



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO IoT DE
SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS APLICADO A LA
JARDINERIA DOMESTICA MEDIANTE UNA APLICACIÓN
MÓVIL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

WILLIAM GEOVANNY COLCHA INGUILLAY

JOHANNA BELÉN PILCO DOMÍNGUEZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO IoT DE
SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS APLICADO A LA
JARDINERÍA DOMÉSTICA MEDIANTE UNA APLICACIÓN
MÓVIL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

WILLIAM GEOVANNY COLCHA INGUILLAY

JOHANNA BELÉN PILCO DOMÍNGUEZ

DIRECTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, William Geovanny Colcha Inguillay, Johanna Belén Pilco Domínguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, William Geovanny Colcha Inguillay y Johanna Belen Pilco Domínguez, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de septiembre de 2023



William Geovanny Colcha Inguillay

060420910-6



Johanna Belén Pilco Domínguez

100380037-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO IoT DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS APLICADO A LA JARDINERÍA DOMESTICA MEDIANTE UNA APLICACIÓN MÓVIL**”, realizado por los señores **WILLIAM GEOVANNY COLCHA INGUILLAY** y por la señorita **JOHANNA BELÉN PILCO DOMÍNGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Ramiro Fernando Isa Jara PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-10-31
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-10-31
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-10-31

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a mis padres Francisco Colcha y Rosa Inguillay quienes con su lucha y sacrificio han permitido cumplir un sueño más, por ser la motivación y el apoyo constante en cada paso de mi vida, por su amor y cariño incondicional. A mi hermana Evelyn, que a pesar de ser menor para mi ha sabido brindarme su apoyo y su amistad. A mis familiares que han sabido brindarme su apoyo y consejo.

William

Dedico este gran logro a Dios primeramente que siempre ha sido mi refugio y fortaleza en los momentos más adversos de mi vida. A mis padres Ermel Pilco Castañeda y Ana Domínguez Bucheli quienes fueron mi apoyo desde el primer día que comenzó uno de mis grandes objetivos de mi vida y al día de hoy se está cumpliendo, gracias por su esfuerzo, cariño y sobre todo paciencia que me entregaron para motivarme e inculcarme de valores para ser una buena profesional. A mis hermanos Rene y Lizbeth que fueron mi apoyo incondicional durante todo este proceso, con sus consejos y acciones que me han servido de mucho para fortalecerme. A mi hijo Johan que el una de mis motivaciones para poder esforzarme y no rendir para lograr este objetivo, darle el ejemplo necesario para su formación en la vida. A mi familia que me inspiro con sus consejos y palabras de motivación para demostrar que soy una persona muy capaz para cumplir mis sueños y proyectos. A mis amigos que me han acompañado en toda esta etapa académica desde el primer semestre y mis amigos que he conocido en el transcurso de la carrera me han impulsado con sus energías positivas y me han extendido la mano cuando más lo necesite, siempre tendrán un lugar en mi corazón. Finalmente, a los Ingenieros que me inculcaron todo el conocimiento necesario para formarme como una profesional.

Johanna

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y el entendimiento para poder aceptar sus designios. A mi padre Francisco y mi madre Rosa que han estado presentes en cada paso de mi vida quienes con su amor han sabido guiarme por el buen camino. A mis amigos Juancho y Henry, por su apoyo incondicional, por sus palabras de ánimo para seguir adelante aun cuando los tiempos sean difíciles. A los ingenieros Leticia Lara y Edwin Altamirano, quienes con su apoyo incondicional han hecho posible la culminación del presente trabajo de titulación.

William

A mis padres Ermel Pilco Castañeda y Ana Domínguez Bucheli porque a ustedes les debo todo el apoyo y amor incondicional que me han impulsado para poder lograr todos mis sueños y objetivos. Siempre estaré agradecida a Dios de tener padres que han sido mi guía, aliento y ejemplo para crecer en conocimiento y sabiduría. Gracias a mis hermanos por ayudarme en las situaciones más difíciles que han acontecido, ustedes son una de mis inspiraciones para lograr lo que en vida quiero brindarles. A mi familia y amigos quienes fueron los que me brindaron sus consejos, aunque en palabras, pero fueron muy significativas para mí. A nuestro tutor Ing. Edwin Altamirano que gracias a sus consejos y conocimientos nos llevamos el mejor de los aprendizajes para nuestra vida profesional, a nuestro asesor el Ing. Franklin Morenos que nos ha brindado sus métodos y sabiduría para el proceso de realización de este trabajo de titulación. Por último, agradezco a la persona que me brindo sus palabras y experiencias como guía para ser cada día mejor Andrés. Con esto culmino uno de mis grandes sueños y proyectos que tengo que cumplir en mi vida y me llevo todo lo mejor.

Johanna

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación del proyecto.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1 La jardinería	5
2.1.1 <i>Características sobre la jardinería</i>	5
2.1.2 <i>Tipos de jardines</i>	6
2.1.2.1 <i>Jardín formal</i>	6
2.1.2.2 <i>Jardín informal</i>	6
2.1.2.3 <i>Jardín de casa de campo</i>	6
2.1.2.4 <i>Jardín acuático</i>	6
2.1.2.5 <i>Jardín aromático</i>	7
2.1.2.6 <i>Jardín silvestre</i>	7
2.1.2.7 <i>Jardín de hierbas</i>	7
2.2 Plantas en la jardinería	7
2.2.1 <i>Clasificación de las plantas en la jardinería</i>	8

2.2.1.1	<i>Coníferas</i>	8
2.2.1.2	<i>Frondosas</i>	8
2.2.1.3	<i>Palmeras</i>	8
2.2.1.4	<i>Setos</i>	8
2.2.1.5	<i>Trepadoras</i>	9
2.2.1.6	<i>Variedades de rosas</i>	9
2.2.1.7	<i>Arbusto</i>	9
2.2.1.8	<i>Herbáceas</i>	10
2.2.2	<i>Tendencia de plantas en jardinería</i>	10
2.3	Arquitectura de la jardinería doméstica	11
2.4	Condiciones ambientales de la jardinería doméstica	12
2.4.1	<i>Parámetros físicos-químicos de la jardinería doméstica</i>	12
2.4.1.1	<i>Temperatura del suelo</i>	13
2.4.1.2	<i>Conductividad eléctrica del suelo (CE)</i>	13
2.4.1.3	<i>Humedad del suelo</i>	14
2.4.1.4	<i>Luz ambiente</i>	14
2.4.1.5	<i>pH del suelo</i>	14
2.4.1.6	<i>Nutrientes</i>	15
2.5	Internet de las cosas (IoT)	15
2.5.1	<i>Arquitectura de sistemas IoT</i>	16
2.5.2	<i>Beneficios IoT</i>	17
2.5.3	<i>Desarrollo IoT</i>	18
2.5.4	<i>Seguridad del IoT</i>	18
2.5.5	<i>Protocolo de comunicación del IoT</i>	19
2.5.5.1	<i>Bluetooth</i>	19
2.5.5.2	<i>ZigBee</i>	19
2.5.5.3	<i>Comunicación MQTT</i>	19
2.6	Sistemas de adquisición de datos	20
2.6.1	<i>Sistemas modernos de adquisición de datos</i>	20
2.6.2	<i>Sensores</i>	20
2.6.2.1	<i>Sensor de temperatura</i>	21
2.6.2.2	<i>Sensor de humedad</i>	21
2.6.2.3	<i>Sensor de luz</i>	21
2.6.2.4	<i>Sensor de PH</i>	22
2.6.3	<i>Redes de sensores inalámbricos</i>	22
2.6.4	<i>Arquitectura de una red de sensores inalámbricos</i>	22

2.6.5	Topología de redes	23
2.6.5.1	Topología en estrella.....	23
2.6.5.2	Topología en malla.....	24
2.6.5.3	Topología en árbol	24
2.6.6	Acondicionamiento de señal.....	25
2.6.6.1	Amplificación.....	25
2.6.6.2	Filtración.....	26
2.6.6.3	Atenuación.....	26
2.6.6.4	Aislamiento.....	27
2.6.6.5	Convertidor analógico-digital.....	28
2.6.6.6	Computadora con software DAQ	28
2.7	Tecnologías de la comunicación inalámbrica.....	29
2.7.1	Comunicación Zigbee.....	29
2.7.2	Comunicación Wifi.....	29
2.7.3	Comunicación Bluetooth.....	29
2.7.4	Comunicación LoraWAN.....	29
2.7.5	Comunicación Z-Wave	30
2.8	Tarjetas de desarrollo	30
2.8.1	Tipos de tarjetas de desarrollo.....	30
2.8.1.1	Raspberry Pi.....	30
2.8.1.2	Arduino UNO.....	31
2.8.1.3	ESP32	31
2.8.1.4	BeagleBone.....	32
2.8.1.5	Intel Galileo.....	33
2.9	Aplicación móvil	33
2.9.1	Blynk	33
2.9.2	ThingSpeak	34
2.9.3	Adafruit	34
2.9.4	Ubidots.....	35
2.10	Fuente de energía.....	36
2.10.1	Energía solar.....	36
2.10.1.1	Celdas fotovoltaicas	36
2.10.1.2	Paneles de celdas solares.....	37
2.10.1.3	Componentes del sistema de energía solar	37
2.10.1.4	Baterías.....	37
2.10.1.5	Luces led.....	38

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	39
3.1	Ubicación de la jardinería doméstica.....	39
3.1.1	<i>Dimensionamiento del terreno</i>	39
3.2	Parámetros de estudio de la jardinería doméstica.....	40
3.3	Diseño y propuesta del prototipo.....	40
3.3.1	<i>Requerimientos del prototipo.....</i>	41
3.3.2	<i>Concepción general del prototipo.....</i>	42
3.3.3	<i>Arquitectura del prototipo</i>	42
3.3.3.1	<i>Tarjeta central</i>	43
3.3.3.2	<i>Tarjeta de nodo de adquisición</i>	44
3.4	Selección del software y hardware para el esquema eléctrico	45
3.4.1	<i>Hardware.....</i>	45
3.4.1.1	<i>Módulo LILYGO ESP32</i>	45
3.4.1.2	<i>Módulo Buck LM2596</i>	46
3.4.1.3	<i>Sensor DHT11</i>	46
3.4.1.4	<i>Panel de batería USB</i>	47
3.4.1.5	<i>Sensor de humedad del suelo.....</i>	47
3.4.1.6	<i>Sensor de PH</i>	48
3.4.1.7	<i>Módulo BMS de 3 celdas</i>	49
3.4.1.8	<i>Batería 18650</i>	50
3.4.1.9	<i>Luces LED SMD</i>	50
3.4.2	<i>Requerimientos de software.....</i>	51
3.4.2.1	<i>Requerimientos del software para la tarjeta central</i>	51
3.4.2.2	<i>Requerimientos del software para los nodos de adquisición</i>	51
3.4.2.3	<i>Software de desarrollo Proteus</i>	52
3.4.2.4	<i>Software de desarrollo Solidworks.....</i>	52
3.4.2.5	<i>Software de desarrollo Ultimaker Cura</i>	53
3.4.2.6	<i>Software de desarrollo Inkscape</i>	54
3.4.2.7	<i>Diagrama de flujo de la tarjeta central.....</i>	54
3.4.2.8	<i>Diagrama de flujo de visualización de datos.....</i>	57
3.4.2.9	<i>Diagrama de flujo del nodo de adquisición de datos</i>	59
3.5	Sistema electrónico	60
3.5.1	<i>Diseño de la placa tarjeta central.....</i>	60
3.5.2	<i>PCB de la tarjeta central</i>	61

3.5.3	<i>PCB del nodo de adquisición.....</i>	62
3.5.4	<i>Circuito impreso tarjeta central</i>	63
3.5.5	<i>Tarjeta ESP32 Lora del nodo de adquisición</i>	64
3.5.6	<i>Paneles solares.....</i>	64
3.6	Diseño y propuesta del sistema mecánico	65
3.6.1	<i>Diseño de la caja de la tarjeta central.....</i>	65
3.6.2	<i>Diseño de la caja del nodo de adquisición</i>	66
3.7	Sistema IoT.....	68
3.7.1	<i>Supervisión y adquisición de datos</i>	68

CAPÍTULO IV

4.	Resultados.....	70
4.1	Consideraciones generales	70
4.2	Método de adquisición de datos.....	70
4.3	Prueba 1: Validación del nodo de adquisición de datos	70
4.3.1	<i>Prueba de medición del sensor de temperatura DHT11.....</i>	70
4.3.2	<i>Validación del sensor de PH del suelo.....</i>	74
4.3.3	<i>Validación del sensor de humedad del suelo VI.2.....</i>	76
4.4	Prueba 2: Validación del prototipo	78
4.4.1	<i>Validación de duración del prototipo</i>	79
4.5	Prueba 3: Validación de la comunicación IoT	80
4.5.1	<i>Monitoreo en tiempo real</i>	80
4.6	Prueba de activación de las luces leds.....	81
4.7	Consumo de batería del prototipo.....	82
4.8	Análisis económico del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos	82
	CONCLUSIONES.....	84
	RECOMENDACIONES.....	85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características de plantas comunes en jardines domésticos	10
Tabla 2-2:	Valores de la conductividad eléctrica.....	13
Tabla 3-2:	Valores promedios de nutrientes	15
Tabla 4-2:	Arquitectura de sistema IoT	17
Tabla 5-2:	Características de las baterías.....	38
Tabla 6-2:	Características de las luces led	38
Tabla 1-3:	Características del módulo LILYGO TTGO	45
Tabla 2-3:	Características del convertidor Buck LM2596.....	46
Tabla 3-3:	Características del sensor DHT11	47
Tabla 4-3:	Características del panel de batería USB.....	47
Tabla 5-3:	Características del sensor de humedad del suelo	48
Tabla 6-3:	Características del sensor de PH.....	49
Tabla 7-3:	Características del módulo BMS de 3 celdas	50
Tabla 8-3:	Valores que se tomaron para diseñar la caja de la tarjeta central	66
Tabla 9-3:	Valores que se tomaron para diseñar la caja metálica de la placa central	67
Tabla 1-4:	Datos del sensor de temperatura DHT11.....	72
Tabla 2-4:	Error relativo del sensor de PH del suelo	75
Tabla 3-4:	Error relativo del sensor de humedad del suelo.....	77
Tabla 4-4:	Duración de las baterías.....	79
Tabla 5-4:	Tiempo de luz en las plantas.....	82
Tabla 6-4:	Duración de las baterías.....	82
Tabla 7-4:	Análisis económico para la construcción del prototipo	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Jardinería formal	6
Ilustración 2-2:	Avicultura casera	7
Ilustración 3-2:	Arbusto.....	10
Ilustración 4-2:	Concepto IoT	16
Ilustración 5-2:	Número total de dispositivos IoT conectados	16
Ilustración 6-2:	Desarrollo de sistemas IoT.....	18
Ilustración 7-2:	Modelo publish/subscribe	20
Ilustración 8-2:	Sensor de PH.....	22
Ilustración 9-2:	Arquitectura básica de la WSN.....	23
Ilustración 10-2:	Topología en estrella.....	24
Ilustración 11-2:	Topología en malla	24
Ilustración 12-2:	Topología en árbol	25
Ilustración 13-2:	Sistema simple de adquisición de datos.....	26
Ilustración 14-2:	Tarjeta de entrada para un sistema de adquisición de datos.....	27
Ilustración 15-2:	Tarjeta de desarrollo Raspberry Pi.....	31
Ilustración 16-2:	Arduino UNO	31
Ilustración 17-2:	Tarjeta ESP32	32
Ilustración 18-2:	Tarjeta BeagleBone.....	32
Ilustración 19-2:	Tarjeta Intel Galileo	33
Ilustración 20-2:	App Blynk.....	34
Ilustración 21-2:	Aplicación ThigSpeak.....	34
Ilustración 22-2:	App Adafruit.....	35
Ilustración 23-2:	App Ubidots.....	35
Ilustración 24-2:	Una celda fotovoltaica con unión pn	36
Ilustración 25-2:	Panel de película delgada.....	37
Ilustración 1-3:	Ubicación del terreno a experimentar	39
Ilustración 2-3:	Dimensionamiento del terreno.....	40
Ilustración 3-3:	Etapas para el desarrollo del sistema electrónico.....	41
Ilustración 4-3:	Concepción del prototipo.....	42
Ilustración 5-3:	Arquitectura del prototipo.....	43
Ilustración 6-3:	Diagrama de bloques de la tarjeta central	44
Ilustración 7-3:	Diagrama de bloques del nodo de adquisición de datos	44
Ilustración 8-3:	Tarjeta LILYGO	45

Ilustración 9-3:	Convertidor Buck.....	46
Ilustración 10-3:	Sensor DHT11	46
Ilustración 11-3:	Panel de batería USB	47
Ilustración 12-3:	Sensor de humedad del suelo.....	48
Ilustración 13-3:	Sensor de PH del suelo	49
Ilustración 14-3:	Módulo BMS de 3 celdas.....	50
Ilustración 15-3:	Batería 18650.....	50
Ilustración 16-3:	Luces SMD	51
Ilustración 17-3:	Software Proteus 8.8.....	52
Ilustración 18-3:	Software SolidWorks.....	53
Ilustración 19-3:	Software Ultimaker Cura.....	53
Ilustración 20-3:	Software Inkscape.....	54
Ilustración 21-3:	Diagrama de flujo tarjeta central.....	57
Ilustración 22-3:	Diagrama de flujo visualización de datos	58
Ilustración 23-3:	Diagrama de flujo nodo adquisición de datos.....	60
Ilustración 24-3:	Diseño de la placa tarjeta central	61
Ilustración 25-3:	PCB tarjeta central	62
Ilustración 26-3:	Modelo 3D de la tarjeta central.....	62
Ilustración 27-3:	Modelo 3D de los nodos de adquisición	63
Ilustración 28-3:	Circuito impreso tarjeta central.....	63
Ilustración 29-3:	Tarjeta del nodo de adquisición	64
Ilustración 30-3:	Panel solar.....	64
Ilustración 31-3:	Caja metálica de la caja central.....	65
Ilustración 32-3:	Caja metálica de la placa central.....	66
Ilustración 33-3:	Diseño de la caja metálica de la placa central.....	67
Ilustración 34-3:	Caja metálica de la placa central.....	68
Ilustración 35-3:	Aplicación móvil.....	69
Ilustración 36-3:	Interfaz de la aplicación móvil.....	69
Ilustración 1-4:	Caja de especificaciones del multímetro TRUPER MUT-105	71
Ilustración 2-4:	Multímetro digital y sensor de temperatura DHT11	71
Ilustración 3-4:	Sensor DHT11 en la aplicación LORA plantas	72
Ilustración 4-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura.....	73
Ilustración 5-4:	Medidor de calidad de suelo digital	74
Ilustración 6-4:	Sensor de PH y medidor de calidad de suelo digital.....	74
Ilustración 7-4:	Sensor de PH en la aplicación LORA plantas.....	75
Ilustración 8-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura.....	76
Ilustración 9-4:	Sensor de humedad del suelo y medidor de calidad de suelo digital	77

Ilustración 10-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura.....	78
Ilustración 11-4:	Media de la duración de la batería	80
Ilustración 12-4:	Base de datos en la nube	81
Ilustración 13-4:	Aplicación móvil de supervisión y adquisición de datos	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura	73
Gráfico 2-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de pH.	76
Gráfico 3-4:	Resultados de datos estadísticos del sensor de humedad.	78
Gráfico 4-4:	Resultados de la media de duración de la batería.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Códigos de la tarjeta central programada en el software Arduino.

ANEXO B: Hojas Técnicas de los componentes para la implementación.

ANEXO C: Pruebas de sensores e implementación.

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo el diseño e implementación de un prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica mediante una aplicación móvil, para lo cual se diseñó una tarjeta central, dos tarjetas de nodos de adquisición de datos, una fuente de alimentación con celdas solares y una aplicación móvil. Los parámetros químicos que se controlan son: la temperatura, humedad, pH e iluminación. La tarjeta central cuenta con una tarjeta de desarrollo ESP32 la cual recibe la información de los nodos de adquisición, cuenta con una SIM800L encargada de enviar los datos a la aplicación móvil por medio de IoT. Los nodos de adquisición cuentan con una tarjeta ESP32, y los siguientes sensores: temperatura, humedad, pH y luz, los cuales son encargados de evaluar el ambiente del jardín doméstico. La tarjeta central y los nodos de adquisición cuentan con comunicación de radiofrecuencia para poder enviar y recibir la información. Para la supervisión del jardín domestico se implementó mediante una aplicación móvil la cual tiene características esenciales que ayudarán a visualizar los datos de los sensores en tiempo real. Se realizó pruebas de validación y repetibilidad de cada sensor con la finalidad de poder registrar datos reales, además, de realizar diversas pruebas para la supervisión y control del sistema. En base a los resultados se concluye que el prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica mediante una aplicación móvil cumple con todos los objetivos, brindando un alto nivel de fiabilidad en su funcionamiento. Sin embargo, se recomienda realizar la implementación de una pantalla para interfaz humano máquina (HMI) con el fin de mejorar la interacción usuario - sistema.

Palabras clave: <PROTOTIPO DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS>, <PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS>, <INTERNET DE LAS COSAS (IoT)>, <APLICACIÓN MÓVIL>, <JARDINERÍA DPOMÉSTICA>, <ADQUISICIÓN>, <SUPERVISIÓN>, <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA>.



SUMMARY

The objective of this curricular integration work was the design and implementation of a prototype for supervision and data acquisition applied to home gardening through a mobile application, to do that, a central card and two data acquisition node cards a power supply with solar cells and a mobile application were designed. The chemical parameters that are controlled are: temperature, humidity, pH and lighting. The central card has an ESP32 development card which receives information from the acquisition nodes, it has SIM800L responsible for sending the data to the mobile application through IoT” The acquisition nodes have an ESP32 card, and he following sensors: temperature, humidity, pH and light, which are responsible for evaluating the domestic garden environment. The central card and the acquisition nodes have radio frequency communication to send and receive information. The monitoring of the home garden was implemented through a mobile application which has essential characteristics that will help visualize the data from the sensors in real time. Validation and repeatability tests were carried out on each sensor in order to be able to record real data, in addition to carrying out various tests for the supervision and control of the system. Based om the result, it is concluded that the prototype of supervision and data acquisition applied to home gardening through a mobile application meets all the objectives, providing a high level of reliability in its operation. However, it is recommended to implement a screen for human machine interface (HMI) in order to improve user-system interaction.

Keywords: <MONITORING AND DATA ACQUISITION PROTOTYPE>, <PHYSICAL CHEMICAL PARAMETERS>, <INTERNET OF THINGS (IoT)>, <MOBILE APPLICATION>, <HOME GARDENING>, <ACQUISITION>, <MONITORING>, <WIRELESS COMMUNICATION>.



Lic. Nelly Padilla P, Mgs.
0603818717
DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

Las plantas en la jardinería domestica son ampliamente cultivadas por investigadores y botánicos que trajeron más de 5,000 especies de plantas a Europa de sus viajes por América del Sur, África, Asia y Australia. Estas innovaciones fueron dibujadas y exhibidas en colecciones privadas en el jardín botánico y en la corte. Las mesas de flores pasaron a formar parte del salón a principios de la época burguesa, a finales del siglo XVIII. Además, el vivero floreció en el siglo XVIII, cultivando miles de plantas como cítricos, jazmín, reseda, laurel, mirto, agave y aloe (Álvarez, A. 2018, p.46-51).

En Ecuador existen investigaciones desarrollados en universidades, con el fin de obtener información sobre la tendencia comercial de las plantas ornamentales en la ciudad de Machala en donde se analizaron el comercio de plantas ornamentales para luego obtener información cuantificable de la oferta de especies ornamentales comercializadas en Machala, los viveros lugares en donde se almacena las plantas ornamentales están ubicados a las afueras de la ciudad ubicado a 230 kilómetros.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrolló un sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto Gsm Y Sms y arduino para las áreas verdes y para plantas ornamentales. Sin embargo, la implementación no cuenta con el control calidad de la planta, además de verificar factores como humedad, expresión y pasividad de la planta (EVANS, 2020 págs. 3-4).

La tecnología a brindado un potente desarrollo en los últimos tiempos, y permitiendo desarrollar un enfoque hacia una calidad de vida y bienestar de vida de las personas. Debido a que el internet se integro a finales de la década de los 90, esto ayudo con la comunicación y búsqueda que fue mejorando cada día, hasta el día de hoy en el cual la distancia no es un obstáculo en el cual permita comunicarse y obtener el conocimiento que necesita cada persona. Por lo que se ha desarrollado una nueva tecnología que es conocida como el internet de las cosas (IoT), esto nos permite no solo en comunicarnos entre personas por medio de internet, sino que objetos de un trabajo laboral común puedan tener una conexión a internet para brindarnos información, esto es aplicado en todo tipo de áreas, domesticas, laborales, espaciales, etc. Dentro de la jardinería doméstica es muy beneficioso para poder mejorar el crecimiento de las plantas, tener información actualizando en cualquier momento y sin importar el lugar en que nos encontremos facilitando el trabajo y mejorando la calidad de vida.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En este apartado se plantea resolver los parámetros físicos-químicos que influyen en el cultivo de las plantas en la jardinería domésticas, determinando así cumplir con el prototipo de supervisión y adquisición de datos para un manejo adecuado de las plantas en la jardinería doméstica.

1.1 Planteamiento del problema

El mantenimiento de la jardinería domésticas se rige a personas especializadas en el tema, el conocimiento sobre las plantas de jardinería doméstica es muy poco para poder manipular los sistemas electrónicos avanzados, muchas personas se entusiasman con el hecho de tener un jardín en su casa, pero a menudo se dan cuenta de los cuidados que requieren las plantas cuentan con algunos parámetros como el tipo de planta que se debe saber, el clima, la luz, el riego, alimentación, plagas y otros factores físicos-químicos para mantener un jardín saludable y productivo.

Las plantas dentro de la jardinería doméstica se topan con un problema de coyuntura, muchas personas no cuentan con el tiempo necesario para el cuidado de un jardín y se ven abrumadas por el trabajo y compromisos que esto conlleva, dificultando el mantenimiento y cuidado adecuado de la planta. Finalmente, la falta de conocimiento y experiencia puede ser una problemática, ya que la falta de conocimiento en la jardinería doméstica resultaría en pérdidas de tiempo, dinero y esfuerzo. En la ciudad de Quito se ha implantado un sistema autónomo para riego, que minimiza el trabajo de las personas obteniendo un eficiente uso del agua, con los resultados obtenidos se establece el uso eficiente de agua basado en el balance de humedad del suelo y temperatura del aire, de bajo coste y sencillo de implementar (Álvarez, A. 2018, p.46-51).

La finalidad del prototipo IoT es supervisar y adquirir datos de una planta en la jardinería doméstica con el objetivo de tener conocimiento sobre algunos parámetros físicos-químicos. Para que el sistema funcione, los parámetros deben ser investigados y analizados con ello se podrá obtener información que podrá ser guardada y visualizada.

1.2 Justificación del proyecto

El presente proyecto tiene como solución supervisar y adquirir datos de la jardinería domésticas, tomando en cuenta parámetros físicos-químicos ya que en ocasiones el cuidado de una planta doméstica no cuenta con conocimiento necesario de cultivo, falta de tiempo y de información. Para el presente proyecto se usará una tarjeta de desarrollo para la adquisición de datos conectado

directamente a una red IoT, la cual enviara datos a la web, a la vez se utilizarán diferentes tipos de sensores de acuerdo con los parámetros establecidos.

La concepción general del proyecto describe el diseño e implementación del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica, principalmente consta un módulo de adquisición de datos, módulo de transmisión y recepción de información y módulo de visualización de datos. El módulo de adquisición de datos será el encargado de recoger toda la información referente a los parámetros físicos-químicos. El siguiente modulo es el de transmisión y recepción de información que gestionará la recepción y procesamiento de la información enviada por los elementos del módulo de adquisición de datos, este nodo será el más importante ya que determinará el comportamiento de todo el sistema juntamente con el módulo de transmisión y recepción de información.

Módulo de visualización de los datos que mediante el sistema IoT enviará información hacia la aplicación móvil para ser monitoreada por el personal a cargo del cuidado de las plantas. El prototipo dispondrá de una base de datos donde se encontrarán los parámetros físicos-químicos adecuados objetos de estudio, los mismos que servirán como métricas para ser comparadas con las lecturas provenientes del módulo de adquisición de datos.

De los expuesto anteriormente se deduce la importancia que debe tener una jardinería domestica basada en determinados parámetros con la finalidad de obtener productos de calidad con valores agregados, y menor grado de contaminación ambiental.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica mediante una aplicación móvil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar los parámetros físicos-químicos que influyen en el cultivo de las plantas en la jardinería doméstica.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos en la jardinería doméstica.
- Diseñar el prototipo en base a los requerimientos determinados que permita la interacción entre el dispositivo móvil y el prototipo IoT a implementar.
- Seleccionar el software y hardware que me permita implementar el prototipo propuesto y la aplicación móvil.

- Validar el prototipo IoT y la aplicación móvil implementado en base a los requerimientos propuestos.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Esta sección cubre la literatura sobre el funcionamiento de los diferentes elementos electrónicos y eléctricos que se implementaran en el presente trabajo de integración curricular, tomando en cuenta las diferentes condiciones que rigen en la jardinería doméstica, la tecnología IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica mediante una aplicación móvil en un dispositivo Android.

2.1 La jardinería

El jardín es un espacio ubicado en un terreno determinado donde en él se realizan cultivos, principalmente, de especies de vegetales: árboles, plantas pequeñas como lo son los arbustos, flores que pueden estar ubicadas en macetas o directamente en la tierra del suelo, hierbas aromáticas, etc. Pero, además, en general, los jardines también incluyen otros elementos, que tienen un fin decorativo o estético: fuentes, esculturas, lámparas, luces, adornos de diferentes tipos. En el castellano un jardín de denominaba, en siglos pasados, como huerto de flor, como una manera de diferenciar entre los espacios donde se cultivaban flores y en aquellos donde se cultivaban hortalizas: vegetales comestibles de hoja, como la acelga, lechuga, escarola, achicoria, rúcula, etc (DE LA CRUZ, 2013 págs. 5-6).

El concepto de jardín es tan antiguo como la civilización humana. Por jardín entendemos el concepto de espacio abierto al aire libre, repleto de especies vegetales con diversas cualidades decorativas y algunas edificaciones para el esparcimiento de las personas. Por tanto, es un espacio creado por el hombre, no tiene mayores exigencias que el placer y la inmersión humana. Son espacios construidos sin una finalidad económica porque no presentan ningún beneficio en si mismos, pero tenemos que considerar la necesidad de invertir tiempo y dinero para mantenerlos adecuadamente, ya que, si permitimos que muchas de estas especies se desarrollen en su tamaño natural, perderán su valor decorativo original de diseño de jardines y muchos de ellos no son compatibles con los marcos de plantas utilizados en jardinería.

2.1.1 Características sobre la jardinería

En la jardinería se debe tomar en cuenta las siguientes características y funciones que ofrece:

- La jardinería se utiliza para crear y mantener hermosos lugares.
- En jardinería se trabaja con plantas que también son seres vivos.
- El cuidado de las plantas es un trabajo delicado.

- La jardinería se realiza al aire libre.
- El cuidado de las plantas depende de las condiciones climáticas y la temporada.

2.1.2 Tipos de jardines

2.1.2.1 Jardín formal

Se enfoca en la secuencia de elementos geométricos y líneas de simetría. Usa árboles, arbustos, arbustos y cualquier otro tipo de vegetación cuidadosamente arreglados. Un diseño de jardín formal deja un área rectangular o cuadrada para flores y plantas y un jardín ornamental, un tipo de diseño se presenta en la ilustración 1-2.



Ilustración 1-2: Jardinería formal

Fuente: (BONELLS, 2017 pág. 37).

2.1.2.2 Jardín informal

Los jardines informales intentan imitar la naturaleza utilizando formas irregulares y fluidas en las líneas del jardín, aunque estas líneas están hechas a mano, parecen descontroladas.

2.1.2.3 Jardín de casa de campo

Los jardines informales intentan imitar la naturaleza utilizando formas irregulares y fluidas en las líneas del jardín, aunque estas líneas están hechas a mano, parecen descontroladas.

2.1.2.4 Jardín acuático

En su creación se utilizan estanques, fuentes, cascadas, arroyos, fuentes, etc., ya que el agua da un toque especial y es un elemento de atracción muy importante. Su función principal es aumentar la humedad en el ambiente, así como proporcionar luz y movimiento.

2.1.2.5 Jardín aromático

Muchas plantas aromáticas son nativas de la India, por lo que no sorprende que los jardines del Medio Oriente fueran conocidos en la antigüedad como algunos de los más fragantes. Un jardín aromático puede estar formado por una gran variedad de especies, entre las que se encuentran trepadoras, arbustos, bulbos y variedad de flores como se muestra en la ilustración 2-2.



Ilustración 2-2: Avicultura casera

Fuente: (MARTÍNEZ, 2008).

2.1.2.6 Jardín silvestre

Los jardines silvestres no son para la producción y cosecha de suplementos nutricionales para consumo doméstico. Es un estilo natural diseñado para proporcionar un jardín agradable y tranquilo que también proporciona un hábitat adecuado para las plantas y la fauna natural. Timber Wildgardens son recursos de agua y refugios únicos que atraen una variedad de vida silvestre. Los pequeños árboles y arbustos proporcionan abundantes sitios de anidación para que las aves e insectos aniden y los insectos hibernen.

2.1.2.7 Jardín de hierbas

Históricamente, los jardines de hierbas eran más formales. Los jardines de hierbas usan bordes de macizos de flores recortados, caminos de mampostería precisos como los jardines de hierbas coloniales, aunque las líneas y los diseños formales a menudo son difíciles de incorporar en los paisajes modernos. Debe recordarse que los jardines de hierbas siempre deben tratar de mezclarse con el paisaje, no al revés.

2.2 Plantas en la jardinería

La jardinería es un arte en donde se cultivan plantas decorativas u ornamentales, entre las más comunes, por su belleza, forma o propiedades, donde el aspecto económico es secundario. A

diferencia de la agricultura, la jardinería no exige un control excesivo del cultivo, sin embargo, si necesita de cuidados específicos, según el tipo de plantas que se vaya a cultivar en el jardín.

2.2.1 Clasificación de las plantas en la jardinería

La jardinería, el arte y oficio del cuidado y mantenimiento de los jardines, es una actividad que no requiere grandes sumas de dinero ni medios específicos, pero el conocimiento es fundamental para lograr el resultado deseado. Conocer los tipos de plantas y las características de cada una puede marcar una gran diferencia en el diseño de jardines. La clasificación de las plantas se puede indicar mediante varios parámetros, podemos agrupar las plantas según su tamaño, duración y ubicación.

2.2.1.1 Coníferas

Las coníferas, plantas muy primitivas y extremadamente duras, se rigen como piedra, su gran desarrollo y su resistencia, otorgan al jardín una estructura sólida, además de un aire de madurez difícil de conseguir con otro grupo de árboles. También tienen la ventaja de que se adaptan muy bien a todo tipo de jardines (GALLEGO, 2003).

2.2.1.2 Frondosas

Las plantas de esta clasificación poseen las características de una planta ornamental por su aspecto decorativo. Las distintas variedades de especies sobresalen por la belleza de sus hojas y flores adoptándose a diferentes tipos de climas, al crecer se convierten en árboles que se vuelven puntos de referencia muy llamativos en el jardín.

2.2.1.3 Palmeras

Estas plantas son un tipo de árbol que proviene de climas tropicales y subtropicales, pero se adaptan dependiendo del cuidado y del trato que se lleve a cabo en su crecimiento. Una recomendación para estas plantas es que las diferentes especies que existen se deben elegir cuidadosamente dependiendo a la tolerancia del clima en donde se las quiera plantar. Estas plantas no se adaptan a climas que sean inferiores a 0°C, una de las que mejor soportan el clima frío es el palmito de la China.

2.2.1.4 Setos

Generalmente los setos son alineaciones de arbustos, aunque también pueden serlo árboles y trepadora, que se crean para diferenciar espacios, ya sea como muro de un jardín o para delimitar

distintos usos. También pueden utilizarse como un lienzo sobre el que contrasten colores, resalten formas y se combinen diferentes texturas.

2.2.1.5 Trepadoras

Existe un grupo de plantas, altamente ornamentales, cuyos tallos no tienen la fuerza suficiente para sostenerse solos y han desarrollado la facultad de trepar para llegar más fácil y rápidamente a la luz del sol, sobre todo en las zonas tropicales. Gracias a su calidad de crecer sobre muros, pilares, celosías o pérgolas, las trepadoras suponen un elemento de composición imprescindible en el jardín. Se desarrollan modificaciones morfológicas en estas plantas por tal motivo se clasifican en distintos grupos:

- Enredaderas
- Adhesivas
- Con zarcillos
- Con espinas
- Celosías
- Pérgolas y emparrados
- Columnas y pilares

2.2.1.6 Variedades de rosas

A lo largo de los siglos, existen alrededor de 150 especies de rosas que se han desarrollado como resultado de mutaciones naturales y artificiales. Quizás una de las plantas más manipuladas en la historia de la horticultura, los ejemplares actuales son el resultado de innumerables cruces entre diferentes especies de rosales.

2.2.1.7 Arbusto

En la actualidad al hablar de plantas y árboles es pensar que los arbustos están dentro de estos conceptos, pero la diferencia es que un arbusto es considerado diferente a estos por su tamaño. Pero al hablar de tamaño se puede confundir con alguna otra planta o árbol de tamaño reducido, es por ello que un arbusto se considera que su altura es de hasta máximo de 6 metros, aunque en ocasiones su tamaño puede ser mucho más reducido. Un arbusto es una planta de tipo leñoso, considerando sus tallos y ramas duras y rígidas, su estructura se distribuye en ramificaciones como se muestra en la ilustración 3-2.



Ilustración 3-2: Arbusto

Fuente: (MARTÍNEZ, 2008).

2.2.1.8 *Herbáceas*

Los tallos de las plantas de este grupo no se desarrollan en estructuras fuertes o tipos de madera. Por ello, su textura suele ser mucho más suave. Pueden ser ramificados o no ramificados. Su duración suele ser corta, pero gracias a ello son plantas con una excelente adaptación al clima. Por lo tanto, son los más comunes en la superficie de la tierra.

2.2.2 *Tendencia de plantas en jardinería*

Hay muchos tipos de plantas. Árboles, palmeras, coníferas, hierbas, arbustos, musgos, helechos, algas y cactus, etc. Cada uno de ellos tiene sus propias características que lo convierten en una especie única. Aunque comparten un sistema de obtención de energía a través de la fotosíntesis, también muchas personas tienen su propia elección de tipo de plantas para decorar su jardín.

A continuación, en la tabla 1-2 demuestra un listado de las plantas más comúnmente utilizadas para la construcción y elaboración de un jardín exterior.

Tabla 1-2: Características de plantas comunes en jardines domésticos

Planta	Tipo	Nombre Científico	Temperatura	Humedad	Luminosidad
Palma areca	Palmeras	Dypsis lutescens	Rango entre 18° C a 25° C	Abundante	Ambientes luminosos
Helechos	Coníferas	Pteridium aquilinum	Rango entre 15° C a 24° C	Normal	Mucha sombra
Cactus Euforbia	Cactáceas	Euphorbia	Rango de 10° C a más	Poca	Mucha luz solar
Begonias	Flores	Begonia semperflorens	Rango de 15° C a mas	Normal	Ambientes luminosos
Geranios	Flores	Geranium	Rango entre 18° C a 20° C	Normal	Ambientes luminosos
Rosas	Rosales	Rosas	Rango entre 17° C a 25° C	Normal	Ambientes luminosos
Flor celeste	Arbusto	Duranta erecta	Rango entre 10° C a 35 °C	Poca	Mucha luz solar

Fuente: (FLORMACCOOP, 2020 págs. 7-34).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

2.3 Arquitectura de la jardinería doméstica

Al momento de elegir la ubicación idónea del lugar en donde se va a ubicar las plantas para empezar a crear un jardín doméstico, se debe considerar algunos parámetros como: luz ya sean de interior o exterior, si van a estar sobre una ubicación ya sea al suelo o en espacios altos como un balcón, por el contrario si van a estar ubicadas en el patio o terraza, estarán más relacionadas con el sol de la mañana que el del atardecer, considerando que se debe tener cuidado con el sol del mediodía en el verano, pues puede que la humedad se evapore mucho más rápido de las plantas.

Al seleccionar los lugares se debe considerar los tipos de plantas que se adapten al espacio que se elija, lo primero que se debe hacer es determinar dónde ubicar el jardín o las plantas, asegurándose que el lugar cuente con correspondencia directa con el sol, permitiendo así que cuenten con características de una buena planta.

Considera la arquitectura al momento de elegir la ubicación de una jardinería doméstica, es considerar algunos parámetros como ya se mencionó anteriormente, adicional a estos parámetros se debe tener presente de forma general algunos factores adicionales como:

- Clima del sector
- Suelo
- Agua de riego
- Zona de estar
- Microclimas
- Orografía del terreno
- Listas de plantas

Estos factores se los debe considerar al momento de diseñar un jardín, además de elegir un lugar en donde cuente con el espacio suficiente para implementar un jardín doméstico, el espacio va a ser considerado respecto a la ubicación, al número de plantas que se desea cuidar, y varios factores adicionales que se debe considerar ya que no es lo mismo plantar un jardín en un patio que en una terraza o en un balcón.

De los factores expuestos anteriormente se debe considerar al microclima como una de los factores más importantes ya que aparte del clima general de la región, ya sea costa o sierra, el jardín doméstico o parcela cuenta con lugares con condiciones ambientales particulares, que son los microclimas.

2.4 Condiciones ambientales de la jardinería doméstica

Las condiciones ambientales de una jardinería doméstica se destacan por sus microclimas, aparte del clima en general en donde están ubicados. Las condiciones ambientales particulares de los jardines con respecto a los microclimas son:

- Junto a un muro
- Debajo de un árbol
- Rincones húmedos
- Zona protegida o expuesta al viento
- Zonas con sol
- Zonas con sombra

Estas condiciones ambientales por considerar llevan a considerar algunos factores adicionales como el suelo, textura del suelo, profundidad de la tierra, drenaje, nutrientes del suelo y Ph del suelo.

2.4.1 Parámetros físicos-químicos de la jardinería doméstica

Las condiciones adecuadas de las plantas no es la misma dentro de un invernadero que en ambiente natural o campo abierto, pues una de las principales características es que las plantas cuentan un desarrollo de raíces mucho más grande en comparación a otras, el intercambio de gases y dinámica de agua de estos contenedores afecta mucho a las plantas. Los principales parámetros de las plantas dentro de la jardinería doméstica se refieren a características físicas, químicas y biológicas, y entre estas, las características físicas y químicas que juegan un rol importante dentro de la jardinería doméstica (SCHAFER, G., 2015, p.02).

Para determinar las características físicas que se debe tomar en cuenta o se consideran las más importantes por no poder alterarse una vez que estableció el cultivo, se puede mencionar entre las más importantes la densidad en una base húmeda y seca, la porosidad total, el espacio de aireación y la retención de agua a baja temperatura y tensiones de humedad. Las características químicas más relevantes en las plantas incluyen el valor de pH, conductividades eléctricas y/o contenido total de sales solubles y niveles de nutrientes disponibles. Tanto el oxígeno como el agua son el medio de crecimiento de las plantas, ya que permite determinar la orientación radicular y el estado metabólico de la raíz, el agua debe estar disponible en bajas tensiones, estableciendo una humedad relativa en las plantas proporcionando así una cantidad suficiente de agua y aire en las plantas.

En cuanto a las propiedades químicas más utilizadas para evaluar el estado de las plantas en la jardinería doméstica son el potencial de hidrogeno (pH) que está establecido para las plantas en

un rango de 6 a 7.5 de acidez, conductividad eléctrica (CE), o sales solubles, ciertas plantas son analizadas mediante concentraciones específicas de nutrientes en las plantas.

El establecimiento de los parámetros físico-químicos de la jardinería domestica se lo lleva en base al estudio de las plantas ya establecidas anteriormente y haciendo énfasis en las variables más importantes que se debe controlar en las plantas están, la temperatura del suelo, humedad, luz, pH del suelo, nutrientes y temperatura ambiente.

2.4.1.1 *Temperatura del suelo*

La temperatura del suelo debe ser considerada relevante ya que en ocasiones no se puede plantar en cualquier lugar del suelo a menos que este haya sido tratado o cuente con temperaturas ideales para cada tipo de plantas, el proceso de germinación y cultivo solo se da en temperaturas mayores a 5 grados, la temperatura es la encargada de mantener ciertos procesos microbianos, bióticos y químicos que se presentan en el suelo. Estos factores cambian con respecto al factor climático, ya que en regiones climáticos fríos el fosforo se encuentra en menor proporción permitiendo que realice una absorción adecuada de los nutrientes. Para lugares que cuentan con climas calientes dependerá de ciertos factores como la radiación global, el albedo, y de la radiación infrarroja además de las emisiones de luz solar recibidas por la atmósfera y la Tierra (GALINDO ARAQUE, 2017 págs. 24-31).

2.4.1.2 *Conductividad eléctrica del suelo (CE)*

La conductividad eléctrica del suelo se mide por el contenido de sales solubles totales (TSS) o también conocido como la conductividad eléctrica (EC). Se mide la cantidad de iones disueltas (sales) presentes en el entorno, se expresa en miliSiemens/cm (mS/cm). En la agricultura, se mide el suelo como el agua de riego ya que cuenta, se puede tener conocimiento de la alta salinidad que posee. Se obtener información de la salinidad mediante sensores conectados directamente al suelo para medir estos factores, la tabla 2-2 evidencia la cantidad de salinidad y sus valores (SAVVAS, y otros, 2018 págs. 280-293).

Tabla 2-2: Valores de la conductividad eléctrica

CE (mS/cm)	Salinidad
Menor a 0.8	Baja
0.8 – 1.6	Media
1.6 – 3.0	Alta
3.0	Muy alta

Fuente: (SAVVAS, y otros, 2018 págs. 180-293).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

2.4.1.3 Humedad del suelo

La humedad del suelo depende de varios factores entre ellos esta principalmente la textura, profundidad, actividad biológica y materia orgánica. El suelo debe tener una compactación adecuada que permita el desarrollo de las raíces, con esta permite la infiltración de los nutrientes, aire, agua, y movimiento capilar de la planta, la materia orgánica tiene que ver directamente con la humedad, por ende si se cuenta con una humedad optima, el suelo obtendrá un mayor rendimiento, así mismo la falta de humedad causa una baja producción de cultivos, siendo este uno de los factores limitantes en la producción de tres cuartas partes de los cultivos en el mundo (GALINDO ARAQUE, 2017 págs. 24-31).

2.4.1.4 Luz ambiente

La cantidad de luz para el óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas, se considera 3 factores importantes: cantidad, calidad y duración. Una planta en condiciones normales recibe luz del sol; la cantidad y tiempo depende de la estación o del clima según la ubicación geográfica, la luz provee a las plantas de información espacial, temporal y estacional. Con esta información las plantas regulan múltiples procesos durante su vida útil, la cantidad de luz debe ser controlada ya que en ocasiones la planta dependiendo de su ubicación geográfica no puede tomar mucha luz solar, además se debe considerar que cada planta cuenta con distintos niveles de luz, esta cantidad de luz permite la actividad fotosintética para producir más oxígeno de lo que requiere la planta para la respiración debe ser mucho menor al dióxido de carbono total utilizado para la fotosíntesis, es por ello que el estudio de las plantas ha determinado que la mejor forma que una planta crezca con tallo, hojas y frutos bastos es gracias a las luces leds (BOYÁS GARCÍA, 2022 págs. 96-103).

Las luces leds cuentan con diferentes colores de luces las cuales en beneficio de las plantas se considera el color rojo y azul para su crecimiento; la luz roja y azul es beneficioso para el crecimiento y floración de la planta en intervalos de tiempo.

2.4.1.5 pH del suelo

El pH del suelo o también conocido como el potencial de hidrogeno es la propiedad química más relevante, ya que está relacionada directamente con los nutrientes en los medios de cultivo, especialmente micronutrientes, el pH se define como el valor de ion hidrogeno que se expresa por el logaritmo negativo de la concentración de este ion. El pH define la acidez o alcalinidad relativa de la planta con un pH entre 5.0 y 6.0, pero la sensibilidad a los ambientes ácidos o alcalinos varia de una planta a otra. Un pH de 5.5 a 6.5 se considera óptimo para los medios de cultivo de las plantas.

2.4.1.6 Nutrientes

La disponibilidad de nutrientes se lo mide por la cantidad de Nitrógeno, Fosforo, potasio, calcio y magnesio entre los más importantes dentro del control del cultivo, estos factores deben estar siempre en cantidades proporcionales adecuadas para las plantas, para el control y medición de los nutrientes brinda resultados específicos, pero son costos, es por ello que no son muy utilizados en el cultivo. El magnesio juega un papel muy importante en las plantas ornamentales, ya que si encuentra en exceso puede causar toxicidad y los síntomas causan daños en la estructura de las plantas para su comercio. La tabla 3-2 muestra los valores promedios dentro de las plantas ornamentales, recordando que no son valores para que puedan ser fertilizadas las plantas, sino son las cantidades que absorben las plantas (SAVVAS, y otros, 2018 págs. 280-293).

Tabla 3-2: Valores promedios de nutrientes

Macronutrientes	Absorción diaria común	Forma de absorción
Calcio (Ca)	0.5 – 1.5 kg/ha	Ca^{2+} calcio
Potasio (K ₂ O)	1.5 – 5 kg/ha	K^+ potasio
Fosforo (P ₂ O ₅)	0.3 – 0.7 kg/ha	$H_2PO_4^-$ dihidrógenofosfato HPO_4^{2-} amonio
Nitrógeno (N)	1.5 – 4 kg/ha	NO_3^- nitrato NH_4^+ amonio
Magnesio (Mg)	0.2 – 0.5 kg/ha	Mg^{2+} magnesio

Fuente: (SAVVAS, y otros, 2018 págs. 280-293).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

2.5 Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas puede ser un tema polémico en la industria, pero no es un concepto nuevo. En la década de 2000, Kevin Ashton estaba preparando el terreno para lo que se convertiría en la Internet de las cosas (IoT) en el MIT AutoID laboratorio. Ashton fue uno de los pioneros que concibieron esta idea mientras buscaba la manera de que Procter & Gamble podría mejorar su negocio mediante la vinculación de la información RFID (identificación por radiofrecuencia) a Internet. El concepto era simple pero potente. Si todos los objetos de la vida cotidiana estuvieran equipados con identificadores y conectividad inalámbrica, estos podrían comunicarse entre sí y ser gestionados por las computadoras.

Se puede pensar en IoT como una combinación de sensores y actuadores capaces de entregar y recibir información digital y colocarla en una red bidireccional capaz de transmitir todos los datos para el consumo de varios servicios y usuarios finales.

Múltiples sensores se pueden unir a un objeto o dispositivo para medir una amplia gama de variables físicas o fenómenos y luego transmitir todos los datos a la nube. La detección puede ser entendida como un modelo de servicio. Como se muestra en la ilustración 4-2.

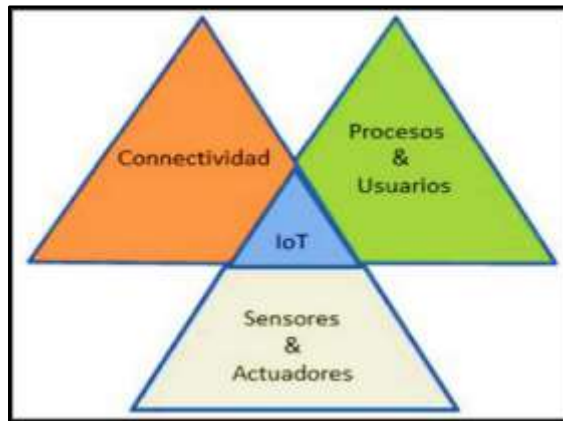


Ilustración 4-2: Concepto IoT

Fuente: (SILVESTRE, y otros, 2020 pág. 14).

En 2003, había aproximadamente 6,3 mil millones de personas en el planeta, y había 500 millones de dispositivos conectados a Internet.³ Si dividimos la cantidad de dispositivos conectados por la población mundial, el resultado indica que había menos de un dispositivo (0,08) por persona. De acuerdo con la definición de Cisco IBSG, IdC aún no existía en 2003 porque la cantidad de cosas conectadas era relativamente escasa, dado que apenas comenzada la invasión de los dispositivos omnipresentes, como los smartphones. Por ejemplo, el Director General de Apple, Steve Jobs, no presentó el iPhone sino hasta el 9 de enero de 2007 en la conferencia Macworld (EVANS, 2020 págs. 3-4).

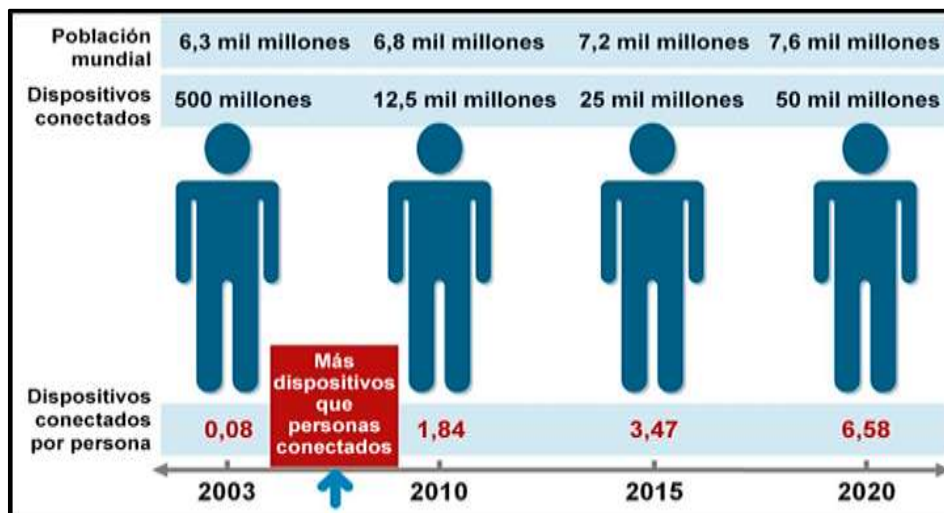


Ilustración 5-2: Número total de dispositivos IoT conectados

Fuente: (EVANS, 2020).

2.5.1 Arquitectura de sistemas IoT

Los dispositivos inteligentes pueden estar ya conectados a través de Internet tradicional. Sin embargo, la IoT incorpora la capa de detección que reduce los requisitos de la capacidad de esos dispositivos y permite su interconexión. Sensores consumidores de datos se comunican con

sensores o propietarios de los mismos a través de la capa de integración de la información que es responsable de toda la comunicación y las transacciones. Mientras tanto surgen nuevos requerimientos y desafíos para el intercambio de datos, el filtrado y la integración de la información, la definición de nuevos servicios para los usuarios, así como un incremento de la complejidad de la arquitectura de la red. Por otra parte, el uso de las tecnologías en nube está creciendo de manera exponencial. Nuevas plataformas de infraestructuras y aplicaciones de software se ofrecen en el marco de la IoT. Algunas de las principales ventajas y beneficios de la IoT serán la creación de servicios innovadores con un mejor rendimiento y soluciones de valor añadido, junto con la reducción de los costos de adquisición de datos de los servicios existentes y la oportunidad de crear nuevas fuentes de ingresos en un contexto de un modelo de negocio sostenible. Estas aplicaciones se pueden orientar a los consumidores, negocios, comerciales, y actividades de encuestas, a la comunidad industrial y científica mediante el aprovechamiento de los desarrolladores de aplicaciones.

La tabla 4-2 presenta las cuatro capas fundamentales que debe de tener implementado los sistemas IoT.

Tabla 4-2: Arquitectura de sistema IoT

Arquitectura IoT de cuatro capas	
Capas	Descripción
Capa de detección	Sensores, los objetos físicos y la obtención de datos.
Capa de Intercambio de Datos	Transmisión transparente de datos a través de redes de comunicación.
Capa de integración de la información	El procesamiento de la información incierta adquirida de las redes, filtrado de datos no deseados e integración de información principal en conocimiento útil para los servicios y los usuarios finales.
Capa de servicio de aplicación	Da servicios de contenido a los usuarios.

Fuente: (SILVESTRE, y otros, 2020 pág. 16).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

2.5.2 Beneficios IoT

Los dispositivos actuales y el IoT se aplican a nuevos campos o industrias todos los días con múltiples disciplinas que ayudan a evolucionar de acuerdo con el enfoque o la tendencia requerida, como la orientada a la eficiencia, que determina la mantenibilidad de la conectividad del dispositivo. Necesitas usar Internet para esto. No basta solo con mejorar la eficiencia de los equipos a nivel de hardware. La contribución del software a la utilidad de la máquina también es muy importante. Actualmente, el software determina el comportamiento de los equipos, y mediante el uso de algoritmos orientados a la seguridad, esto se puede garantizar al utilizar Internet. Por ejemplo, la cadena de bloques adaptada al Internet de las Cosas, así como el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático para la empresa, pueden aumentar el uso de transacciones. Las unidades que generan información a partir de estos datos se pueden analizar

en indicadores para obtener datos inteligentes que utilizan algoritmos relacionados con el aprendizaje automático y algoritmos para la aplicación de inteligencia artificial, por lo que se puede considerar que el Internet de las Cosas está experimentando un desarrollo exponencial en ambos sectores y la investigación.

2.5.3 Desarrollo IoT

Si las tendencias y predicciones de IoT se hacen realidad, puede conducir a un cambio en el pensamiento sobre los impactos y los problemas en un mundo donde la mayoría de las interacciones con Internet son interacciones pasivas con objetos conectados, en lugar de interacciones activas con el contenido de las interacciones, en la ilustración 6-2 se presenta en desarrollo de los sistemas IoT y sus interacciones.

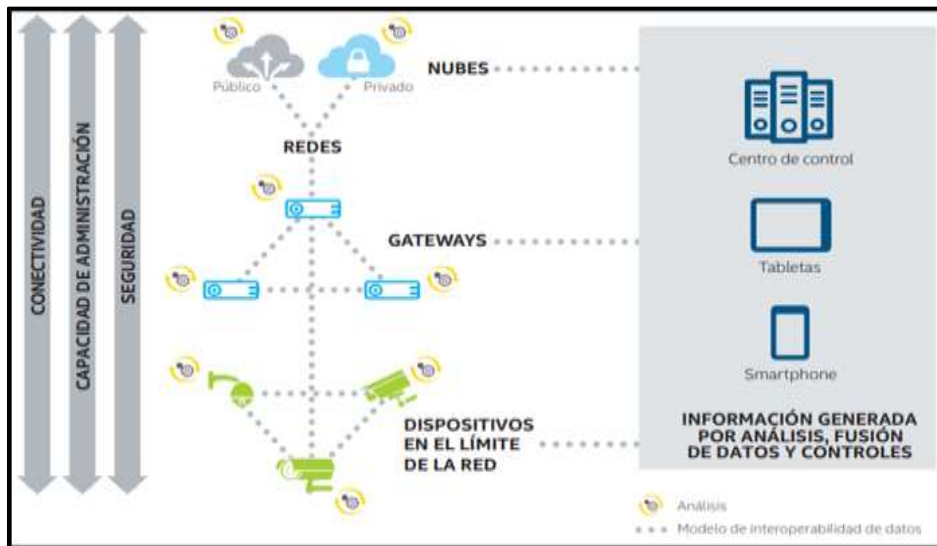


Ilustración 6-2: Desarrollo de sistemas IoT

Fuente: (ROSE, 2015).

2.5.4 Seguridad del IoT

La seguridad es uno de los principales factores que favorecen el despliegue de IoT. Nadie puede acceder a la información procesada. Un análisis y clasificación de los dispositivos utilizados en IoT y sus vulnerabilidades. Actualmente, es necesario repensar enfoques, ajustar herramientas, métodos y procedimientos para mejorar la seguridad en sistemas IoT.

Un estudio, reveló que el 94% de los expertos considera firmemente que los dispositivos del IoT que no estén debidamente protegidos podrían detonar un incidente de seguridad “catastrófico”. El 76% piensa que cualquier momento en los próximos dos años se producirá un ataque DDoS (Distributed Denial of Service) a través de IoT. El 77% admite que no considera el riesgo del IoT al desplegarlos, ya que delega este tema en las terceras partes involucradas. Además, el 67% no

evalúa las prácticas de seguridad y privacidad de las terceras partes antes de generar una operación de negocios con ellos. Con respecto al esfuerzo de seguridad, el 94% lo direcciona a un firewall de red tradicional para manejar las amenazas de IoT (CASTRO, 2017 pág. 4).

2.5.5 Protocolo de comunicación del IoT

Los protocolos que existen son los pertenecientes al acceso y aquellos que permiten el transporte de datos obtenidos por dispositivos entre otros se encuentran:

2.5.5.1 Bluetooth

Es un protocolo de enlace por radiofrecuencia con un funcionamiento confiable en la banda de 2.4 GHz. Es un subconjunto de Bluetooth v4.0 dirigido a aplicaciones de muy baja potencia alimentados con batería desde 1 mW. El alcance puede llegar a 150m, siendo la velocidad de transferencia de 125Kb/s a 2 Mb/s (LE). La versión 5.0 presenta soporte para IPv6/6LoWPAN.

2.5.5.2 ZigBee

Es un protocolo de comunicaciones inalámbrico normalizado para redes de área personal (WPAN), basado en el estándar IEEE 802.15.4. El estándar es establecer la comunicación inalámbrica entre dispositivos electrónicos de bajo consumo, importantes en las redes de sensores en medios industriales, médicos y principalmente domóticos e inmóticos (CASTRO, 2017 pág. 4).

El estándar ZigBee fue desarrollado por ZigBee Alliance cuya organización cuenta con más de 200 empresas vinculadas a la fabricación de semiconductores, entre las más representativas podemos anotar a: Mitsubichi, Motorola, Philips, Honeywell, Invens y entre otras (LOYOLA PINOS, y otros, 2015 pág. 14).

2.5.5.3 Comunicación MQTT

Es un protocolo de publicación y suscripción a mensajes. Está enfocado al envío de datos en aplicaciones donde se requiere muy poco ancho de banda. La comunicación es a través de Topics, que crea el dispositivo que esta se encarga de publicar el mensaje y los nodos que deseen recibirlo como también deben suscribirse a él; la ilustración 7-2 muestra los diferentes nodos de comunicación.

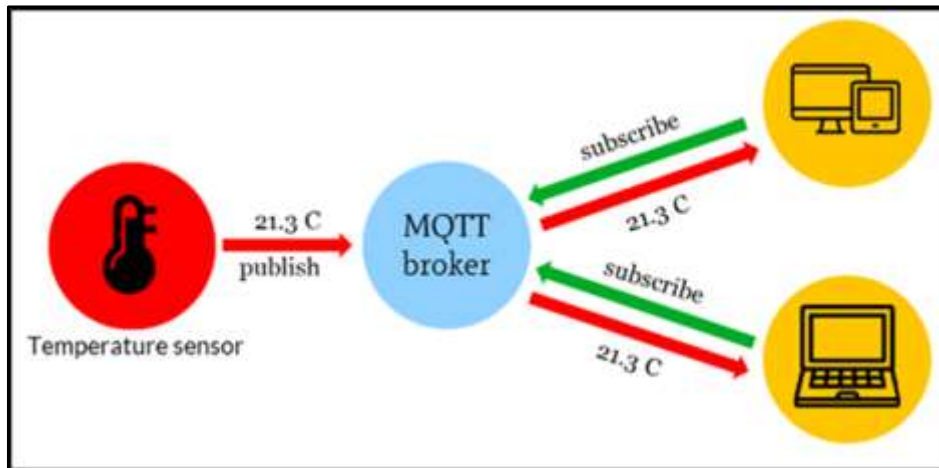


Ilustración 7-2: Modelo publish/subscribe

Fuente: (SALTOS, E., 2018, p. 13).

2.6 Sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición son los responsables de la recopilación de datos a través de sensores e instrumentos que permiten la medición de estos mismos, es uno de los elementos clave de cada sistema de monitoreo en cualquier ámbito. Están diseñados y optimizados para medir y monitorear algunos parámetros seleccionados en específico. Sin embargo, también es característico que incluso si algunos sistemas están diseñados solo para aplicaciones específicas, también suelen contener una serie de soluciones universales que pueden usarse otras aplicaciones como pueden ser: estructuras de base de datos, sistemas de comunicación, confiabilidad, seguridad y protección, etc. O puede reconfigurarse potencialmente para cumplir con otros requisitos (KUNICKI, 2020 pág. 1).

2.6.1 *Sistemas modernos de adquisición de datos*

Hoy en día, se ha sacado provecho de las muchas tecnologías que se actualizan al pasar los años, en el campo de medición, calibración o almacenamiento de datos a través de instrumentos especializados en adquirir datos de físicos a digitales. Para organizar un sistema es necesario contar con tarjetas que sirvan para la adquisición de datos estas se conectan a equipos de medición, sensores e instrumentos a una computadora.

2.6.2 *Sensores*

La mayoría de las variables deben medirse con un dispositivo que convierta los fenómenos en una forma que un ser humano pueda percibir, como una pantalla visual, un transductor de sonido o vibraciones para estimular sensaciones físicas. Los dispositivos de conversión se denominan transductores o sensores y traducen los fenómenos físicos en señales eléctricas (o viceversa) para ser medidas con instrumentos electrónicos.

Los sensores empaquetados generalmente están diseñados para garantizar señales de salida precisas con la ubicación adecuada de los componentes, blindaje, el filtrado y el desvío de las conexiones de E/S de tierra y alimentación. Sin embargo, los sensores desprotegidos, como los termopares y las galgas extensiométricas, a menudo son expuestos a numerosos tipos de señales de ruido que pueden acoplarse a los sensores y cables y contaminar la señal deseada. En la instalación de dichos sensores deben seguir las prácticas adecuadas y aceptadas por la industria para garantizar que las señales de salida de los sensores sean confiables, imparciales y libres de ruido e interferencia.

A continuación, una de las clasificaciones de sensores que se utilizan en la industria y en la práctica profesional para algunas aplicaciones dependiendo de su funcionalidad.

2.6.2.1 Sensor de temperatura

Se utiliza para medir la cantidad de energía en forma de calor y frío producida por un objeto y un sistema. Permite sentir o detectar cualquier cambio físico en esa energía y da la salida como analógica o digital. Los sensores de temperatura se utilizan en diversas aplicaciones, como notificación de temperatura ambiental, instrumentos médicos, automóviles, etc. Según la aplicación y sus características, hay muchos tipos de sensores de temperatura, sensor de temperatura de contacto y sensor de temperatura sin contacto. En el sensor de temperatura de contacto, hay contacto físico con el objeto de que se detecta y para controlar el cambio de temperatura, se utiliza la conducción. Se utiliza para detectar sólidos, líquidos o gases en un amplio rango de temperaturas. En un sensor de temperatura sin contacto, utilizamos las propiedades de convección y radiación para medir los cambios de temperatura. Utiliza energía radiante en forma de calor y frío (CHARAN, 2020 págs. 11-18).

2.6.2.2 Sensor de humedad

La humedad es la cantidad de agua presente en el aire circundante y un higrómetro es el dispositivo que mide la humedad directamente. La humedad es una cantidad no eléctrica que se convierte en cantidad eléctrica mediante el uso de propiedades de resistencia, capacitancia e impedancia. Hay varios parámetros que cambian debido a la humedad. Hay cinco tipos básicos de sensores de humedad: higrómetro resistivo, higrómetro capacitivo, refractómetro de microondas, higrómetro de óxido de aluminio e higrómetro de cristal (CHARAN, 2020 págs. 11-18).

2.6.2.3 Sensor de luz

Un sensor de luz es un sensor pasivo fotoeléctrico que cambia la energía de la luz en una salida de señal eléctrica. Mide la luz ambiental que es la luz circundante, la luz de la habitación y la luz

reflejada. El componente principal de un sensor de luz es la resistencia dependiente de la luz (LDR) o fotorresistencia. Es una resistencia que depende de la luz la cual cambia su resistencia dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre ella. Los sensores están hechos de materiales semiconductores y, por lo tanto, cuando la luz incide sobre el material semiconductor, se vuelve de baja conductividad y, por lo tanto, tiene menos resistencia. Cuando aumentamos la intensidad de la luz, su resistencia disminuye y viceversa. La intensidad de la luz que cae sobre un LDR se mide en lux (CHARAN, 2020 págs. 11-18).

2.6.2.4 Sensor de PH

El sensor de potencial de hidrogeno (ilustración 8-2) permite identificar los valores de la alcalinidad o acides que presenta una solución acuosa, el sensor que se elige en las aplicaciones posee un bajo costo, pero posee una gran precisión siendo esta de 0.1 PH, gracias a esto se puede construir un sistema con grandes rangos de precisión y con un bajo costo (SILVA TORRES, y otros, 2020 págs. 51-53).



Ilustración 8-2: Sensor de PH

Fuente: (SILVA TORRES, y otros, 2020).

2.6.3 Redes de sensores inalámbricos

La red de sensores inalámbricos o denominados WSN (Wireless Sensor Networks) suele estar formadas por un gran número de dispositivos distribuidos a gran distancia que están equipados con sensores para monitorizar fenómenos físicos o ambientales. Estos dispositivos funcionan de forma autónoma y están lógicamente conectados por medios autoorganizativos (NACK, 2014 pág. 1).

2.6.4 Arquitectura de una red de sensores inalámbricos

La arquitectura de una WSN, es constituida básicamente por tres elementos principales que son: los nodos sensores, el gateway y la estación base. De este modo en la ilustración 9-2, se propone

una arquitectura para el funcionamiento de este proyecto; como primer elemento se encuentran los nodos sensores encargados de procesar y transmitir vía comunicación inalámbrica al nodo central (gateway) la información de los sensores. El segundo componente es la estación base y dentro de esta se encuentra el gateway, que se encarga de recolectar los datos provenientes de cada nodo sensor, para posteriormente almacenarlos en una base de datos; seguido de una transmisión a un servidor web local para finalmente observar la información de una manera sencilla por medio de una página web (DOMÍNGUEZ PASQUEL, 2020 págs. 8-10).

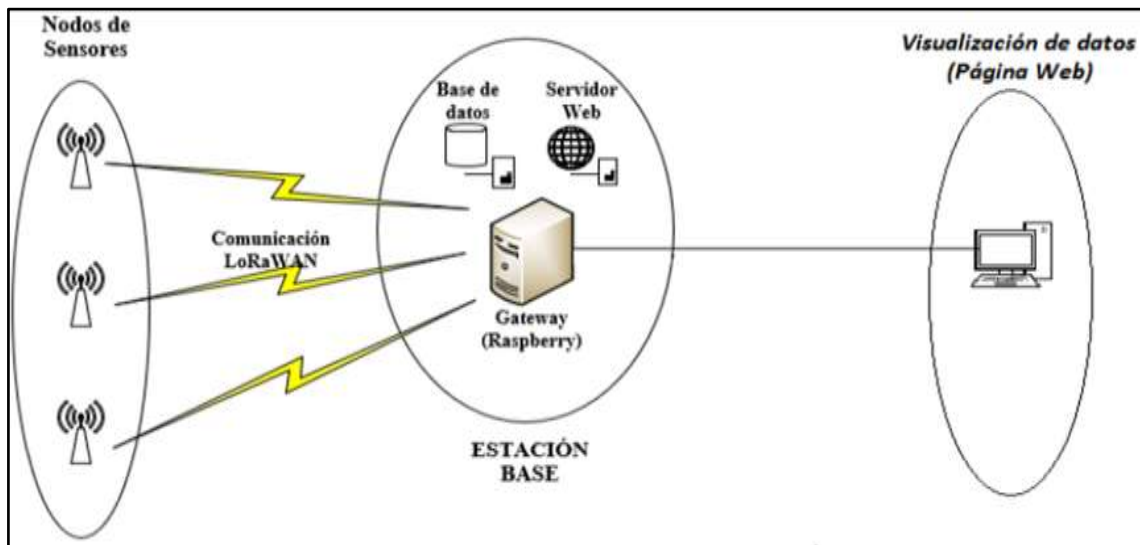


Ilustración 9-2: Arquitectura básica de la WSN

Fuente: (DOMÍNGUEZ PASQUEL, 2020 págs. 8-10).

2.6.5 Topología de redes

La topología de una red es una distribución física o lógica de comunicación e intercambio de datos entre diferentes nodos, donde un nodo maestro y varios nodos esclavos interfieren para seleccionar la ruta de transmisión óptima, a menudo en paralelo de monitoreo privilegiado.

2.6.5.1 Topología en estrella

En esta topología existe un punto central en donde se trate de un switch central, así cuando un nodo se avería no afecta a la red ya que el encargado de distribuir la comunicación en la red es el principal como se observa en la ilustración 10-2, por otro lado, esta topología es más cara que otras ya que se necesita un hardware adicional (VILLACRESES, 2020 págs. 62-68).

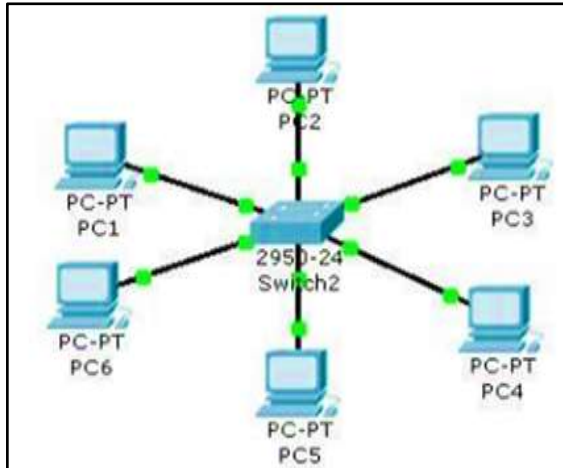


Ilustración 10-2: Topología en estrella

Fuente: (DOMÍNGUEZ PASQUEL, 2020 págs. 8-10).

2.6.5.2 Topología en malla

Se pone en práctica cuando no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones, para esto cada ordenador tiene sus propias conexiones hacia los demás ordenadores, debido a esto, considerando “n” como numero de nodos en la red (ver ilustración 11-2).

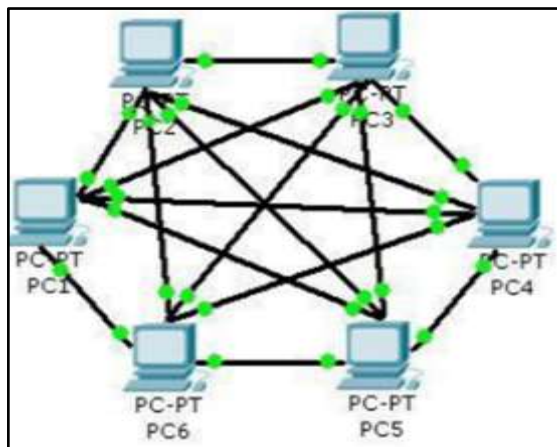


Ilustración 11-2: Topología en malla

Fuente: (DOMÍNGUEZ PASQUEL, 2020 págs. 8-10).

2.6.5.3 Topología en árbol

Es denominada también jerárquica que se desarrolla de forma similar a la topología de estrella, pero en lugar de conectar dos switches entre sí, el sistema se conecta al ordenador que controla el tráfico de la red como se muestra en la ilustración 12-2.

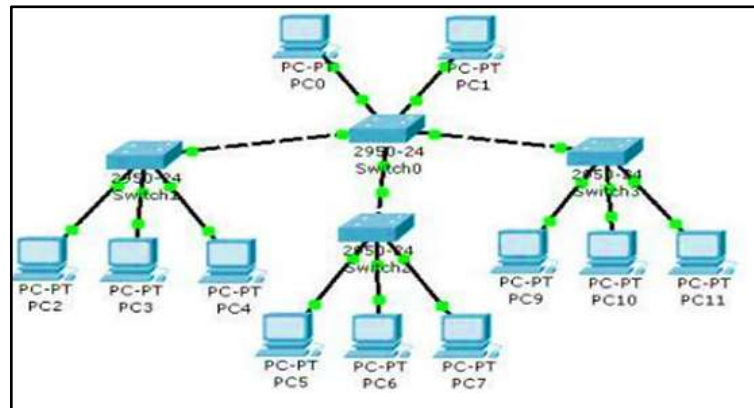


Ilustración 12-2: Topología en árbol

Fuente: (DOMÍNGUEZ PASQUEL, 2020 págs. 8-10).

2.6.6 Acondicionamiento de señal

Las variables se pueden clasificar de muchas maneras, pero, en general, la mayoría de los expertos prefieren dos clasificaciones: por características y por tipo de señal de medición. Las señales de medición para variables a menudo son difíciles de diferenciar del sistema de medición. Hay cuatro factores que requieren una cuidadosa consideración para las señales y los sistemas de medición: los tipos de transductores disponibles para convertir variables en señales de medición, las características de transmisión, la coincidencia de entrada del sistema de adquisición de datos y los transductores disponibles para convertir de un tipo de señal de medición a otra señal de medición (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 págs. 9-40).

2.6.6.1 Amplificación

Los amplificadores toman una señal de un transductor u otra fuente de entrada y proporcionan una versión más grande de la señal a algún dispositivo de salida u otra etapa del amplificador. La señal del transductor de entrada suele ser pequeña y requiere suficiente ganancia para impulsar el dispositivo de salida.

En la ilustración 13-2 ilustra un sistema simple de adquisición de datos que consta de una red de conmutación y un convertidor de analógico a digital. El amplificador de instrumentación se coloca entre el conmutador o multiplexor y el ADC. Cada uno de los bloques de circuitos individuales tiene capacidades y limitaciones únicas, que en conjunto definen el rendimiento del sistema (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 págs. 9-40).

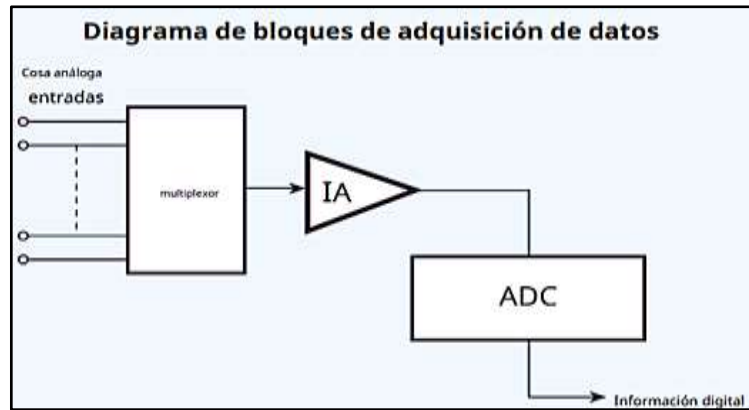


Ilustración 13-2: Sistema simple de adquisición de datos

Fuente: (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 pág. 39).

Los sistemas de adquisición de datos se diferencian de los instrumentos de uno o dos canales en varios aspectos. Pueden medir y almacenar datos recopilados de cientos de canales simultáneamente.

La mayoría de los sistemas de adquisición de datos utilizan varios tipos diferentes de circuitos para amplificar la señal antes de procesarla. Los circuitos analógicos modernos destinados a estos sistemas de adquisición de datos comprenden amplificadores operacionales integrados básicos, que se configuran fácilmente para amplificar o amortiguar señales.

2.6.6.2 Filtración

Existen tres tipos de filtros que son los más comunes a utilizar, Butterworth, Chebyshev y Bessel. Cada uno contienen características únicas que lo hacen más adecuado para alguna aplicación que para otra. Todos pueden usarse para aplicaciones de paso alto, paso bajo, paso de banda y rechazo de banda, pero tienen diferentes perfiles de respuesta. Pueden ser utilizados en redes de filtros pasivos o activos (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 págs. 9-40).

Un beneficio importante de las etapas de acondicionamiento de señales individuales para sensores de bajo nivel es incluir el filtrado de paso bajo por canal en la ruta de la señal.

2.6.6.3 Atenuación

La mayoría de las entradas del sistema de adquisición de datos (ilustración 14-2) pueden medir voltajes solo dentro de un rango de 5 a 10 V. Los voltajes más altos deben atenuarse. Por lo tanto, existen algunas clases de divisores de voltaje para que sus impedancias se mantengan en los valores específicos para tener un sistema estable (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 págs. 9-40):

- **Divisores de voltaje protegidos:** El efecto de carga de baja impedancia de los divisores de voltaje simples se puede superar usando amplificadores de búfer de ganancia unitaria en las salidas del divisor.
- **Divisores diferenciales balanceados:** No todas las redes divisoras de voltaje se conectan a tierra o a un punto de referencia común en un extremo. A veces, un divisor diferencial equilibrado es una mejor solución para controlar los terminales de entrada del sistema de adquisición de datos.
- **Divisores de alto voltaje:** Algunos sistemas de adquisición de datos emplean módulos de entrada especiales que contienen divisores de alto voltaje que pueden medir fácilmente hasta 1200 V. Están debidamente aislados para manejar el alto voltaje y tienen redes de resistencias para seleccionar un número de relaciones divisorias diferentes.
- **Sondas y divisores de tensión compensados:** Las relaciones del divisor de voltaje aplicadas a los voltajes de CC son consistentemente precisas en distancias relativamente largas entre la red del divisor y la entrada del sistema de adquisición de datos cuando la técnica de medición elimina la resistencia de CC del cableado y los cables.

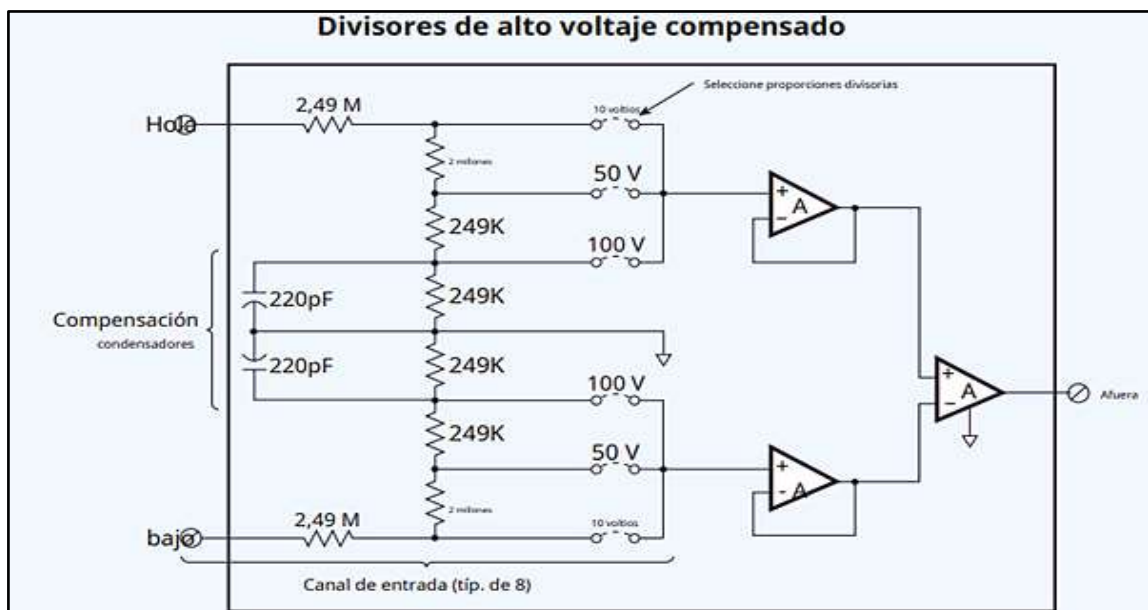


Ilustración 14-2: Tarjeta de entrada para un sistema de adquisición de datos

Fuente: (MEASUREMENT COMPUTING, 2018 pág. 40).

2.6.6.4 Aislamiento

Las entradas del sistema de adquisición de datos a menudo requieren medir señales de bajo nivel que a menudo tienen voltajes relativamente altos, como controladores de motores, transformadores y devanados de motores. En tales casos, los amplificadores de aislamiento pueden medir señales de bajo nivel entre señales altas de modo común.

2.6.6.5 Convertidor analógico-digital

Un convertidor de analógico a digital (ADC) convierte el voltaje analógico en un número binario (una serie de 1 y 0) y finalmente en un dígito (base 10) para leer en un medidor, pantalla o gráfico. El número de dígitos binarios (bits) representados por un número determina la resolución del ADC. Sin embargo, los números son solo una aproximación del valor real del voltaje analógico en un momento dado, ya que el voltaje solo se puede representar en pasos discretos (digitalmente). La aproximación de los valores digitales y analógicos también depende de la resolución del ADC.

Los tipos de ADC que existen son los siguientes:

- **ADC de aproximación sucesiva:** se compone de un convertidor digital analógico, un comparador, control lógico y registros.
- **ADC de voltaje a frecuencia:** convierten el voltaje de entrada analógica en un tren de pulsos con una frecuencia proporcional a la amplitud de entrada.
- **Integración de ADC (Dual Slope):** miden el tiempo necesario para cargar o descargar un capacitor a fin de determinar el voltaje de entrada. Una técnica ampliamente utilizada, llamada dual slope de integración.
- **ADC Signal – Delta:** contiene un integrador, un DAC, un comparador y una unión sumadora. Son relativamente económicos principalmente porque contienen una DAC de un solo bit, pero en si obtienen mediciones de alta resolución utilizando técnicas de sobre muestreo.

2.6.6.6 Computadora con software DAQ

Los sistemas de adquisición de datos necesitan una PC en donde se registran datos extremadamente precisos, repetibles, confiables y sin errores, siempre que estén conectados y se operen de acuerdo con las practicas recomendadas por el fabricante. Una de las practicas mencionadas son la selección correcta de sensores para la aplicación que se requiera, el cableado, así como el alambre debe ser el adecuado para capturar las señales en la magnitud, rango y frecuencia adecuados.

El software especializado para los sistemas de adquisición de datos manipula la información recibida de forma en que sea comprendido por el hardware. El software también controla el sistema DAQ mandando al dispositivo DAQ cuando y de que canales adquiere los datos. Actúa como una simple interfaz de programación para programar la entrada analógica, salida analógica, E/S digitales, y contadores/temporizadores en centenas de multifunciones de dispositivos hardware DAQ (MENDOZA V., 2018, p. 11).

2.7 Tecnologías de la comunicación inalámbrica

La tecnología de redes inalámbricas son las que hacen posible la capacidad de comunicarse entre dos o más entidades en este caso pueden ser ordenadores, celulares, dispositivos electrónicos, etc. Estos están separados a grandes distancias sin la necesidad del uso de cables de ningún tipo ni otros medios físicos. Esta tecnología es más costosa que la tecnología cableada, pero proporciona la ventaja de la movilidad, permitiendo recibir información mientras se está en movimiento (VERINO, 2020 págs. 3-6).

2.7.1 Comunicación Zigbee

ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrica diseñado para satisfacer las necesidades únicas de las redes de control y sensores inalámbricos de bajo consumo y bajo costo, lo que siempre es una ventaja para las instalaciones de automatización del hogar. ZigBee se puede usar en casi todas partes porque es fácil de implementar y requiere muy poca energía para funcionar. Además, fue diseñado considerando la necesidad de comunicación de datos con una estructura simple como son los datos de sensores (VERINO, 2020 págs. 3-6). Esta red de tecnología inalámbrica se utiliza principalmente en entornos residenciales e industriales.

2.7.2 Comunicación Wifi

Es una comunicación inalámbrica de baja potencia utilizada por diversos dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, etc. En esta configuración, el enrutador actúa como un concentrador de comunicaciones inalámbricas. Estas redes solo permiten a los usuarios conectarse cerca del enrutador y deben estar protegidas con contraseña por razones de seguridad (VERINO, 2020 págs. 3-6).

2.7.3 Comunicación Bluetooth

Bluetooth es el estándar más popular a nivel mundial porque está integrado en todo smartphone, laptop o Tablet y brinda una conectividad eficiente, por lo que su aplicabilidad se ha extendido a las WSN con características de transmisión que permiten distancias cortas desde 1 metro hasta 30 metros. en la banda sin licencia de 2,4 GHz con baja potencia.

2.7.4 Comunicación LoraWAN

LoraWAN es parte del estándar de comunicación inalámbrica LoRa, que utiliza una modulación de radiofrecuencia patentada y administrada por LoRa Alliance, ampliamente utilizada en comunicaciones espaciales y militares, llamada CSS (Chirp Spread Spectrum).

La tecnología es ideal para redes de sensores inalámbricos que cubren grandes áreas geográficas, proporcionado en rango de 10 km a 20 km a bajas velocidades de transmisión. La tecnología se ha desarrollado ampliamente para lograr una alta inmunidad a las interferencias y lograr una sensibilidad de recepción de 1368 dB con conexiones punto a punto y topologías en estrella. La arquitectura de red LoRaWAN se clasifica por puertas de enlace y nodos. Es escalable, seguro, interoperable con dispositivos que utilizan los mismos estándares y permite que hasta un millón de nodos se conecten a la red.

2.7.5 Comunicación Z-Wave

Este es un estándar propietario conformado por diferentes fabricantes orientados a la producción de dispositivos para IoT en hogares, es similar a ZigBee en comparación con el consumo de potencia el cual es bajo con tasas de transmisión bajas desde 9.5 kbps hasta 100 kbps. No es compatible con otros estándares inalámbricos de comunicación, permite topologías de tipo malla y estrella. Al estar orientado para el hogar tiene una cantidad máxima de nodos de 232 con alcance de hasta 100 metros.

2.8 Tarjetas de desarrollo

Existen varios tipos de tarjetas de desarrollo utilizadas para IoT en el mercado hoy en día, están tarjetas incluyen cosas como fuente de alimentación, conectores para varios dispositivos adicionales, incluido sensores y actuadores, adicionando el software que incluye para cada tarjeta de desarrollo facilitando la creación el despliegue del código (BANSAL, y otros, 2018 pág. 4).

2.8.1 Tipos de tarjetas de desarrollo

2.8.1.1 Raspberry Pi

Fue desarrollada por un grupo de investigadores de la Universidad de Cambridge, dando origen a Raspberry Pi Foundation, la ilustración 15-2 muestra una Raspberry Pi que es un miniordenador del tamaño de una tarjeta de crédito que cuenta con un procesador ARM de hasta 1500 Hz, un chip gráfico y una memoria RAM de 8GB, cuenta con su propio sistema operativo Raspbian. Es una placa de bajo costo basada en IoT, cuenta con varios pines de entrada y salida, tiene un enlace de comunicación de red, incorpora una conexión que permite comunicación de varios a varios es decir que tiene la facilidad de comunicarse varios dispositivos entre sí, puede procesar señales analógicas, tiene incorporado un puerto ethernet que permite conectarse a la red mediante wifi y bluetooth y por último en la actualidad se puede instalar sistemas operativos mediante una tarjeta SD y colocarlos en la ranura de la Raspberry Pi (BANSAL, y otros, 2018 pág. 4).



Ilustración 15-2: Tarjeta de desarrollo Raspberry Pi

Fuente: (BANSAL, y otros, 2018 pág. 4).

2.8.1.2 Arduino UNO

En la actualidad es una de las tarjetas más utilizadas (figura 17-2), esta tarjeta sirve para iniciar en la programación y electrónica, es un microcontrolador basado en ATmega 328P, una memoria de SRAM de 2KB y EEPROM de 1KB, en su datasheet especifica 14 pines digitales de entradas y salidas de las cuales 6 de ellos puede ser utilizadas como salidas PWM, cuenta con 6 entradas analógicas, incorpora un cristal de cuarzo de 16 MHz, una ranura USB (Universal Serial Bus), un cabezal ICSP (In Circuit Serial Programming) e incorporado un botón de reset. Para alimentar la tarjeta se necesita de 5V con un límite de 6.20V, su longitud es de 68.6 mm (BANSAL, y otros, 2018 pág. 4).

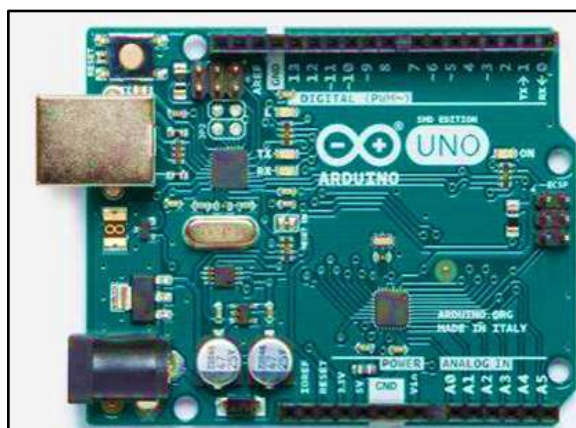


Ilustración 16-2: Arduino UNO

Fuente: (BANSAL, y otros, 2018 pág. 4).

2.8.1.3 ESP32

La tarjeta ESP32 es un microcontrolador potente SoC (System on Chip) que cuenta con conexión wifi, basada en el conocido ESP32 (WROOM) y bluetooth BLE de modulo dual versión 4.2, que permite desarrollar productos de IoT como se evidencia en la ilustración 17-2. La conexión wifi

y bluetooth permite una conexión de corto y largo alcance dependiendo de algunos módulos de la tarjeta conectándose a una red LAN y a través de un router conexión a internet, mientras que la conexión bluetooth permite conectarse a dispositivos móviles como un celular. Es un sucesor del chip avanzado del 8266 que contempla principalmente en la implementación de dos núcleos de reloj en diferentes versiones de hasta 240 MHz, en comparación con su predecesor cuenta con un numero de pines GPIO de 17 a 36, equipado con una memoria flash de 4 MB, cuenta con algunos módulos como ethernet, SPI, UART, I2S e I2C dependiendo del tipo de placa (BABIUCH, 2019 págs. 1-2).

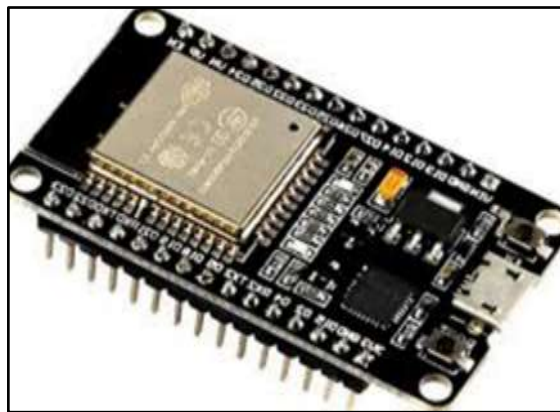


Ilustración 17-2: Tarjeta ESP32

Fuente: (BABIUCH, 2019 págs. 1-2).

2.8.1.4 *BeagleBone*

La tarjeta beaglebone (ilustración 18-2) de beagleboard.org, es una placa de desarrollo de código abierto la cual está diseñada para creaciones de proyectos IoT de coste reducidos y alta expansión que utiliza un procesador Cortex A8 ARM Sitara AM3358BZCZ100 de bajo coste de Texas Instrument junto con Network Element, beaglebone se considera como un ordenador de sobremesa que permite codificar y decodificar de señales, soporta renderizado 2D y 3D mediante OpenGL ES 2.0, esta tarjeta fue desarrollado con el fin de proporcionar una buena plataforma a varios colegios, centros educativos de investigación e instituciones de todo el mundo para desarrollar proyectos de investigación de código abierto (MOLLOY, 2019 págs. 5-10).



Ilustración 18-2: Tarjeta BeagleBone

Fuente: (BABIUCH, 2019 págs. 1-2).

2.8.1.5 Intel Galileo

Es una de las primeras de una de las familias de placas certificadas de Arduino, basada en la arquitectura Intel Premium diseñada específicamente para creadores, funciona con una arquitectura x86 de bajo voltaje que consume baja energía, además, tiene 20 pines de entradas y salidas con 6 entradas analógicas, se adapta a un juego de instrucciones de 400 MHz de la serie Intel Pentium de Intel, especificaciones adicionales que cuenta la tarjeta son: L1 CACHE, SRAM 512 KB, 8MB NOR Flash DRAM, tarjeta SD de 32 Gb y un puerto USB, la ilustración 19-2 muestra una tarjeta Intel Galileo (BANSAL, y otros, 2018 págs. 4-5).

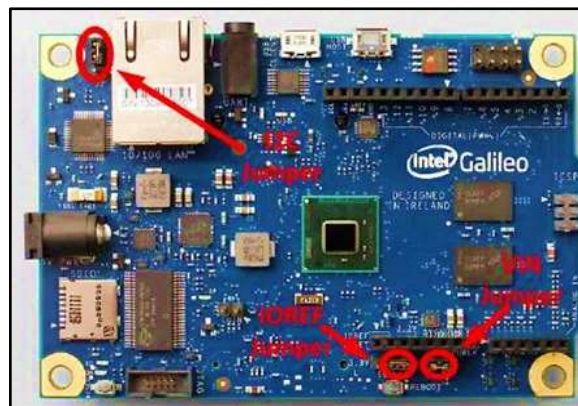


Ilustración 19-2: Tarjeta Intel Galileo

Fuente: (BANSAL, y otros, 2018).

2.9 Aplicación móvil

2.9.1 Blynk

Blynk es una plataforma IoT (ilustración 20-2) que permite controlar diferentes dispositivos electrónicos de forma remota con aplicaciones iOS y Android, el usuario puede crear una interfaz gráfica a través de un panel de control utilizando varios widgets, adicional blynk permite almacenar información tomada de varios sensores, proporciona bibliotecas para las plataformas de hardware más populares, como Arduino, ESP8266, Raspberry Pi y sparkFun, etc. En Blynk, los tres componentes más importantes son la aplicación, el servidor y las bibliotecas. La aplicación puede ayudar a crear interfaces. El servidor es responsable de toda la comunicación entre la aplicación y el cable, las bibliotecas permiten que el hardware se comunice con el servidor mediante comandos (DURANI, 2018 págs. 3-4).

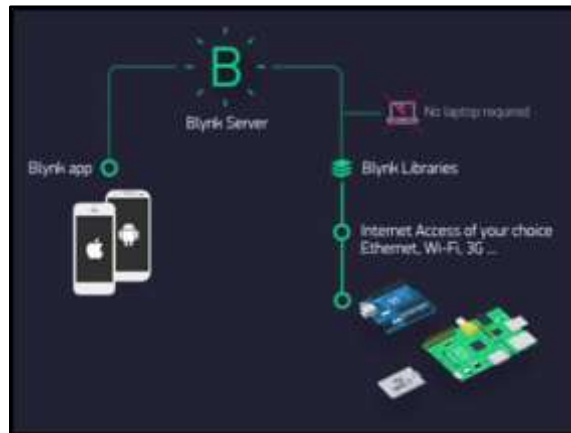


Ilustración 20-2: App Blynk

Fuente: (DURANI, 2018 págs. 3-4).

2.9.2 ThingSpeak

Es una plataforma de datos abierta y una API para el internet de las cosas (IoT) el cual permite recopilar, almacenar, visualizar y almacenar datos de los sensores o actuadores en la nube y desarrollar aplicaciones IoT, la ilustración 21-2 muestra la interfaz de esta plataforma. La información que es recopilada de los sensores puede ser enviados desde Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone y otro Hardware. ThingSpeak trabaja con Matlab lo cual permite analizar y visualiza datos desde MATLAB lo cual permite actuar sobre dichos datos. El uso de la aplicación ThingSpeak se lo hace mediante una creación de una cuenta en la página ThingSpeak.com., las características de ThingSpeak permite visualizar los datos de los sensores en tiempo real, permite configurar los dispositivos para poder enviar datos mediante los protocolos de IoT (MIRY, 2020, p.5-6).



Ilustración 21-2: Aplicación ThigSpeak

Fuente: (MIRY, 2020, p.5-6).

2.9.3 Adafruit

Es uno de los principales desarrolladores de hardware de código abierto relacionado con Arduino, IoT y Raspberry Pi, fundada en 2005 por la ingeniera del MIT, Limor Fried, Adafruit permite agregar, almacenar y visualizar datos en tiempo real esto hace que su proyecto vinculado a internet

permita estar conectados con otros dispositivos habilitados en internet, permitiendo gestionar y simular varios flujos de datos, lo cual genera gráficos los cuales se puede visualizar en cualquier lugar de la tierra (ZANWAR, y otros, 2021).



Ilustración 22-2: App Adafruit

Fuente: (ZANWAR, y otros, 2021).

2.9.4 Ubidots

Es una plataforma habilitadora de internet de las cosas que permite al usuario de cualquier índole, desplegar soluciones IoT de manera rápida y sin necesidad de tener alguna experiencia en desarrollo de software, es una plataforma de la nube de las aplicaciones IoT, proporciona un método seguro y sencillo para el envío y recepción de datos de sensores desde y hacia varios dispositivos IoT utilizando la nube en tiempo real. Ubidots cuenta con muchos beneficios y características como: útil para la captura, visualización, análisis y gestión de datos, es fácil de usar, permite a los usuarios acceso a la Apps desde cualquier lugar que tenga conexión a internet, los datos almacenados son seguros y confiables y solo el usuario a cargo tiene acceso a dichos datos (MOHAMMED, y otros, 2021 págs. 4-5).



Ilustración 23-2: App Ubidots

Fuente: (MOHAMMED, y otros, 2021 págs. 4-5).

2.10 Fuente de energía

La energía disponible para los humanos proviene directa o indirectamente del sol, y estas fuentes de energía natural se pueden dividir en (VIVANCO, 2020 págs. 2-3):

- **Energías renovables:** incluye aquellas energías cuya tasa de regeneración es superior a la tasa de utilización. Pero si también se puede superar el porcentaje de consumo, por ejemplo, consumo excesivo de biomasa (consumo excesivo de leña) para producir calor. La regeneración de estas energías puede ser natural o artificial.
- **Energías no renovables:** son fuentes de energía de uso finito, y una vez consumidas se agota el suministro. En general, su tasa de uso es mayor que su tasa de regeneración.

2.10.1 Energía solar

Es la energía proveniente de la radiación electromagnética del sol. En este caso se usa directamente mediante las tecnologías desarrolladas para este fin. Esta energía, en forma de calor y luz, puede aprovecharse por medio de células fotoeléctricas, heliostatos o colectores solares, que la convierten en energía eléctrica o térmica (VIVANCO, 2020 págs. 2-3).

2.10.1.1 Celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas son un dispositivo esencial en los sistemas de energía solar, donde la luz del sol se convierte rápidamente en electricidad. Las células solares son dispositivos de unión pn. El tipo N se refiere a los electrones cargados negativamente proporcionados por los átomos de impureza donantes y el tipo p se refiere a los huecos cargados positivamente proporcionados por los átomos de impureza aceptores (AL-EZZI, 2022 págs. 1-3). En la ilustración 24-2 hace referencia de una estructura fotovoltaica.

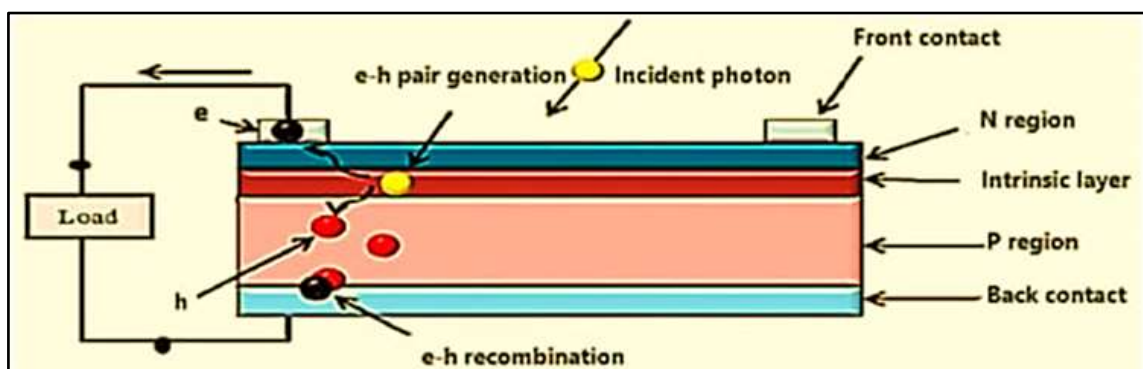


Ilustración 24-2: Una celda fotovoltaica con unión pn

Fuente: (AL-EZZI, 2022 págs. 1-3).

2.10.1.2 Paneles de celdas solares

Los paneles solares son múltiples celdas solares conectadas en serie y en paralelo para producir una cierta potencia de salida. Una celda fotovoltaica es inviable para la mayoría de las aplicaciones, ya que solo puede producir alrededor de 0.5 V. Por ejemplo, como se muestra en la ilustración 26-2 es la representación de una celda fotovoltaica; seis celdas están conectadas en serie, se supone que la celda tiene la misma corriente que una sola celda e ideal 3 V (6 x 0.5 V). Las celdas en serie también se conectan en paralelo para una mayor capacidad de corriente. Si las seis celdas pueden generar 2 A, se supone que la estructura en serie – paralelo de doce celdas genera 4 A y 3V (AL-EZZI, 2022 págs. 1-3).



Ilustración 25-2: Panel de película delgada

Fuente: (AL-EZZI, 2022 págs. 1-3).

2.10.1.3 Componentes del sistema de energía solar

Un sistema fotovoltaico está compuesto por un panel solar, un supercondensador y un inversor. El panel absorbe la energía de los fotones y la transforma en electricidad a través del mecanismo fotovoltaico. El respaldo del supercondensador se usa para entregar energía adicional solo en días soleados. La energía de CC generada se transforma en cargas de CA para que sean apropiadas para uso doméstico (AL-EZZI, 2022 págs. 1-3).

2.10.1.4 Baterías

Las baterías son una colección de una o más celdas cuyas reacciones químicas crean un flujo de electrones en un circuito (QUINTERO, 2021 págs. 14-22). Convierte la energía química de sus componentes celulares en energía eléctrica, contiene dos materiales que no pueden reacción de oxidación. reducción directamente, pero pueden hacerlo si los electrones de un material al otro a través de un circuito exterior, mientras que los iones viajan simultáneamente dentro de la célula,

mientras que los iones viajan simultáneamente dentro de la célula, existen diferentes tipos de baterías de litios como se presenta en la tabla 5-2.

Tabla 5-2: Características de las baterías

Batería	Características
Amityke	3.7 voltios y 3500mAh
CPZZ	3.7 voltios
Celdas	3.7 voltios y 9900 mAh
18650	3.7 a 4.7 voltios y 8800 mAh

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

2.10.1.5 Luces led

Las luces leds por sus siglas en inglés (Light Emitting Diode) es un dispositivo eléctrico que recibe corriente y voltaje moderado para emitir una radiación electromagnética que se transforma en luz, existen gran variedad de luces led (CALANI, 2018 págs. 273-276). La tabla 6-2 muestra las características de los diferentes tipos de luces leds, en las plantas se ubican a una distancia de mas o menos 5cm a 10 cm, para la ayuda de su florecimiento.

Tabla 6-2: Características de las luces led

Luces leds	Características
Chip LED DIP	<ul style="list-style-type: none"> • Carcasa de plástico • Pines en paralelo • 4 lúmenes por vatio • Angulo de apertura de 360 grados
Chip LED SMD	<ul style="list-style-type: none"> • Semi rígido • Eficientes • 3 colores primarios • 60 y 80 lúmenes por vatio
Chip LED COB	<ul style="list-style-type: none"> • Encapsulado • 120 lúmenes por vatio • Disipación de calor eficiente • Angulo de apertura de 160 grados
Micro LED	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñado para pantallas planas • Mejor contraste • Eficiencia energética

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo aborda el diseño e implementación del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica. La implementación se basa en una investigación experimental y científica, aplicando método como el método de adquisición de datos con el fin de obtener datos de los sensores (humedad, temperatura, pH y luminosidad) y poder ser visualizados en dispositivos digitales. El método científico se lo aplica en el análisis de cada una de las plantas que se presenta en cada una de las plantas de la jardinería doméstica, Para el método experimental se determina en base a resultados obtenidos con otros instrumentos de medición los cuales permiten experimentar y corroborar los datos obtenidos de los parámetros de objetos de estudio.

3.1 Ubicación de la jardinería doméstica

El lugar en donde se determinó para la aplicación del prototipo es el consejo provincial de la provincia de Chimborazo, este lugar está ubicado en el centro de la ciudad a 10 minutos de la ESPOCH.

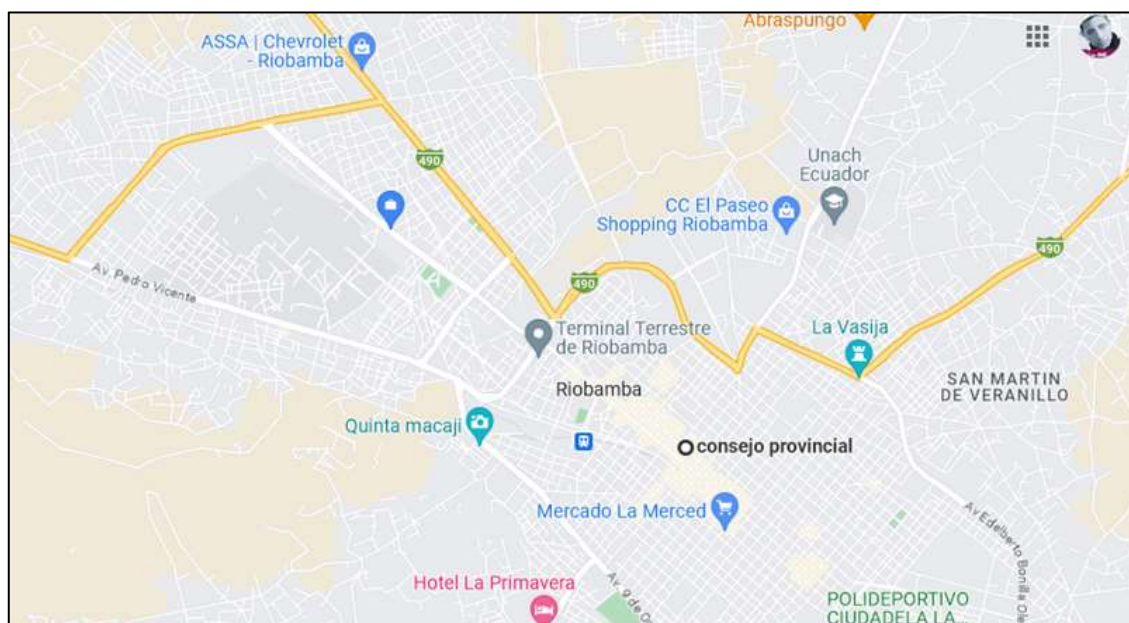


Ilustración 1-3: Ubicación del terreno a experimentar

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.1.1 Dimensionamiento del terreno

Para el dimensionamiento del terreno se tomó en cuenta las dimensiones de ancho y largo en la cual se evidencia que cada nodo cuenta con 2x2 metros de perímetro, con el objetivo de que el

prototipo cumpla con las mediciones de cada sensor y pueda abarcar el espacio designado. La ilustración 2-3 muestra el dimensionamiento del terreno con los 4 nodos de adquisición de datos, este terreno me permite medir prácticamente todo el terreno en donde está ubicado la planta de jardinería doméstica.

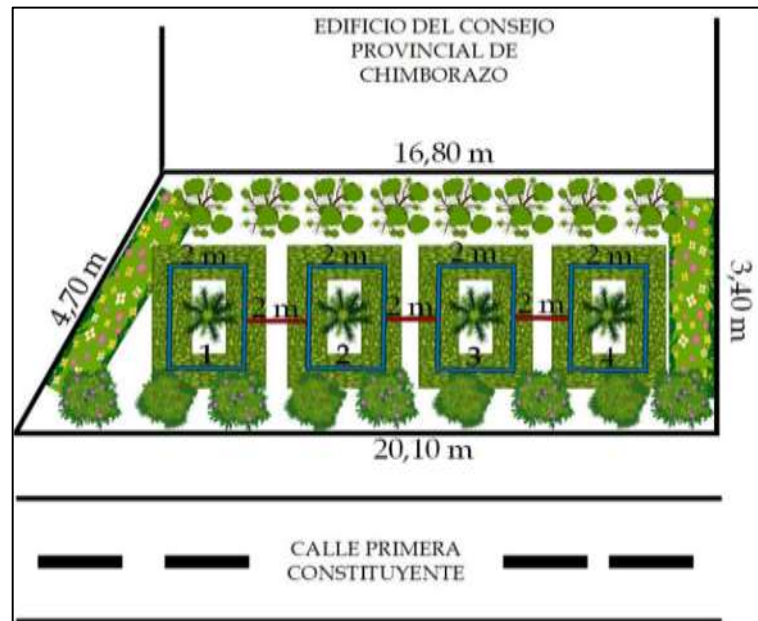


Ilustración 2-3: Dimensionamiento del terreno

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.2 Parámetros de estudio de la jardinería doméstica

Dentro de los parámetros de estudio se consideraron algunas características como; el suelo a medir, valores de pH del suelo, pH de la planta y humedad, luminosidad respecto a la planta y luminosidad, temperatura del ambiente en donde se debe considerar todos estos factores para poder tomarlos en cuenta en la medición de las variables mencionadas en el capítulo anterior, después del estudio que se realizó se determinaron los factores que se necesita para que el prototipo evalúe las variables que se necesita en donde se considera las variables como, humedad del suelo, temperatura del suelo, luz respecto a la planta, y por último el PH del suelo, estos factores se los considero en base a estudios sobre las plantas en la jardinería doméstica.

3.3 Diseño y propuesta del prototipo

Al considerar la metodología para el desarrollo del prototipo se consideró las siguientes etapas para el diseño y construcción del prototipo como se muestra en la ilustración 3-3.

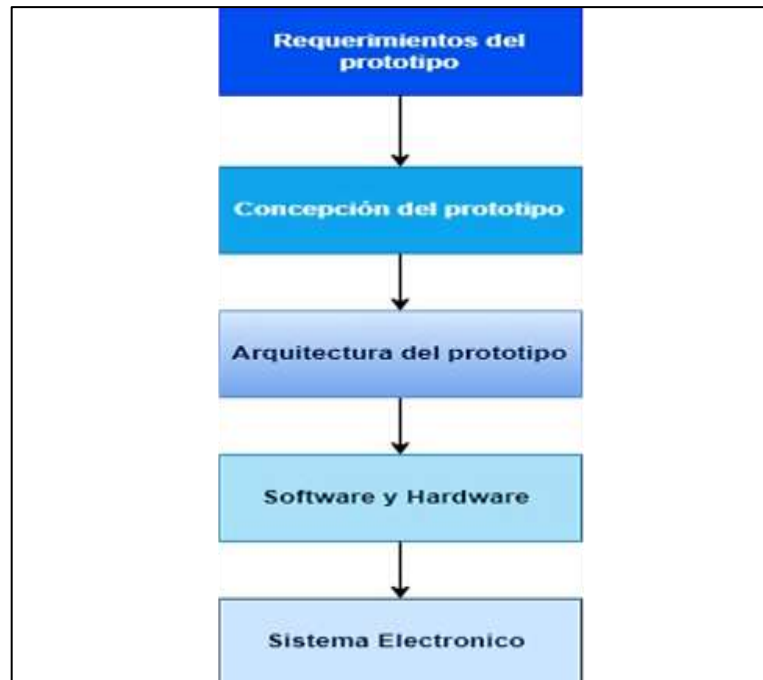


Ilustración 3-3: Etapas para el desarrollo del sistema electrónico

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.3.1 *Requerimientos del prototipo*

Los requerimientos del prototipo se basan en estudio experimentales y científicos permitiendo cumplir con los parámetros adecuados y expectativas de funcionamiento. Se describe los requerimientos o exigencias necesarias para el diseño del prototipo, analizando las expectativas de funcionamiento permitiendo así cumplir con los parámetros adecuados y con las expectativas de funcionamiento en el lugar que se va a implementar el prototipo, considerando este hecho se plantea los siguientes requerimientos necesarios para el prototipo:

- Para la supervisión y adquisición de datos de las plantas, se necesita colocar los sensores en un lugar estratégicos para la obtención de datos de las plantas que conforman la jardinería doméstica.
- Para el monitoreo de las plantas se lo realiza a través de nodos independientes los mismo que se comunican a través de tecnología inalámbrica.
- El prototipo obtiene información en tiempo real y envía la información por IoT hacia una página web en donde se almacena la información.
- Mediante una aplicación móvil se puede realizar el monitoreo de las plantas objeto de estudio.
- La autonomía del prototipo se evaluó en base a tiempo de proceso que necesita para el monitoreo en tiempo real, considerando la latencia que tiene cada dispositivo (sensores) en el prototipo.

3.3.2 Concepción general del prototipo

El prototipo se implementó mediante componentes electrónicos que están integrados en una caja de control, para el monitoreo se lo realiza mediante una aplicación móvil en un dispositivo inteligente, la comunicación entre los nodos a través de tecnología inalámbrica LORA y en la nube el almacenamiento de la información mediante el desarrollo de una página web como se presenta en la ilustración 4-3.

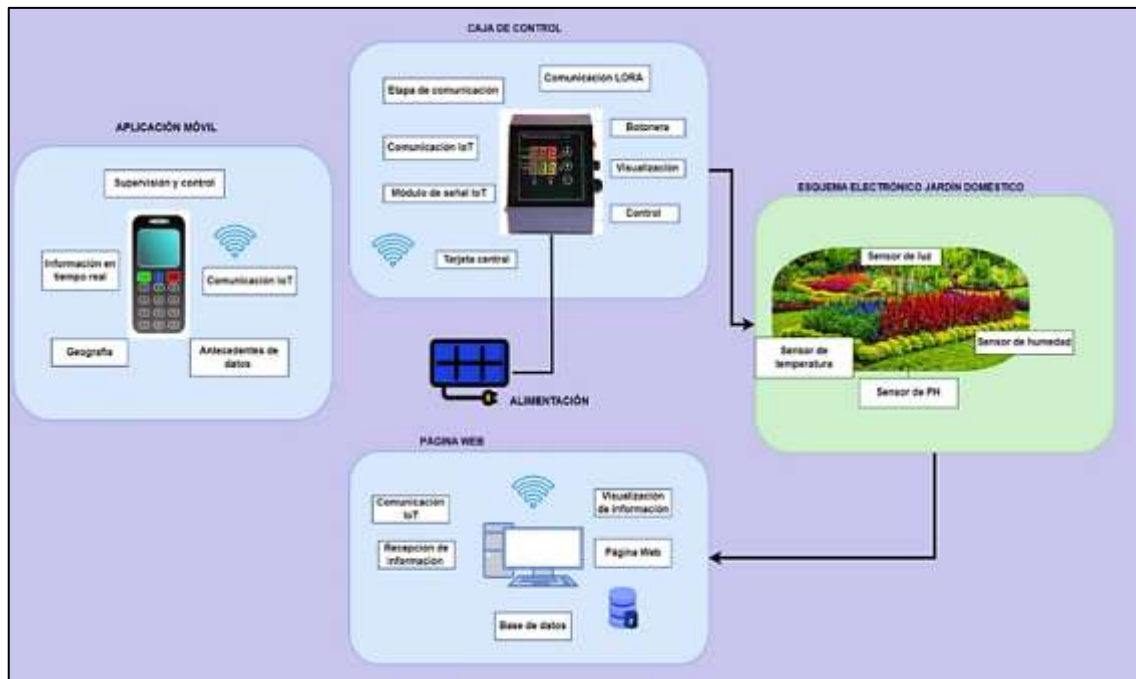


Ilustración 4-3: Concepción del prototipo

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.3.3 Arquitectura del prototipo

En el esquema que se presenta en la ilustración 5-3 se describe el funcionamiento de los diferentes módulos que cuenta la arquitectura del prototipo. El módulo de transmisión y recepción de datos obtiene información de los sensores y que mediante comunicación IoT permite la conexión al módulo de recepción y visualización de datos.

El módulo alimentación del prototipo es mediante paneles solares los cuales envían energía a una batería para que almacene y pueda ser distribuido hacia los diferentes módulos del prototipo que necesiten de alimentación

El módulo de adquisición de datos cuenta con diferentes nodos; como recepción y adquisición de datos los nodos son repetitivos es por ello que basta con describir solo un nodo, este nodo cuenta con él envió de datos y a su vez recepción de datos estos datos se definen por parámetros como sensor de luz, sensor de temperatura, sensor de humedad y sensor de PH.

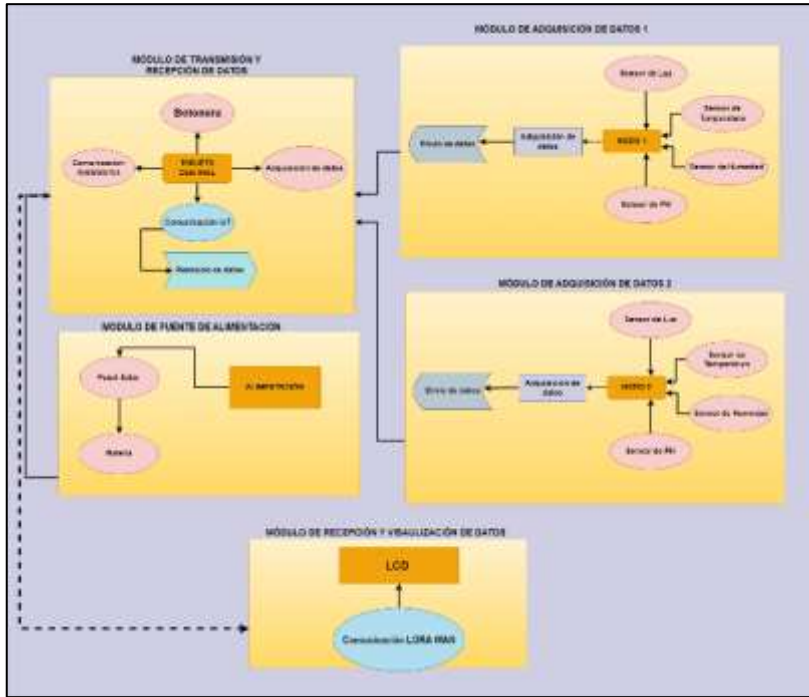


Ilustración 5-3: Arquitectura del prototipo

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.3.3.1 Tarjeta central

La tarjeta de recepción de datos es la encargada de recibir la información de la tarjeta central, el esquema de esta tarjeta se presenta en la ilustración 6-3, la lectura de datos que envía el nodo o tarjeta de procesamiento de datos es recibida por el bloque de recepción de datos el cual cuenta la tarjeta ESP32 la misma que mediante comunicación inalámbrica LORA WAN y mediante un punto de acceso o gateway se obtiene la información mediante wifi, en el bloque de recepción se puede visualizar los datos y recolección de los mismos. En el bloque de control de luces está conectado directamente a nuestra tarjeta central para el encendido y apagado. El bloque de procesamiento es alimentado mediante energía solar con control PWM en el cual el bloque de alimentación cuenta con una batería que almacena toda la energía que es distribuida al bloque de procesamiento para energizar todo el prototipo.

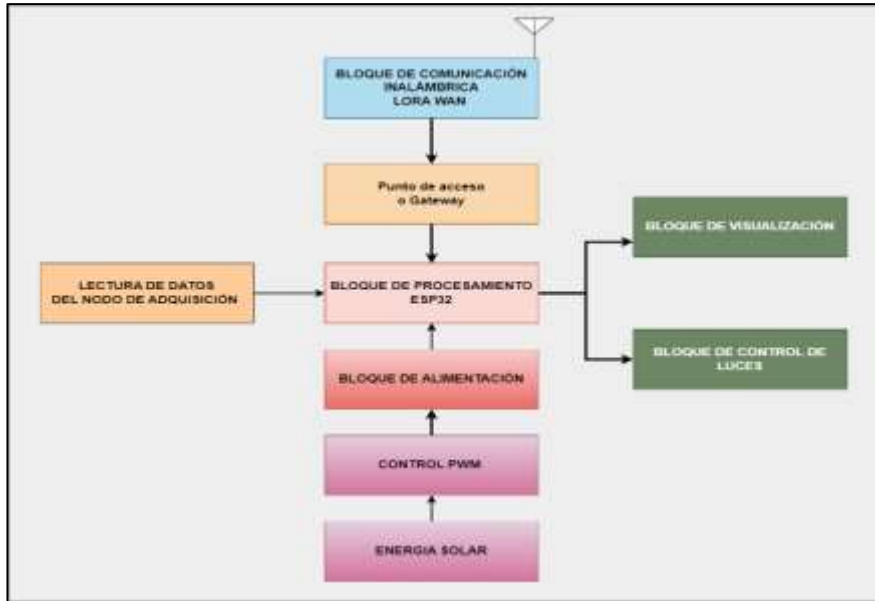


Ilustración 6-3: Diagrama de bloques de la tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.3.3.2 Tarjeta de nodo de adquisición

El nodo de adquisición de datos es el encargado de enviar la información que percibe de los sensores, temperatura, PH, humedad del suelo, humedad del ambiente y el control de luz. Toda la lectura que hace los sensores es enviada al nodo de adquisición de datos para luego ser enviada al bloque de procesamiento de datos y este a su vez mediante comunicación inalámbrica LORA WAN es enviada a la tarjeta central y luego a la nube, la ilustración 7-3 muestra el diagrama de bloques del nodo de adquisición de datos.

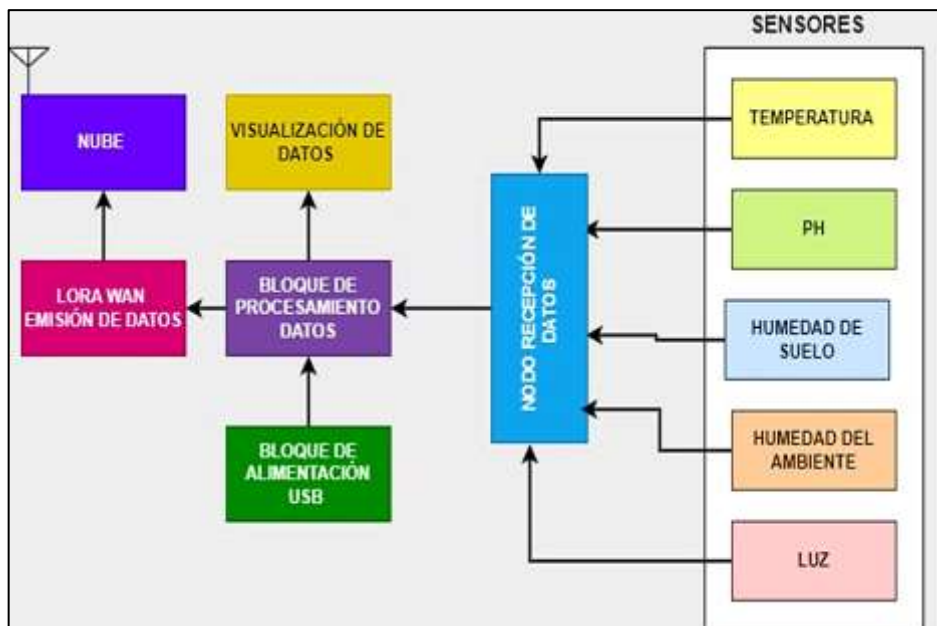


Ilustración 7-3: Diagrama de bloques del nodo de adquisición de datos

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4 Selección del software y hardware para el esquema eléctrico

En este apartado se describen los componentes necesarios que cumplen las características para que la implementación del prototipo. Para un mejor detalle de las características de los elementos electrónicos se recomienda revisar el anexo A.

3.4.1 Hardware

Dentro de las características hardware implementado en el prototipo se tiene los siguientes elementos:

3.4.1.1 Módulo LILYGO ESP32

El módulo LILYGO TTGO T-Display ESP32 es una placa de desarrollo basada en ESP32 que a diferencia de las diferentes tarjetas de desarrollo este cuenta con características de hardware que permiten ser enfocados a IoT (QUIÑONES, 2023 págs. 2-3). El módulo LILYGO brinda conexiones entradas y salidas de sensores a internet mediante WiFi o bluetooth, incorporado un display en el módulo. Esta placa se alimenta mediante un puerto USB-C, en la ilustración 8-3 se presenta el módulo LILYGO con la pantalla LCD.



Ilustración 8-3: Tarjeta LILYGO

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la tabla 1-3 se presenta las características del módulo LILYGO, mostrando sus características principales.

Tabla 1-3: Características del módulo LILYGO TTGO

Módulo	LILYGO TTGO
Memoria FLASH	QSPI flash 4MB/16MB
Chipset	ESPRESSIF-ESP32 240 MHz Xtensa single-/dual-core 32 bits LX6
Interfaz modular	UART, SPI, I2C, LED PWM, TV PWM, I2S, ADC
Display	IPS ST7789V 1.14 Inch
Voltaje de trabajo	2.7V-4.2V
Batería	3.7V batería litio
Protocolo WiFi	802.11 b/g/n (802.11n, velocidad hasta 150 Mbps)
Rango de frecuencia en WiFi	2.4GHz 2.5 GHz (2400M-2483.5M)
Poder de transmisión en WiFi	22dBm
Distancia de comunicación	300m
OS	FreeRTOS

Fuente: (QUIÑONES, 2023).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.2 Módulo Buck LM2596

El convertidor Buck permite el paso o no de la corriente hacia cualquier carga sea resistiva, capacitiva, e inductiva. Es por ello por lo que para la selección de este dispositivo se tomó en cuenta la reducción de la tensión de entrada de los elementos que conforman el circuito, la configuración del circuito se puede evidenciar en la ilustración 9-3 (GONZÁLEZ, y otros, 2019).



Ilustración 9-3: Convertidor Buck

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 2-3: Características del convertidor Buck LM2596

Convertidor	Buck LM2596
Voltaje de entrada	0.3V-40V
Voltaje de salida	1.23V-37V
Potencia de salida	45W
Frecuencia de conmutación	150kHz
Eficiencia	73%

Fuente: (GONZÁLEZ, y otros, 2019).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.3 Sensor DHT11

Sensor conocido para medir humedad y temperatura, las características técnicas de este sensor se presentan en la tabla de características 3-3. Los datos leídos por el sensor DHT11 es procesada por la tarjeta de adquisición de datos y enviada a un servidor web tinkspake para él envió de datos hacia el servidor web se utiliza el módulo ESP232 para acceder a la señal wifi desde el punto de acceso portátil. A continuación, los datos del sensor de DHT11 (GAY, 2018 pág. 13).

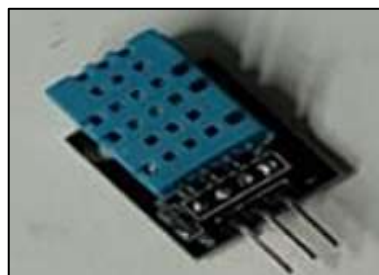


Ilustración 10-3: Sensor DHT11

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 3-3: Características del sensor DHT11

Sensor	DHT11
Voltaje de operación	3V-5V
Rango de medición de temperatura	0 a 50 °C
Precisión de medición de temperatura	±2.0 °C
Resolución de temperatura	0.1 °C
Rango de medición de humedad	20 % a 90% RH
Tiempo de senso	2 segundos

Fuente: (GAY, 2018).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.4 Panel de batería USB

El estado de carga y descarga de la batería recargable en el proceso se lo lee mediante una pantalla LCD del panel de batería USB como el que se muestra en la ilustración 11-3. En cuanto a la disposición del panel solar, hay 2 tipos, el primero es un arreglo de la serie 3×3 con un panel solar fotovoltaico de 5.4×5.4 centímetros. El segundo arreglo dispone de 9 piezas de celda fotovoltaica y usando la secuencia de Fibonacci. Las características del panel de batería USB se detalla en la tabla 4-3. Este panel de batería USB permite medir el nivel de batería del panel solar controlando el tiempo de duración, el nivel de carga y descarga de la batería (SIQUIERA, 2014 págs. 84-96).



Ilustración 11-3: Panel de batería USB

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 4-3: Características del panel de batería USB

Características	Panel USB
Voltaje	24V
Corriente de descarga nominal	30A
Tolerancia de potencia	0-3W
Corriente máxima	8.33A
Voltaje máximo (Vmp)	18V
Potencia	150W

Fuente: (SIQUIERA, 2014).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.5 Sensor de humedad del suelo

Este sensor de humedad es instalado a una profundidad de 0 a 20cm del suelo para medir la humedad y la temperatura del suelo circundante. Consta principalmente de dos partes como se muestra en la ilustración 12-3.

La primera parte consiste en un condensador de plano paralelo, cuya capacidad varía según la humedad del suelo. La segunda parte es el circuito electrónico que permite cambiar el valor medido de la capacitancia mencionada en una señal eléctrica, codificando esta señal y transmitida digitalmente, los datos característicos se presentan en la tabla 5-3 (DÍAZ QUIROGA, y otros, 2022).

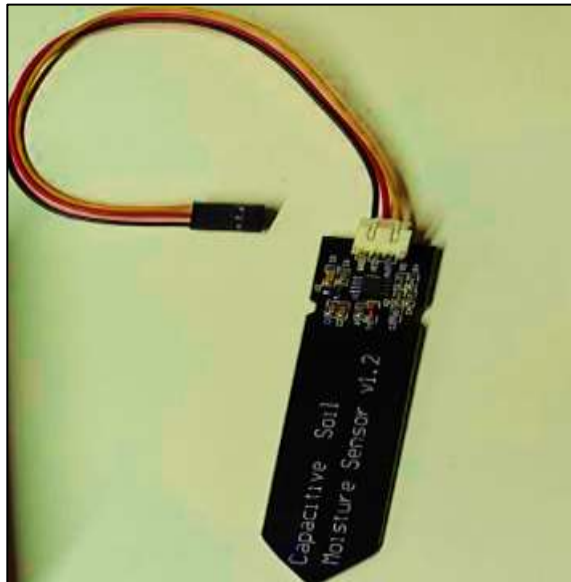


Ilustración 12-3: Sensor de humedad del suelo

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 5-3: Características del sensor de humedad del suelo

Características	Sensor de humedad de suelo
Voltaje de funcionamiento	3.3V-5.5V
Voltaje de salida	0-3V
Interfaz	2.54 de 3 pines
Compatibilidad	ESP32, STM8/32

Fuente: (QUIROGA, 2022).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.6 Sensor de PH

El sensor de PH es utilizada en laboratorios químicos y fábricas industriales, ya que muchos mecanismos de reacción biológica y química dependen del pH. Es por ello que este sensor permite medir el PH del suelo y es utilizado también en la jardinería y fue utilizado en el prototipo implementado, como se muestra en la ilustración 13-3. Las características de este sensor se presentan en la tabla 6-3 (MAZZARACCHIO, 2021 pág. 12).



Ilustración 13-3: Sensor de PH del suelo

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 6-3: Características del sensor de PH

Características	Sensor de PH
Voltaje de calefacción	0.2V
Corriente de trabajo	5-10mA
Tiempo de respuesta	5 segundos
Tiempo de ajuste	60 segundos
Rango de temperatura de detección	32-176°F
Potencia del componente	0.5W

Fuente: (MAZZARACCHIO, 2021).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.7 Módulo BMS de 3 celdas

No existe una definición precisa para los sistemas de gestión de baterías (BMS, Battery Management System). Permite salvaguardar uno o varios parámetros de la batería y pueden incluir: monitorización de parámetros, tensión, temperatura y corriente. Estimación del SOC y del SOH. Protección, maximizar la vida y rendimiento de la batería. Equilibrado y balanceo. Guardado y reporte de datos al usuario. En las tecnologías ion-litio toman relevancia estos dispositivos al ofrecer protección a las celdas para mantenerlas en su área de funcionamiento segura por medio de diferentes herramientas, como protecciones a sobre e infra tensión, monitorización de temperatura o corriente. BMS de 3 celdas ilustración 14-3 que es capaz de medir todos los voltajes y temperaturas de las celdas que componen una batería, la intensidad de ésta, balancear sus celdas y estimar su estado de carga (SoC) a partir de una combinación del open circuit voltaje (OCV) y el Coulomb Counting, la tabla 7-3 presenta las características relevantes para la selección de este dispositivo en el trabajo de este prototipo (COLLADO, 2021 pág. 8).

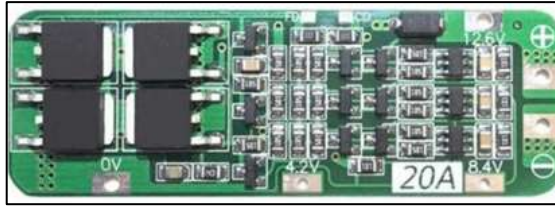


Ilustración 14-3: Módulo BMS de 3 celdas

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Tabla 7-3: Características del módulo BMS de 3 celdas

Características	Panel USB
Tamaño	4.9mm 15mm 3mm
Corriente máxima de descarga	10A
Tension de detección de sobrecarga por celdas	4.35V \pm 0-4.25
Tension de detección	2.3 \pm 3.0V
Corriente de trabajo máximo	5-8A
Temperatura de trabajo	040-50 grados
Vida útil	30.000 horas
Carga mínima	10.8V
Carga promedio	3.7V
Carga máxima	12.6V

Fuente: (COLLADO, 2021).

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.8 Batería 18650

La batería 18650 cumple con las respectivas necesarias para que brinde el suficiente voltaje, estas baterías cuentan con una corriente de 8800mAh con un voltaje de 3.7 a 4.2 voltios, lo cual permite almacenar energía suficiente para que el prototipo funcione correctamente, la ilustración 15-3 muestra las baterías 18650 (COLLADO, 2021 pág. 8).



Ilustración 15-3: Batería 18650

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.1.9 Luces LED SMD

La elección de las luces leds se consideró en base a las características necesarias para el prototipo, es por ello que las luces LED SMD se necesita por ser más pequeños y eficientes y cuentan con un ángulo de apertura de 360 grados, estas luces ya implementado en una tira se evidencia en la ilustración 16-3.



Ilustración 16-3: Luces SMD

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2 *Requerimientos de software*

Para este apartado, se especifica las líneas de programación para el nodo de adquisición de datos, tarjeta central de comunicación inalámbrica, desarrollo para la visualización de datos, envío y recepción de información mediante IoT y los diferentes softwares que se utilizan tanto del diseño electrónico como físicamente lo estructural.

3.4.2.1 Requerimientos del software para la tarjeta central

- Recibe la información del nodo de adquisición de datos por medio de la comunicación inalámbrica wifi.
- Activa y desactiva las entradas analógicas de los sensores de humedad y temperatura ambiental y PH del suelo en el nodo de adquisición de datos.
- Recepción de los datos monitoreados u obtenidos a través la lectura de los transmisores que viene desde el nodo de adquisición.
- Establece y notifica el voltaje que el regulador de energía proporciona y este a su vez mantiene en equilibrio tanto voltaje como corriente.
- Incluye indicadores de aviso cuando este encendido el prototipo y también cuando la comunicación del nodo de adquisición de datos recibe o no información de los transmisores.
- Dispone de una base de datos de la información enviada por la tarjeta central a la aplicación móvil para poder supervisar en cualquier ubicación.

3.4.2.2 Requerimientos del software para los nodos de adquisición

- Realiza las mediciones de los datos con los sensores de humedad ambiental, temperatura ambiental y PH del suelo en un tiempo de latencia predeterminado.
- Enviar los datos de los sensores hacia la tarjeta central por medio de la comunicación inalámbrica Wifi con el protocolo LORA incluida en la tarjeta de control.

3.4.2.3 Software de desarrollo Proteus

Proteus 8.13 es una plataforma virtual en donde se va a desarrollar el diseño de las diferentes conexiones internas de los componentes que conforman el prototipo, permitiendo la interacción de los elementos, posee un programa de enrutamiento automático y diseño de PCB. Es un software comercial producido por Labcenter Electronics, que se caracteriza por ser potente y fácil de usar. En la ilustración 17-3 se muestra la pantalla del software Proteus (GUALLÁN SÁRATE, y otros, 2022 pág. 21).

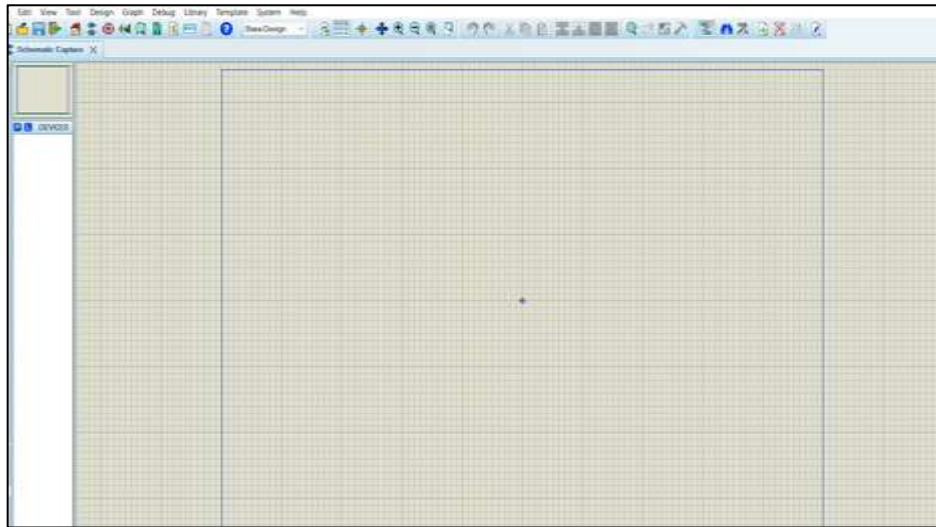


Ilustración 17-3: Software Proteus 8.8

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.4 Software de desarrollo Solidworks

El prototipo que se implemento fue desarrollado en el software SOLIDWORKS, que es una aplicación de automatización de diseño mecánico que permite generar modelos de estructura experimentales con características y dimensiones. Los ensamblajes contienen piezas llamados nodos. En SOLIDWORKS consta de geometría 3D que define sus borde, caras y superficies. En la ilustración 18-3 se muestra la pantalla principal de la aplicación SOLIDWORKS (DASSAULT SOLIDWORKS, 2020 pág. 9).



Ilustración 18-3: Software SolidWorks

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.5 Software de desarrollo Ultimaker Cura

Para el diseño de la estructura se utilizó el software Ultimaker Cura, que permite crear códigos para impresión con fabricación aditiva de piezas eligiendo la impresora deseada y los materiales disponibles. Este programa permite cambiar las condiciones de impresión para lograr los resultados más adecuados para cada objeto. En la ilustración 19-3 se representa la pantalla principal del software (BEDMAR, 2021 pág. 8).

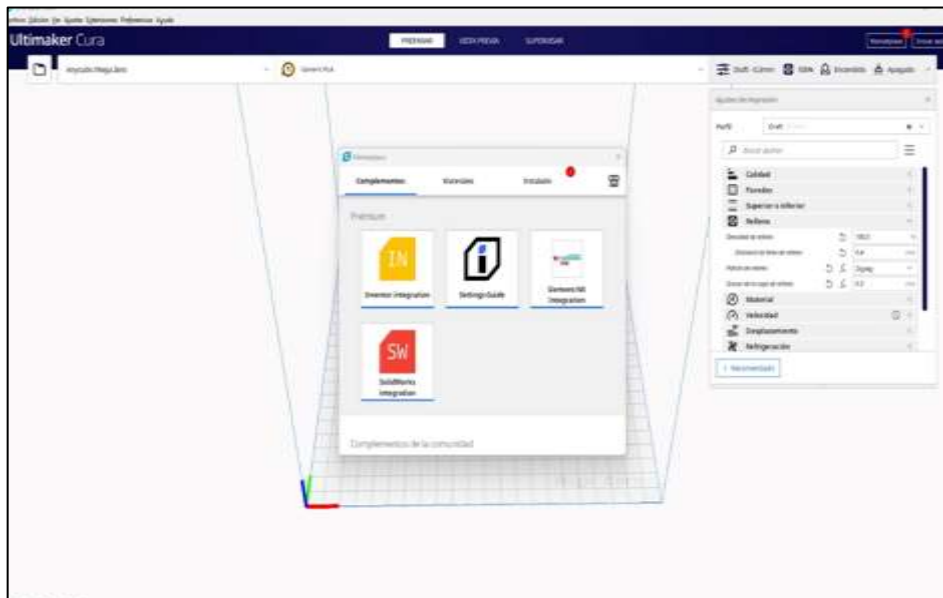


Ilustración 19-3: Software Ultimaker Cura

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.6 Software de desarrollo Inkscape

Para el corte laser de la tapa de la caja estructural, se requirió del software Inkscape como una herramienta de diseño basada en vectores, mediante un método de manipulación interna de imágenes digitales basado en ecuaciones en lugar de píxeles. En la ilustración 20-3 se muestra la pantalla principal del software Inkscape (DURÁN, 2021 págs. 3-4).

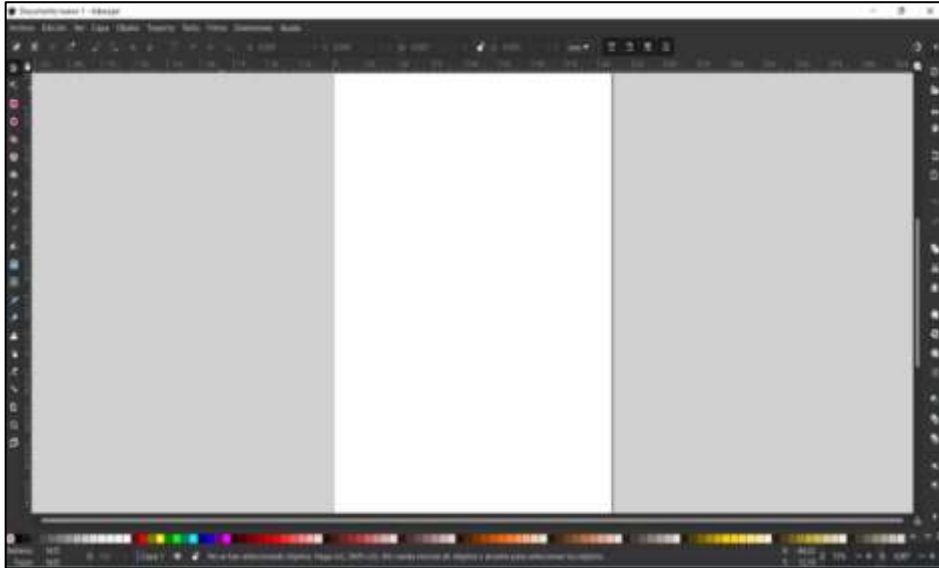
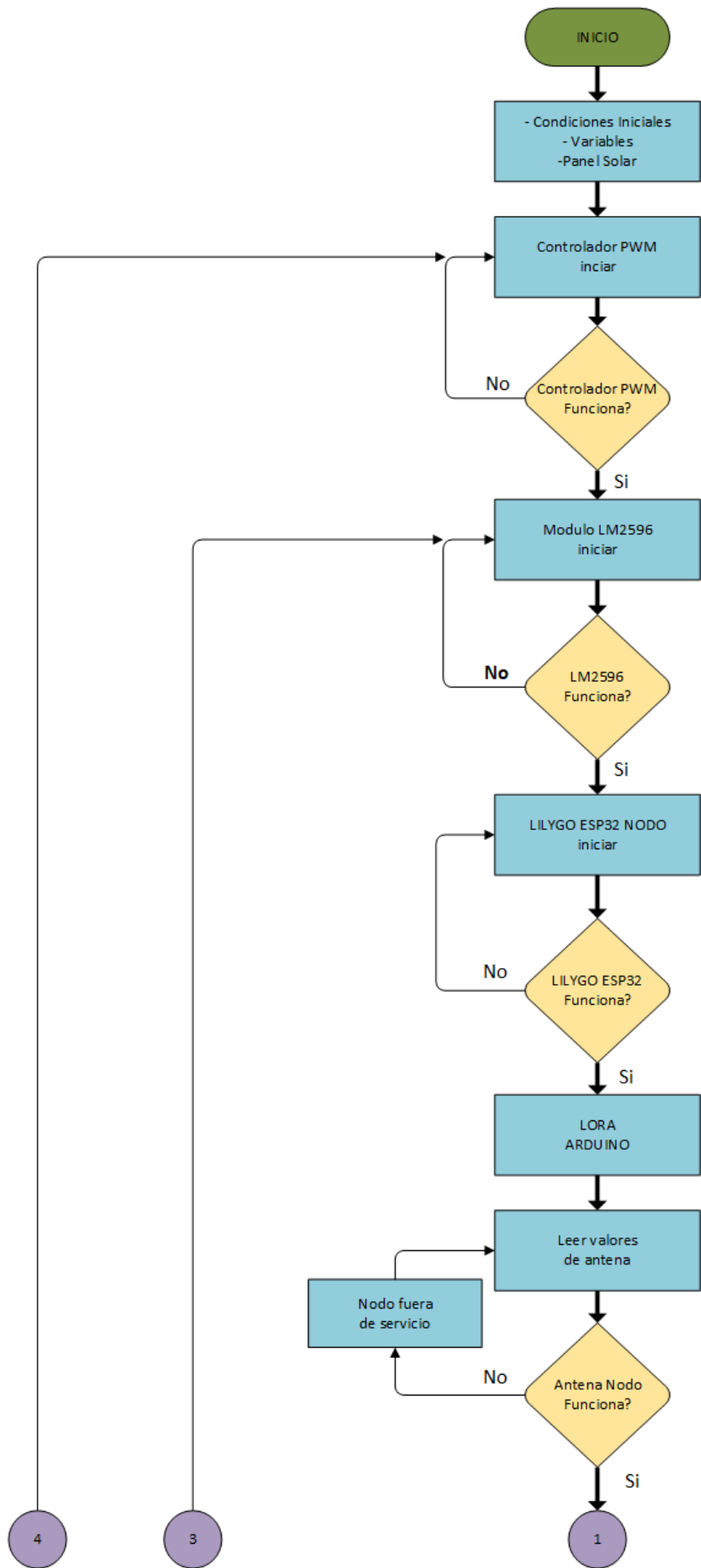


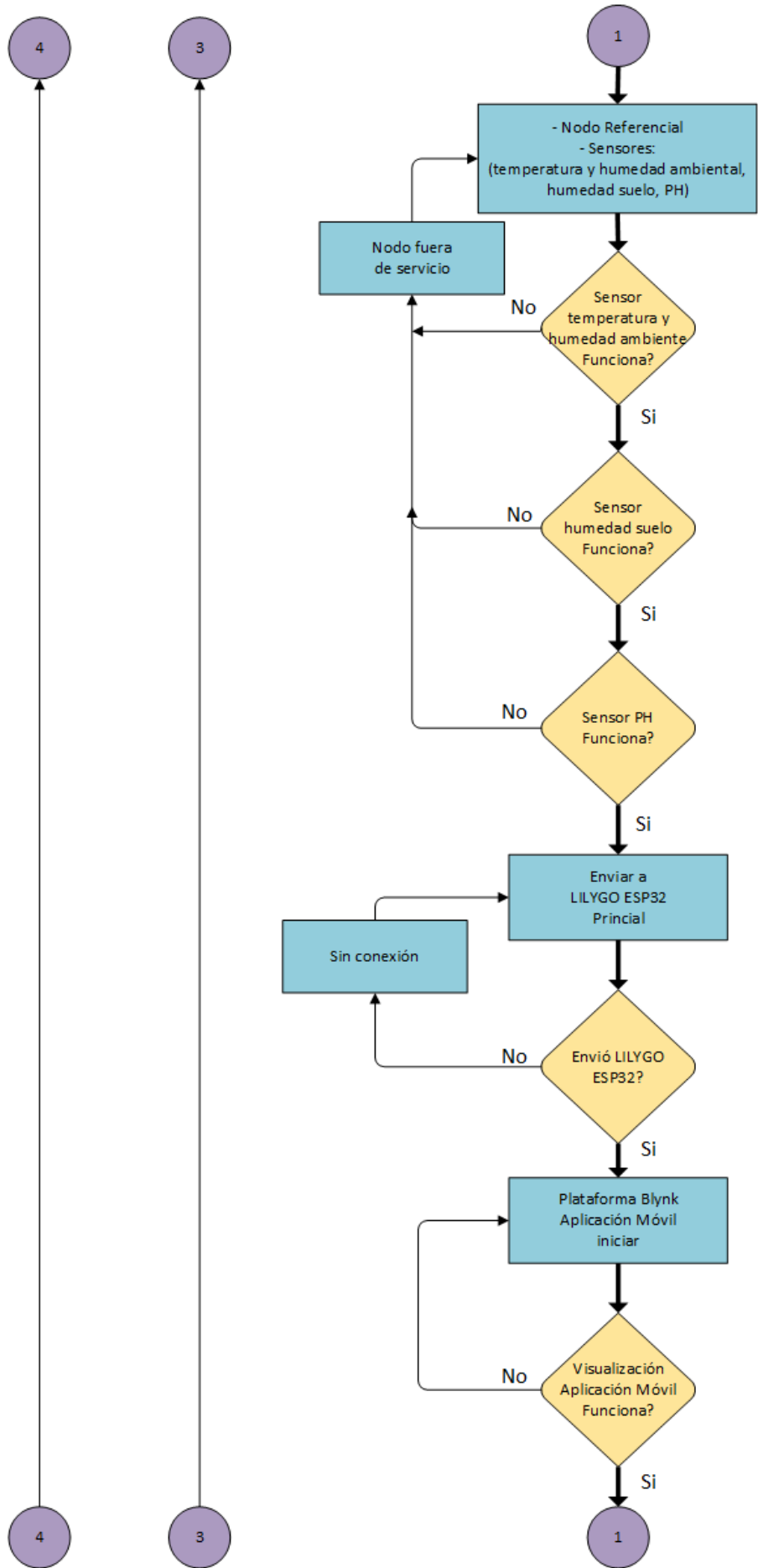
Ilustración 20-3: Software Inkscape

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.7 Diagrama de flujo de la tarjeta central

En la ilustración 21-3 se observa el diagrama de flujo que consiste en el procedimiento que realiza la tarjeta central para cumplir los requerimientos solicitados.





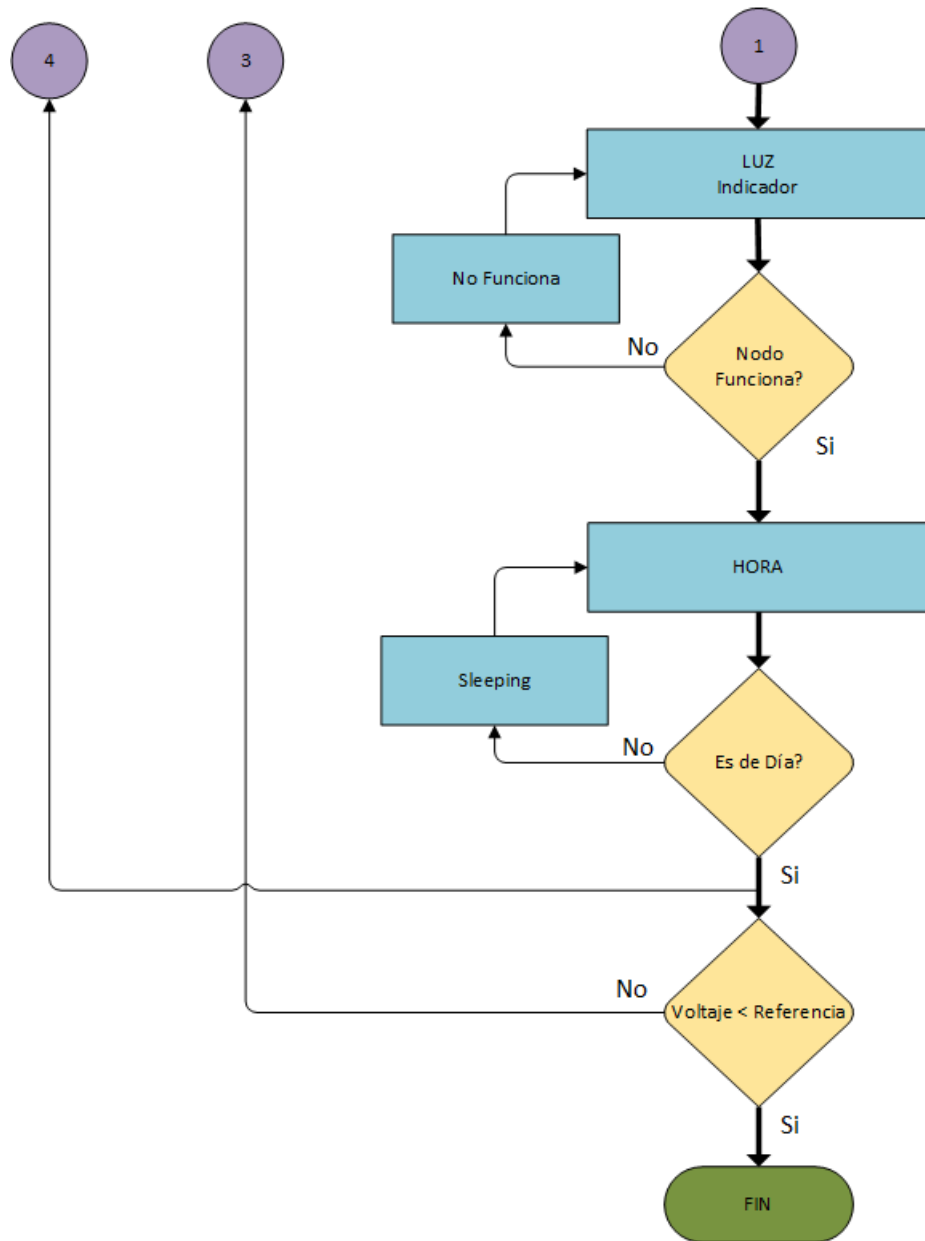


Ilustración 21-3: Diagrama de flujo tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.8 Diagrama de flujo de visualización de datos

En la ilustración 22-3 y se muestra el diagrama correspondiente a la visualización de datos.

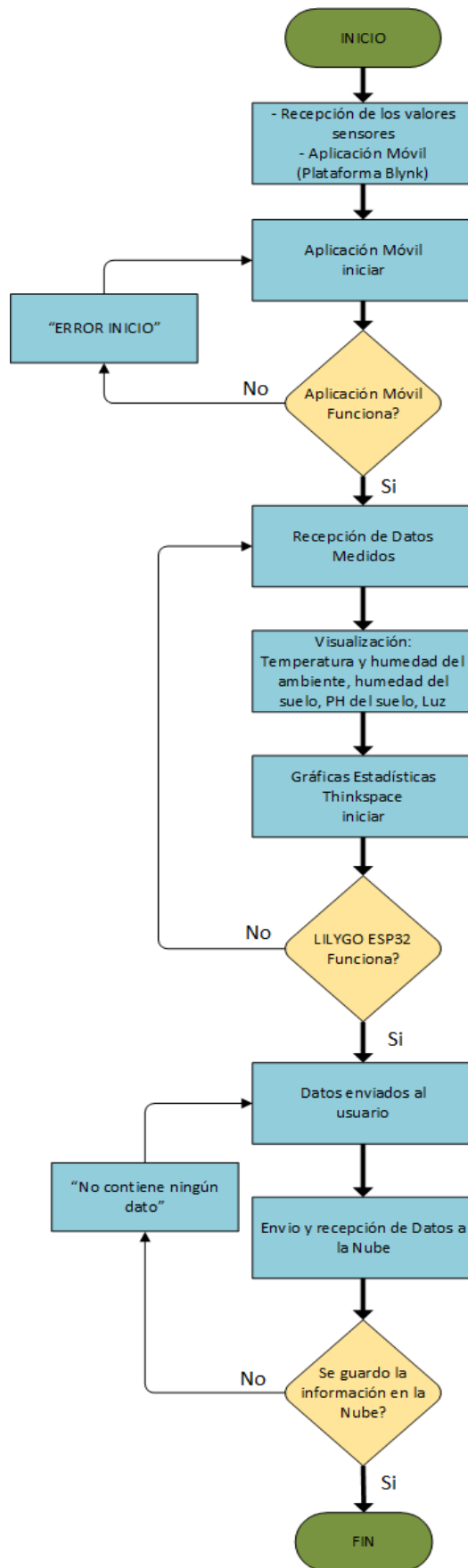
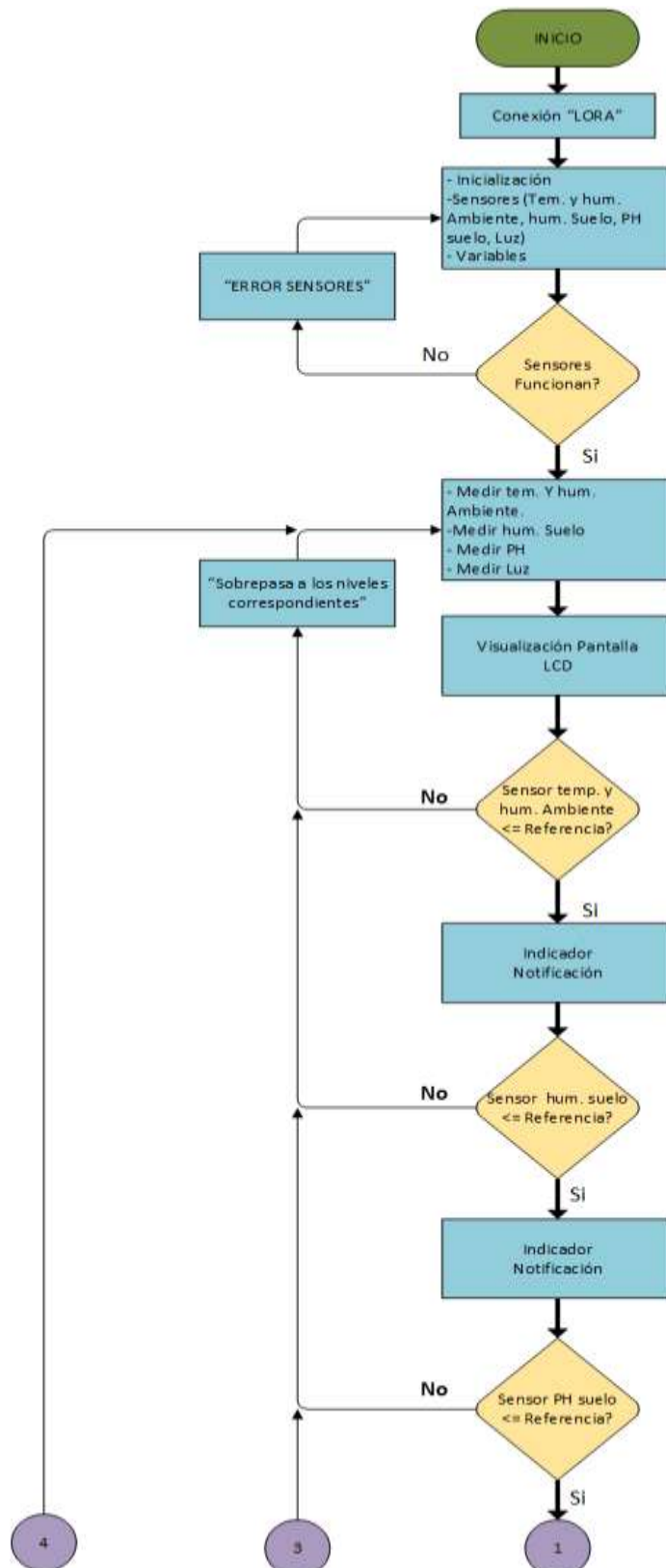


Ilustración 22-3: Diagrama de flujo visualización de datos

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.4.2.9 Diagrama de flujo del nodo de adquisición de datos

En la ilustración 23-3 podemos observar el diagrama de flujos correspondiente al nodo de adquisición.



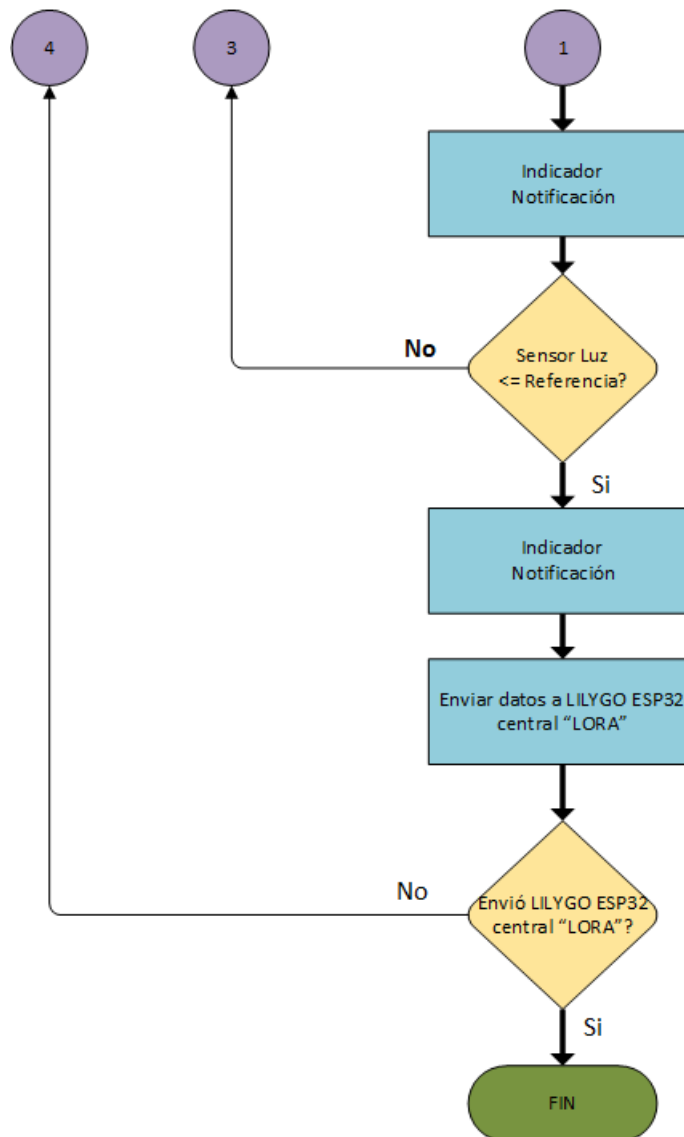


Ilustración 23-3: Diagrama de flujo nodo adquisición de datos

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5 Sistema electrónico

A continuación, se detalla todo el diseño de las placas PCB mediante el software Proteus, el diseño y la impresión del circuito de la tarjeta madre, el diseño e impresión de la placa del nodo de adquisición de datos, componentes correspondientes a la soldadura de cada placa y su programación para el buen funcionamiento de los circuitos.

3.5.1 Diseño de la placa tarjeta central

En la ilustración 24-3 se observa la PCB de la tarjeta central diseñada en el software Proteus, sus componentes, circuitos adicionales y las diferentes conexiones que lo conforman. A este diseño se lo a organizado en bloque o etapas para su funcionamiento las cuales son: Alimentación, tarjeta de adquisición de datos, conexión de sensores, divisor de voltaje, pantalla LCD y la iluminación.

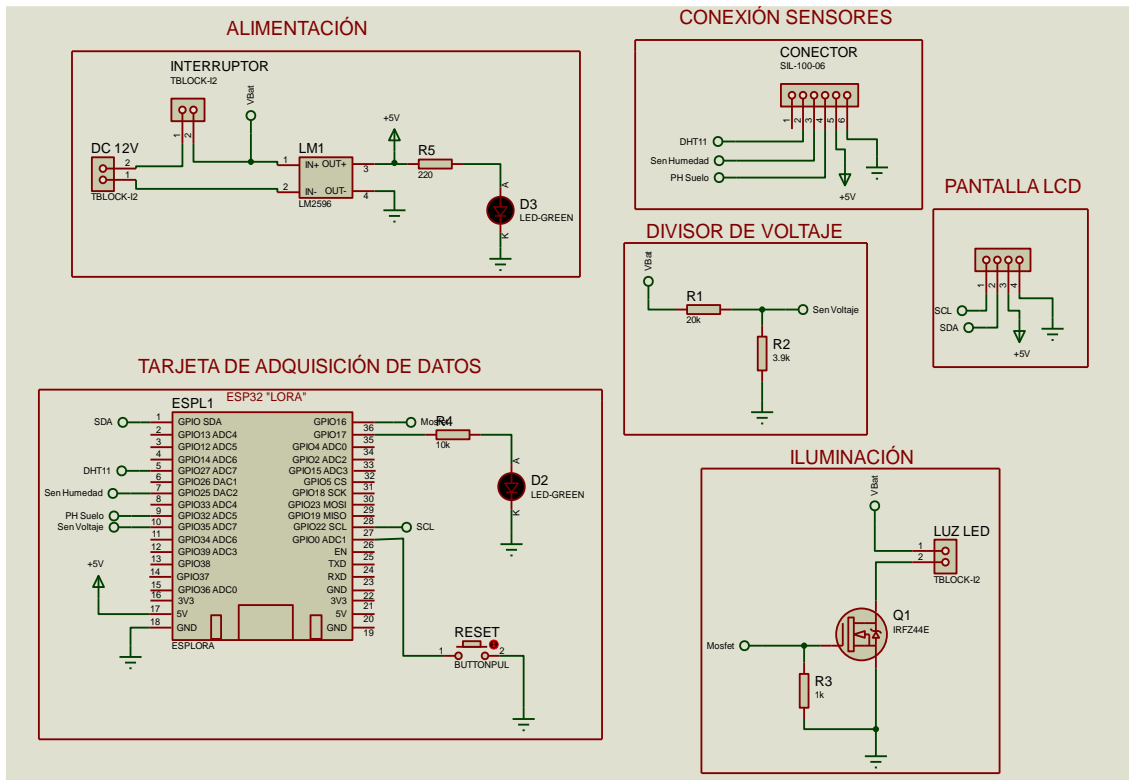


Ilustración 24-3: Diseño de la placa tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5.2 PCB de la tarjeta central

Como se observa en la ilustración 25-3 se tiene la muestra de la tarjeta central con las pistas y componentes. Las pistas se encuentran posicionadas de acuerdo a los componentes y circuitos compuestos por los bloques como es la conexión de sensores va a estar transmitida por un conector de 6 pines de entrada separados adecuadamente para evitar fallos. Para la alimentación de nuestra tarjeta de adquisición de Datos, ya que, esta se alimenta con 5 V y de entrada tenemos 12 V para esto, se solucionó haciendo un divisor de voltaje y se calculó las resistencias respectivas en paralelo sus valores son: 20 KΩ y 3.9 KΩ, con esto nuestro voltaje es 5 V para la tarjeta ESP32 y con un amperaje mínimo.

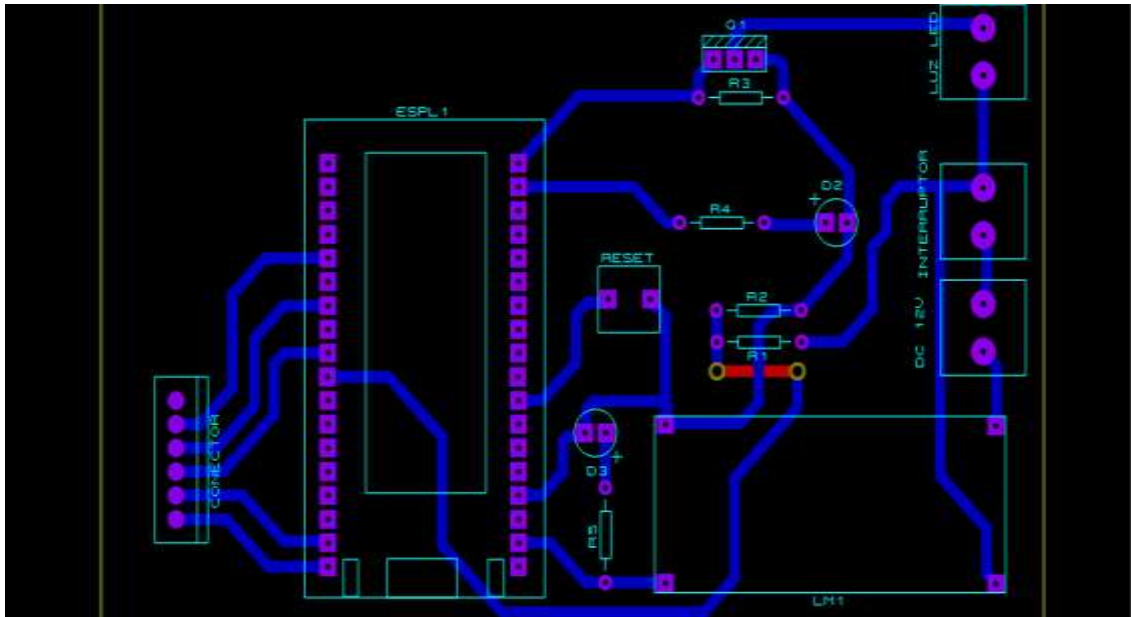


Ilustración 25-3: PCB tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

La ilustración 26-3, indica el modelo 3D de la tarjeta central, ubicando todos los componentes que se utilizan para el funcionamiento de la tarjeta central.

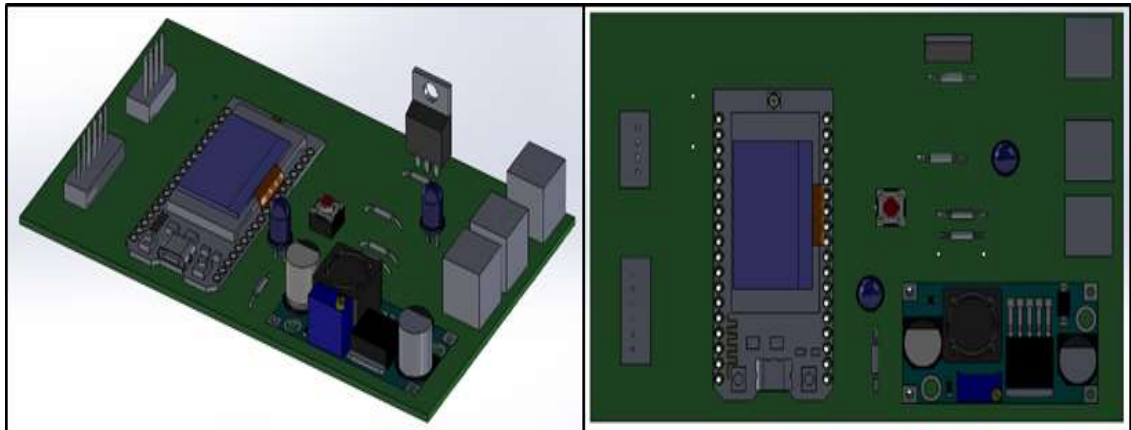


Ilustración 26-3: Modelo 3D de la tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5.3 PCB del nodo de adquisición

La ilustración 27-3 indica el modelo 3D de la tarjeta ESP32 Lora para el nodo de adquisición, ubicando todos los componentes que se utilizan para el funcionamiento de la tarjeta central.

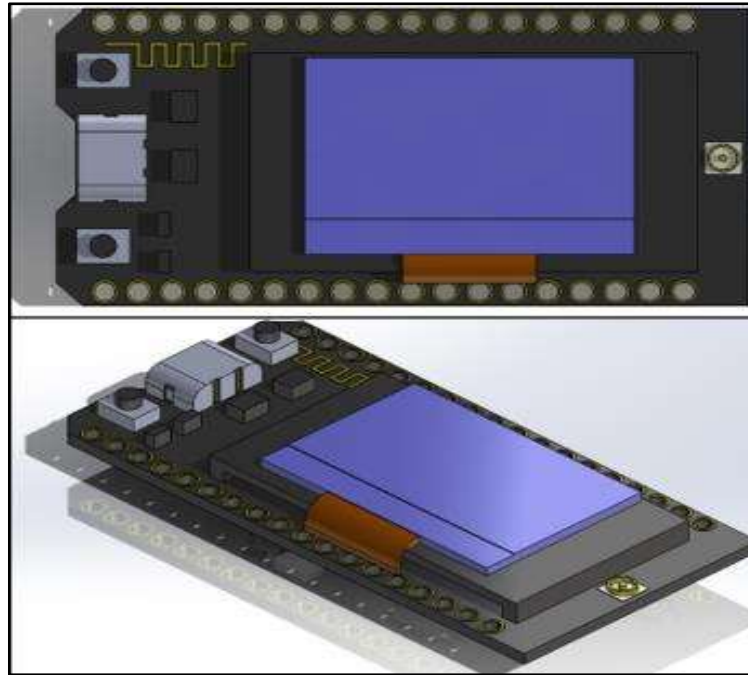


Ilustración 27-3: Modelo 3D de los nodos de adquisición

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5.4 Circuito impreso tarjeta central

En la ilustración 28-3 se observa el circuito impreso por el método del planchado. La tarjeta central impresa mide 6.79 cm x 11.31 cm para cada uno de los componentes que conforman todo el circuito completo.



Ilustración 28-3: Circuito impreso tarjeta central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5.5 Tarjeta ESP32 Lora del nodo de adquisición

En la ilustración 29-3 se observa la tarjeta ESP32 con comunicación Lora para la compatibilidad entre la tarjeta central, como también el envío y recepción de los datos correspondientes.

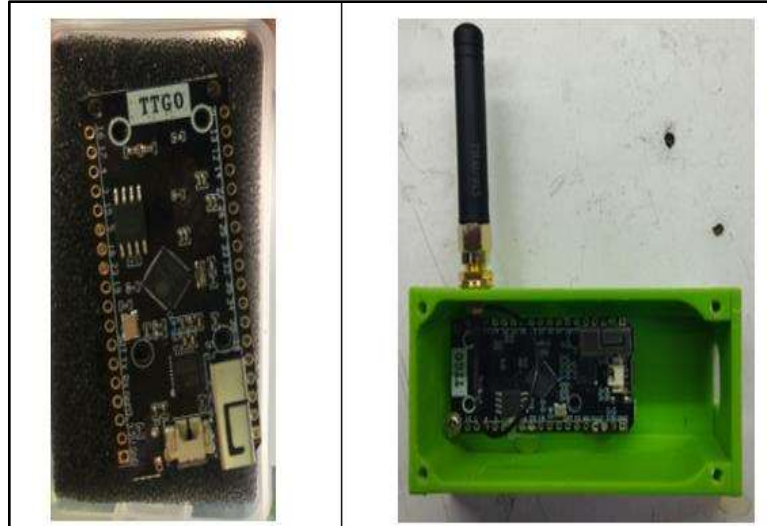


Ilustración 29-3: Tarjeta del nodo de adquisición

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.5.6 Paneles solares

El panel solar que está conformado el dispositivo completo se lo modelo en 3D para mejor percepción de este teniendo una dimensión de 55,30 cm de largo y 35 cm de ancho como se muestra en la ilustración 30-3, el cual estará ubicado en la parte superior de toda la estructura del dispositivo. El panel tiene una carga de hasta 15 V dependiendo si el día esta soleado su carga será mucho más rápida.

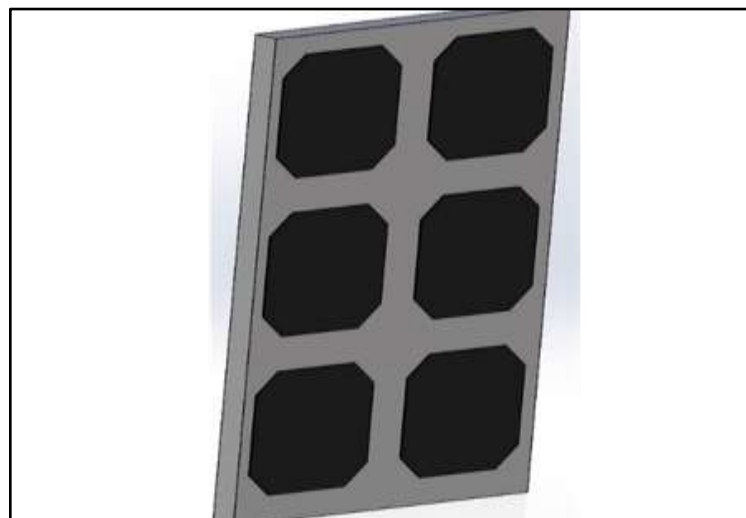


Ilustración 30-3: Panel solar

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.6 Diseño y propuesta del sistema mecánico

En este apartado presenta el diseño de las cajas necesarias para el proceso de armado del prototipo, en los cuales se diseña la caja en donde va presentado la tarjeta central y además como va incorporado el nodo de adquisición de datos, además de la estructura para la colocación de los paneles solares.

3.6.1 Diseño de la caja de la tarjeta central

En la ilustración 31-3 se presenta el diseño de la caja central con cada uno de sus medidas, la caja donde va a ir ubicado la tarjeta cuenta con unos soportes para que se pueda enclavar en la pared, pero en este caso va ubicado en sobre un parante en conjunto del panel solar, dentro de esta caja se colocó la tarjeta central además del panel de batería en el cual se puede observar el nivel de batería del panel solar, además está ubicado las baterías para que puedan conectarse a los diferentes dispositivos como los diferentes sensores.

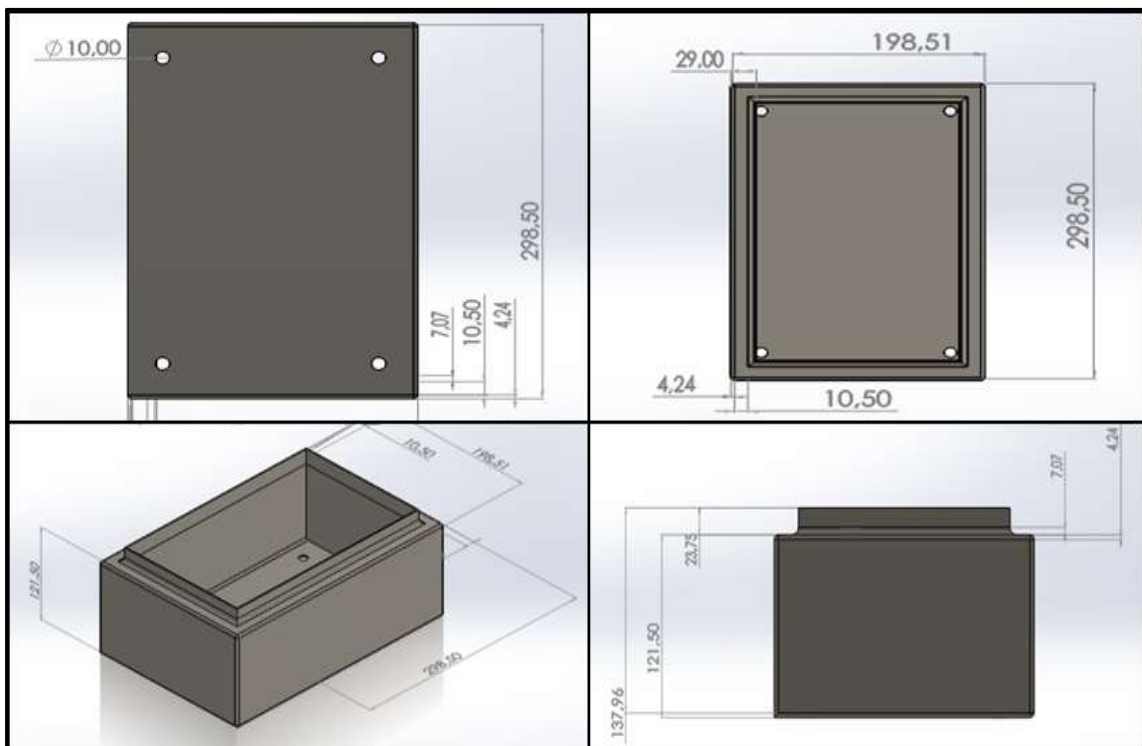


Ilustración 31-3: Caja metálica de la caja central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

La tabla 8-3 presenta los valores principales que tiene la caja principal en donde va colocada la tarjeta central, estos valores más la figura 30-3 muestran el diseño de la caja, este diseño es ideal para que no entre agua ya que va a estar a la intemperie, esta caja consta de la tarjeta central la cual tiene la tarjeta ESP32 además de la antena que permite la comunicación LORA-WAN.

Tabla 8-3: Valores que se tomaron para diseñar la caja de la tarjeta central

Descripción	Valores
Ancho	198.51 mm
Largo	298.50 mm
Alto	137.96 mm
Soporte puerta	7.07 mm
Puerta larga	261.50 mm
Puerta ancha	163 mm
Orificio de soporte	10 mm diámetro

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la ilustración 32-3 muestra la caja ya diseñada y con las partes que debe contener dentro de la mismas, la puerta se puede visualizar que tiene un seguro y es impermeable, esto muestra el resultado del diseño de la caja, dentro de la misma consta de la tarjeta central y el panel solar USB.



Ilustración 32-3: Caja metálica de la placa central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.6.2 Diseño de la caja del nodo de adquisición

La tarjeta del nodo de adquisición de datos es el que envía los datos, para ello el diseño de donde va a ir ubicado la tarjeta se presenta en la ilustración 33-3, esta tarjeta permite enviar la información de los nodos de adquisición de datos hacia la tarjeta central que recibe los datos, dentro de la tarjeta está ubicada una antena y una tarjeta ESP32 la cual con comunicación inalámbrica envía la información.

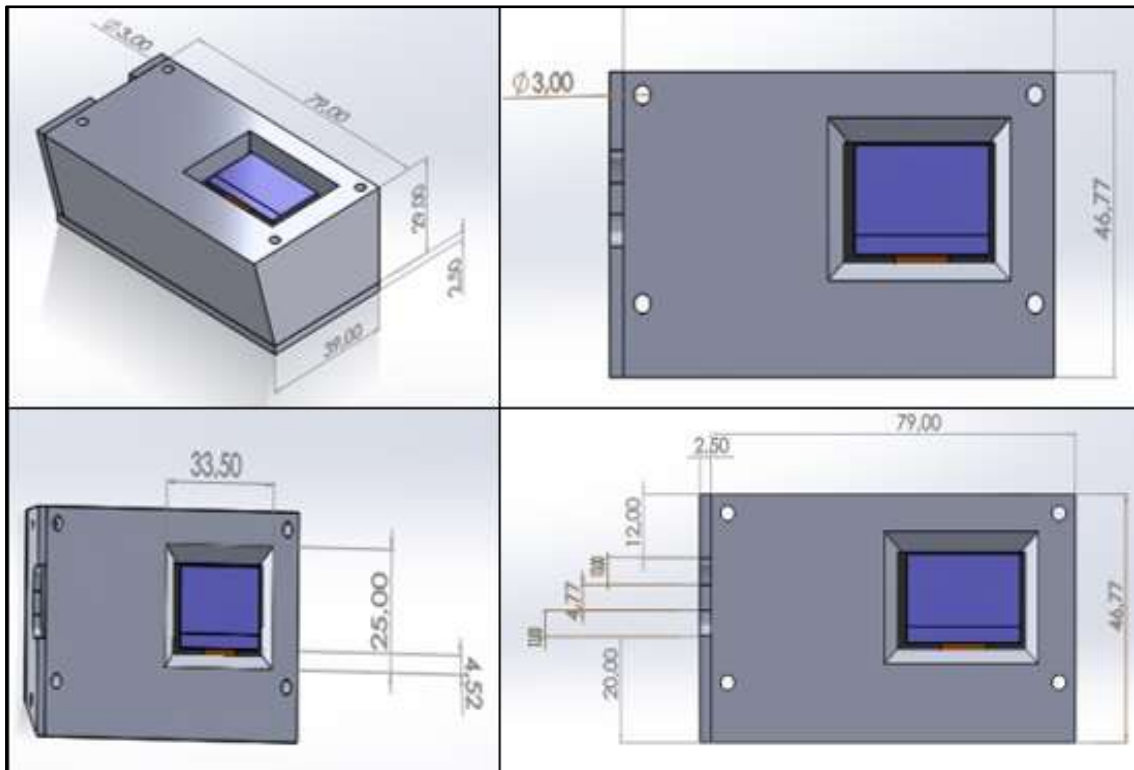


Ilustración 33-3: Diseño de la caja metálica de la placa central

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Para el nodo de adquisición de datos los datos que se presentan en la tabla 9-3 muestran el resultado del diseño con las medidas correspondientes en su principal diseño.

Tabla 9-3: Valores que se tomaron para diseñar la caja metálica de la placa central

Descripción	Valores
Ancho	39 mm
Largo	79 mm
pantalla	25 x 33.50 mm
tapa	79 x 46.77 mm
Agujeros para el seguro	3 mm de diámetro

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Una vez diseñado se procede a imprimir el diseño para luego adjuntar la tarjeta ESP32, el resultado del diseño se presenta en la ilustración 34-3 este presenta el diseño ya terminado en el cual se puede evidenciar la antena del diseño además de la pantalla en al cual se puede evidenciar la información que está reflejando en el nodo de adquisición de datos.



Ilustración 34-3: Caja metálica del nodo.

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

3.7 Sistema IoT

El sistema IoT permite supervisar y adquirir datos en tiempo real con una latencia dependiendo de los sensores y de la velocidad a la cual está trabajando, esta latencia se verifica en función de pruebas la cual se aborda en capítulos posteriores. El almacenamiento de todos estos datos se lo hace en la nube mediante LORAWAN.

3.7.1 Supervisión y adquisición de datos

La adquisición de datos se lo hace mediante la aplicación Blynk en la cual se crea una página que permite visualizar toda la información requerida por el prototipo, esta página fue creada con el fin de poder visualizar los datos de la jardinería doméstica, además de que la página brinda características que ayudan con el almacenamiento de la información en la nube para comparaciones futuras de la jardinería doméstica, la ilustración 35-3 muestra el inicio de la página en donde fue creada la aplicación.



Ilustración 35-3: Aplicación móvil

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

El resultado de la información se puede evidenciar en la ilustración 36-3 con lo cual muestra los resultados de cada uno de los parámetros que se emplearon para el funcionamiento del dispositivo.

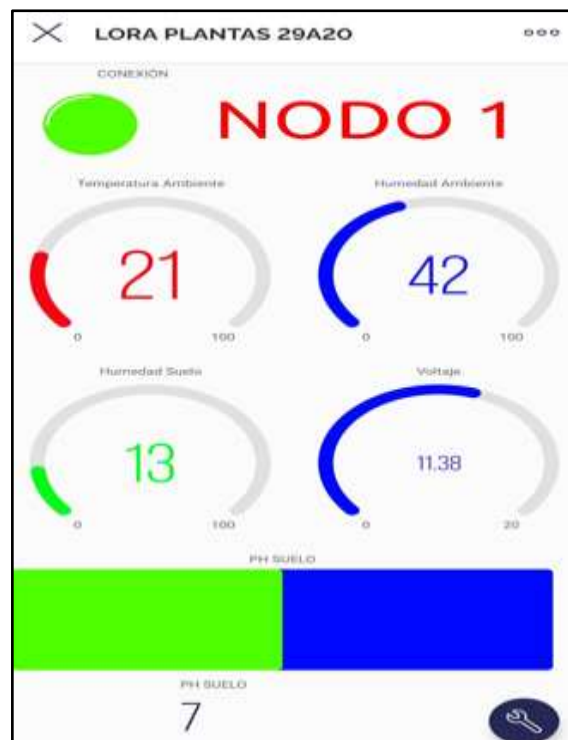


Ilustración 36-3: Interfaz de la aplicación móvil

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

El presente capítulo presenta el evaluó del software y hardware del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica, por lo que se va a realizar pruebas de validación y estabilidad del prototipo, los sensores (temperatura, humedad, luz y pH) se van a comparar con otros dispositivos base para poder determinar los valores adecuados y corroborar la evaluación del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos.

4.1 Consideraciones generales

Para el análisis y evaluación del prototipo se lo hace considerando el funcionamiento del hardware y software implementados para el funcionamiento del prototipo, se muestra la calibración de los sensores y además las imágenes del funcionamiento del prototipo como también los datos obtenidos en la nube, finalmente se realizaron tablas comparativas de las diferentes pruebas realizadas. Para estas pruebas se consideran algunos aspectos entre estos están el tener un dispositivo de referencia con el cual calibrar y comparar los sensores del prototipo, con estos resultados se realizan análisis en un software llamado RStudio en el cual se analiza la media y la desviación estándar, además de la representación en gráficos de los resultados obtenidos.

4.2 Método de adquisición de datos

Para la adquisición de datos se emplea el método cuantitativo, este método permite extrapolar los resultados de una muestra de población, es decir se compara los datos con otras correlaciones, permitiendo así encontrar patrones en el estudio de los datos. Para ello se toma información de los sensores del prototipo con algún dispositivo que cumpla con las mismas características.

4.3 Prueba 1: Validación del nodo de adquisición de datos

El análisis de los sensores se lo realiza en comparación con otros aparatos de medición y el sensor y compararlos con el objetivo de obtener valores casi iguales, comparando la exactitud y validez de los datos obtenidos, con los datos ya medidos se procede a validar si el sensor es bueno o malo para el prototipo.

4.3.1 Prueba de medición del sensor de temperatura DHT11

Para esta prueba se utilizó el sensor de temperatura DHT11 en referencia con un multímetro TRUPER MUT-105, este instrumento hace mediciones de tensión de AC/CC, resistencia, continuidad audible, diodo, hFE, frecuencia capacitancia y temperatura, ángulo de permanencia

y tacómetro. El multímetro TRUPER MUT-105 está dentro de los parámetros de medición con categoría sobre tensión (CAT III 600 V, CAT II 1000 V) y grado de contaminación 2, en la ilustración 1-4 se observa las especificaciones del multímetro que se va a utilizar para la medición de temperatura.

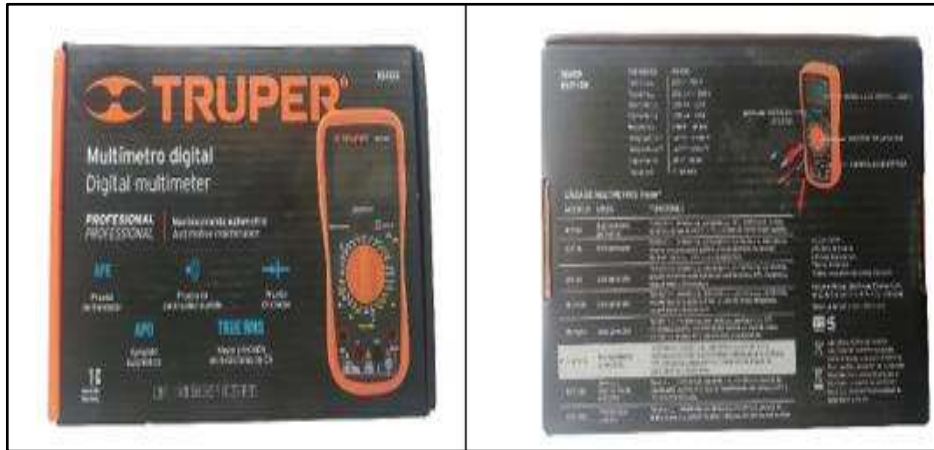


Ilustración 1-4: Caja de especificaciones del multímetro TRUPER MUT-105

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

La medición de temperatura se lo realiza primero tomando valores del multímetro TRPER MUT-105 y luego con el sensor de temperatura DHT11, para luego hacer su respectiva comparación, tanto el sensor como la sonda termopar deben estar en la misma ubicación para así brindar valores correctos.



Ilustración 2-4: Multímetro digital y sensor de temperatura DHT11

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.



Ilustración 3-4: Sensor DHT11 en la aplicación LORA plantas

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

La tabla 1-4 muestra los resultados tomados y comparados en un numero de 30 muestras con intervalos de 30 minutos.

Tabla 1-4: Datos del sensor de temperatura DHT11

Hora del día	Número de pruebas	Temperatura referencial multímetro digital TRUPER MUT-105 (°C)	Temperatura medida por el sensor DHT11 (°C)	Error absoluto	Error relativo (%)
MAÑANA	1	25	24,79	0,21	0,85
	2	25	24,77	0,23	0,93
	3	24	23,76	0,24	1,01
	4	23	22,8	0,2	0,88
	5	23	22,74	0,26	1,14
	6	24	23,72	0,28	1,18
	7	21	20,74	0,26	1,50
	8	22	21,81	0,19	0,87
	9	22	21,78	0,22	1,01
	10	21	20,95	0,05	0,24
MEDIO DIA	11	35	34,6	0,4	1,16
	12	32	31,91	0,09	0,28
	13	31	30,9	0,1	0,32
	14	30	29,9	0,1	0,33
	15	30	29,87	0,13	0,44
	16	32	31,7	0,3	0,95
	17	34	33,75	0,25	0,74
	18	35	34,77	0,23	0,66
	19	34	33,85	0,15	0,44
NOCHE	20	34	33,87	0,13	0,38
	21	33	32,75	0,25	0,76
	22	33	32,9	0,1	0,30
	23	32	31,79	0,21	0,66
	24	31	30,89	0,11	0,36
	25	31	30,77	0,23	0,75
	26	30	29,71	0,29	0,98
	27	30	29,89	0,11	0,37
	28	30	29,71	0,29	0,98
	29	29	28,79	0,21	0,73
	30	29	28,83	0,17	0,59

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Una vez obtenidos los datos se procede a analizar con un software llamado RStudio, aplicando el coeficiente de relación Pearson's que oscila entre -1 y +1, cuando más se acerca a -1 tiene una relación inversa, cuando más se acerca a +1 tiene una relación directa, por lo cual brinda la siguiente información: entre 0 y 0,10 correlación coexistente, entre 0,10 y 0,29 correlación débil, entre 0,30 y 0,50 correlación moderada y entre 0,50 y 1,00 correlación fuerte. Con el coeficiente de relación de Spearman se determina que si tiene un valor que se aproxime a +1 significa que hay una perfecta asociación, si se aproxima a 0 no hay rangos de asociación y si se aproxima a -1 significa una relación negativa perfecta.

En base a los coeficientes de relación la ilustración 4-4 muestra que Pearson's da como resultado 0.99984 y Spearman's un valor de 0.9956514 que se aproxima a +1 lo que significa que los datos están con una relación muy alta en comparación del objeto muestra y el sensor DHT11.

Pearson's product-moment correlation	Spearman's rank correlation rho
<pre>data: Data_FTemperatura_Multimetro and Data_FTemperatura_Sensor_DHT11 t = 302.32, df = 29, p-value = 2.2e-16 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: 0.9996735 0.9998282 sample estimates: cor 0.9998476</pre>	<pre>data: Data_FTemperatura_Sensor_DHT11 and Data_FTemperatura_Multimetro S = 19.547, p-value < 2.2e-16 alternative hypothesis: true rho is not equal to 0 sample estimates: rho 0.9956514</pre>

Ilustración 4-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En el gráfico 1-4 se muestra una relación de Pearson's la inclinación hacia la derecha indica que el valor se aproxima a +1 determinando que la relación de los dos sensores es casi nula.

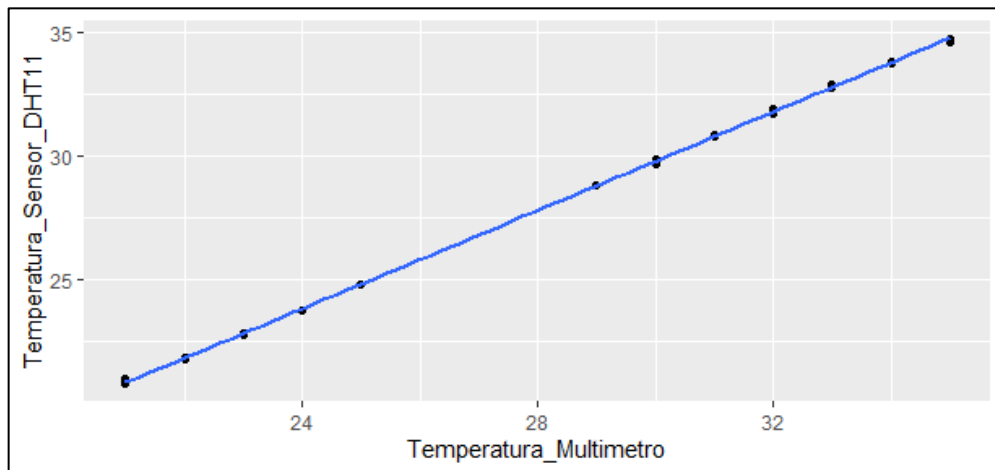


Gráfico 1-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de temperatura

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Los datos estadísticos se obtuvieron con el software RStudio, los datos analizados referentes al sensor de temperatura muestran que no varían mucho en magnitud con relación a los datos medidos con el multímetro donde se concluye que el sensor está dentro del rango $\pm 2^{\circ}\text{C}$ de error como se registra en su correspondiente datasheet.

4.3.2 Validación del sensor de PH del suelo

Para la validación del sensor de PH del suelo se realizó utilizando elementos como: el azufre y la piedra caliza que permiten subir el pH del suelo. Con la ayuda del sensor de medidor de calidad del suelo se realizó la comparación respectiva con el prototipo implementado en donde se obtuvieron los siguientes datos; como se muestra en la tabla 2-4. en la ilustración 5-4 se muestra el sensor medidor de calidad de suelo con las cual se comparó los datos medidos por el sensor de pH del prototipo.



Ilustración 5-4: Medidor de calidad de suelo digital

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la ilustración 6-4 se muestra algunos de los datos registrados al igual que el del sensor de pH.



Ilustración 6-4: Sensor de PH y medidor de calidad de suelo digital

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

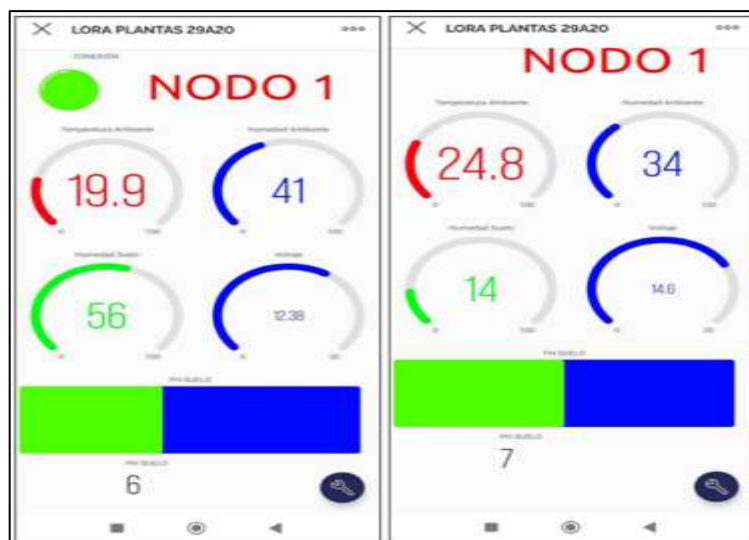


Ilustración 7-4: Sensor de PH en la aplicación LORA plantas

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la tabla 2-4 se detalla los datos conseguidos en numero de 30 pruebas en un intervalo de 30 minutos validando el sensor de PH.

Tabla 2-4: Error relativo del sensor de PH del suelo

Hora del día	Número de pruebas	Medidor de calidad de suelo digital	Sensor PH del suelo	Error absoluto	Error relativo (%)
MAÑANA	1	6,36	6	0,36	6,00
	2	6,43	6	0,43	7,17
	3	6,44	6	0,44	7,33
	4	6,52	6	0,52	8,67
	5	6,64	6	0,64	10,67
	6	6,72	6	0,72	12,00
	7	6,75	6	0,75	12,50
	8	6,97	6	0,97	16,17
	9	7,22	7	0,22	3,14
	10	7,49	7	0,49	7,00
MEDIO DIA	11	5,88	5	0,88	17,60
	12	5,94	5	0,94	18,80
	13	5,97	5	0,97	19,40
	14	6,01	6	0,01	0,17
	15	6,04	6	0,04	0,67
	16	6,11	6	0,11	1,83
	17	6,14	6	0,14	2,33
	18	6,19	6	0,19	3,17
	19	6,25	6	0,25	4,17
TARDE	20	6,47	6	0,47	7,83
	21	6,34	6	0,34	5,67
	22	8,16	8	0,16	2,00
	23	8,17	8	0,17	2,13
	24	8,2	8	0,2	2,50
	25	8,38	8	0,38	4,75
	26	8,41	8	0,41	5,13
	27	8,41	8	0,41	5,13
	28	8,3	8	0,3	3,75
	29	7,89	7	0,89	12,71
	30	7,2	7	0,2	2,86

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Para el análisis y validación del sensor de pH se observa que los valores obtenidos tanto de objeto de prueba y el sensor del prototipo y aplicando el coeficiente de relación Spearman's y Pearson's y se determinó que los datos estadísticos que se muestran en la ilustración 8-4 tienen una relación que se acerca a +1; siendo de ± 0.3 pH el nivel de error de este sensor, por lo que se puede concluir que no afecta al diseño del prototipo.

Pearson's product-moment correlation	Spearman's rank correlation rho
<pre>data: Data_F\$Medidor_digital and Data_F\$Sensor_Ph t = 17.166, df = 28, p-value < 2.2e-16 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: 0.9079523 0.9788840 sample estimates: cor 0.9556285</pre>	<pre>data: Data_F\$Sensor_Ph and Data_F\$Medidor_digital S = 391.65, p-value = 2.075e-12 alternative hypothesis: true rho is not equal to 0 sample estimates: rho 0.9128709</pre>

Ilustración 8-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de pH.

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

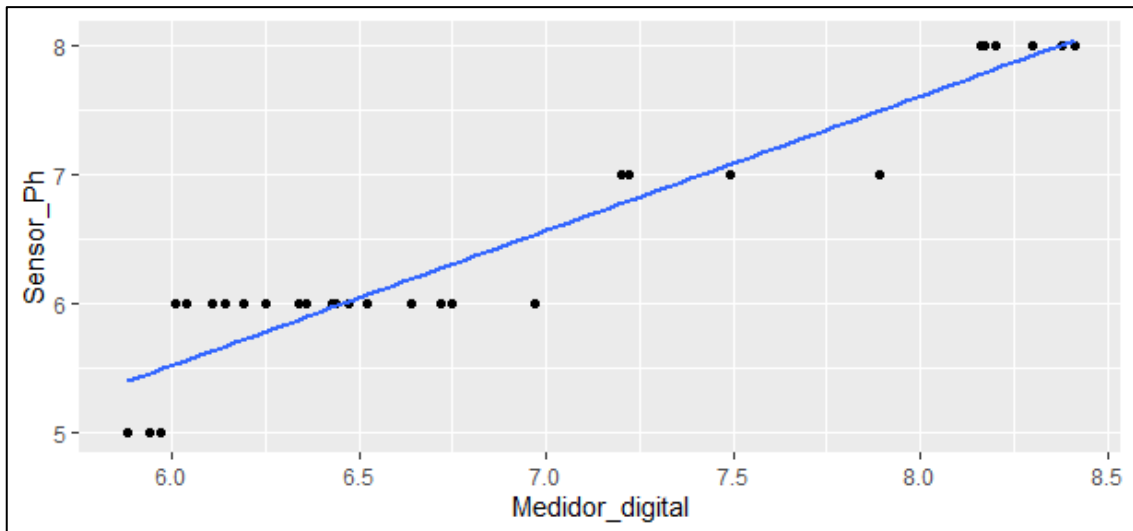


Gráfico 2-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de pH.

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

El gráfico 2-4 muestra el resultado del análisis de los datos obtenidos en comparación del sensor del prototipo con el medidor digital. Estos resultados muestran que existe dispersión entre los datos pero que aún la linealidad entre los dos sensores se inclina hacia la derecha es decir a +1.

4.3.3 Validación del sensor de humedad del suelo VI.2

Para validar el sensor de humedad del suelo, el equipo patrón utilizado es el mismo de la ilustración 9-4 sus valores son en porcentaje como los del sensor de humedad del suelo monitoreado. Para esto se necesita subir y bajar la humedad del suelo del jardín, con el fin de recolectar todos los datos necesarios para la validación del sensor de humedad del suelo.



Ilustración 9-4: Sensor de humedad del suelo y medidor de calidad de suelo digital

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la tabla 3-4 se detalla los datos conseguidos de un numero de 30 pruebas en intervalos de 30 minutos.

Tabla 3-4: Error relativo del sensor de humedad del suelo

Hora del día	Número de pruebas	Medidor de calidad de suelo digital (%)	Sensor de humedad del suelo (%)	Error absoluto	Error relativo (%)
MAÑANA	1	16,2	16	0,2	1,25
	2	16,21	16,1	0,11	0,68
	3	16,8	16,79	0,01	0,06
	4	16,85	16,81	0,04	0,24
	5	17,01	17	0,01	0,06
	6	17,46	17,32	0,14	0,81
	7	17,87	17,78	0,09	0,51
	8	17,98	17,87	0,11	0,62
	9	18,32	18,21	0,11	0,60
	10	18,73	18,65	0,08	0,43
MEDIO DIA	11	12,33	12	0,33	2,75
	12	12,35	12	0,35	2,92
	13	12,41	12,2	0,21	1,72
	14	12,58	12,48	0,1	0,80
	15	13,12	13	0,12	0,92
	16	13,43	13,19	0,24	1,82
	17	14,02	14	0,02	0,14
	18	14,67	14,49	0,18	1,24
	19	15,16	15	0,16	1,07
TARDE	20	26	25,89	0,11	0,42
	21	26,37	26,07	0,3	1,15
	22	27,4	27	0,4	1,48
	23	33,1	32,76	0,34	1,04
	24	44,07	44	0,07	0,16
	25	48,75	48,55	0,2	0,41
	26	52,68	52,14	0,54	1,04
	27	56,14	56	0,14	0,25
	28	56,23	56,1	0,13	0,23
	29	56,31	56,14	0,17	0,30
	30	56,31	56,17	0,14	0,25

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Pearson's product-moment correlation	Spearman's rank correlation rho
data: Data_F\$Medidor_digital and Data_F\$Sensor_humedad t = 18.422, df = 28, p-value < 2.2e-16 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: 0.9191334 0.9811324 sample estimates: cor 0.9611363	data: Data_F\$Sensor_humedad and Data_F\$Medidor_digital S = 1.0002, p-value < 2.2e-16 alternative hypothesis: true rho is not equal to 0 sample estimates: rho 0.9997775

Ilustración 10-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de humedad.

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

En la ilustración 10-4 se presenta al analizar el coeficiente de relación de Pearson's y Spearman's entre el dispositivo de referencia y el sensor del prototipo, dando como resultado la aproximación a +1 ; donde el rango de error de este sensor es de $\pm 1^\circ\text{C}$ lo que indica que el sensor no influye en el resultado. En el gráfico 3-4 evidencia la compatibilidad de los sensores.

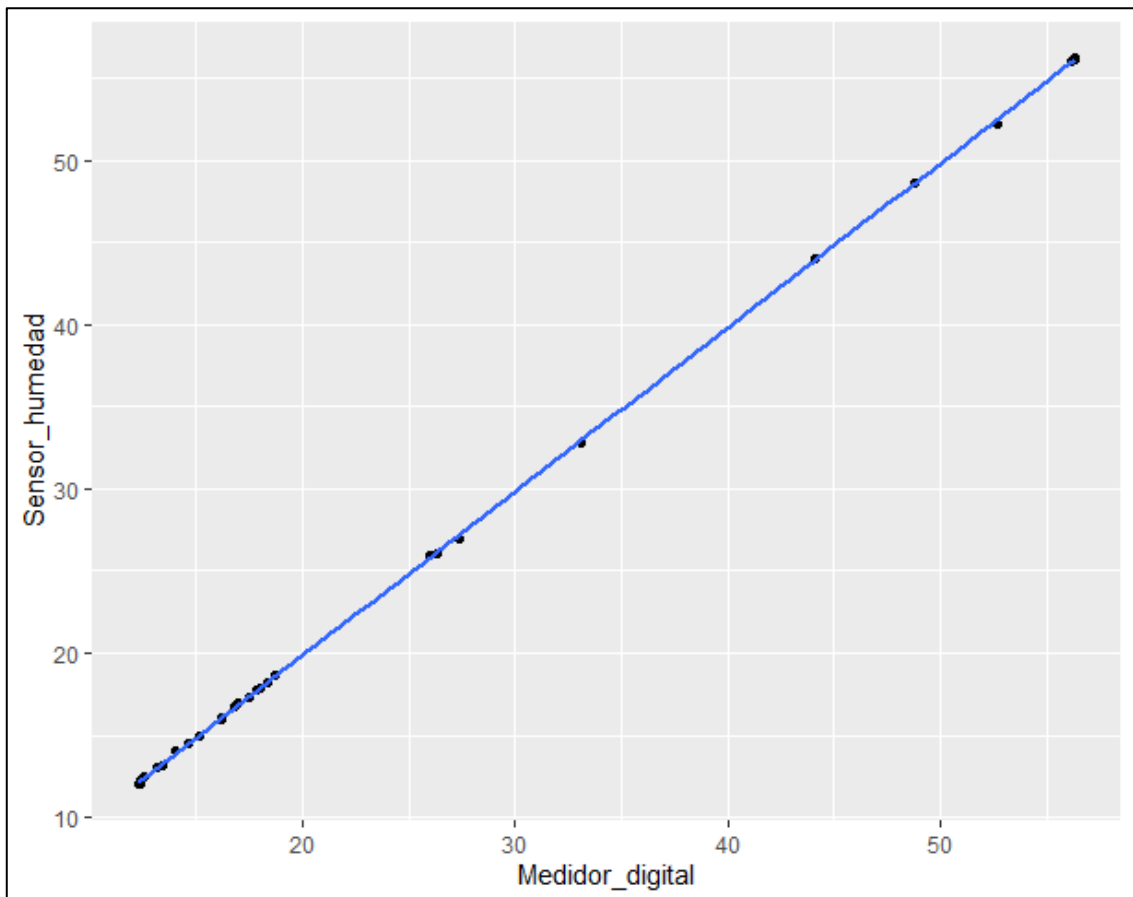


Gráfico 3-4: Resultados de datos estadísticos del sensor de humedad.

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

4.4 Prueba 2: Validación del prototipo

Para la validación del prototipo se toma en consideración la alimentación de las baterías mediante las celdas fotovoltaicas, para ello se toma en cuenta: el tiempo de carga y la duración de la batería, para la cual se realizaron 30 pruebas los mismos que se presentan en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Duración de las baterías

Número de Muestras	Fecha	Hora	Medición de Batería
1	20/07/2023	6:00:34	11,25
2	20/07/2023	6:30:12	11,34
3	20/07/2023	7:00:17	12,37
4	20/07/2023	7:30:45	12,43
5	20/07/2023	8:00:52	11,23
6	20/07/2023	8:30:14	11,68
7	20/07/2023	9:00:49	12,32
8	20/07/2023	9:30:18	12,01
9	20/07/2023	10:00:24	12,13
10	20/07/2023	10:30:21	12,11
11	20/07/2023	11:00:23	12,07
12	20/07/2023	11:30:12	12,02
13	20/07/2023	12:00:32	12,05
14	20/07/2023	12:30:51	12,09
15	20/07/2023	13:00:12	12,13
16	20/07/2023	13:30:32	12,17
17	20/07/2023	14:00:24	12,19
18	20/07/2023	14:30:00	12,23
19	20/07/2023	15:00:45	12,21
20	20/07/2023	15:30:11	12,34
21	20/07/2023	16:00:19	12,35
22	20/07/2023	16:30:13	12,32
23	20/07/2023	17:00:24	12,30
24	20/07/2023	17:30:31	12,31
25	20/07/2023	18:00:09	12,30
26	20/07/2023	18:30:13	12,56
27	20/07/2023	19:30:18	12,45
28	20/07/2023	20:00:25	12,40
29	20/07/2023	20:30:05	12,41
30	20/07/2023	21:00:15	12,40

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Del análisis realizado sobre la durabilidad de la batería, estos datos se tomaron en intervalos de tiempo de cada media hora con el objetivo de generar resultados adecuados y verificar si la batería se carga mediante las celdas fotovoltaicas. Los valores de la batería reflejan que el prototipo se mantiene estable cuando la luz solar refleja directamente hacia la celda fotovoltaica mientras más es la inclinación del sol en dirección de la celda las baterías se empiezan a descargar, pero no se descarga en su totalidad ya que tiene la suficiente energía para seguir alimentando a los sensores.

4.4.1 Validación de duración del prototipo

La ilustración 11-4 muestra el resultado estadístico de duración del prototipo, estos resultados evidencian con la desviación estándar que el prototipo cumple con los requerimientos establecidos, estos requerimientos son: estabilidad del prototipo, alimentación estable para el prototipo. La grafica 4-4 muestra el resultado de fiabilidad que brinda el prototipo en comparación a todas las horas del día establecidas.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Duración_Batería	30	13,2570	,81439	,14869

Ilustración 11-4: Media de la duración de la batería

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

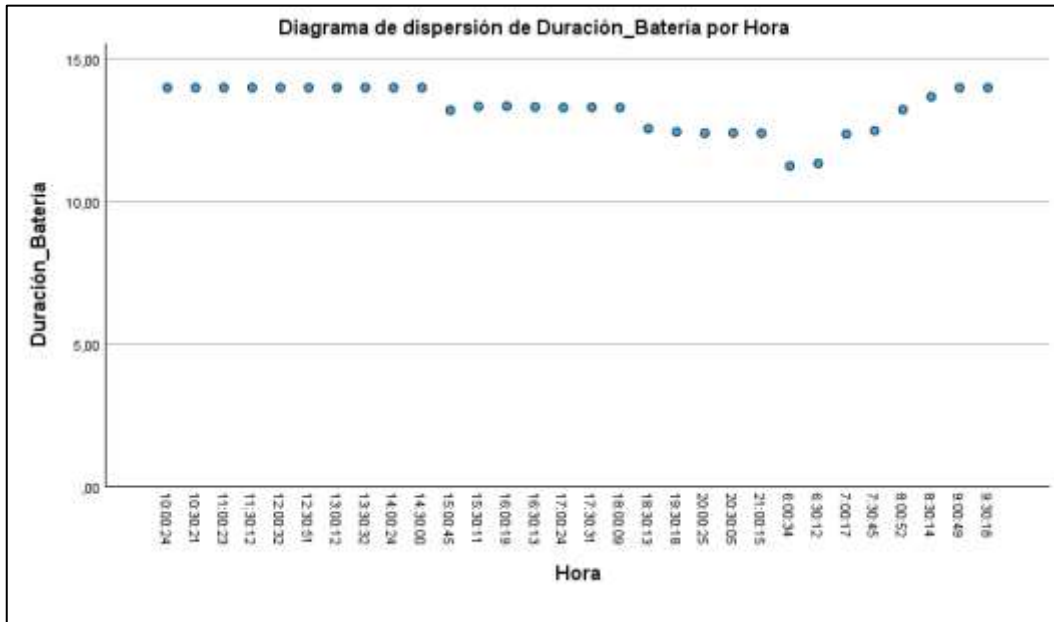


Gráfico 4-4: Resultados de la media de duración de la batería

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

4.5 Prueba 3: Validación de la comunicación IoT

En este apartado se presenta los diferentes resultados que se adquirieron al implementar el prototipo como la medición de los sensores de: humedad, temperatura y pH, los mismo que se presentan en la aplicación móvil llamada “Plantas del Jardín IoT”.

4.5.1 Monitoreo en tiempo real

Para el evaluó de la comunicación IoT, que supervisa el monitoreo y el tiempo de respuesta mediante la aplicación móvil “Plantas del Jardín IoT” que se realiza mediante comunicación LORAWAN para considerar el tiempo de respuesta o latencia entre el dispositivo y la aplicación. Los valores obtenidos por los sensores de temperatura, humedad y pH son almacenados en una base de datos en la nube para luego ser visualizados cuando el caso lo requiera. En la ilustración 11-4 se muestra los resultados de visualización de la base de datos.



Ilustración 12-4: Base de datos en la nube

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

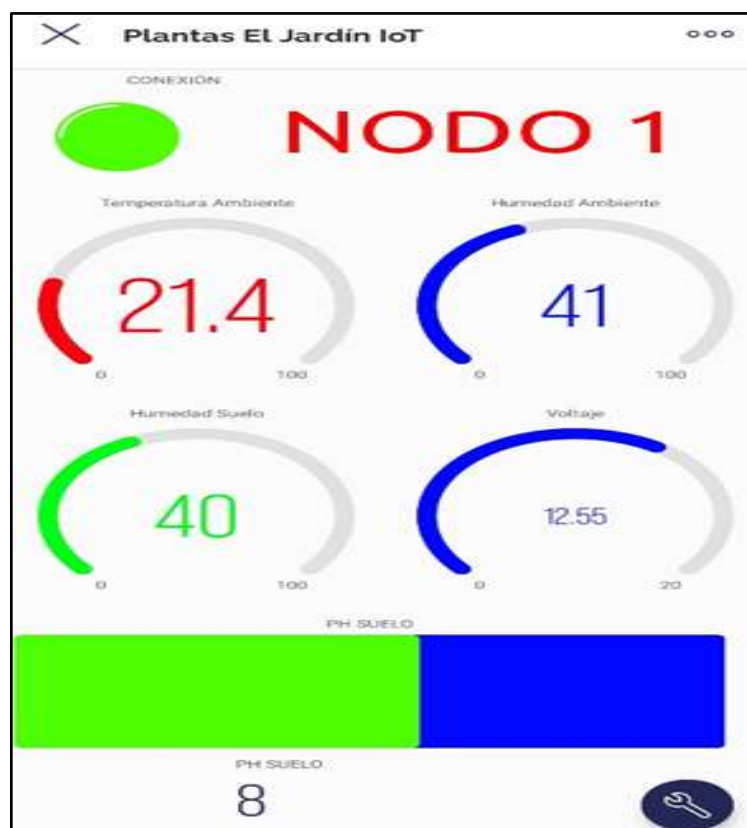


Ilustración 13-4: Aplicación móvil de supervisión y adquisición de datos

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

4.6 Prueba de activación de las luces leds

Para el encendido de las luces se llegó a determinar en base al estudios y análisis, que las plantas del jardín necesitan 15 minutos de luz cada 6 horas mientras que para la noche permanece encendidas con un valor de 60 lúmenes. En la tabla 5-4 se muestra el tiempo de encendido de las luces leds en el horario matutino, vespertino y nocturno; considerando que las luces leds consume de 60 a 80 lúmenes por vatio, las luces leds se ubicaron a una distancia de 10 cm.

Tabla 5-4: Tiempo de luz en las plantas

Hora	Duración	Luz
6:00	15 minutos	roja
12:00	15 minutos	azul
18:00	15 minutos	roja
24:00	15 minutos	azul

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

4.7 Consumo de batería del prototipo

Para medir el consumo de la batería del prototipo se tomó en cuenta dos aspectos como: cuando el prototipo está funcionando y cuando está en modo reposo. De las pruebas realizadas a cada de los sensores del prototipo y las luces se obtuvo 24 voltios en su carga máxima y 3 voltios en su carga mínima, como se muestra en la tabla 6-4.

Tabla 6-4: Duración de las baterías

Etapas	Consumo voltaje	Consumo corriente
Sensor DTH11	3V	2.5mA
Tarjeta ESP32	5V	1A
Sensor Humedad de suelo capacitivo	3.3V	5mA
Sensor de pH	3.6V	6mA
Luces	12V	5mA
Total	26.9V	1.0185mA

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

4.8 Análisis económico del prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos

En la tabla 6-4 se muestra los resultados de los gastos generados al implementar el prototipo IoT, los mismos que se detallan en la tabla 7-4.

Tabla 7-4: Análisis económico para la construcción del prototipo

Descripción material	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Modulo panel de control			
Módulos LILYGO ESP32+LORA	2	65	130
Borneras	2	0,25	0,50
Módulos Buck LM2596	1	4,5	4,5
Diodos leds	2	0,10	0,20
Conectores Moles	2	0,75	1,50
Pantalla LCD 20x4	4	16	16
Resistencias	1	0,05	0,20
Sensor DHT11	1	4,5	4,5
Sensor humedad suelo	1	7	7
Sensor pH suelo	1	250	250
Fibra de vidrio FR4 A4	1	8	8
Ácido Férrico	1	1	1
Brocas 1mm	1	0,6	0,6
Papel couche	1	1	1
Filamento PLA	1	25	25
Corte y grabado acrílico	1	8	8
Acceso plataforma Blynk	1	70	70
Pilas de litio 18650	3	5	15
Módulos BMS de 3 celdas	1	12	12
Controlador de carga solar PWM	1	35	35
Panel solar 20W monocristalino	1	45	45
Impresión 3D carcasa	1	45	45
Cable de control 24AGW	5	1,25	6,25
Conector DB9 macho + hembra	1	4	4
Gastos de implementación			
Costo general del prototipo IoT			690,25

Realizado por: Colcha W., Pilco J., 2023.

Los datos que se presentan en la tabla 6-4 se puede observar el costo total que es de 690,25 dólares americanos a esto se añade algunos programas de programación para las diferentes tarjetas además de la programación para la nube en donde se puede visualizar los datos.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un prototipo IoT de supervisión y adquisición de datos aplicado a la jardinería doméstica mediante comunicación LORAWAN y monitoreada mediante una aplicación móvil en un dispositivo inteligente.
- Se estudió los parámetros físico-químicos que influyen en el cultivo de plantas de una jardinería doméstica, llegando a determinar parámetros como la temperatura, humedad, PH y luminosidad que requieren para su crecimiento.
- Se utilizó los requerimientos necesarios tanto software como hardware para cumplir con la funcionalidad del prototipo y con la ayuda de una aplicación móvil poder monitorear el estado de las plantas de una jardinería doméstica.
- El diseño de la aplicación móvil es el encargado de supervisar y visualizar los datos de las diferentes variables como: temperatura, humedad, PH y luminosidad. Mediante la comunicación LORAWAN permite el envío de datos hacia la página web en la cual se puede monitorear, supervisar y adquirir datos de los diferentes sensores.
- El rango de PH que debe tener las plantas es de 5 a 7, este valor es el que se debe monitorear de las plantas, el sensor de PH mide rangos mayores a 8 es por la alcalinidad de la tierra que está midiendo que en varias ocasiones; en las pruebas que se realiza en terrenos áridos y secos el pH que se midió llegó a tener valores muy altos hasta de 12.
- Los parámetros y valores que se deben considerar para el evaluó, considerando que la planta que se está analizando es un arbusto y esta planta es de 10 a 35°C: temperatura son: temperatura de los sensores 21.4 °C, humedad del ambiente 41°C, humedad del suelo 40°C y un pH de 8 de alcalinidad.
- La elección de la planta a analizar se la realizó en base a las características que presenta, las cuales determinan que se puede plantar en lugares tanto de la costa como de la sierra ecuatoriana, ya que cuenta con parámetros que pueden ser medidos, esta planta es la Duranta o también conocida como arbusto.

RECOMENDACIONES

- Para la toma de datos de los diferentes sensores se debe realizar en diferentes horas del día y varios días a la semana ya que en ocasiones el clima influye bastante con respecto a la toma de datos para lograr calibrar los sensores del prototipo.
- Si se desea ampliar el espacio de terreno se debe implementar más nodos de adquisición de datos con respecto a su dimensionamiento del terreno para cubrir los espacios que se requiere y obtener información en tiempo real.
- Al momento de dimensionar la alimentación de cada uno de los dispositivos se debe considerar el consumo de cada uno de los dispositivos; para esto se debe revisar el datasheet de cada uno de los dispositivos, con esto se puede determinar las baterías y si la celda fotovoltaica es lo suficientemente apropiada para el prototipo.
- El espacio para que las baterías deben ser directamente al sol, considerando que no todos los días son soleados; por lo cual el prototipo puede seguir cargando aun que el día sea nublado.
- El prototipo es autónomo ya que la celda fotovoltaica envía la suficiente energía a las baterías para que el prototipo funciones correctamente, si se desea implementar más nodos se debe redimensionar las celdas fotovoltaicas.
- Si se desea mejorar la visualización de los parámetros que dispone el prototipo, se recomienda utilizar una pantalla HMI la cual presente mejores características de visualización.

BIBLIOGRAFÍA

AL-EZZI, A; et al. Photovoltaic Solar Cells: A review. *Appl. Syst. Innov. Malasia Teen – Hang Meen*. [En línea] 2022. [Citado el: 01 de Abril de 2023.] <https://doi.org/10.3390/asi5040067>.

BABIUCH, Marek; et al. Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *Ieeexplore*. [En línea] 2019. [Citado el: 22 de Marzo de 2023.] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8765944>.

BANSAL, Malti & GANDHI, Bani. IoT Based Development Boards for Smart Healthcare Applications. *IEEE*. [En línea] 2018. [Citado el: 21 de Marzo de 2023.] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8777572>.

BEDMAR, Teresa. Diseño e Impresión de válvulas para equipamiento médico mediante técnicas de fabricación aditiva. *Universidad Pontificia Comillas*. [En línea] 2021. [Citado el: 20 de Abril de 2023.] <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/54175/TFG%20-%20de%20BedmarPalao%2cTeresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BONELLS, José. Jardines domésticos contemporáneos. *Jardines sin fronteras*. [En línea] 2017. [Citado el: 02 de Enero de 2023.] <https://jardinessinfronteras.com/2017/08/05/jardines-domesticos-contemporaneos-jardin-formal-clasico/>.

BOYÁS GARCÍA, Tanner Alexis; et al. Condiciones ambientales para el óptimo desarrollo de plantas ornamentales y fitorremediadoras. *Universidad Politécnica del Estado de Guerrero*. [En línea] 2022. [Citado el: 07 de Enero de 2023.] <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs/article/view/5348>.

CALANI, Judith; et al. Uso de las luces led en la producción agrícola. *Revista Estudiantil AGRO-VET*. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de Abril de 2023.] <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/102.2523-2037>.

CASTRO, Alicia; et al. Aspectos de seguridad en Internet de las Cosas. *Unlp*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Febrero de 2023.] http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63929/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CHARAN, Bhagwati; et al. Introducción a los sensores. *ResearchGate*. [En línea] 2020. [Citado el: 13 de Febrero de 2023.] https://www.researchgate.net/publication/347050409_Introduction_to_sensors.

COLLADO, J. Diseño de la batería principal de un vehículo eléctrico de 110 kW y 15 kWh con BMS, caracterización de las celdas y sistema de control de energía. *Universidad Politécnica de Valencia*. [En línea] 2021. [Citado el: 11 de Mayo de 2023.] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/169660/Collado%20-%20Diseno%20de%20la%20bateria%20principal%20de%20un%20vehiculo%20electrico%20de%20110%20kW%20y%2015%20kWh%20con%20BMS%20car%20a....pdf?sequence=1>.

DASSAULT SOLIDWORKS. Introducción a SolidWorks. *SolidWorks*. [En línea] 2020. [Citado el: 14 de Mayo de 2023.] https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf.

DE LA CRUZ, Rosalía. Iniciación a la jardinería. *Educación*. [En línea] 2013. [Citado el: 01 de Enero de 2023.] http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/iniciacion_a_la_jardineria.pdf.

DÍAZ QUIROGA, Cristian Mauricio & RODRÍGUEZ GIL, Fabian David. Detección de factores de riesgo en un cultivo de papa a partir de mapas espaciales de calor de las variables pH y humedad sensadas a lo largo del terreno. *Universidad Antonio Nariño*. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de Abril de 2023.] <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5808>.

DOMÍNGUEZ PASQUEL, Andrea Karolina. Diseño de una red de sensores inalámbricos LPWAN para el monitoreo de cultivos y materia orgánica en la granja experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte. *Universidad Técnica del Norte*. [En línea] 2020. [Citado el: 17 de Febrero de 2023.] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10297>.

DURÁN, Francisco. Inkscape, tu ilustrador de cabecera. *Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado*. [En línea] 2021. [Citado el: 21 de Junio de 2023.] <https://intef.es/wp-content/uploads/2021/07/Inkscape.pdf>.

DURANI, Homera; et al. Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT). *Ieee Explore*. [En línea] 2018. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8473224>.

EVANS, Dave. Internet de las cosas "Cómo la próxima evolución de internet lo cambia todo". *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*. [En línea] 2020. [Citado el: 09 de Enero de 2023.] https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf.

FLORMACCOOP. Catálogo de plantas ornamentales. *Cadena Viverista*. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de Enero de 2023.] <https://www.colviveros.org/Catalogo-viveros-PLANTAS-ORNAMENTALES-2020-4.pdf>.

GALINDO ARAQUE, Diego Steven; et al. Caracterización de temperatura y humedad de suelos agrícolas. *Letras ConCiencia TecnoLógica* . [En línea] 2017. [Citado el: 06 de Enero de 2023.] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8793422>.

GALLEGO, Lola. Manual práctico de la jardinería. *Mundi prensa*. [En línea] 2003. [Citado el: 06 de Enero de 2023.] <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484761662/MANUAL-PRACTICO-DE-JARDINERIA-->.

GAY, Warren. DHT11 Sensor. *Springer Link*. [En línea] 2018. [Citado el: 07 de Abril de 2023.] https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3948-3_22.

GONZÁLEZ, Jesús & VIDALES, Brayan. Sistema de ajuste digital de voltaje para un convertidor dc/dc. *Universidad del Norte*. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de Abril de 2023.] <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8510/Proyecto%20Final%20IEN%20Informe%20FINAL%20Grupo%204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GUALLÁN SÁRATE, María Fernanda & MUÑOZ ESCOBAR, Laura Esther. Software Proteus y su incidencia en el aprendizaje de Circuitos Eléctricos en los estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado. *Universidad Nacional de Chimborazo*. [En línea] 2022. [Citado el: 13 de Mayo de 2023.] <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9875>.

KUNICKI, Michal; et al. Sistema de adquisición de datos para monitoreo de temperatura en línea en transformadores de potencia. *ScienceDirect*. [En línea] 2020. [Citado el: 12 de Febrero de 2023.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224120304474>.

LOYOLA PINOS, María Augusta & BECERRA DELGADO, Paúl Alfonso. Manual para la aplicación de la tecnología Zigbee para edificios inteligentes en la ciudad de Cuenca. *Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de Febrero de 2023.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>.

MARTÍNEZ, Rebecca; et al. Manual del diseño de jardines. [En línea] 2008. [Citado el: 04 de Enero de 2023.] <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/LIBROS/M/ADMM0000359.pdf>.

MAZZARACCHIO, Vincenzo; et al. Sensor epidérmico asequible, flexible e inalámbrico de media distancia para la monitorización del pH en el sudor. *PubMed*. [En línea] 2021. [Citado el: 09 de Abril de 2023.] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33167215/>.

MEASUREMENT COMPUTING. Data Acquisition HandBook: A reference for DAQ and Analog & Digital Signal Conditioning. *MCCDAQ*. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Febrero de 2023.] www.info@mccdaq.com.

MOHAMMED, Noor y SELMAN, Nasir. Real-time monitoring of the prototype design of electric system by the ubidots platform. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. [En línea] 2021. [Citado el: 30 de Marzo de 2023.] <https://ijece.iaescore.com/index.php/IJECE/article/download/25625/15275>.

MOLLOY, Derek. Exploring BeagleBone: tools and techniques for building with embedded Linux. *Exploring Beaglebone*. [En línea] 2019. [Citado el: 25 de Marzo de 2023.] <http://exploringbeaglebone.com/>.

NACK, Fabián. An Overview on Wireless Sensor Networks. *Freie Universität Berli*. [En línea] 2014. [Citado el: 16 de Febrero de 2023.] https://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-tech/teaching/2008-09_WS/S_19565_Proseminar_Technische_Informatik/nack09vverview.pdf.

QUINTERO, Vanessa. Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. I+ D Tecnológico. *Revista de Tecnológico*. [En línea] 2021. [Citado el: 02 de Abril de 2023.] <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/html/index.html>. 1680-8894.

QUIÑONES, Lenin; et al. Sistema de monitoreo y diagnóstico de alerta temprana para detectar la aparición de la roya en plantaciones de café en el Distrito de Chirinos, Cajamarca. *Universidad Nacional de Jaén*. [En línea] 2023. [Citado el: 30 de Abril de 2023.] <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/515>.

ROSE, Karen; et al. La internet de las Cosas - Una breve reseña para entender mejor los problemas y desafíos de un mundo más conectado. *Internet Society*. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de Enero de 2023.] <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview/>.

SAVVAS, D & GRUDA, N. Aplicación de tecnologías de cultivo sin suelo en la industria moderna de invernaderos . *Universidad Agrícola de Atenas*. [En línea] 2018. [Citado el: 07 de Enero de 2023.] <https://www.pubhort.org/ejhs/83/5/2/index.htm>.

SILVA TORRES, David Andrés & COELLO HURTADO, Jaffet Isaac. Diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de sensores de temperatura, turbidez, TDS y PH para la calidad del agua utilizando la tecnología Lorawan. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil*. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de Febrero de 2023.] <https://dspace.upss.edu.ec/bitstream/123456789/19627/1/UPS-GT003087.pdf>.

SILVESTRE, Santiago & SALAZAR, Jordi. El mundo Internet of Things (IoT). *Techpedia*. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de Enero de 2023.] <https://techpedia.eu/topic/159>.

SIQUIERA, J; et al. Características de los sistemas híbridos de generación eléctrica y aplicaciones en sistemas eólicos-fotovoltaicos. *Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas*. [En línea] 2014. [Citado el: 11 de Mayo de 2023.] <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/181>.

VERINO, Claudia; et al. La tecnología inalámbrica como herramienta en la sociedad. *San Francisco*. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de Febrero de 2023.] www.sanfrancisco.utn.edu.ar.

VILLACRESES, Eva. Guía de estudios de teoría de redes informáticas. *Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño*. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de Febrero de 2023.] <https://instipp.edu.ec/instipp/assets/pdf/guias/redes/rt-s1-teoria.pdf>.

VIVANCO, Enrique. Energías renovables y no renovables. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN*. [En línea] 2020. [Citado el: 30 de Marzo de 2023.] www.atp.bcn.cl.

ZANWAR & SHRINIVAS. Sistema de control de dispositivos basado en reconocimiento de voz usando una aplicación de teléfono inteligente. *Revista Internacional*. [En línea] 2021. [Citado el: 27 de Marzo de 2023.] <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/665/560>.


```
EdgeX_ESP32 v1 - [System] [System] [Component] [Configuration] [Device] [Subscriber]
File Edit Shell Tools Help
Select Board
234 digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
235 digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
236 digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
237 digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
238 digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
239 digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
240
241 Serial.print("LoRa Receiver Test");
242
243 //SPI LoRa pins
244 SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
245 //Setup LoRa transmitter module
246 LoRa.begin(433, 907, 0000);
247
248 if (!LoRa.begin(800)) {
249   Serial.println("Starting LoRa failed!");
250   while (1);
251 }
252 Serial.println("LoRa Initializing OK!");
253 digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
254 Serial.println("LoRa Initializing OK!");
255 digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
256
257 void setup() {
258   Serial.begin(9600);
259
260   // Setup the data as variable initialization
261   int countIndex = LoRaData.indexOf(",");
262   if (countIndex != -1) {
263     value1 = LoRaData.substring(0, countIndex);
264     LoRaData = LoRaData.substring(countIndex + 1);
265   }
266 }
267
268 void loop() {
269   Serial.println("AQCT");
270 }
271
272 // Setup the data as variable initialization
273 int countIndex = LoRaData.indexOf(",");
274 if (countIndex != -1) {
275   value1 = LoRaData.substring(0, countIndex);
276   LoRaData = LoRaData.substring(countIndex + 1);
277 }
278 }
```

```
EdgeX_ESP32 v1 - [System] [System] [Component] [Configuration] [Device] [Subscriber]
File Edit Shell Tools Help
Select Board
282 // Setup the data as variable initialization
283 int countIndex = LoRaData.indexOf(",");
284 if (countIndex != -1) {
285   value1 = LoRaData.substring(0, countIndex);
286   LoRaData = LoRaData.substring(countIndex + 1);
287 }
288
289 countIndex = LoRaData.indexOf(",");
290 if (countIndex != -1) {
291   value1 = LoRaData.substring(0, countIndex);
292   LoRaData = LoRaData.substring(countIndex + 1);
293 }
294
295 countIndex = LoRaData.indexOf(",");
296 if (countIndex != -1) {
297   value1 = LoRaData.substring(0, countIndex);
298   LoRaData = LoRaData.substring(countIndex + 1);
299 }
300
301 Serial.println("value1: ");
302 Serial.println(value1);
303 Serial.println("value2: ");
304 Serial.println(value2);
305 Serial.println("value3: ");
306 Serial.println(value3);
307 Serial.println("value4: ");
308 Serial.println(value4);
309 Serial.println("value5: ");
310 Serial.println(value5);
311 Serial.println("value6: ");
312 Serial.println(value6);
313 Serial.println("value7: ");
314 Serial.println(value7);
315 Serial.println("value8: ");
316 Serial.println(value8);
317 Serial.println("value9: ");
318 Serial.println(value9);
319 }
```


LM3090 (continued) **LM3090** (continued)

7.6 Electrical Characteristics – 3.3-V Version

Typical values are for $V_{IN} = 3.3\text{ V}$, $V_{OUT} = 1.8\text{ V}$, $I_{OUT} = 100\text{ mA}$, $T_{J} = 25^\circ\text{C}$, and $f_{SW} = 100\text{ kHz}$. All values are guaranteed over the operating temperature range of -40°C to 125°C .

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.8 V)	-0.01	0.00	0.01

7.7 Electrical Characteristics – 5-V Version

Typical values are for $V_{IN} = 5\text{ V}$, $V_{OUT} = 2.5\text{ V}$, $I_{OUT} = 100\text{ mA}$, $T_{J} = 25^\circ\text{C}$, and $f_{SW} = 100\text{ kHz}$. All values are guaranteed over the operating temperature range of -40°C to 125°C .

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (2.5 V)	-0.01	0.00	0.01

7.8 Electrical Characteristics – Adjustable Voltage Version

Typical values are for $V_{IN} = 5\text{ V}$, $V_{OUT} = 1.2\text{ V}$, $I_{OUT} = 100\text{ mA}$, $T_{J} = 25^\circ\text{C}$, and $f_{SW} = 100\text{ kHz}$. All values are guaranteed over the operating temperature range of -40°C to 125°C .

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01

LM3090 (continued) **LM3090** (continued)

7.9 Electrical Characteristics – All Output Voltage Versions

Typical values are for $V_{IN} = 5\text{ V}$, $V_{OUT} = 1.2\text{ V}$, $I_{OUT} = 100\text{ mA}$, $T_{J} = 25^\circ\text{C}$, and $f_{SW} = 100\text{ kHz}$. All values are guaranteed over the operating temperature range of -40°C to 125°C .

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Line regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Load regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01
V_{OUT} (load-regulation)	Temperature regulation (1.2 V)	-0.01	0.00	0.01

7.10 Typical Characteristics

See Figures 7-1 through 7-14 for test conditions.

LM3090 (continued) **LM3090** (continued)

7.10 Typical Characteristics

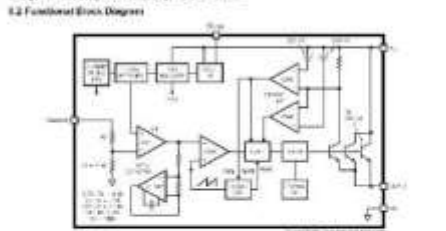
See Figures 7-1 through 7-14 for test conditions.

LM3090 (continued) **LM3090** (continued)

7.10 Typical Characteristics

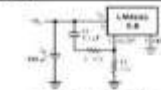
See Figures 7-1 through 7-14 for test conditions.

8 Detailed Description
8.1 Overview
 The LM2576 SIMPLE SWITCHER™ power converter regulator is an adjustable, non-synchronous, step-down DC-DC converter with a wide input voltage range up to 45 V. The regulator is capable of delivering up to 3 A at 3.3, 5, 6, 12, and an adjustable output voltage. The family includes two external components, and the pin arrangement was designed for simple surface-mount PCB layout.

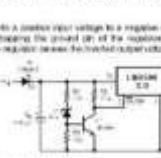


8.2 Feature Description
8.2.1 Delayed Start-Up
 The circuit in Figure 8-1 uses the ON/OFF pin to provide a time delay between the time the input voltage is applied and the time the output voltage begins to rise. The start-up procedure is the desired one (see above). As the input voltage rises, the charging of capacitor C1 pulls the ON/OFF pin high, latching the regulator OFF after the input voltage reaches its final value and the capacitor starts charging. Resistor R2 pulls the ON/OFF pin low, allowing the circuit to start building. Resistor R1 is chosen so that the maximum voltage applied to the ON/OFF pin (maximum of 25 V) reduces power supply noise sensitivity, and also limits the capacitor C1 discharge current. Other high-load ripple voltage effects, such as long delay time, because the input can be removed, occur when the ON/OFF pin is overdriven.

The delayed start-up feature is useful in situations where the input power source is present in the amount of current it can deliver to allow the input voltage to rise to a higher voltage before the regulator can be operating. Buck regulator requires less input current at higher input voltages.



8.2.2 Undervoltage Lockout
 Some applications require the regulator to come off load the input voltage reaches a predetermined voltage. Figure 8-2 shows an undervoltage lockout feature applied to a buck regulator, with Figure 8-3 and Figure 8-4 used for the input block. An undervoltage lockout is a circuit that detects a constant threshold voltage for input and holds the output pins capacitatively low until the threshold is reached. The result in Figure 8-2 has a lower voltage when it differs than the latch voltage. The amount of hysteresis is approximately equal to the ratio of the output voltage. A 2-mA current greater than 20 V can load, an additional 42 mA can be load. The ON/OFF pin is to be ground pin or other where the 25-V maximum limit of the ON/OFF pin.



8.2.3 Inverting Regulator
 The circuit in Figure 8-5 creates a positive output voltage by a negative output voltage with a constant ground. The circuit operates by latching the ground pin of the regulator to the positive output voltage, thereby generating the feedback pin, the regulator then holds the output voltage and regulates it.

The circuit uses the LM2576 to generate a -5-V output, but other output voltages are possible by selecting other output voltage sections, including the absolute values. Because the regulator latches the ground output voltage, this allows greater than 100% of the input voltage. The maximum output current greatly depends on both the input and output voltage. Figure 8-6 provides a guide as to the amount of output current possible for the different output voltage conditions.

The maximum voltage stepping across the regulator is the absolute sum of the load and output voltage, and the load is limited to a maximum of 40 V. For example, when operating 120 V in -12 V, the regulator can see 32 V between the input and ground pins. The LM2576 has a maximum input voltage limit of 45 V.

8.2.4 Load Regulation
 The circuit in Figure 8-5 creates a positive output voltage by a negative output voltage with a constant ground. The circuit operates by latching the ground pin of the regulator to the positive output voltage, thereby generating the feedback pin, the regulator then holds the output voltage and regulates it.

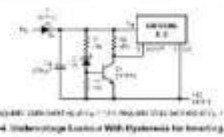


Figure 8-6. Inverting Regulator Output Load Current

Because of differences in the operation of the inverting regulator, the maximum design procedure is not used to assist the regulator output in the majority of designs. A design, it is included in the load regulation graph.

8.3 Inverting Regulator Shutdown Methods
 Using the ON/OFF pin in a standard buck configuration in a step-down regulator (see above), the ON/OFF pin is held 1.2 V or 0.75 V referenced to ground. To turn the regulator OFF, pull the ON/OFF pin above 1.2 V or 0.75 V. The inverting configuration is some level or less if required, because the ground pin of the regulator is no longer at ground, but is now adding to the negative output voltage level. The different shutdown methods for inverting regulator are shown in Figure 8-7 and Figure 8-8.

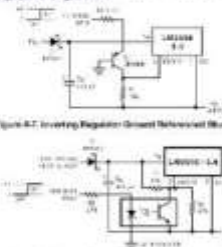


Figure 8-7. Inverting Regulator Ground Reference Shutdown Method

8.4 Device Functional Modes
8.4.1 Discontinuous Mode Operation
 The selection guide shows inductor values suitable for continuous mode operation, but for low-current applications or high input voltages a discontinuous mode design can be a better choice. A discontinuous mode design can use an inductor that can be physically smaller and can operate only one half as long. The inductor value required in a discontinuous mode design. The peak inductor current occurs at the time the inductor current is zero.

TI.com
LM2596
 www.ti.com

LM2596
 www.ti.com

Figure 9-1 can be used to select an appropriate output capacitor from the curves based on the load and load ripple capacitor values (see Table 9-1). The LM2596 is rated for a maximum output current of 1.0 A. Output current values greater than 1.0 A will result in a higher junction temperature and may require a larger capacitor value.

For a typical load inrush, a 470 μ F, 50V electrolytic capacitor (Panasonic EDC series or Vishay FL series) is required. Other types of electrolytic capacitors can be used provided the RMS ripple current rating is adequate.

The surface-mount diodes and transistors described in this section are rated for 400 mW. For the diodes, the maximum average power dissipation is 100 mW. For the transistors, the maximum average power dissipation is 100 mW. For the MOSFET, the maximum average power dissipation is 100 mW.

9.2.2 Application Curves

Figure 9-16. Application Curves

Load Regulation: $V_{in} = 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 11V, 12V$
 $V_{out} = 5.0V$
 $I_{out} = 0.1A, 0.2A, 0.3A, 0.4A, 0.5A, 0.6A, 0.7A, 0.8A, 0.9A, 1.0A$

Load Transient Response: $V_{in} = 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 11V, 12V$
 $V_{out} = 5.0V$
 $I_{out} = 0.1A, 0.2A, 0.3A, 0.4A, 0.5A, 0.6A, 0.7A, 0.8A, 0.9A, 1.0A$

Figure 9-16. Horizontal Time Base (10 μ s/div)

9.3 Power Supply Recommendations

The LM2596 is designed to operate from an input voltage supply up to 40 V. This input supply should be well regulated and able to deliver maximum load current and maintain a stable voltage.

9.4 Layout

9.4.1 Layout Guidelines

As in any switching regulator, layout is very important. Proper switching currents associated with rising inductance can generate voltage transients which can cause problems. For optimal performance and ground noise, the wires inductance of wires from each of the external components should be kept as short as possible. The base-emitter junction components should be placed as close to the regulator IC as possible using ground plane construction or single-point grounding.

If space constraints are severe, take special care in locating the location and orientation of the type of capacitor. Always place the capacitor as close to the regulator IC as possible and use the type of capacitor recommended in the application notes. The capacitor should be placed as close to the regulator IC as possible and use the type of capacitor recommended in the application notes. The capacitor should be placed as close to the regulator IC as possible and use the type of capacitor recommended in the application notes.

When laying the regulator circuit, take special care in locating the location of the feedback divider and the compensation wiring. Properly place both resistors near the IC, and make the values only those the regulator actually requires (see the type of feedback divider in Section 4.2.7 for more information).

Copyright © 2006 Texas Instruments Incorporated
 Product Folder Link: LM2596
 Submit Document Feedback

TI.com
LM2596
 www.ti.com

LM2596
 www.ti.com

9.4.2 Layout Examples

Figure 9-18. Typical Through-Hole PCB Layout, Fixed Output (5.0V, Double-Cooled)

Figure 9-17. Typical Through-Hole PCB Layout, Adjustable Output (5.0V, Double-Cooled)

Copyright © 2006 Texas Instruments Incorporated
 Product Folder Link: LM2596
 Submit Document Feedback

TI.com
LM2596
 www.ti.com

LM2596
 www.ti.com

9.4.3 Thermal Considerations

The LM2596 is available in two packages: a 5-pin TO-220 (T) and a 5-pin surface-mount TO-263 (S).

The TO-220 package requires a heat sink under most conditions. The size of the heat sink depends on the ambient temperature, the output voltage, the load current and the ambient temperature. Figure 9-19 shows the LM2596T junction temperature as a function of ambient temperature for a 0.5-A load and different load and output capacitor values. The data for these curves was taken into the LM2596T (TO-220 package) operating as a buck switching regulator in an ambient temperature of 25°C (77°F). These temperatures are maximum, not an operating, and therefore vary before the can affect these temperatures. Higher ambient temperatures will result in a higher junction temperature.

The TO-263 surface-mount package was designed to be utilized for the regulator as a pin-through-hole (PTH) package and designed for the heat sink for the package and the other heat conducting components with in the circuit. The TO-263 package is designed to be used in a 100°C ambient temperature and should operate normally. This curve can be used for a quick check for the appropriate junction temperature for various conditions, but be aware that there are many factors that can affect the junction temperature. When load currents higher than 0.5 A are used, the junction of the TO-263 will be larger copper areas of diff. can be required, can only be required for high ambient temperatures and high output voltages.

For the best thermal performance, wide copper traces and generous amounts of PTH copper must be used in the output layer. Care is required in this in the output (diff. can) design must not have large areas of copper. Large areas of copper around the heat transfer of heat (heat transfer resistance) in the surrounding air, and being in contact with the thermal resistance was further.

Package thermal resistance and junction temperature remains an all approximate, and there are many factors that will affect these values. Some of these factors include board size, shape, thickness, ambient location, and even board temperature. Other factors are trace width, total pin-through-hole copper area, copper thickness, copper or double-layered multilayer board, and the amount of solder on the board. The effectiveness of the PCB as a thermal sink also depends on the size, spacing, and spacing of other components on the board, as well as whether the surrounding air is still or moving. Furthermore, some of these components such as the output filter will add heat to the PCB and the heat can reduce the peak voltage regulation. For the best thermal performance, use of the output layer, heat of the regulator, and the PTH components, is a key factor, not only in the heat sink design, but also in the heat sink design.

Figure 9-19. Junction Temperature Rise, TO-220

Copyright © 2006 Texas Instruments Incorporated
 Product Folder Link: LM2596
 Submit Document Feedback

TI.com
LM2596
 www.ti.com

LM2596
 www.ti.com

9.4.3 Thermal Considerations

The LM2596 is available in two packages: a 5-pin TO-220 (T) and a 5-pin surface-mount TO-263 (S).

The TO-220 package requires a heat sink under most conditions. The size of the heat sink depends on the ambient temperature, the output voltage, the load current and the ambient temperature. Figure 9-19 shows the LM2596T junction temperature as a function of ambient temperature for a 0.5-A load and different load and output capacitor values. The data for these curves was taken into the LM2596T (TO-220 package) operating as a buck switching regulator in an ambient temperature of 25°C (77°F). These temperatures are maximum, not an operating, and therefore vary before the can affect these temperatures. Higher ambient temperatures will result in a higher junction temperature.

The TO-263 surface-mount package was designed to be utilized for the regulator as a pin-through-hole (PTH) package and designed for the heat sink for the package and the other heat conducting components with in the circuit. The TO-263 package is designed to be used in a 100°C ambient temperature and should operate normally. This curve can be used for a quick check for the appropriate junction temperature for various conditions, but be aware that there are many factors that can affect the junction temperature. When load currents higher than 0.5 A are used, the junction of the TO-263 will be larger copper areas of diff. can be required, can only be required for high ambient temperatures and high output voltages.

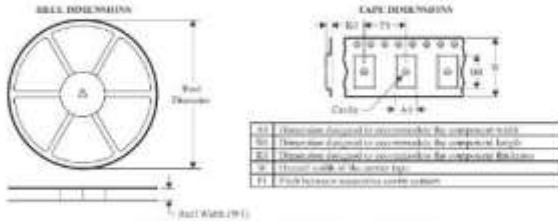
For the best thermal performance, wide copper traces and generous amounts of PTH copper must be used in the output layer. Care is required in this in the output (diff. can) design must not have large areas of copper. Large areas of copper around the heat transfer of heat (heat transfer resistance) in the surrounding air, and being in contact with the thermal resistance was further.

Package thermal resistance and junction temperature remains an all approximate, and there are many factors that will affect these values. Some of these factors include board size, shape, thickness, ambient location, and even board temperature. Other factors are trace width, total pin-through-hole copper area, copper thickness, copper or double-layered multilayer board, and the amount of solder on the board. The effectiveness of the PCB as a thermal sink also depends on the size, spacing, and spacing of other components on the board, as well as whether the surrounding air is still or moving. Furthermore, some of these components such as the output filter will add heat to the PCB and the heat can reduce the peak voltage regulation. For the best thermal performance, use of the output layer, heat of the regulator, and the PTH components, is a key factor, not only in the heat sink design, but also in the heat sink design.

Figure 9-18. Junction Temperature Rise, TO-263

Copyright © 2006 Texas Instruments Incorporated
 Product Folder Link: LM2596
 Submit Document Feedback

TAPE AND REEL INFORMATION



- 1) Dimension measured to outermost hole on component leads
- 2) Dimension measured to innermost hole on component leads
- 3) Dimension measured to component hole on component leads
- 4) Dimension width of the carrier tape
- 5) Pitch between successive carrier holes

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN ORIENTATION IN TAPE

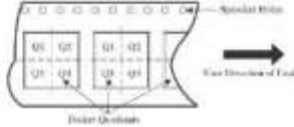


TABLE 1. PARTS AND REELS

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width (mm)	A1 (mm)	B1 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pole
LM28855-12NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	333.0	24.4	13.75	14.85	9.0	16.0	24.0	Q2
LM28855-3-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	333.0	24.4	13.75	14.85	9.0	16.0	24.0	Q2
LM28855-5-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	333.0	24.4	13.75	14.85	9.0	16.0	24.0	Q2
LM28855-ADJ	DOPAK TO-263	KTT	5	500	333.0	24.4	13.75	14.85	9.0	16.0	24.0	Q2
LM28855-ADJNOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	333.0	24.4	13.75	14.85	9.0	16.0	24.0	Q2

TEXAS INSTRUMENTS PACKAGE MATERIALS INFORMATION

Rev. 4.000 21 Jun 2022

TAPE AND REEL INFORMATION

TABLE 1. PARTS AND REELS

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Pitch (mm)
LM28855-12NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-3-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-5-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-ADJ	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-ADJNOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0

PACK MATERIALS-Page 1

TEXAS INSTRUMENTS PACKAGE MATERIALS INFORMATION

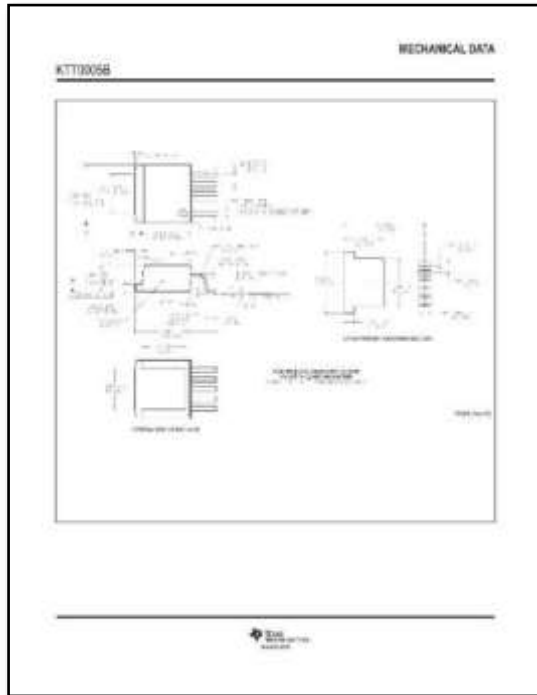
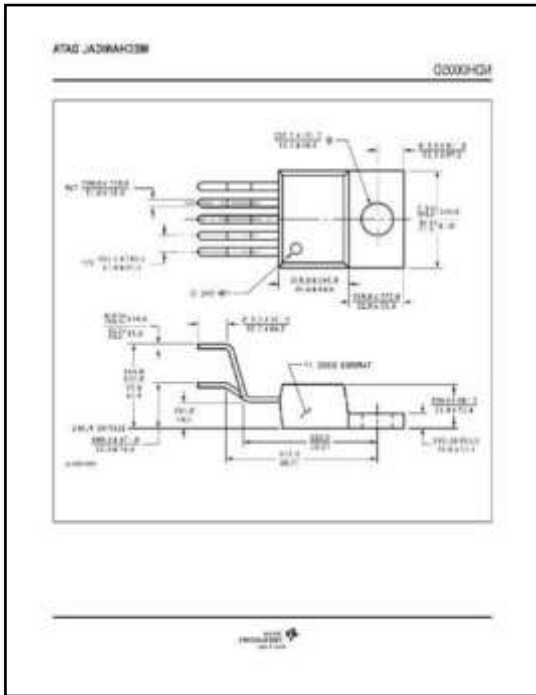
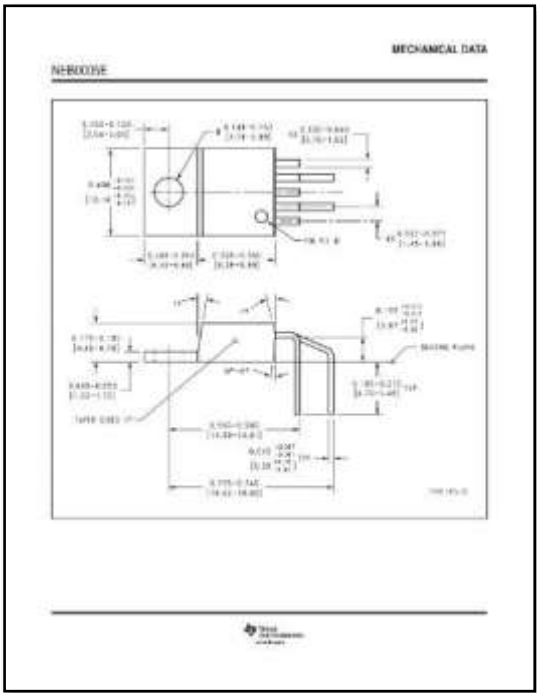
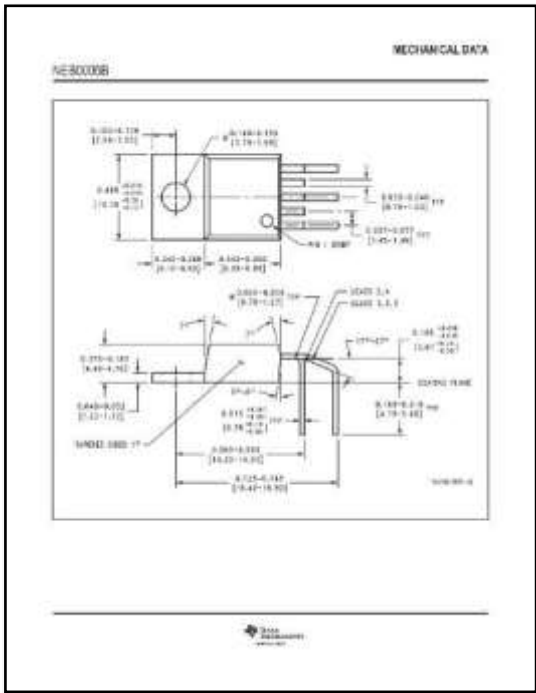
Rev. 4.000 21 Jun 2022

TUBE

TABLE 1. PARTS AND REELS

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LM28855-12NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-3-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-5-3NOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-ADJ	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0
LM28855-ADJNOPB	DOPAK TO-263	KTT	5	500	407.5	24.4	16.0

PACK MATERIALS-Page 1



SENSOR PH

TI **INTEGRATED** **SOLUTIONS** **LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3**
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3

5 Pin Configuration and Functions

Pin Functions

NAME	NO.	NO.	NO.	DESCRIPTION
CP1A	1	CP1B	2	Input Channel A
CP2A	3	CP2B	4	Input Channel B
CP3A	5	CP3B	6	Input Channel C
CP4A	7	CP4B	8	Input Channel D
CP5A	9	CP5B	10	Input Channel E
CP6A	11	CP6B	12	Input Channel F
CP7A	13	CP7B	14	Input Channel G
CP8A	15	CP8B	16	Input Channel H

Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated Submit Documentation Feedback

TI **INTEGRATED** **SOLUTIONS** **LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3**
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

See operating conditions for maximum ratings and other limitations.

PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.
Operating Voltage	-0.5	0	5
Input Voltage	-0.5	0	5
Output Current (per channel)	0	10	20
Power	0	100	100
Storage Temperature	-65	0	150
Maximum Junction Temperature	150	0	150

6.2 ESD Ratings

See ESDA ESD-10.0 for more details on electrostatic discharge (ESD) protection.

6.3 Recommended Operating Conditions

See operating conditions for maximum ratings and other limitations.

PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.
Operating Voltage	0	0	5
Input Voltage	0	0	5
Output Current (per channel)	0	10	20
Power	0	100	100
Storage Temperature	-65	0	150
Maximum Junction Temperature	150	0	150

Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated Submit Documentation Feedback

TI **INTEGRATED** **SOLUTIONS** **LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3**
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3

6.4 Thermal Information

PARAMETER	LM193M	LM193M-1
Thermal Resistance (junction-to-ambient)	100	100

6.5 Electrical Characteristics: LM193M (V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM193M	LM193M-1
Input Offset Voltage	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V	0.5	0.5
Input Bias Current	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	10	10
Input Common-Mode Voltage Range	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V	0	0
Output Voltage	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	0	0
Output Swing	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	0	0
Output Slew Rate	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	10	10
Output Settling Time	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100
Common-Mode Rejection Ratio	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100
Power Supply Rejection Ratio	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100

Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated Submit Documentation Feedback

TI **INTEGRATED** **SOLUTIONS** **LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3**
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3
LM193M, LM193M-1, LM193M-2, LM193M-3

6.7 Electrical Characteristics: LM193M and LM193M-1 (V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM193M	LM193M-1	LM193M-2	LM193M-3
Input Offset Voltage	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V	0.5	0.5	0.5	0.5
Input Bias Current	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	10	10	10	10
Input Common-Mode Voltage Range	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V	0	0	0	0
Output Voltage	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	0	0	0	0
Output Swing	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	0	0	0	0
Output Slew Rate	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	10	10	10	10
Output Settling Time	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100	100	100
Common-Mode Rejection Ratio	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100	100	100
Power Supply Rejection Ratio	V _{CP1A} = V _{CP1B} = 0 V, I _{CP1A} = I _{CP1B} = 0 A	100	100	100	100

Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated Submit Documentation Feedback

Application and Implementation

NOTE

Information in the following application sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should evaluate and test their designs to determine system functionality.

8.1 Application Information

The LM139 series are high gain, wide bandwidth devices which, like most comparators, can easily oscillate if the output load is capacitively loaded to a significant extent in the region of high frequencies. This shows up only during the output voltage transition intervals on the comparator change states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PCB board layout is helpful, so it includes single trace output routing. Reducing the input impedance to 1 kΩ reduces the feedback signal levels and usually, adding even a small amount (1 Ω to 10 Ω) of series feedback (resistor) causes swift and rapid transition rate reductions due to their feedback on the output. Simply exceeding the IC and attaching loadcapacitors to the pins will cause oscillation during the most rapid transition times. Impedance is used. If the input signal is a pulse waveform, sufficiently fast rise/fall times, hysteresis is not required.

All input pins of unconnected comparators should be tied to the specified supply.

The base network of the LM139 series contains a diode network which is independent of the magnitude of the output signal voltage over the range of from 2.5 V_{CC} to 0.2 V_{CC}.

The differential input voltage may be larger than V_{CC} without damaging the device. Typical Application: Precision should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.2 V_{CC} at 25°C. An input clamp diode can be used as shown in Typical Applications.

The output of the LM139 series is the open-emitter collector of a general-purpose NPN output transistor. Many comparators do not tie together to provide an output driving function. An output buffer resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on the voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V_{CC} terminal of the LM139 package. The output can also be used as a simple 3W12 switch to ground when a pulsed resistor is not used. The amount of current which this configuration can sink is limited to the drive available output of approximately 17 mA (I_{OL}) of the device. When the maximum current sink is reached, approximately 70 mA, the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very slowly. The output resistance voltage is limited by the approximately 80 Ω I_{OL} of the output transistor. The low output voltage of the output transistor (0.2 V_{CC}) allows the output to be directly connected to ground when the load is not current.

8.2 Typical Applications

8.2.1 Basic Comparator



Figure 12. Basic Comparator

8.2.1.1 Design Requirements

The basic usage of a comparator is to indicate when a specific analog signal has exceeded some practical threshold. In this application, the positive input pin is tied to a reference voltage, and the positive input (pin) is connected to the input signal. The output is pulled up with a resistor to the main supply voltage, or with a pull-up resistor.

For an example application, the supply voltage is 5V. The input signal varies between 1 V and 3 V, and we need to detect when the input exceeds 2.5 V or 3 V. The supply current should not exceed 10 mA.

Typical Applications (continued)

8.2.1.2 Detailed Design Procedure

First, we determine the loading for the 2.5V reference. With the 5V supply voltage, we would use a voltage divider consisting of one resistor from the supply to 2.5V and an equal resistor from 2.5V. The 20 mA of input current base current (I_B) of the base current for 200 kΩ is 100 μA (I_B) (I_B = I_C / β) with an additional 100 kΩ resistor from 2.5V to ground, this would be 25 μA of current through the two resistors. The 2.5V output voltage will have 1 V/3 kΩ = 1/30 mA, which exceeds our current budget.

With the 400 μA supply current and 20 μA of output base current, there is 375 μA remaining for output pull-up resistor. With 5 V supply, we need a pull-up resistor that is 375 Ω. A 10 kΩ resistor is a value that is commonly available and can be used here.

8.2.1.3 Application Curve

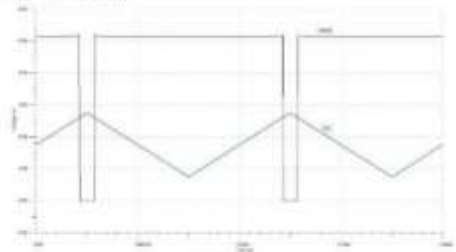


Figure 13. Basic Comparator Response

Typical Applications (continued)

8.2.2 System Examples

8.2.2.1 Self-Biasing Apparatus

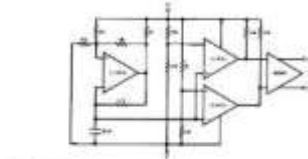


Figure 14. Self-Biasing Apparatus

8.2.2.2 V_{CC} = 4.5 V_{CC} Application Circuit



Figure 15. Driving CMOS

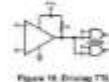


Figure 16. Driving TTL

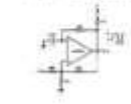


Figure 17. Schmitt Trigger

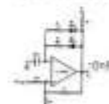


Figure 18. Pulse Generator

* For large ratio of R1/R2, DI can be omitted.

Typical Applications (continued)

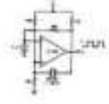


Figure 19. Crystal Clock Divider

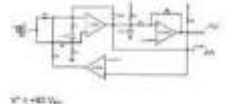


Figure 20. Two Decade High Frequency VCO

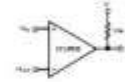


Figure 21. Basic Comparator

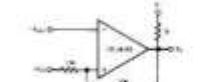


Figure 22. Non-Inverting Comparator With Hysteresis

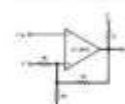


Figure 23. Inverting Comparator With Hysteresis

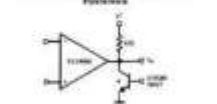



Figure 24. Output Strobing


TI
INSTRUMENTS

LM139A, LM139B, LM139C, LM139D, LM139E, LM139F, LM139G, LM139H, LM139J, LM139K, LM139L, LM139M, LM139N, LM139P, LM139Q, LM139R, LM139S, LM139T, LM139U, LM139V, LM139W, LM139X, LM139Y, LM139Z

Typical Applications (continued)

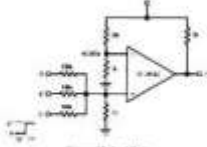


Figure 25. Inverter

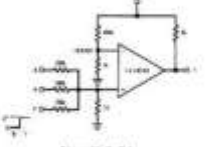


Figure 26. OR Gate

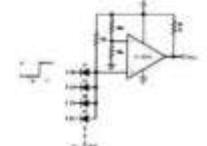


Figure 27. Large Fan-in and Gate

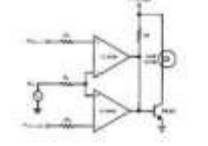


Figure 28. Level Comparator

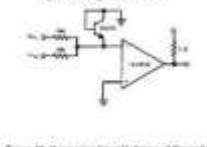


Figure 29. Comparing Input Voltages of Opposite Polarity

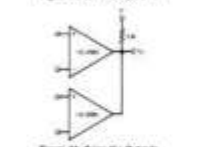



Figure 30. Oring the Outputs

Copyright © 1986-2010 Texas Instruments Incorporated. Signal Conversion Products 11
 Product Folder Link: LIT139A-LIT139Z


TI
INSTRUMENTS

LM139A, LM139B, LM139C, LM139D, LM139E, LM139F, LM139G, LM139H, LM139J, LM139K, LM139L, LM139M, LM139N, LM139P, LM139Q, LM139R, LM139S, LM139T, LM139U, LM139V, LM139W, LM139X, LM139Y, LM139Z

Typical Applications (continued)

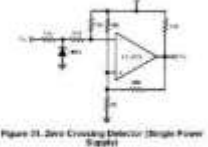


Figure 31. Zero Crossing Detector (Single Power Supply)

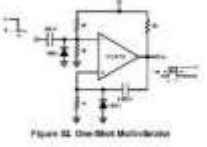


Figure 32. One-Shot Multivibrator

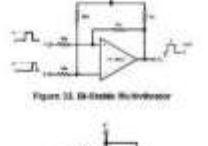


Figure 33. Bi-Phase Multivibrator

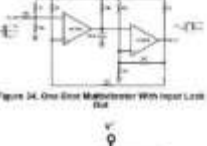


Figure 34. One-Shot Multivibrator With Input Limit

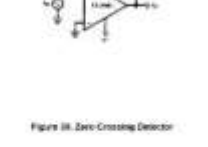


Figure 35. Zero Crossing Detector

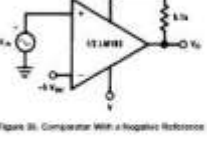



Figure 36. Comparator With a Negative Reference

Copyright © 1986-2010 Texas Instruments Incorporated. Signal Conversion Products 12
 Product Folder Link: LIT139A-LIT139Z


TI
INSTRUMENTS

LM139A, LM139B, LM139C, LM139D, LM139E, LM139F, LM139G, LM139H, LM139J, LM139K, LM139L, LM139M, LM139N, LM139P, LM139Q, LM139R, LM139S, LM139T, LM139U, LM139V, LM139W, LM139X, LM139Y, LM139Z

Typical Applications (continued)

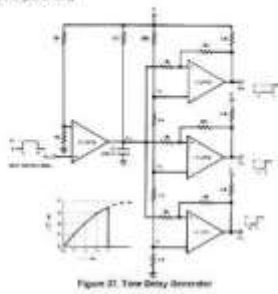



Figure 37. Time Delay Generator

Copyright © 1986-2010 Texas Instruments Incorporated. Signal Conversion Products 13
 Product Folder Link: LIT139A-LIT139Z


TI
INSTRUMENTS

LM139A, LM139B, LM139C, LM139D, LM139E, LM139F, LM139G, LM139H, LM139J, LM139K, LM139L, LM139M, LM139N, LM139P, LM139Q, LM139R, LM139S, LM139T, LM139U, LM139V, LM139W, LM139X, LM139Y, LM139Z

9 Power Supply Recommendations

Even in low frequency applications, the LM139A can have critical dynamics when an externally pulled-up input is used. For this reason, supplying the power supply with 1.0 μ F to ground will provide optimal performance; the supply bypass capacitor should be larger on chips or modules if the supply pin and lead have a solid connection is present. The typical resistor should have a time constant and rise time 20% greater than stated.

10 Layout

10.1 Layout Guidelines

To maximize common-mode rejection on the inputs in actual operation, any precision feedback used as a summer should place the feedback components as close as possible to the input pins. Care should be taken to ensure that the input pins do not connect to the tracks. This can occur through capacitor coupling if the traces are too close and lead to connections on the circuit. The capacitor placement for the feedback component is placed to the input ground pins. Take care to maintain the loop area formed by the bypass capacitor connection between V_{CC} and ground. The ground pin should be connected to the PCB ground plane at the pin of the device. The feedback components should be placed as close to the pins as possible minimizing stress.

10.2 Layout Example

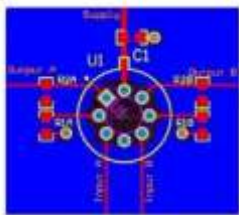


Figure 38. Layout Example

Copyright © 1986-2010 Texas Instruments Incorporated. Signal Conversion Products 14
 Product Folder Link: LIT139A-LIT139Z

11 Device and Documentation Support

11.1 **Related Links**
 The table below lists additional links. Categories include technical documents, support and community resources, tools and software, and quick answers to common questions.

Table 1. Related Links

PARTS	PRODUCT FINDER	DESIGN VIEW	PARAMETER CALCULATOR	TOOLS & SOFTWARE	SUPPORT & COMMUNITY
LM1934	LM1934	LM1934	LM1934	LM1934	LM1934
LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H
LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H
LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H	LM1934H

11.2 **Receiving Notification of Documentation Updates**

To receive notification of documentation updates, register to the device product folder on Texas Instruments' website. To view notification of updates, click on Alerts in the right-hand corner. To view a weekly digest of any product information that has changed, click on Alerts in the right-hand corner. To view a weekly digest of any product information that has changed, click on Alerts in the right-hand corner.

11.3 **Trademarks**

All trademarks are the property of their respective owners.

11.4 **Electrostatic Discharge Caution**

Caution This device may be ESD sensitive product. The leads should be stored separate in its leaded sealed in conductive foam until it is ready to be used and must be stored in its leaded sealed in conductive foam until it is ready to be used.

11.5 **Glossary**

ESD/ESD – ESD Glossary

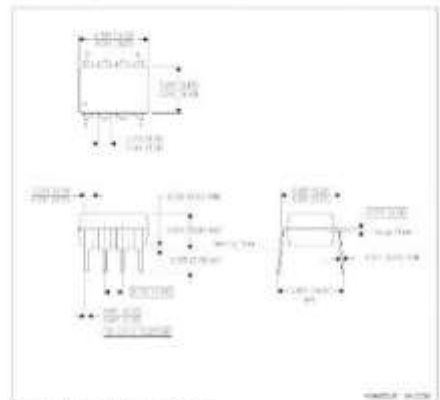
This glossary lists and explains terms, acronyms, and abbreviations.

12 **Mechanical, Packaging, and Orderable Information**

The following pages include mechanical, packaging, and orderable information. The information is the most current and applies to the designated device. The data is subject to change without notice and without the need for this document. For unique-based versions of this data sheet, refer to the left-hand navigation.

MECHANICAL DATA

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



- NOTES: 1. All dimensions are in millimeters.
 2. All dimensions are to be maintained.
 3. All dimensions are to be maintained.

PACKAGE OPTION ADDENDUM

8-Sep-2023

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Pass (2)	Lead Finish/ Ref. material (3)	MSL Peak Temp. (4)	Op Temp. (°C)	Device Marking (5)	Samples
LM1934H	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-55 to 125	(LM1934H, LM1934H)	Sample
LM1934HNOPB	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-55 to 125	(LM1934H, LM1934H)	Sample
LM193H	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-55 to 125	(LM193H, LM193H)	Sample
LM193HNOPB	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-55 to 125	(LM193H, LM193H)	Sample
LM2933TLNOPB	ACTIVE	DSBGA	Y2R	8	250	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	C, D3	Sample
LM2933TLXNOPB	ACTIVE	DSBGA	Y2R	8	3000	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	C, D3	Sample
LM2933M	ACTIVE	SOIC	D	8	95	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1-235C-UNLIM	-40 to 85	LM 2933M	Sample
LM2933MHNOPB	ACTIVE	SOIC	D	8	95	RoHS & Green	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	LM 2933M	Sample
LM2933MXNOPB	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	RoHS & Green	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	LM 2933M	Sample
LM2933MXPNOB	ACTIVE	PDP	F	8	40	RoHS & Green	NPOAU	Level-1 RA-UNLIM	-40 to 85	LM 2933M	Sample
LM293H	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-25 to 85	(LM293H, LM293H)	Sample
LM293HNOPB	ACTIVE	TD-88	LMC	8	500	RoHS & Green	Call TI	Level-1 RA-UNLIM	-25 to 85	(LM293H, LM293H)	Sample
LM333M	ACTIVE	SOIC	D	8	95	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1-235C-UNLIM	0 to 70	LM 333M	Sample
LM333MHNOPB	ACTIVE	SOIC	D	8	95	RoHS & Green	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	LM 333M	Sample
LM333MX	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Non-RoHS & Green	Call TI	Level-1-235C-UNLIM	0 to 70	LM 333M	Sample
LM333MXNOPB	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	RoHS & Green	SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	LM 333M	Sample
LM333HXPNOB	ACTIVE	PDP	F	8	40	RoHS & Green	NPOAU	Level-1 RA-UNLIM	0 to 70	LM 333M	Sample

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Env. Policy (2)	Lead Finish/ Ball material (3)	MSL, Peak Temp. (4)	Cat Temp (°C)	Device Marking (5)	Samples
LM3301LXNOPB	ACTIVE	D8DGA	Y2R	8	250	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-LRNLM	0 to 70	C 03	
LM3301LXNOPB	ACTIVE	D8DGA	Y2R	8	3000	RoHS & Green	SNAGCU	Level-1-260C-LRNLM	0 to 70	C 03	

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using the part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBsolete: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "RoHS-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JEDEC low halogen requirements of 1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the 1000ppm threshold requirement.

(3) **MSL, Peak Temp.:** The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) **Lead finish/Ball material:** Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

ANEXO C: Pruebas de sensores e implementación.




CERTIFICADO

A petición de los estudiantes, me permito certificar, que los señores Johana Belén Pilco Domínguez con CI: 0604250373 y William Geovanny Colcha Inguillay con CI: 0605195635, Estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica y Automatización, han realizado la toma de datos en los jardines institucionales de la Prefectura de Chimborazo, en base al trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO IoT DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS APLICADO A LA JARDINERÍA DOMÉSTICA MEDIANTE UNA APLICACIÓN MÓVIL. El mismo que fue revisado y validado durante el funcionamiento y toma de datos en nuestra institución.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Riobamba, 04 de agosto de 2023.



Ing. Danny Andrade U.

Técnico Agrícola - GADPCH



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 31/ 10 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: William Geovanny Colcha Inguillay Johanna Belén Pilco Domínguez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Facultad de Informática y Electrónica
Carrera: Electrónica y Automatización
Título a optar: Ingeniero en Electrónica y Automatización
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.

