas, sensor PIR para monitorear algún movimiento mediante infrarrojo y sensores de luminosidad.
- b) En nuestro caso se ha desarrollado un dispositivo con la capacidad de monitorear condiciones climáticas una recomendación sería que este pueda ser escalable en el **sistema actuador** para que reacciones a los sensores. Usando algunos pines libres del MUX podría colocarse una válvula que regule el paso de agua de alguna manguera cuando el sensor de humedad de suelo indique que el cultivo este seco.
- c) El uso de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica, actualmente en la investigación se usó el Wifi, pero para posteriores líneas de investigación podrían usarse las redes de telefonía móvil gracias a la tecnología del 4.5G que ya ha llegado al Perú.
- d) Dentro de las nuevas tecnologías también se encuentra el uso de **LoraWAN**, que permite crear redes WAN para aplicaciones de IoT, dicha tecnología está especializada en consumir la menor energía y enviar información a largas distancias.
- e) Asimismo, dentro de las nuevas tecnología comunicación inalámbrica esta **SIGFOX** que utiliza la tecnología de **NARROW BAND** que está diseñada para su uso a bajas velocidades de transferencias que en ambientes rurales su alcance de transmisión llega a 30Km.
- f) El usar una **API** para el internet de las cosas, que lo único que realizan es conectar y relacionar entre sí a los dispositivos que nos rodean. Una de esas API es la de Thingspeak la cual siempre trabaja con datos, la cual permite recopilar, almacenar, analizar, visualizar la información de los sensores. Además, tiene una

gran ventaja esta API trabaja con MATLAB software usado cálculos matemáticos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Acosta, R., y Yauri, R. (2017). Internet de las Cosas. *II Programa de Emprendedores Tecnológicos*, 3-4.
- Amazon Web Service. (2018). *Amazon Elastic Compute Cloud - Guía del usuario de instancias de Linux*. Recuperado de <https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/ec2-ug.pdf>
- Antaño, E. (2011). *Diseño de una Red Inalámbrica de Sensores para Monitorear un Cultivo de Plátanos en el Distrito de Mala* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/733>
- Aragón, J. (2014). *Diseño e implementación de una plataforma de gestión de una red de sensores aplicada a la monitorización de la calidad ambiental en la cuenca del río napo* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5594>
- Arzuaga, S. (2018). *Banco Mundial presenta estudio sobre agricultura en el Perú*. Lima, Perú. BancoMundial. Recuperado de <https://www.bancomundial.org>
- Benites, J. (Setiembre de 2003). Mejorando la humedad del suelo con agricultura de conservación. *Leisa Revista de Agroecología*, 19(2), 5.
- Blanco, S. (2005). Manual básico Ubuntu GNU/Linux. Recuperado de www.uls.edu.sv/pdf/ubuntu.pdf
- Camargo, J. (2009). *Modelo de Cobertura para Redes Inalambricas de Interiores* (Tesis de Pregrado). Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761>

- Castillo, J. (2017). *Diseño e implementación de un dispositivo IoT de bajo coste para entornos agrícolas* (Tesis de Pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación. Granada, España. Recuperado de http://dtstc.ugr.es/it/pfc/proyectos_realizados/tfg2017_JesusCastillo.php
- Castro, A., y Jorge, R. (2013). *Comunicaciones: Una introducción a las redes digitales de transmisión de datos y señales isócronas*. México D.F., México: Alfaomega Grupo.
- ConceptoDefinicion. (22 de Mayo de 2011). Definición de Linux [Mensaje de Blog] Recuperado de <http://conceptoDefinicion.de/linux/>
- Corona, L., Abarca, G., y Mares, J. (2014). *Sensores y Actuadores - Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco, Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Dorronsoro, C. (2018). Introducción a la Edafología [Mensaje de Blog]. Recuperado de: <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm#anchor618597>
- Fundación Wikimedia, I. (2018). *PHP*. Wikipedia. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/PHP>
- Fundación Wikimedia, I. (2018). *Servidor HTTP Apache*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_HTTP_Apache
- Fundación Wikimedia, I. (2018). *Ubuntu*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ubuntu&oldid=110313666>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: McGraw-Hill.
- INIA. (2004). *Frijol Canario 2000 – Variedad del Frijol Arbustivo para la Costa del Perú*. Recuperado de <http://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/frijol/jol%2FCanario-2000.pd>

- Jyostsna K., Aala, S., Vijay K., y Bharath M., (2018). IoT based Agriculture System Using NodeMCU. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(3), 3025 - 3028.
- Kalathas J., Bandekas D., Kosmidis A., y Kanakaris V., (2016). Seedbed based on IoT: A case Study. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(2), 1-6.
- Kang, M., Kang, D.-I., Walters, J., & Crago, S. (2017). A Comparison of System Performance on a Private OpenStack Cloud and Amazon EC2. *IEEE 10th International Conference on Cloud Computing*, 311-317. doi: 10.1109/CLOUD.2017.47
- Khattab, A., Abdelgawad, A., y Yelmarthi, K. (2016). Design and Implementation of a Cloud-based IoT Scheme for Precision Agriculture. *28th International Conference on Microelectronics (ICM)*, 201-204. doi: 10.1109/ICM.2016.7847850
- Lekić, M., y Gardašević G.,(2018). IoT sensor integration to Node-RED platform. *17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, 1-5. doi: 10.1109/INFOTEH.2018.8345544
- Liñan, A., Vives, A., Bagula, A., Zennaro, M., y Pietrosevoli, E. (2015). *Internet de las Cosas*. Recuperado de <http://wireless.ictp.it/Papers/InternetdelasCosas.pdf>
- Llamas, L. (11 de Marzo de 2019). NodeMCU tutorial paso a paso desde cero[Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>
- Mendez , C. (2001). *Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Sector Agricultura se consolidó el 2017 como el segundo generador de mayores divisas para el Perú*. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y-prensa/noticias-2018/20660-sector-agricultura-se-consolido-el-2017-como-el-segundo-generador-de-mayores-divisas-para-el-peru-2>
- Oliveira, S. d. (2017). *Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi*. São Paulo, Brasil: Novatec.
- Ordóñez, J., y Masera O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12.
- Palacios, J. (2017). *Diseño de una red de sensores (WSN) con tecnología 802.15.4, basado en el concepto agricultura de precisión para el control y monitoreo de cultivos de hortalizas bajo invernadero en la granja la pradera de la Universidad Técnica del Norte* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6699>
- Pariente, S. (2017). *Monitorización y control en la nube de variables ambientales en un invernadero botánico* (Tesis de pregrado). E.T.S.I. Industriales (UPM), Madrid, España. Recuperado de <http://oa.upm.es/45619/>
- Peña, J., y Suquillo, G. (2016). *Estudio del modelo de referencia del Internet de las Cosas (IoT), con la implementación de un prototipo domótico* (Tesis de pregrado). Escuela Politecnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15096>
- Piamonte , L. (2017). *Diseño de una red de sensores inalámbrica para la monitorización y transmisión de datos del suelo y ambientales en tiempo real en los cultivos de palma africana* (Tesis de pregrado), Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/10703>

- Reyna , C. (2015). *Sistema automatizado para el monitoreo y control de humedad en un invernadero* (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6214>
- Rosas, J.(2003). *El Cultivo de Frijol Comun en America Tropical*. Francisco Morazan, Honduras: Editorial Zamorano.
- Saha, S., y Majumdar, A. (2017). *Data centre temperature monitoring with ESP8266 based Wireless Sensor Network and cloud based dashboard with real time alert system*. Devices for Integrated Circuit (DevIC) IEEE. doi: 10.1109/DEVIC.2017.8073958
- Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU). (2016). *Reglamento de radiocomunicaciones*. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR>
- Varas, Z. (2013). *Diseño de un sistema electrónico para riego de césped de jardín empleando un sensor de humedad de suelos y comunicación inalámbrica* (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4510>
- Vela, A. (2016). Estudio de la Agricultura de Precisión Enfocado en la Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el Monitoreo de Humedad y Temperatura en Cultivos – Caso de Estudio Hacienda Cabalinus Ubicada en la Provincia de Los Ríos. *Revista Politecnica*, 38(1), 1-17.
- Villón, D. (2011). *Diseño de una red de sensores inalámbrica para agricultura de precisión* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima,Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/266>

ANEXOS

ANEXO N° 1: Tabla de Temperatura

Muestra de la tabla de temperatura obtenida entre las 01:00horas hasta las 02:00horas del 14/11/18

FECHA	HORA	TEMPERATURA
14/11/2018	01:00:00	18
14/11/2018	01:01:00	18
14/11/2018	01:02:00	18
14/11/2018	01:03:00	18
14/11/2018	01:04:00	18
14/11/2018	01:05:00	18
14/11/2018	01:06:00	18
14/11/2018	01:07:00	18
14/11/2018	01:08:00	18
14/11/2018	01:09:00	18
14/11/2018	01:10:00	18
14/11/2018	01:11:00	18
14/11/2018	01:12:00	18
14/11/2018	01:13:00	18
14/11/2018	01:14:00	18
14/11/2018	01:15:00	18
14/11/2018	01:16:00	18
14/11/2018	01:17:00	18
14/11/2018	01:18:00	18
14/11/2018	01:19:00	18
14/11/2018	01:20:00	18
14/11/2018	01:21:00	18
14/11/2018	01:22:00	18
14/11/2018	01:23:00	18
14/11/2018	01:24:00	18
14/11/2018	01:25:00	18
14/11/2018	01:26:00	18
14/11/2018	01:27:00	18
14/11/2018	01:28:00	18
14/11/2018	01:29:00	18
14/11/2018	01:30:00	18
14/11/2018	01:31:00	18
14/11/2018	01:32:00	18
14/11/2018	01:33:00	18
14/11/2018	01:34:00	18
14/11/2018	01:35:00	18
14/11/2018	01:36:00	18
14/11/2018	01:37:00	18
14/11/2018	01:38:00	18
14/11/2018	01:39:00	18
14/11/2018	01:40:00	18
14/11/2018	01:41:00	18
14/11/2018	01:42:00	18
14/11/2018	01:43:00	18
14/11/2018	01:44:00	18
14/11/2018	01:45:00	18
14/11/2018	01:46:00	18
14/11/2018	01:47:00	18
14/11/2018	01:48:00	18
14/11/2018	01:49:00	18
14/11/2018	01:50:00	18
14/11/2018	01:52:00	18
14/11/2018	01:53:00	18
14/11/2018	01:54:00	18
14/11/2018	01:55:00	18
14/11/2018	01:56:00	18
14/11/2018	01:57:00	18
14/11/2018	01:58:00	18
14/11/2018	01:59:00	18
14/11/2018	02:00:00	18

ANEXO N° 2: Tabla de Humedad Relativa

Muestra de la tabla de Humedad Relativa Ambiental (%) obtenida entre las 01:00horas hasta las 02:00horas del 14/11/18

FECHA	HORA	HUMEDAD(%)
14/11/2018	01:00:28	95
14/11/2018	01:00:51	95
14/11/2018	01:01:14	95
14/11/2018	01:01:37	95
14/11/2018	01:02:00	95
14/11/2018	01:02:23	95
14/11/2018	01:02:46	95
14/11/2018	01:03:31	95
14/11/2018	01:03:54	95
14/11/2018	01:04:17	95
14/11/2018	01:04:40	95
14/11/2018	01:05:03	95
14/11/2018	01:05:27	95
14/11/2018	01:05:51	95
14/11/2018	01:06:14	95
14/11/2018	01:07:00	95
14/11/2018	01:08:08	95
14/11/2018	01:08:51	95
14/11/2018	01:09:14	95
14/11/2018	01:09:37	95
14/11/2018	01:09:59	95
14/11/2018	01:10:23	95
14/11/2018	01:10:46	95
14/11/2018	01:11:09	95
14/11/2018	01:11:32	95
14/11/2018	01:11:55	95
14/11/2018	01:12:19	95
14/11/2018	01:13:02	95
14/11/2018	01:13:25	95
14/11/2018	01:13:48	95
14/11/2018	01:14:11	95
14/11/2018	01:14:32	95
14/11/2018	01:14:55	95
14/11/2018	01:15:19	95
14/11/2018	01:15:42	95
14/11/2018	01:16:04	95
14/11/2018	01:16:27	95
14/11/2018	01:16:50	95
14/11/2018	01:17:37	95
14/11/2018	01:18:20	95
14/11/2018	01:18:43	95
14/11/2018	01:19:06	95
14/11/2018	01:19:29	95
14/11/2018	01:19:52	95
14/11/2018	01:20:15	95
14/11/2018	01:20:38	95
14/11/2018	01:21:01	95
14/11/2018	01:21:25	95
14/11/2018	01:21:48	95
14/11/2018	01:22:10	95
14/11/2018	01:23:16	95
14/11/2018	01:24:01	95
14/11/2018	01:24:25	95
14/11/2018	01:24:48	95
14/11/2018	01:25:11	95
14/11/2018	01:25:35	95
14/11/2018	01:25:58	95
14/11/2018	01:26:21	95
14/11/2018	01:26:44	95
14/11/2018	01:27:36	95

FECHA	HORA	HUMEDAD(%)
14/11/2018	01:27:59	95
14/11/2018	01:28:33	95
14/11/2018	01:28:54	95
14/11/2018	01:29:18	95
14/11/2018	01:29:41	95
14/11/2018	01:30:02	95
14/11/2018	01:30:49	95
14/11/2018	01:31:11	95
14/11/2018	01:31:34	95
14/11/2018	01:31:57	95
14/11/2018	01:32:43	95
14/11/2018	01:33:06	95
14/11/2018	01:34:38	95
14/11/2018	01:35:01	95
14/11/2018	01:35:47	95
14/11/2018	01:36:10	95
14/11/2018	01:36:33	95
14/11/2018	01:36:56	95
14/11/2018	01:37:24	95
14/11/2018	01:37:47	95
14/11/2018	01:38:10	95
14/11/2018	01:38:33	95
14/11/2018	01:39:20	95
14/11/2018	01:39:43	95
14/11/2018	01:40:30	95
14/11/2018	01:40:53	95
14/11/2018	01:41:39	95
14/11/2018	01:42:02	95
14/11/2018	01:42:25	95
14/11/2018	01:43:12	95
14/11/2018	01:43:58	95
14/11/2018	01:44:21	95
14/11/2018	01:45:08	95
14/11/2018	01:45:54	95
14/11/2018	01:46:17	95
14/11/2018	01:46:40	95
14/11/2018	01:47:04	95
14/11/2018	01:47:50	95
14/11/2018	01:48:13	95
14/11/2018	01:48:36	95
14/11/2018	01:48:59	95
14/11/2018	01:49:44	95
14/11/2018	01:50:08	95
14/11/2018	01:50:54	95
14/11/2018	01:52:04	95
14/11/2018	01:52:27	95
14/11/2018	01:52:50	95
14/11/2018	01:53:13	95
14/11/2018	01:53:37	95
14/11/2018	01:54:00	95
14/11/2018	01:54:23	95
14/11/2018	01:54:46	95
14/11/2018	01:55:09	95
14/11/2018	01:55:32	95
14/11/2018	01:55:55	95
14/11/2018	01:56:18	95
14/11/2018	01:57:05	95
14/11/2018	01:58:14	95
14/11/2018	01:58:37	95
14/11/2018	01:59:24	95
14/11/2018	01:59:47	95
14/11/2018	02:00:11	95
14/11/2018	02:00:57	95

ANEXO N° 3: Tabla de Humedad de Suelo

Muestra de la tabla de Humedad de Suelo obtenida entre las 01:00horas hasta las 02:00horas del 14/11/18

FECHA	HORA	LECTURA DE HIGROMETRO	FECHA	HORA	LECTURA DE HIGROMETRO	FECHA	HORA	LECTURA DE HIGROMETRO
14/11/2018	01:00:51	254	14/11/2018	01:19:29	247	14/11/2018	01:38:10	243
14/11/2018	01:01:14	254	14/11/2018	01:19:52	246	14/11/2018	01:38:33	243
14/11/2018	01:01:37	254	14/11/2018	01:20:15	246	14/11/2018	01:39:20	243
14/11/2018	01:02:00	253	14/11/2018	01:20:38	246	14/11/2018	01:39:43	243
14/11/2018	01:02:23	253	14/11/2018	01:21:01	246	14/11/2018	01:40:30	243
14/11/2018	01:02:46	253	14/11/2018	01:21:25	246	14/11/2018	01:40:53	243
14/11/2018	01:03:31	252	14/11/2018	01:21:48	246	14/11/2018	01:41:39	243
14/11/2018	01:03:54	252	14/11/2018	01:22:10	246	14/11/2018	01:42:02	243
14/11/2018	01:04:17	252	14/11/2018	01:23:16	245	14/11/2018	01:42:25	243
14/11/2018	01:04:40	252	14/11/2018	01:24:01	244	14/11/2018	01:43:12	243
14/11/2018	01:05:03	250	14/11/2018	01:24:25	244	14/11/2018	01:43:58	243
14/11/2018	01:05:27	250	14/11/2018	01:24:48	244	14/11/2018	01:44:21	243
14/11/2018	01:05:51	249	14/11/2018	01:25:11	244	14/11/2018	01:45:08	244
14/11/2018	01:06:14	249	14/11/2018	01:25:35	244	14/11/2018	01:45:54	243
14/11/2018	01:07:00	249	14/11/2018	01:25:58	244	14/11/2018	01:46:17	244
14/11/2018	01:08:08	249	14/11/2018	01:26:21	244	14/11/2018	01:46:40	243
14/11/2018	01:08:51	248	14/11/2018	01:26:44	244	14/11/2018	01:47:04	243
14/11/2018	01:09:14	248	14/11/2018	01:27:36	244	14/11/2018	01:47:50	243
14/11/2018	01:09:37	248	14/11/2018	01:27:59	243	14/11/2018	01:48:13	243
14/11/2018	01:09:59	248	14/11/2018	01:28:33	243	14/11/2018	01:48:36	244
14/11/2018	01:10:23	248	14/11/2018	01:28:54	243	14/11/2018	01:48:59	243
14/11/2018	01:10:46	247	14/11/2018	01:29:18	243	14/11/2018	01:49:44	244
14/11/2018	01:11:09	248	14/11/2018	01:29:41	243	14/11/2018	01:50:08	243
14/11/2018	01:11:32	247	14/11/2018	01:30:02	243	14/11/2018	01:50:54	243
14/11/2018	01:11:55	247	14/11/2018	01:30:49	243	14/11/2018	01:52:04	243
14/11/2018	01:12:19	247	14/11/2018	01:31:11	243	14/11/2018	01:52:27	243
14/11/2018	01:13:02	247	14/11/2018	01:31:34	243	14/11/2018	01:52:50	243
14/11/2018	01:13:25	247	14/11/2018	01:31:57	243	14/11/2018	01:53:13	243
14/11/2018	01:13:48	247	14/11/2018	01:32:43	243	14/11/2018	01:53:37	243
14/11/2018	01:14:11	247	14/11/2018	01:33:06	243	14/11/2018	01:54:00	243
14/11/2018	01:14:32	247	14/11/2018	01:34:38	243	14/11/2018	01:54:23	243
14/11/2018	01:14:55	247	14/11/2018	01:35:01	243	14/11/2018	01:54:46	243
14/11/2018	01:15:19	247	14/11/2018	01:35:47	243	14/11/2018	01:55:09	243
14/11/2018	01:15:42	247	14/11/2018	01:36:10	243	14/11/2018	01:55:32	244
14/11/2018	01:16:04	247	14/11/2018	01:36:33	243	14/11/2018	01:55:55	244
14/11/2018	01:16:27	247	14/11/2018	01:36:56	243	14/11/2018	01:56:18	244
14/11/2018	01:16:50	247	14/11/2018	01:37:24	243	14/11/2018	01:57:05	244
14/11/2018	01:17:37	247	14/11/2018	01:37:47	243	14/11/2018	01:58:14	244
14/11/2018	01:18:20	247				14/11/2018	01:58:37	244
14/11/2018	01:18:43	247				14/11/2018	01:59:24	244
14/11/2018	01:19:06	247				14/11/2018	01:59:47	244
						14/11/2018	02:00:11	244
						14/11/2018	02:00:57	244

ANEXO N° 4: Tabla de Sensor Lluvia
Muestra de la tabla de lectura del Sensor de Lluvia obtenida entre las
01:00horas hasta las 02:00horas del 14/11/18

FECHA	HORA	LECTURA SENSOR DE LLUVIA	FECHA	HORA	LECTURA SENSOR DE LLUVIA	FECHA	HORA	LECTURA SENSOR DE LLUVIA
14/11/2018	01:00:28	188	14/11/2018	01:19:06	171	14/11/2018	01:39:43	144
14/11/2018	01:00:51	187	14/11/2018	01:19:29	151	14/11/2018	01:40:30	147
14/11/2018	01:01:14	187	14/11/2018	01:19:52	151	14/11/2018	01:40:53	147
14/11/2018	01:01:37	187	14/11/2018	01:20:15	150	14/11/2018	01:41:39	192
14/11/2018	01:02:00	187	14/11/2018	01:20:38	149	14/11/2018	01:42:02	182
14/11/2018	01:02:23	187	14/11/2018	01:21:01	148	14/11/2018	01:42:25	171
14/11/2018	01:02:46	183	14/11/2018	01:21:25	148	14/11/2018	01:43:12	174
14/11/2018	01:03:31	174	14/11/2018	01:21:48	148	14/11/2018	01:43:58	168
14/11/2018	01:03:54	171	14/11/2018	01:22:10	148	14/11/2018	01:44:21	168
14/11/2018	01:04:17	170	14/11/2018	01:23:16	147	14/11/2018	01:45:08	168
14/11/2018	01:04:40	168	14/11/2018	01:24:01	148	14/11/2018	01:45:54	173
14/11/2018	01:05:03	168	14/11/2018	01:24:25	147	14/11/2018	01:46:17	165
14/11/2018	01:05:27	168	14/11/2018	01:24:48	148	14/11/2018	01:46:40	180
14/11/2018	01:05:51	161	14/11/2018	01:25:11	147	14/11/2018	01:47:04	181
14/11/2018	01:06:14	162	14/11/2018	01:25:35	148	14/11/2018	01:47:50	178
14/11/2018	01:07:00	161	14/11/2018	01:25:58	148	14/11/2018	01:48:13	180
14/11/2018	01:08:08	168	14/11/2018	01:26:21	148	14/11/2018	01:48:36	180
14/11/2018	01:08:51	163	14/11/2018	01:26:44	148	14/11/2018	01:48:59	174
14/11/2018	01:09:14	164	14/11/2018	01:27:36	147	14/11/2018	01:49:44	173
14/11/2018	01:09:37	166	14/11/2018	01:27:59	134	14/11/2018	01:50:08	105
14/11/2018	01:09:59	162	14/11/2018	01:28:33	261	14/11/2018	01:50:54	96
14/11/2018	01:10:23	166	14/11/2018	01:28:54	150	14/11/2018	01:52:04	112
14/11/2018	01:10:46	166	14/11/2018	01:29:18	172	14/11/2018	01:52:27	112
14/11/2018	01:11:09	165	14/11/2018	01:29:41	172	14/11/2018	01:52:50	112
14/11/2018	01:11:32	164	14/11/2018	01:30:02	171	14/11/2018	01:53:13	112
14/11/2018	01:11:56	165	14/11/2018	01:30:49	162	14/11/2018	01:53:37	112
14/11/2018	01:12:19	165	14/11/2018	01:31:11	161	14/11/2018	01:54:00	113
14/11/2018	01:13:02	166	14/11/2018	01:31:34	132	14/11/2018	01:54:23	113
14/11/2018	01:13:25	166	14/11/2018	01:31:57	133	14/11/2018	01:54:46	122
14/11/2018	01:13:48	166	14/11/2018	01:32:43	135	14/11/2018	01:55:09	123
14/11/2018	01:14:11	166	14/11/2018	01:33:06	135	14/11/2018	01:55:32	123
14/11/2018	01:14:32	166	14/11/2018	01:34:38	154	14/11/2018	01:55:55	124
14/11/2018	01:14:55	165	14/11/2018	01:35:01	152	14/11/2018	01:56:18	126
14/11/2018	01:15:19	166	14/11/2018	01:35:47	154	14/11/2018	01:57:05	127
14/11/2018	01:15:42	172	14/11/2018	01:36:10	151	14/11/2018	01:58:14	153
14/11/2018	01:16:04	172	14/11/2018	01:36:33	156	14/11/2018	01:58:37	154
14/11/2018	01:16:27	173	14/11/2018	01:36:56	154	14/11/2018	01:59:24	154
14/11/2018	01:16:50	181	14/11/2018	01:37:24	159	14/11/2018	01:59:47	154
14/11/2018	01:17:37	172	14/11/2018	01:37:47	147	14/11/2018	02:00:11	154
14/11/2018	01:18:20	172	14/11/2018	01:38:10	147	14/11/2018	02:00:57	188
14/11/2018	01:18:43	172	14/11/2018	01:38:33	147			
			14/11/2018	01:39:20	145			

ANEXO N°5: Glosario

ITEM	TÉRMINO	DEFINICIÓN
1	ADC	Analogico Digital Coverter o Conversor Analogico Digital
2	Amazon EC2	Amazon Elastic Cloud Computing
4	Firewall	Cortafuego ayuda a filtrar la información de que ingresa y sale de la red.
5	Freeware	Programa informatico de distribución gratuita.
6	GNU	GNU's Not Unix software tipo unix con la diferencia de ser software libre.
7	GPIO	Pin General Purpose Input/Output o Pin de Entrada/Salida de Propósito General
8	GPS	Global Positioning System
9	HTTP	El Protocolo de transferencia de hipertexto (en inglés: Hypertext Transfer Protocol o HTTP)
11	HTTPS	El Protocolo seguro de transferencia de hipertexto (en inglés: Hypertext Transfer Protocol Secure o HTTPS)
12	I2C	Es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de Inter-Integrated Circuit (Inter-Circuitos Integrados)
14	IOPS	Son las siglas de Inputs Outputs Per Second (Entradas Salidas Por Segundo). Es un método común para medir el rendimiento de los discos duros, como SATA, SAS y SSD.
15	IOT	Internet of Things
16	Latencia	En redes informáticas de datos la <i>latencia</i> es la suma de retardos temporales dentro de una red
17	OLED	Diodo Organico Emisor de Luz.
18	PuTTY	El nombre PuTTY proviene de las siglas Pu : Port unique TTY : terminal type. Su traducción al castellano sería: Puerto único de tipo terminal.
19	PWM	La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM , siglas en inglés de <i>pulse-width modulation</i>)
20	RS-232	RS-232 (<i>Recommended Standard 232</i> , en español: "Estándar Recomendado 232"), también conocido como EIA/TIA RS-232C , es una interfaz que designa una norma para el intercambio de datos binarios serie entre un DTE (<i>Data Terminal Equipment</i> , "Equipo Terminal de Datos"), como por ejemplo una computadora, y un DCE (<i>Data Communication Equipment</i> , "Equipo de Comunicación de Datos"),
21	RSA	En criptografía, RSA (<i>Rivest, Shamir y Adleman</i>) es un sistema criptográfico de clave pública desarrollado en 1979. Es el primer y más utilizado algoritmo de este tipo y es válido tanto para cifrar como para firmar digitalmente.
22	SCL	El I²C precisa de dos líneas de señal: reloj (SCL, Serial Clock) y la línea de datos (SDA, Serial Data).
23	SDA	El I²C precisa de dos líneas de señal: reloj (SCL, Serial Clock) y la línea de datos (SDA, Serial Data).
24	SPI	El Bus SPI (del inglés Serial Peripheral Interface) es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos
25	SSL	Las siglas SSL responden a los términos en inglés (Secure Socket Layer), el cual es un protocolo de seguridad que hace que sus datos viajen de manera íntegra y segura
26	TLS	Transport Layer Security (TLS ; en español seguridad de la capa de transporte) y su antecesor Secure Sockets Layer (SSL ; en español capa de puertos seguros) son protocolos criptográficos, que proporcionan comunicaciones seguras por una red, comúnmente Internet.
27	UFW	Uncomplicated Firewall (ufw) es un cortafuegos diseñado para ser de fácil uso desarrollado por Ubuntu.
28	USART	Un receptor-transmisor sincrónico y asíncrono universal (USART) es un tipo de dispositivo de interfaz en serie que puede programarse para comunicarse de forma asíncrona o síncrona.
30	WiFi	El wifi o wi fi es una tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.
31	WSN	Las redes de sensores inalámbricos (en inglés, Wireless sensor networks , abreviadamente WSN)

ANEXO N°6: Datasheet TP4056



南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASIC Corp.

TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator In 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or Impending

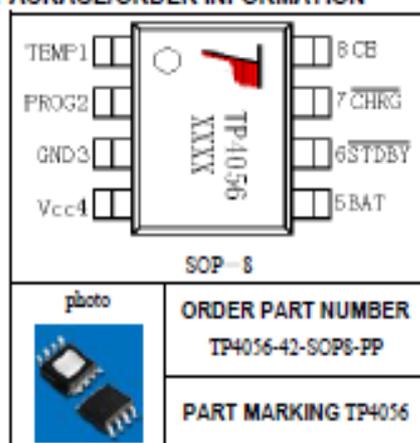
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage(V_{CC}): -0.3V~8V
- TEMP: -0.3V~10V
- CE: -0.3V~10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

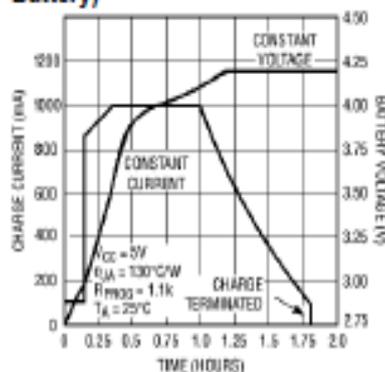
APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers, Chargers

PACKAGE/ORDER INFORMATION



Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)



TEMP(Pin 1): Temperature Sense Input Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium Ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage V_{IN} for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin charge current is set by connecting a resistor R_{SET} from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{SET} = \frac{V_{ISET}}{R_{PROG}} \times 1200 \quad (V_{PROG}=1V)$$

GND(Pin3): Ground Terminal

VCC(Pin 4): Positive Input Supply Voltage V_{IN} is the power supply to the internal circuit. When V_{IN} drops to within 30mV of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2uA.

BAT(Pin5): Battery Connection Pin. Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2uA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

STDBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output When the battery Charge Termination, the \overline{STDBY} pin is pulled low by an internal switch, otherwise \overline{STDBY} pin is in high impedance state.

CHRG(Pin7): Open Drain Charge Status Output When the battery is being charged, the \overline{CHRG} pin is pulled low by an internal switch, otherwise \overline{CHRG} pin is in high impedance state.

CE(Pin8): Chip Enable Input. A high input will put the device in the normal operating mode.

Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

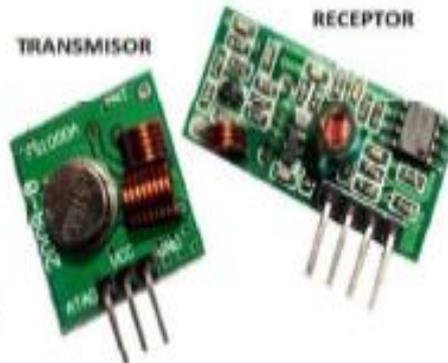
The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A=25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=5V$, unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{CC}	Input Supply Voltage		● 4.0	5	8.0	V	
I_{CC}	Input Supply Current	Charge Mode, $R_{PROG} = 1.2k$ Standby Mode (Charge Terminated) Shutdown Mode (R_{PROG} Not Connected, $V_{CC} < V_{BAT}$, or $V_{CC} < V_{LIM}$)	● ● ●	150 55 55	500 100 100	μA μA μA	
V_{REG}	Regulated Output (Float) Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$, $I_{BAT}=40\text{mA}$		4.137	4.2	4.263	V
I_{BAT}	BAT Pin Current Test condition: $V_{BAT}=4.0V$	$R_{PROG} = 2.4k$, Current Mode $R_{PROG} = 1.2k$, Current Mode Standby Mode, $V_{BAT} = 4.2V$	● ● ●	450 950 0	500 1000 -2.5	550 1050 μA	
I_{TRKL}	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < V_{TRKL}$, $R_{PROG}=1.2K$	●	120	130	140	mA
V_{TRKL}	Trickle Charge Threshold Voltage	$R_{PROG}=1.2K$, V_{BAT} Rising		2.8	2.9	3.0	V
V_{TRHYS}	Trickle Charge Hysteresis Voltage	$R_{PROG}=1.2K$		60	80	100	mV
T_{LM}	Junction Temperature in Constant Temperature Mode			145		$^\circ\text{C}$	

ANEXO N° 7: Módulo RF 433MHz

MÓDULOS RF 433 MHz

Este par de módulos RF, funcionan como un enlace de datos simple, es decir, solamente transmiten información en un solo sentido; por lo que resultan extremadamente útiles en aplicaciones sencillas que no requieren una comunicación bidireccional. Los módulos se conectan fácilmente a cualquier microcontrolador y/o circuitos codificadores y decodificadores, permitiendo tener un enlace de radio frecuencia funcional en muy poco tiempo.



En la imagen se muestran los módulos RF. El módulo más pequeño es el transmisor TX, mientras que el dispositivo de forma alargada es el receptor RX.

Las características de los módulos son:

Módulo TX:

- Voltaje de Operación: 3.5V-12V
- Entrada de datos: TTL
- Corriente de trabajo: Máximo $\leq 40\text{mA}$ (12V), mínimo $\leq 9\text{mA}$ (3.5V)
- Alcance: 20 metros-200 metros (a mayor voltaje, mayor potencia de transmisión)
- Potencia de transmisión: 10 mW (5V);
- Frecuencia de transmisión: 433MHz
- Tasa de transferencia de datos: 4KB/seg
- Baud Rate recomendado: 2400
- Modulación: ASK/OOK
- Antena (no incluida): Alambre de cobre de 25cm (recomendado)
- Pines de salida: DATA(TX)/VCC/GND.

Módulo RX:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Consumo de corriente: 4mA
- Sensibilidad del receptor: -105dB
- Frecuencia de recepción: 433MHz
- Modulación: ASK/OOK
- Principio de funcionamiento: Receptor Super-regenerativo (sensible a señales débiles)
- Antena (no incluida): Alambre de cobre de 25cm-32cm (recomendado en forma de espiral)
- Pines: GND/DATA(RX)/VCC

ANEXO N° 8: MÓDULO RF 2.4GHz nRF24L01

El módulo RF basado en el chip Nordic nRF24L01, es ultra compacto y de muy bajo consumo. Es ideal para proyectos de telemetría, control de periféricos, industria y afines.

Características

- Voltaje de alimentación de 1.9 a 3.6V
- Control mediante SPI
- Banda ISM de 2.4GHz
- Velocidad de datos de hasta 2Mbps.
- Operación a muy baja potencia.
- 11.3mA TX a 0dBm de potencia de salida
- 12.3mA RX a una velocidad de datos de 2Mbps
- ShockBurst™ Mejorado
- Compatible con nRF2401A, 02, E1 y E2
- Selección de canales mediante software (125 disponibles)
- Antena externa con conector SMA (Incluida)
- Distancia de alcance de hasta 1200 metros en línea de vista

Dimensiones (en milímetros)

40 x 15 x 10 mm

Descripción de los pines del Módulo de RF 2.4GHz

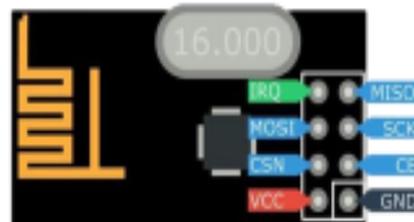


Figura 1. Pines del convertidor ADC de 24 bits.

PIN	Descripción
GND	Tierra
VCC	Alimentación (3.3V)
CE	Chip Enable (habilita Tx o RX)
CSN	Chip Select interfaz SPI
SCK	Reloj de la interfaz SPI
MOSI	Flujo de datos del Maestro
MISO	Flujo de datos del Esclavo
IRQ	Pin de Interrupción (bajo activo)

Tabla 1. Descripción de los pines del Módulo de RF 2.4GHz [nRF24L01].

ANEXO N°9: Código Fuente

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <SimpleDHT.h>
#include <Wire.h>
#include "SSD1306.h"
SSD1306 display(0x3C, 4, 5); //(direccion , pin SCL, SDA)

#define s_dht 13 //sensor dht
#define adc A0 //canal analogico rango 0 - 3.3v
#define s0 12 //mux
#define s1 15 //mux
#define s2 2 //mux
#define sda 5 //i2c
#define scl 4 //i2c
#define led_s 14

//direcciones de canal analogico para sensores analogicos
// s0 s1 s2
// 0 0 0 -> sensor higorometro
// 1 0 0 -> sensor smoke
// 0 1 0 -> sensor pluviometro

//variables sensor dht////
int pinDHT11 = 13;
SimpleDHT11 dht11;
////////////////////////////////////
//variables sensor de smoke
int measurePin = 0; //Connect dust sensor to Arduino A0 pin
int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
```

```

float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
////////////////////////////////////
float hum;
float temp;
float s_smoke;
float lluv;
float hig;

char c; //variable para contener caracteres del payload
String string_payload="";

const char* ssid = " Iphone HMM ";
const char* password = " ei9xqpf02gibs ";
const char* mqtt_server = "34.216.134.126";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;

void smoke()
{
  digitalWrite(s0,HIGH);
  digitalWrite(s1,LOW);
  digitalWrite(s2,LOW);
  for(int k=0 ; k<=3; k++)
  {
    digitalWrite(led_s,LOW); // power on the LED
    delayMicroseconds(samplingTime);

    voMeasured = analogRead(A0); // read the dust value

```

```

delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(led_s,HIGH); // turn the LED off
delayMicroseconds(sleepTime);

// 0 - 5V mapped to 0 - 1023 integer values
// recover voltage
calcVoltage = voMeasured * (3.0 / 1024.0);

// linear equation taken from
http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/
// Chris Nafis (c) 2012
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;

if(dustDensity<0){
  dustDensity=0;
}
delay(25);
}
Serial.print("Raw Signal Value (0-1023): ");
Serial.print(voMeasured);

Serial.print(" - Voltage: ");
Serial.print(calcVoltage);

Serial.print(" - Dust Density: ");
Serial.println(dustDensity); // unit: mg/m3
}

void lluvia()
{
  digitalWrite(s0,LOW);
  digitalWrite(s1,HIGH);
  digitalWrite(s2,LOW);
  lluv = analogRead(A0);

```

```

Serial.print("lectura sensor lluvia ");
Serial.println(lluv);
}

void higrometro()
{
  digitalWrite(s0,LOW);
  digitalWrite(s1,LOW);
  digitalWrite(s2,LOW);
  hig = analogRead(A0);
  Serial.print("lectura sensor higrometro ");
  Serial.println(hig);
}

void dht()
{
  // start working...
  Serial.println("=====");
  Serial.println("Sample DHT11...");

  // read without samples.
  byte temperature = 0;
  byte humidity = 0;
  int err = SimpleDHTErrSuccess;
  if ((err = dht11.read(pinDHT11, &temperature, &humidity, NULL)) !=
SimpleDHTErrSuccess) {
    Serial.print("Read DHT11 failed, err="); Serial.println(err);delay(1000);
    return;
  }

  Serial.print("Sample OK: ");
  Serial.print((int)temperature); Serial.print(" *C, ");
  Serial.print((int)humidity); Serial.println(" H");
  temp=(int)temperature;

```

```

    hum=(int)humidity;
    // DHT11 sampling rate is 1HZ.
}

void setup() {
  pinMode(s0,OUTPUT);
  pinMode(s1,OUTPUT);
  pinMode(s2,OUTPUT);
  pinMode(led_s,OUTPUT);
  pinMode(D0,INPUT);
  Serial.begin(115200);
  // display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT); //configurar la
alineacion
  //display.setFont(ArialMT_Plain_24); //tamaño de fuente 16, 24
  //display.drawString(0, 0, "Iniciando..."); //escribo el texto (x,y,texto)
  //display.display(); //visualiza en el oled la informacion
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
}

void setup_wifi() {

  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");

```

```

}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();
}

void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Attempt to connect
    if (client.connect("ESP8266Client")) {
      Serial.println("connected");
      // Once connected, publish an announcement...
      client.publish("outTopic", "hello world");
      // ... and resubscribe
      client.subscribe("inTopic");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      // Wait 5 seconds before retrying

```

```

        delay(5000);
    }
}
}
void loop() {

    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();

    long now = millis();
    if (now - lastMsg > 500)
    {
        display.init(); //INICIALIZO DISPLAY OLED

        lastMsg = now;
        char sense[]=""; //almacenar dato en char array

        //////////////////////////////////////
        dht();
        String my_payload=String(temp); //convierto luego a string
        my_payload.toCharArray(sense, (my_payload.length() + 1)); //luego
convierto a char array
        client.publish("temperatura", sense); //siempre recibe un char array
        Serial.println(sense);
            //imprimimos la temperatura
        display.clear(); //limpiar totalmente pantalla
        display.setFont(ArialMT_Plain_10);
        display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
        display.drawStringMaxWidth(0, 0, 120,"Temperatura C° : ");
        display.drawStringMaxWidth(90,0 , 120,my_payload);
        //display.display();
        delay(10);
    }
}
}
}

```

```

my_payload=String(hum); //convierto luego a string
my_payload.toCharArray(sense, (my_payload.length() + 1)); //luego
convierto a char array
client.publish("humedad", sense); //siempre recibe un char array
Serial.println(sense);
    display.setFont(ArialMT_Plain_10);
    display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
    display.drawStringMaxWidth(0, 12, 120,"Humedad % : ");
    display.drawStringMaxWidth(90,12 , 120,my_payload);
    //display.display();
    delay(10);

////////////////////////////////////

higrometro();
my_payload=String(hig); //convierto luego a string
my_payload.toCharArray(sense, (my_payload.length() + 1)); //luego
convierto a char array
client.publish("higrometro", sense); //siempre recibe un char array
Serial.println(sense);
    display.setFont(ArialMT_Plain_10);
    display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
    display.drawStringMaxWidth(0, 24, 120,"Higrometro % : ");
    display.drawStringMaxWidth(90,24 , 120,my_payload);
    // display.display();
    delay(10);

////////////////////////////////////

lluvia();
my_payload=String(lluv); //convierto luego a string
my_payload.toCharArray(sense, (my_payload.length() + 1)); //luego
convierto a char array
client.publish("pluviometro", sense); //siempre recibe un char array
Serial.println(sense);

```

```

display.setFont(ArialMT_Plain_10);
display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
display.drawStringMaxWidth(0, 36, 120,"Pluviometro % : ");
display.drawStringMaxWidth(90,36 , 120,my_payload);
//display.display();
delay(10);

////////////////////////////////////
smoke();
my_payload=String(dustDensity); //convierto luego a string
my_payload.toCharArray(sense, (my_payload.length() + 1)); //luego
convierto a char array
client.publish("smoke", sense); //siempre recibe un char array
Serial.println(sense);
display.setFont(ArialMT_Plain_10);
display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
display.drawStringMaxWidth(0, 48, 120,"Humo mg/m3 : ");
display.drawStringMaxWidth(90,48 , 120,my_payload);
display.display();

delay(100);

ESP.deepSleep(10000000);// uS
}
}

```