



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**TRABAJO DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE DATOS DE WSN ENFOCADO A
REGADÍOS POR AMBIENTES CONTROLADOS DE ROSAS A ESCALA DE
LABORATORIO”**

AUTOR: WILMER ALEXANDER CHAMPUTIZ QUITIAQUEZ

DIRECTOR: MSC. PAÚL DAVID ROSERO MONTALVO

IBARRA-ECUADOR

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040172656-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Champutiz Quitiaquez Wilmer Alexander		
DIRECCIÓN:	Tulcán, Cdla. Padre Vicente Ponce		
EMAIL:	wachamputizq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	Ninguno	TELÉFONO MÓVIL:	0967739524

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE DATOS DE WSN ENFOCADO A REGADÍOS POR AMBIENTES CONTROLADOS DE ROSAS A ESCALA DE LABORATORIO”
AUTOR (ES):	Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez
FECHA: DD/MM/AA	06/05/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
ASESOR / DIRECTOR	Ing. Paúl David Rosero Montalvo MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de mayo de 2019

EL AUTOR

(Firma)

Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

MAGÍSTER PAÚL ROSERO CON CÉDULA DE IDENTIDAD Nro. 1003378039,
DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de titulación denominado: “RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE DATOS DE WSN ENFOCADO A REGADÍOS POR AMBIENTES CONTROLADOS DE ROSAS A ESCALA DE LABORATORIO”. Ha sido desarrollado por el señor Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paúl Rosero', is written over a horizontal dotted line. The signature is somewhat stylized and overlaps the line.

Msc. Paúl David Rosero-Montalvo

C.C.I.: 1003378039

DIRECTOR

Ibarra, 06 de mayo de 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por concederme vida y así poder ser partícipe de muchas emociones guiándome por un buen camino y dándome fortaleza para superar las dificultades que la vida presenta, enseñándome que siempre hay que seguir adelante pese a las circunstancias y a no desfallecer jamás.

A la Universidad Técnica del Norte que abrió sus puertas y me permitió aprender mucho y así poder ser un profesional.

A los docentes de carrera quienes con sus conocimientos han aportado infinitamente para que hoy en día tenga la capacidad de presentar el trabajo de titulación de la mejor manera.

De manera especial agradezco a mi director de tesis MSc. Paúl Rosero que gracias a la guía brindada en base a sus conocimientos ha sido posible desarrollar la investigación de forma satisfactoria, permitiéndome terminar una etapa de mi vida.

A mis revisores MSc. Edgar Maya y MSc. Mauricio Domínguez por sus amplios conocimientos.

Finalmente agradezco a mis amigos de carrera por su compañía, esfuerzo y apoyo.

Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El esfuerzo y la dedicación siempre tendrán su recompensa, el esfuerzo de una madre luchadora que es sido ejemplo para mí y un padre incondicional que se ha convertido en mi mejor amigo durante mi carrera universitaria, un hombre trabajador que con esfuerzo me ha sacado adelante; gracias mami y papi por estar presentes siempre conmigo y es gracias a su empeño que me encuentro presentando este trabajo de titulación. Dedico este proyecto a mis padres y a la memoria de la niña Juanita Dolores Revelo, que pese a que ya no esté presente en este mundo siempre vivirá en mis recuerdos, dedicado también a mis amigos de carrera con quienes compartí mucho durante mi formación profesional.

Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	¡Error! Marcador no definido.
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	¡Error! Marcador no definido.
2. CONSTANCIAS	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XVI
Capítulo I. Antecedentes	1
1.1 Introducción	1
1.2 Tema	1
1.3 Problema.....	1
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Alcance.....	4
1.6 Justificación.....	5
Capítulo II. Revisión bibliográfica	7
2.1 Introducción	7
2.2 Agricultura inteligente.....	7
2.3 Agricultura de precisión	8
2.3.1 Etapas de la agricultura de precisión.	9
2.3.2 Herramientas de la agricultura de precisión.	10
2.4 Agricultura en ambientes controlados.....	11
2.4.1 Invernadero.....	12
2.5 Cultivo de rosas.....	14
2.6 Condiciones ambientales para el desarrollo de una planta de rosa	14
2.6.1 Temperatura.....	15

2.6.2 Intensidad lumínica.....	15
2.6.3 Humedad del suelo.	16
2.6.4 Humedad relativa.....	16
2.6.5 CO ₂	16
2.7 Proceso de evapotranspiración	17
2.7.1 Evaporación.	17
2.7.2 Transpiración.	18
2.7.3 Evapotranspiración.	18
2.8 Adquisición de datos	19
2.8.1 Sensor.	19
2.8.2 Gestión del ciclo de vida de los datos.....	20
2.8.3 Recolección de datos en la agricultura de precisión.....	22
2.9 Big Data.....	22
2.9.1 Las 3 V del Big Data.	23
2.9.2 Aplicaciones del Big Data.	24
2.9.3 Big Data en la agricultura de precisión.	25
2.9.4 Herramientas usadas en Big Data.	26
2.10. Minería de datos	26
2.10.1 Técnicas de minería de datos.....	26
2.10.2 Técnicas para el análisis de datos.	27
2.10.3 Herramientas comunes para minería de datos.	28
2.10.4 Fases en la minería de datos.	33
2.10.5 Ruido en la minería de datos.	34
2.11 Comunicaciones inalámbricas.....	35
2.11.1 Redes de área personal inalámbrica (WPAN).	35
2.11.2 Red de área local inalámbrica (WLAN).	36
2.11.3 Redes de área extendida inalámbrica (WWAN).....	37
2.12 Redes de sensores inalámbricos	38
2.12.1 Componentes de un nodo WSN.....	39
2.12.2 Funcionamiento de una red WSN.....	40
2.12.3 Arquitectura de una red WSN.	40
2.12.4 Topologías de red WSN.	41
2.13 Hardware libre.....	42
2.13.1 Sistemas embebidos.....	42
2.13.2 Plataformas de código abierto.	42

2.14 Modelo en V.....	46
Capítulo III. Desarrollo experimental.....	47
3.1 Introducción.....	47
3.2 Metodología.....	47
3.3 Análisis.....	48
3.3.1 Situación actual.....	48
3.3.2 Técnicas de investigación.....	50
3.4 Propósito y ámbito del sistema.....	55
3.5 Descripción general del sistema.....	55
3.6 Determinación de los Stakeholders.....	56
3.7 Requerimientos de diseño.....	57
3.7.1 Nomenclatura de requerimientos.....	57
3.7.2 Requerimientos de Stakeholders.....	57
3.7.3 Requerimientos funcionales del sistema.....	58
3.7.4 Requerimientos de arquitectura.....	59
3.8 Alcance de la investigación.....	61
3.8.1 Restricciones.....	61
3.8.2 Riesgos.....	62
3.9 Elección del hardware y software.....	62
3.9.1 Selección del hardware del nodo de procesamiento.....	62
3.9.2 Estudio de Benchmark de sensores.....	63
3.9.3 Sensores temperatura y de humedad relativa.....	64
3.9.4 Sensores de CO2.....	69
3.9.5 Sensor de humedad del suelo.....	72
3.9.6 Sensor de luminosidad.....	75
3.9.7 Selección del software.....	78
3.10 Diseño del hardware del sistema.....	81
3.10.1 Diagrama de bloques del sistema.....	82
3.10.2 Diagrama de flujo del sistema.....	85
3.10.3 Arquitectura general del sistema.....	86
3.10.4 Diagrama de conexión del sistema.....	87
3.10.5 Alimentación del sistema.....	90
3.10.6 Diseño del circuito impreso.....	92
3.10.7 Diseño del ambiente controlado.....	93
3.10.8 Tratamientos de patrones de rosas.....	98

3.11 Procesamiento de datos mediante algoritmo de clasificación.....	101
3.11.1 Etapa de selección de datos.	102
3.11.2 Etapa de limpieza y transformación de datos.	108
3.11.3 Etapa de la minería de datos.	112
3.11.4 Etapa de interpretación de resultados.	117
3.11.5 Evaluación del algoritmo.....	119
3.12 Diseño del software del sistema.	119
3.12.1 Comunicación entre los nodos y el Gateway.....	119
3.12.2 Toma de datos en los nodos 1 y 2.....	120
3.12.3 Visualización de datos.	121
3.12.4 Interfaz gráfica para la visualización de datos.....	122
3.13 Diseño de la estructura externa de los nodos 1 y 2.	124
Capítulo IV. Pruebas de funcionalidad	127
4.1 Introducción	127
4.2 Pruebas de funcionalidad del sistema ROSEND basadas en el modelo en V	127
4.2.1 Test eléctrico del sistema.....	127
4.2.2 Test del subsistema pasivo.	128
4.2.3 Test del subsistema activo.	129
4.2.4 Test de hardware.....	132
4.2.5 Test de aplicación.	136
4.2.6 Test del gestor de batería.	141
4.2.7 Pruebas del ambiente controlado	142
4.3 Análisis del cultivo.....	144
4.3.1 Porcentaje de prendimiento.	144
4.3.2 Altura de la planta.....	145
4.3.3 Coloración de la hoja.	146
4.3.4 Frondosidad.	147
4.3.5 Eficiencia del uso del agua.	148
4.6 Integración del sistema ROSEND en el ambiente controlado y pruebas finales.	152
4.6.1 Pruebas en el ambiente controlado.	155
4.6.2 Pruebas en un invernadero en Tabacundo.	157
4.6.3 Pruebas de desplazamiento del sistema sobre robot Farmi 4.	159
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.....	162
5.1 Introducción	162
5.2 Conclusiones	162

5.3 Recomendaciones.....	164
REFERENCIAS.....	166
Glosario de términos y acrónimos	172
Anexos	174
Anexo 1. Tabla de nivel de confianza para la encuesta (se selecciona el valor de 1,96)...	174
Anexo 2. Encuesta realizada a agricultores en Tabacundo Cananvalle sector 3 y tabulación de resultados.....	175
Anexo 3. Hoja de datos del NodeMCU v3	182
Anexo 4. Evidencias fotográficas.....	184
Anexo 5. Registro de la toma de datos de cada una de las variables	194
Anexo 6. Código fuente Nodos 1 y 2	198
Anexo 7. Resultados del filtrado de datos usando el software RStudio.....	204
Anexo 8. Resultado de la minería de datos usando el software RStudio	210
Anexo 9. Manuales del sistema ROSEND.....	215

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agricultura inteligente.	8
Figura 2. Etapas de la Agricultura de Precisión.	9
Figura 3. Clasificación de invernaderos según las condiciones meteorológicas.....	13
Figura 4. Cultivo de rosas en invernadero cubierto por plástico.....	13
Figura 5. Proceso de Evapotranspiración.	17
Figura 6. Evapotranspiración en un cultivo anual	18
Figura 7. Ciclo de vida de los datos I.	20
Figura 8. Ciclo de vida de los datos II.....	21
Figura 9. Clasificación de las técnicas de minería de datos.	27
Figura 10. Técnicas de análisis de datos.	28
Figura 11. Panel de Clúster de WEKA	29
Figura 12. Modelado y filtrado de datos mediante programación visual.....	30
Figura 13. Modelado de datos en RapidMiner.....	31
Figura 14. Nodos en KNIME	32
Figura 15. Interfaz gráfica de RStudio.	32
Figura 16. Técnicas para reducir efectos del ruido en minería de datos.	34

Figura 17. Red WPAN	35
Figura 18. Red WLAN	37
Figura 19. Red WWAN.....	38
Figura 20. Componentes de un nodo WSN.....	39
Figura 21. Funcionamiento de una red WSN.....	40
Figura 22. Topologías de red WSN.....	41
Figura 23. Partes de una placa Raspberry PI 3.....	43
Figura 24. Modelos de Arduino.	44
Figura 25. NodeMCU PinOut.	45
Figura 26. Modelo en V.	46
Figura 27. Modelo en V	48
Figura 28. Cultivos de rosas en Tabacundo	51
Figura 29. Logotipo del sistema ROSEND.....	52
Figura 30. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 11	65
Figura 31. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 22	66
Figura 32. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 22	67
Figura 33. Estructura y distribución de pines del sensor MQ 135	69
Figura 34. Estructura y distribución de pines del sensor MG 811.	70
Figura 35. Sensor de humedad FC 28	72
Figura 36. Sensor YL 69 y distribución de pines.....	73
Figura 37. Sensor de luminosidad BH 1750.	75
Figura 38. Sensor de luminosidad TSL 2560.....	76
Figura 39. IDE de Arduino.....	78
Figura 40. Diagrama de bloques del sistema.....	83
Figura 41. Diagrama de bloques de los nodos 1 y 2.	84
Figura 42. Diagrama de flujo del dispositivo.....	86
Figura 43. Arquitectura general del sistema.....	87
Figura 44. Diagrama general de los nodos 1 y 2.....	89
Figura 45. Diagrama de conexión de los nodos 1 y 2.	90
Figura 46. Lipo Rider Pro con Panel Solar.	92
Figura 47. Circuito impreso del ROSEND.....	93
Figura 48. Estructura del ambiente controlado.	94
Figura 49. Fuente de alimentación del ambiente controlado.	95
Figura 50. Diagrama de conexión para las lámparas incandescentes.	96
Figura 51. Diagrama esquemático de conexiones para los ventiladores.....	97

Figura 52. Diseño de los tratamientos.....	100
Figura 53. Etapas del proceso KDD.....	101
Figura 54. Base de datos obtenida organizada.....	102
Figura 55. Aplicación del condicional SI para la detección de la clase.....	106
Figura 56. Archivo .csv del sistema, datos recolectados por el sistema ROSEND.....	108
Figura 57. Matriz de entrenamiento y Matriz de pruebas en RStudio.....	110
Figura 58. Base de datos reducida después de aplicar CNN.....	111
Figura 59. Distribución de datos luego de aplicar CNN.....	112
Figura 60. Matriz de confusión aplicando KNN.....	114
Figura 61. Matriz de confusión aplicando Clasificador Bayesiano.....	114
Figura 62. Matriz de confusión luego de aplicar Árbol de decisión.....	115
Figura 63. Matriz de confusión después de aplicar SVM.....	116
Figura 64. Línea de borde de decisión para cada algoritmo de clasificación.....	116
Figura 65. Proceso de implementación de KNN.....	118
Figura 66. Diagrama de flujo para el establecimiento de comunicación.....	120
Figura 67. Diagrama de flujo para la toma de datos.....	121
Figura 68. Diagrama de flujo para la visualización de datos.....	122
Figura 69. Interfaz gráfica para la apreciación de resultados.....	123
Figura 70. Diseño de la estructura externa de los nodos.....	124
Figura 71. Estructura externa de los nodos 1 y 2.....	125
Figura 72. Leds indicadores del sistema ROSEND.....	126
Figura 73. Nodos 1 y 2 del sistema ROSEND.....	126
Figura 74. Reconocimiento del NodeMCU en la PC.....	130
Figura 75. Carga exitosa del Sketch al NodeMCU.....	131
Figura 76. Uso de memoria del NodeMCU.....	131
Figura 77. Conexión exitosa VS. Conexión fallida a la red wifi por el NodeMCU.....	132
Figura 78. Prueba de conectividad mediante ping.....	132
Figura 79. Lectura de los sensores.....	134
Figura 80. Verificación de Temperatura con aplicación móvil.....	134
Figura 81. Verificación de la humedad relativa con aplicación móvil.....	135
Figura 82. Mensaje enviado a Google Sheets.....	137
Figura 83. Mensaje de error al enviar datos a Google Sheets.....	137
Figura 84. Recepción de datos en Google Sheets.....	138
Figura 85. Indicador de no disponibilidad del NodeMCU.....	139
Figura 86. Pruebas de verificación realizadas en el ambiente controlado.....	139

Figura 87. Recepción de datos en Blynk desde el NodeMCU.	140
Figura 88. Recepción de texto en Blynk desde el NodeMCU.	141
Figura 89. Estructura externa del ambiente controlado diseñado.	142
Figura 90. Distribución de los tratamientos en el ambiente controlado.....	143
Figura 91. Medición de la altura de las plantas.....	146
Figura 92. Coloración de la hoja con el pasar del tiempo en el tratamiento 4	147
Figura 93. Canalización del riego.	149
Figura 94. Embudo y medida para aplicación de riego.....	149
Figura 95. Nodo 1 en el ambiente controlado.	153
Figura 96. Sistema ROSEND en el ambiente controlado.	153
Figura 97. Funcionamiento del algoritmo KNN.	154
Figura 98. Notificación en la interfaz del software Blynk.	155
Figura 99. Suelo seco vs. Suelo húmedo.....	156
Figura 100. Suelo húmedo vs. Suelo seco.....	158
Figura 101. Nodo 1 sobre vehículo Farmi 4 (1).....	159
Figura 102. Nodo 1 sobre vehículo Farmi 4 (2).....	160
Figura 103. Sistema ROSEND sobre Farmi 4 en invernadero en Tabacundo.	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas usadas en la agricultura de precisión	11
Tabla 2. Sensores comunes	19
Tabla 3. Aplicaciones típicas del Big Data	24
Tabla 4. Fases de la minería de datos	33
Tabla 5. Lista de involucrados directos e indirectos	56
Tabla 6. Abreviaturas de requerimientos	57
Tabla 7. Requerimientos de Stakeholders	58
Tabla 8. Requerimientos funcionales del sistema	58
Tabla 9. Requerimientos de arquitectura.....	60
Tabla 10. Valores usados para la evaluación de cumplimiento de requerimientos.....	62
Tabla 11. Selección del sistema embebido para el procesamiento de datos	63
Tabla 12. Especificaciones técnicas del sensor DHT 11	65
Tabla 13. Especificaciones técnicas del sensor DHT 21.....	66
Tabla 14. Especificaciones técnicas del sensor DHT 22.....	67
Tabla 15. Análisis comparativo entre sensores de la familia DHT	68

Tabla 16. Especificaciones técnicas sensor MQ 135	70
Tabla 17. Especificaciones técnicas sensor MG 811	71
Tabla 18. Análisis comparativo entre sensores de CO2.....	71
Tabla 19. Especificaciones técnicas sensor FC 28.....	73
Tabla 20. Especificaciones técnicas sensor YL 69	74
Tabla 21. Análisis comparativo entre sensores de humedad del suelo	74
Tabla 22. Especificaciones técnicas sensor BH 1750	76
Tabla 23. Especificaciones técnicas sensor TSL 2560.....	77
Tabla 24. Análisis comparativo entre sensores de luminosidad.....	77
Tabla 25. Software seleccionado para el almacenamiento de los datos.....	79
Tabla 26. Software seleccionado para la apreciación de resultados	81
Tabla 27. Sumatoria de corrientes consumidas por el nodo 1.....	91
Tabla 28. Dispositivos electrónicos requeridos para el ambiente controlado	95
Tabla 29. Nomenclatura de tratamientos.....	98
Tabla 30. Descripción de los tratamientos	99
Tabla 31. Coeficiente de correlación entre las variables ambientales.....	103
Tabla 32. Efectos de las variables sobre el crecimiento de la rosa	103
Tabla 33. Acciones correctivas ante condiciones mínimas y máximas	104
Tabla 34. Base de datos recolectados por el sistema ROSEND.....	107
Tabla 35. Valores asignados a cada clase	108
Tabla 36. Filtros de ruido en RStudio	109
Tabla 37. Resultados usando cada filtro.....	110
Tabla 38. Clasificadores de datos.....	113
Tabla 39. Resultados de los algoritmos de clasificación.....	113
Tabla 40. Test del subsistema eléctrico.....	128
Tabla 41. Pruebas del subsistema pasivo	129
Tabla 42. Pruebas de verificación del subsistema activo	129
Tabla 43. Test del subsistema de hardware.....	133
Tabla 44. Pruebas de aplicación.....	136
Tabla 45 Test del gestor de batería.....	141
Tabla 46. Porcentaje de prendimiento.....	144
Tabla 47. Longitud promedio de las plantas durante el primer mes	145
Tabla 48. Coloración de la hoja	146
Tabla 49. Frondosidad de la planta	148
Tabla 50. Requerimiento de agua de un área efectiva de terreno	151

Tabla 51. Relación de ahorro de agua usando el sistema ROSEND.....	152
Tabla 52. Fiabilidad del sistema (Ambiente controlado)	157
Tabla 53. Fiabilidad del sistema (Invernadero de rosas).....	158

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del número de encuestas	52
Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de corriente total en un circuito electrónico.	91
Ecuación 3. Fórmula para calibrar el sensor de humedad del suelo.	135
Ecuación 4. Fórmula para calibrar el sensor MQ135.....	136
Ecuación 5. Fórmula para calibrar el sensor MQ135 en base a constantes	136
Ecuación 6. Cálculo de la lámina de riego	150
Ecuación 7. Cálculo para el volumen de agua	150
Ecuación 8. Fórmula para el cálculo de la precisión.....	156

RESUMEN

Este proyecto describe el desarrollo de un sistema electrónico basado en redes de sensores inalámbricos denominado sistema ROSEND. El sistema monitorea las variables ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de rosas en un ambiente controlado. Con el uso del sistema, determinados procesos como la aplicación del riego no solo se basan en criterios empíricos adquiridos en base a la experiencia de las personas encargadas de las plantaciones, sino que, a través del reconocimiento de patrones mediante el algoritmo de clasificación KNN, se optimiza recursos y así se aplica cantidades apropiadas de agua a la plantación. Además se controle la temperatura y demás variables presentes, para que de esta forma se mejore los procesos referentes al cultivo de rosas en Tabacundo.

El sistema consta de un sensor de CO₂, un sensor de luminosidad, un sensor de temperatura y humedad relativa y un sensor de humedad del suelo que miden las variables ambientales dentro de un invernadero dedicado al cultivo de rosas y proporciona mensajes de acciones a realizar dentro de la plantación que son mostradas en una aplicación celular que indica el valor de cada una de las variables medidas y la acción que se debe ejecutar en base al reconocimiento de patrones, usando tecnología de hardware y software libre de bajo costo, el cual se determina en base a requerimientos de usuario. Para la selección de dispositivos, se aplica un pequeño estudio de Benchmark seleccionando así los elementos que más se ajusten a las necesidades del proyecto siguiendo la metodología del modelo en V para garantizar un diseño adecuado del sistema.

Finalmente se evalúa la funcionalidad del sistema ROSEND mediante pruebas realizadas al prototipo en base a criterios de expertos en el cultivo de rosas buscando que la precisión sea lo más alta posible.

ABSTRACT

This project describes the development of an electronic system based on wireless sensor networks called ROSEND system. The system monitors environmental variables that influence growth and development of roses in a controlled environment. Using ROSEND system, certain processes such as the application of irrigation, are not only based on empirical criteria acquired based on the experience of farmers in charge of plantations, but, through pattern recognition through KNN like classification algorithm, resources are optimized and thus appropriate amounts of water are applied to the plantation, temperature and other variables are controlled, so that processes related to rose cultivation in Tabacundo can be improved.

The system consists of CO₂ , light, temperature and relative humidity and a soil moisture sensors that measure the environmental variables inside of a greenhouse dedicated to rose cultivation and provides messages of actions to be carried out within of the plantation that are shown in a cellular application that indicates the value of each one of the measured variables and the action that must be executed based on pattern recognition, using hardware technology and free software of low cost, which is determined based on user requirements. For the selection of devices, a small Benchmark study is applied, selecting the elements that best suit the needs of the project following the methodology of the V model to ensure an adequate design of the system.

Finally, the functionality of ROSEND system is evaluated through tests carried out on the prototype based on criteria of experts in rose cultivation, seeking to ensure that the accuracy is as high as possible.

Capítulo I. Antecedentes

1.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla las pautas iniciales con los cuales se va a desarrollar el trabajo de titulación, por consiguiente, se establece el tema, se describe la formulación del problema, así como también los objetivos planteados, la justificación respectiva, el alcance y limitaciones a las que se sujeta la investigación.

1.2 Tema

“RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE DATOS DE WSN ENFOCADO A
REGADÍOS POR AMBIENTES CONTROLADOS DE ROSAS A ESCALA DE
LABORATORIO”

1.3 Problema

El cultivo de rosas en el Ecuador ha tenido gran incidencia en la economía del país, ya que las mismas se han convertido en un producto de exportación por su calidad, que consiste básicamente en belleza única. Sus características inigualables como: tallos gruesos, botones grandes y de vivos colores, son parámetros que han convertido al país en el cuarto productor a nivel mundial (Vásquez, s.f.). De esta forma se generan puestos de trabajo e ingresos permitiéndose el financiamiento de obras públicas.

Uno de los factores importantes para que se dé este proceso es el lugar del cultivo, cada uno con diferentes características de clima y relieve destacándose a Tabacundo como uno de los sectores que produce la mayor cantidad de rosas exportables de todo el Ecuador (Expoflores, 2017).

Para obtener este tipo de productos es necesario un buen proceso en el cultivo desde la selección del suelo, hasta sistemas de riego programados.

Los parámetros necesarios para el desarrollo eficaz de la planta de rosa son: la humedad, temperatura, conductividad eléctrica, precipitación e intensidad lumínica (Wang, 2016), parámetros que no son tomados en cuenta en su totalidad para la programación de sistemas convencionales de riego, los mismos que se basan en temporizadores o en la toma de decisiones en base a criterios por parte de los ingenieros encargados del caso.

Sin embargo, dichos sistemas tienen varias desventajas debido a que el suelo y el clima presentan las condiciones reales de la superficie de un terreno que no va a ser homogéneo en todos sus puntos. Como consecuencia, la cantidad de agua aplicada a determinados sectores no coincidirá con los requisitos del cultivo de la planta de rosa (Zoebl, 2006), atentando contra el crecimiento en condiciones normales de la misma, como resultado: no crece, se arruga, se quema y su ciclo funcional se adelanta, obteniendo capullos en etapas muy tempranas, por ende, defectuosas, o la necesidad de usar fungicidas con ácidos húmicos y foliares para que ayuden a la planta, por consiguiente, las fechas de cosecha de rosas se modifican y en ciertos casos puede no resultar en una temporada comercial.

Por los motivos antes expuestos se ve la necesidad de invertir en tecnología e investigación, en un sistema que determine estados específicos ambientales en ciertos sectores dentro de un área de siembra, pero su esencia se centra en la minería de datos con el fin de determinar un patrón real en base a las variables del entorno. En consecuencia, el estado del suelo y sus necesidades, identificando qué variable incide más en el desarrollo de la planta.

Con un sistema de este tipo, el proceso de riegos programados ya no se realizará en base a criterios empíricos únicamente, si no, en base a análisis de datos fundamentados en parámetros presentes en el ambiente con el fin de la solución óptima.

Al adecuarse un dispositivo electrónico basado en el reconocimiento de patrones, se contará con un sistema determinístico que indique el estado actual del suelo en diferentes sectores de un terreno dando al agricultor la potestad de tomar la mejor decisión en base al procesamiento realizado.

Así la obtención de mejores prácticas en la agricultura para tener productos de calidad, debido a lo cual, mejora en la economía, calidad de vida, y progreso tecnológico en el ámbito antes mencionado del país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Desarrollar un sistema electrónico de reconocimiento de patrones de datos en redes de sensores, enfocado a regadíos por ambientes controlados de rosas a escala de laboratorio, que brinde estados determinísticos de distintos sectores de un terreno en busca de mejores prácticas sobre el riego.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar las bases teóricas necesarias para la realización del sistema.
- Determinar los requerimientos de Software y Hardware para la selección de componentes necesarios con el fin de un correcto funcionamiento del sistema y la adquisición de datos.
- Realizar el análisis de datos con el fin de determinar la ponderación de variables que influyen en el crecimiento de la planta.
- Realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema electrónico como del análisis de datos para la presentación de resultados.

1.5 Alcance

Para la obtención de información, se realizará una revisión bibliográfica respecto al análisis del Big Data aplicada a la detección de parámetros dominantes, referente al estado del suelo y ambiente de sectores específicos localizados en un terreno a escala de laboratorio.

Con la finalidad de determinar la mejor herramienta de hardware, se analizará un estudio de Benchmark realizando un análisis comparativo entre diferentes tipos de sensores de humedad, temperatura, conductividad eléctrica, precipitación e intensidad lumínica, y se elegirá la que mejor se adapte a las necesidades del proyecto planteado.

La implementación del prototipo se va a realizar con los sensores aptos encontrados en base a requerimientos y las respectivas pruebas se las realizará en un ambiente controlado a escala de laboratorio, de un terreno de cultivo destinado para la producción para rosas de exportación.

Para el análisis de datos, se contará con un dispositivo que en base a una red de sensores WSN recolecte los datos en base a las variables presentes del entorno para luego determinar un patrón de variables influyente en el desarrollo de una planta para así determinar parámetros ambientales, de estado y calidad del suelo para que los ingenieros encargados de la programación de riego tengan una aseveración correcta en base a estados reales medidos desde diferentes entornos con una fase de retroalimentación mediante gestor de batería y paneles solares.

Al final se obtendrán las respectivas conclusiones y recomendaciones en base a los resultados determinísticos arrojados por las pruebas, para lo cual se tomará distintas muestras de suelo de terrenos de invernaderos de Tabacundo expuestos a diferentes condiciones ambientales, se procederá a analizar las variables presentes y así determinar el patrón respectivo.

1.6 Justificación

El asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica forma parte del objetivo número 11 del Plan Nacional de Buen Vivir. El proyecto en sí se acopla a este enunciado, en vista de que representa una contribución a la eficiencia del sector estratégico como es la agricultura, en busca de una transformación en los procesos que se realiza para el riego a través de la detección de patrones en variables presentes en el suelo, usando la comunicación a través de sistemas embebidos, avanzando a una economía diferente donde la tecnología forme parte a través de la innovación (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017).

Se requiere desarrollar industrias nacionales, y aportar con el crecimiento de la economía del país, se debe establecer criterios de desarrollo para mejorar la producción de los recursos potenciales, en este caso la agricultura, además con el incentivo del Gobierno a impulsar la transformación de la matriz productiva, se propone métodos para tecnologizar procesos de riego en plantaciones (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2012).

La mayoría de las haciendas y fincas cuentan con sistemas autónomos de riego que se fundamenta en la programación de variables presentes, pero no se cuenta con sistemas determinísticos de estado en base al análisis de datos de redes de sensores.

Al presentar sistemas de análisis de datos, en donde una o más variables se encuentran presentes para la determinación de un estado o situación específica en este caso el suelo, se vuelve complicado el manejo de un gran conjunto de datos imperceptibles para el humano y apreciaciones visuales y criterios personales de cultivo, las cuales no son suficientes para una aseveración de un estado.

Las diferentes técnicas actuales para la determinación de estados en el suelo presentan una desventaja, el monitoreo y la intervención de una persona para programar sesiones de riego y aplicación de medidas correctivas.

El propósito del proyecto es la interacción entre el agricultor y el sistema, estableciendo parámetros determinísticos sobre el estado real del suelo, pese al gran volumen de datos estructurados y no estructurados donde la cantidad no es lo importante, si no el establecer patrones a través del análisis variables, para generar criterios que conduzcan al agricultor a la toma de mejores decisiones con respecto al riego de las plantaciones, contribuyéndose así al fomento de negocios más inteligentes, operaciones eficientes, mayores ingresos y clientes satisfechos.

La funcionalidad del dispositivo tendrá lugar en un ambiente controlado tomando varias muestras de suelo de las cuales se obtendrán grandes volúmenes de datos los cuales serán analizados para el reconocimiento de un patrón determinístico de un estado del suelo, el dispositivo devolverá la información en una forma comprensible para el usuario de fácil interacción de varios lugares en donde se haya establecido el análisis de datos.

El sistema recolectará parámetros del suelo, los procesará encontrando un patrón determinístico y se obtendrá el estado de suelo, los sensores usados para la recolección de información serán: sensores de luminosidad, sensores de humedad, de temperatura, de humedad relativa, de CO₂, cada sensor devolviendo el valor medido en cada marca respectiva.

Capítulo II. Revisión Bibliográfica

2.1 Introducción

El presente capítulo es la base teórica necesaria para el desarrollo del trabajo investigativo abordando los contenidos apropiados para la ejecución del mismo; se inicia analizando la agricultura inteligente y de precisión, cultivos de invernadero y entornos controlados; así mismo, las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo preciso de una planta de rosa; por otro lado, se menciona la recolección de datos mediante sensores para la representación cuantitativa de variables ambientales, el tratamiento indicado de dicha información estudiando técnicas del Big Data y de minería de datos y toma de decisiones. Además, se describen las redes WSN para el envío de resultados hacia nodos, finalmente se requiere un análisis de plataformas de hardware libre para la elaboración del dispositivo electrónico que cumpla con los lineamientos establecidos en la investigación y que ayude al ser humano en la toma de decisiones referentes al cultivo de rosas.

2.2 Agricultura inteligente

En la actualidad, uno de los grandes retos que tienen que enfrentar los países agrícolas es realizar un cultivo de manera eficiente y sostenible, causando el menor impacto posible, razón por la cual se convierte en una necesidad el uso de tecnología para la realización de procesos específicos, en donde, el innovarlos es la parte más importante, dando paso a la adopción de la agricultura inteligente con el fin de cumplir con el desafío antes mencionado.

La agricultura inteligente es la gestión agrícola que, a través del uso de tecnología moderna y avanzada, tiene como objetivo aumentar la cantidad y la calidad de los productos, mediante tecnologías como: GPS (Sistema de Posicionamiento Global), escaneo de suelos, redes de sensores inalámbricos (WSN), comunicaciones electrónicas integradas, manejo de datos e internet de las cosas (FAO, 2017).

Si se mide de manera efectiva los parámetros presentes en un ambiente delimitado y sus variaciones, se puede mejorar el uso de recursos e insumos agrícolas. En la Figura 1 se muestra un esquema de cómo se implementa tecnología en la agricultura para optimizar procesos en el cultivo mediante: datos inteligentes, propagación automática, administración del agua, monitoreo del campo y condiciones del suelo.

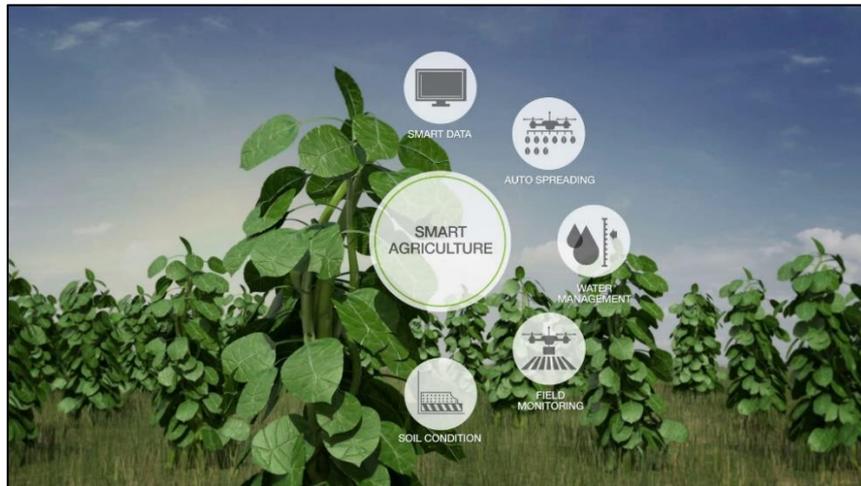


Figura 1. Agricultura inteligente.

Fuente: (Shreya, 2018)

2.3 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un método que se usa para gestionar los cultivos al administrar los recursos naturales de forma eficiente. Para ello se utiliza tecnologías avanzadas de información y comunicación, con el fin de recolectar datos útiles desde distintos sectores de un terreno, con el objeto de tomar decisiones y estrategias agrícolas asociadas a la producción de cultivos y así aplicar la cantidad correcta de recursos en el momento exacto y en el lugar preciso a un cultivo establecido (Leiva, 2015).

Para aplicar la agricultura de precisión se requiere de información confiable, detallada y específica por sectores, en donde se debe identificar y cuantificar las causas de la variabilidad del agroecosistema ya sea temporal o espacial.

No basta con solo medir las variables presentes dentro de un entorno, sino implementar nuevas prácticas en los procesos de administración de recursos naturales necesarios para el desarrollo de una planta.

2.3.1 Etapas de la agricultura de precisión.

Según (QAMPO, s.f.), para efectuar la agricultura de precisión se requiere del uso de tecnología, tal es el caso de sistemas de navegación por satélite, sistemas de información geográfica y sensores que se ubican en un terreno dedicado para el sembrío. cada uno de éstos sistemas tiene como objetivo obtener información que posteriormente será usada para tomar decisiones y estrategias agrícolas de manera aseverada con respecto al uso de recursos que una plantación requiere, por consiguiente, la optimización en el rendimiento de los cultivos controlando condiciones del suelo y manejo del riego.

En la Figura 2, se muestra las diferentes etapas que debe seguir la agricultura de precisión en la cual se detalla la recolección de datos, su respectivo procesamiento, el análisis de éstos y la aplicación de insumos como parte de la toma de decisiones, se evidencia que la tecnología es parte primordial para efectuar el proceso.

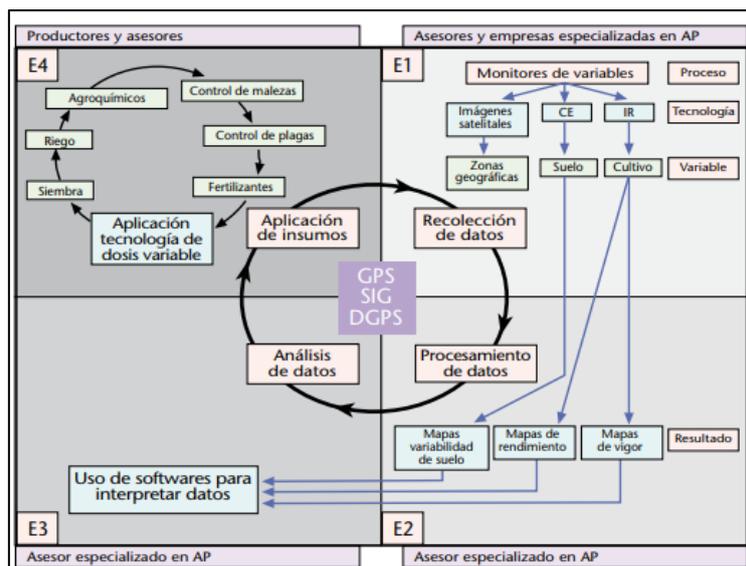


Figura 2. Etapas de la Agricultura de Precisión.

Fuente: (FIA, 2008)

2.3.1.1 Recopilación de datos.

Es la primera etapa de la agricultura de precisión en donde se debe recopilar la mayor cantidad de datos con el fin de entender el entorno que rodea a los cultivos de forma exacta y precisa, es decir a microescala, por tal motivo, se monitorean las principales variables, esta etapa es supervisada y controlada por expertos en tecnología para luego pasar al siguiente nivel que es el procesamiento de los datos encontrados (FIA, 2008).

2.3.1.2 Análisis de datos (procesamiento de la información).

Una vez obtenidos los datos, deben ser interpretados para evaluar las incidencias del cultivo, por esa razón, se requiere el uso de herramientas estadísticas y matemáticas como por ejemplo: información geográfica, clasificación de datos y graficación, mapas de viabilidad del suelo, mapas de rendimiento, de vigor, así como también software en donde Big Data forma una parte fundamental del procedimiento (FIA, 2008).

2.3.1.3 Toma de decisiones.

Al contar con toda la información referente a un cultivo específico, se le añade la experiencia del agricultor o del ingeniero agrónomo encargado, como resultado se tiene las condiciones perfectas para la toma de decisiones sobre una plantación, siendo las mismas preventivas o de gestión estableciendo las densidades óptimas de siembra, teniendo un control aseverado sobre el crecimiento de las plantas (FIA, 2008).

2.3.2 Herramientas de la agricultura de precisión.

Para facilitar el estudio de la agricultura de precisión, se usan algunas herramientas que se describen en la Tabla 1, clasificándolas en categorías: Sistema de posicionamiento global, monitoreo de rendimiento y mapeo, percepción remota, dispositivos electrónicos, redes de comunicación, sistemas de información geográfica, dosis de fertilizantes y densidad de siembra variable y banderillero satelital.

Tabla 1. *Herramientas usadas en la agricultura de precisión*

Herramienta	Descripción
Sistema de posicionamiento global (GPS)	Permite localizar y ubicar cualquier punto en tiempo real.
Monitoreo de rendimiento y mapeo	Brinda información de la productividad del campo (rendimiento en ciertas zonas de terreno).
Percepción remota	Se trata de obtener información para su análisis mediante sensores en un área determinada.
Dispositivos electrónicos	Computadores encargados del almacenamiento, procesamiento y representación de información en pantalla.
Redes de comunicación	Parte encargada de transferir la información que han recopilado los sensores.
Sistema de información geográfica (GIS)	Muestra y almacena información espacial de forma estructurada.
Dosis de fertilizantes y densidad de siembra variable	Dosifica los insumos a aplicar según la información en GIS.
Banderillero satelital	Usada para que los equipos sigan una trayectoria mediante GPS.

Fuente: (García & Flego, s.f.)

2.4 Agricultura en ambientes controlados

Es una técnica adoptada en América Latina como una solución al cambio climático. Según (El Comercio, 2017), en la actualidad, con la agricultura tradicional se tienen pérdidas de más del 40% de la producción, lo que se convierte en un gran problema debido a que en campo abierto es muy difícil mantener un control de los cultivos apropiadamente, en vista de que cada planta cuenta con una naturaleza distinta para su crecimiento y muchas de ellas requieren tratamiento especial.

Con ambientes controlados para agricultura, no importa las condiciones climáticas externas del medio puesto que se utiliza ambientes cerrados con tecnología, en donde es posible planificar los cultivos y alternar las variables que influyen en el desarrollo de una planta como son: intensidad lumínica, humedad, concentración de dióxido de carbono y

flujos de aire debido a que el ambiente en un invernadero es variante mas no lineal (Heidari & Khodadadi, 2017).

2.4.1 Invernadero.

Es una estructura cerrada muy similar a una casa, que generalmente sus paredes y techo se encuentran recubiertas por plástico o cualquier material transparente, en el cual se puede obtener condiciones climáticas artificiales reguladas para optimizar desarrollo normal de la planta, con el fin de cultivar productos de forma eficaz tales como: hortalizas, flores, tomate, pepino melón y otros (FAO, s.f.), sin importar la estación del año en que se encuentre, cabe resaltar que tiene otras características convenientes como: evitar el exceso de penetración de luz, temperaturas extremas, enfermedades, insectos entre otros. (K, J, & K, 2017).

Un invernadero es capaz de capturar energía con el fin de maximizar la transmisión de luz y retención del calor ya que presenta las ventajas de:

- Intensificación de la producción.
- Aumento de rendimiento.
- Uso más eficiente de insumos.
- Posibilidad de cultivar todo el año.
- Obtención de productos fuera de temporada.

Aunque no son muchas sus desventajas, pueden ser de gran impacto a nivel inicial en la producción de un determinado tipo de cultivo:

- Inversión inicial elevada.
- Altos costos de producción.
- Dependencia del mercado.
- Necesidad de personal altamente calificado.

Se puede clasificar a los invernaderos con respecto al factor de las condiciones meteorológicas en climatizados, semiclimatizados y no climatizados, la Figura 3 muestra una breve descripción de estos invernaderos.

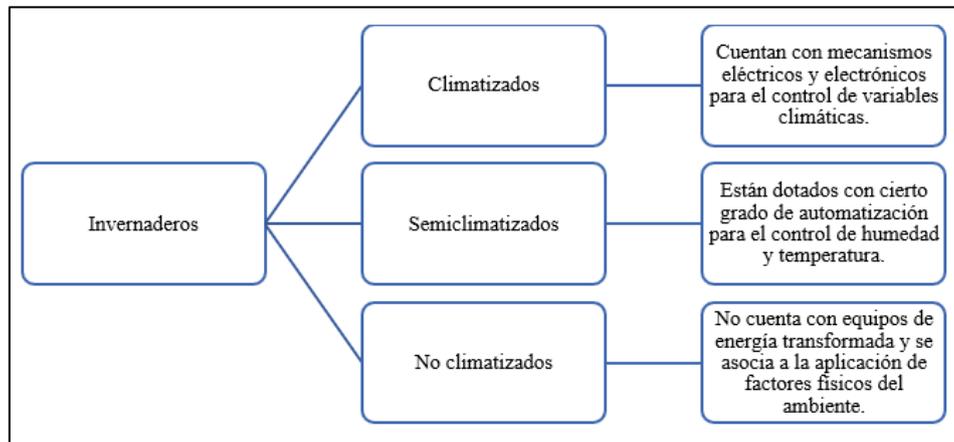


Figura 3. Clasificación de invernaderos según las condiciones meteorológicas

Fuente: Adaptado de: (FAO, s.f.)

Los invernaderos están cubiertos por plástico, así como se muestra en la Figura 4 correspondiente a un cultivo de rosas ubicado en Tabacundo. Los invernaderos climatizados implican un gran costo inicial, motivo por el cual, en Ecuador es muy común ver cultivos en ambientes no climatizados, cuya principal función es proteger a las plantas contra cambios bruscos como lluvias fuertes, heladas y calor extremo.



Figura 4. Cultivo de rosas en invernadero cubierto por plástico

Fuente: Autoría

2.5 Cultivo de rosas

La rosa es de origen sudafricano perteneciente a la familia de las Rosaceae con nombre científico *Rosa spp*, planta arbustiva con hojas pecioladas y de forma aserrada, con tallos lagos y de tipo leñoso, con alturas que van desde uno a tres metros siendo el producto final de exportación acompañado de botón floral vistoso ubicándolo en el mercado (infoAgro, 2018).

La rosa tiene reconocimiento a nivel mundial, pues es usada en todo tipo de eventos por su belleza única y agradable fragancia, disponible en varios colores y ha fijado un lugar en la economía el cual depende de la calidad de la flor, por esta razón, el cultivo en invernaderos es muy popular ya que en este tipo de ambientes se produce flores de alta calidad, lo que no ocurre en campo abierto (Rose, 2015).

Son grandes productores de rosas los siguientes países: Alemania, Estados Unidos, Japón y son pequeños productores los países de América Latina entre ellos: México, Colombia y Ecuador.

Un cultivo de rosas puede llegar a producir durante 12 años y es conocido como rosal que consta de dos partes fundamentales: una subterránea (la raíz) y una aérea (tallo, hojas y flores), tiene dos fases de crecimiento, la vegetativa que consiste en el crecimiento de la planta y la reproductiva que se refiere a la producción de rosas.

2.6 Condiciones ambientales para el desarrollo de una planta de rosa

Según, (Manske, 2015), los parámetros ambientales para que una planta de rosa se desarrolle en su totalidad son: temperatura, luminosidad, humedad del suelo, humedad relativa, dióxido de carbono. De estos factores ambientales, depende el desarrollo normal del cultivo y de nada sirve que se actúe sobre ellos, si los mismos no son aplicados en una porción correspondiente con los demás.

Se deduce a partir de lo anterior, que cada uno de ellos tiene una relación ya sea directa e indirecta en la gestión de un invernadero, dichos parámetros también pueden ser usados para indicar la salud de las plantas o sus enfermedades (Kassim, et al., 2018). Las rosas pueden crecer en amplios rangos de medios que cumplan los requerimientos de la planta como son: abastecimiento de agua, oxígeno y minerales en conjunto con buenas prácticas agrícolas.

2.6.1 Temperatura.

Dentro de un invernadero destinado para el cultivo de rosas, el manejo de la temperatura se convierte en un requisito esencial, teniendo en cuenta que existe relación directa con la humedad del suelo y con la fotosíntesis de la planta, la cual es un proceso muy importante en el crecimiento de ésta (Kassim, et al., 2018). Con bajas temperaturas el proceso de fotosíntesis se vuelve más lento, en cambio con la temperatura adecuada aplicada, se obtiene los mejores resultados en el crecimiento. Para el cultivo de rosas es conveniente contar con temperaturas de aire altas, rangos óptimos se encuentran entre 17° C a 25° C con una mínima de 15° C en la noche y como máximo 28° C en el día, si la temperatura es menor al rango óptimo, el crecimiento será más lento ocasionando menos brotes y en ciertos caso el botón será desigual, si la temperatura supera los límites el número de brotaciones aumenta pero la calidad de la rosa disminuye (Rodríguez & Flórez, 2016).

2.6.2 Intensidad lumínica.

La luz tiene influencia en la fotosíntesis de una planta de rosa como en la floración de esta, a medida que aumenta la luminosidad dentro de un invernadero, se debe aumentar la temperatura, la humedad relativa y el CO₂ para que el proceso fotosintético se dé al máximo.

La luz que incide sobre la corteza terrestre puede ser superior a 100000 lux, en donde la fotosíntesis se realiza con una intensidad máxima comprendida entre las longitudes de onda de 440 y 680 (Cermeño, 2002). En una planta de rosa, la luz permite la brotación de yemas y el crecimiento del tallo acelerando el proceso en ambos casos.

2.6.3 Humedad del suelo.

La humedad en el suelo es la cantidad de agua contenida en unidad de volumen de tierra, y es importante porque el agua es un factor determinante en el desarrollo del cultivo de rosa y dentro de un invernadero interviene en la transpiración de la planta y en el crecimiento de los tejidos; cuanto más húmedo sea el ambiente menos posibilidades hay de aumentar la evapotranspiración (Cermeño, 2002). Una medida adecuada para humedad del suelo oscila entre 55% a 65% de presencia de agua.

2.6.4 Humedad relativa.

Es la relación de la cantidad de vapor de agua contenida en el aire con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede mantener a una a una cierta temperatura y presión; la humedad relativa de rosas es alta para tener un crecimiento adecuado y se considera que es óptimo un 70 a 80% para la mayoría de especies, con una humedad relativa baja inferior al 70% los tallos son pequeños, cortos, deformación de botones y caída de hojas, en cambio una humedad relativa alta puede ocasionar enfermedades (Espinoza, 2015).

2.6.5 CO₂.

El CO₂ en un gas imprescindible en la vida de los vegetales para la realización de la fotosíntesis, en donde la mayoría de los vegetales el nivel óptimo de asimilación de CO₂ está comprendido a temperaturas de 18 y 23°C (Cermeño, 2002).

Sin una excelente iluminación, no existirá actividad fotosintética adecuada, en donde la tasa de absorción de CO₂ es proporcional a la cantidad de luz recibida, motivo por el cual, el medio día se convierte en la hora oportuna para que se dé el enriquecimiento carbónico por los niveles de luminosidad presentes (infoAgro, 2018). El nivel idóneo de CO₂ para plantaciones de rosas es de 800 ppm.

2.7 Proceso de evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos separados, así como se muestra en la Figura 5, en donde el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación debido al calor producido por el sol y por transpiración del cultivo, ya que la raíces absorben agua de las lluvias o del riego, estos procesos ocurren al mismo tiempo y es complicado distinguirlos (FAO, 2015).

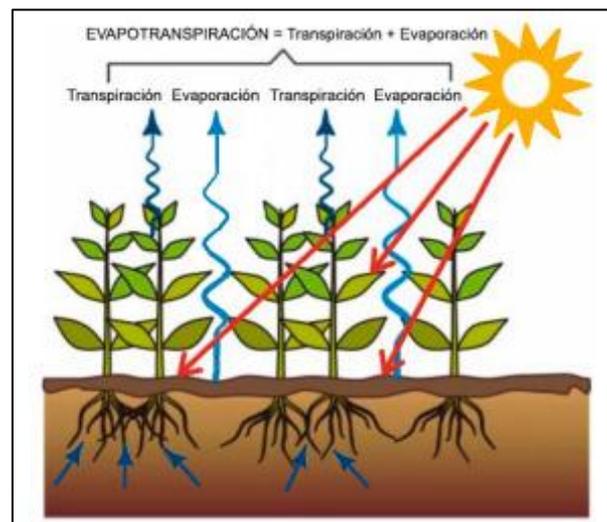


Figura 5. Proceso de Evapotranspiración.

Fuente: (Urbanarbolismo, s.f.)

2.7.1 Evaporación.

Es un proceso en donde el agua líquida se convierte en vapor y se retira de la superficie, en donde la energía es necesaria para que se cumpla dicho procedimiento, en este caso la radiación solar directa, y la temperatura del ambiente del aire.

La cantidad de agua presente en la superficie del suelo depende del grado de cobertura del cultivo, por ejemplo: si las demandas de riego son cubiertas por la lluvia y la extensión de terreno es amplia pues la tierra no se secará con facilidad entonces la disponibilidad limitada de agua toma control en la evaporación.

2.7.2 Transpiración.

Consiste en la vaporización de agua líquida contenida en los tejidos de la planta. Se pierde agua a través de los estomas, la vaporización ocurre dentro de la hoja; casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales (FAO, 2015).

2.7.3 Evapotranspiración.

Es el proceso en donde los fenómenos de evaporación y transpiración ocurren al mismo tiempo; si bien es cierto, los cultivos presentan etapas iniciales, es aquí donde se pierde agua por evaporación directa del suelo y es algo obvio ya que la planta aún no ha crecido en su totalidad para que esta transpire, es decir es pequeña; a medida que crece la planta, la transpiración se convierte en el proceso primordial. En la Figura 6 se muestra la evapotranspiración en sus dos componentes en relación con el área de terreno durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.

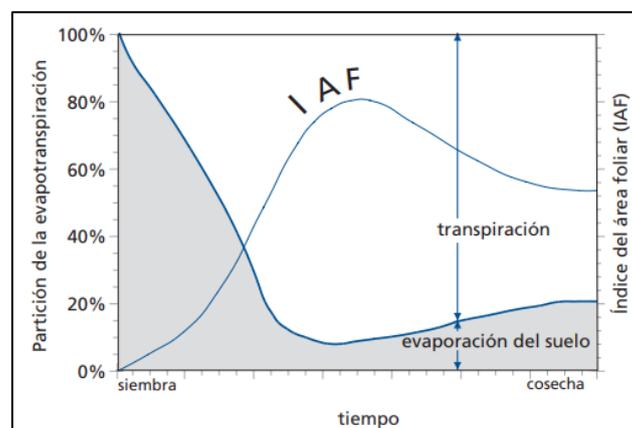


Figura 6. Evapotranspiración en un cultivo anual

Fuente: (FAO, 2015)

2.8 Adquisición de datos

El mundo que nos rodea sigue las leyes de la física razón por la cual, se llevan a cabo procesos y fenómenos cambiantes, que no se encuentran en estado estático, esas características pueden ser medibles y representan variables en donde el funcionamiento de un sistema depende de eventos en el tiempo que pueden ser: ubicación, magnitud, velocidad, tiempo, condiciones ambientales, entre otros; ahora el humano necesita instrumentos que le permitan entender dicha información ya sea de forma visual, sonido o estímulos físicos.

Dichos instrumentos se conocen con el nombre de transductores o sensores que traducen lo físico en señales eléctricas.

La adquisición de datos consiste en medir un parámetro físico ya sea voltaje, corriente, temperatura, presión, sonido, entre otros, que generalmente se lo realiza mediante transductores o sensores (National Instruments, 2018).

2.8.1 Sensor.

Es un transductor que convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir, su salida dependerá del tipo del sensor empleado y ésta puede ser: voltaje, corriente y resistencia eléctrica variantes en el tiempo. En la Tabla 2 se aprecia los algunos fenómenos físicos y el sensor asociado para obtener su medida.

Tabla 2. *Sensores comunes*

Sensor	Fenómeno
Termopar, RTD, Termistor	Temperatura
Fotosensor	Luz
Micrófono	Sonido
Galga Extensiométrica, Transductor Piezoeléctrico	Fuerza y Presión
Potenciómetro, LVDT, Codificador Óptico	Posición y Desplazamiento
Acelerómetro	Aceleración
Electrodo pH	pH

Fuente: Adaptado de (National Instruments, 2018)

2.8.2 Gestión del ciclo de vida de los datos.

Para encontrar el valor que realmente tienen los datos dentro de una organización es imprescindible dedicar recursos y esfuerzos para gestionarlos adecuadamente en donde el objetivo sea aparte del correcto almacenamiento, la reutilización de éstos mediante la implementación de políticas de gestión de flujo de datos. El ciclo de vida de los datos está formado por procesos y procedimientos en donde los objetivos principales deben permitir:

- Que los datos puedan ser utilizados y sean de fácil acceso.
- Están bien descritos.
- El acceso está garantizado y protegido.
- Pueden ser utilizados en el futuro.

En la Figura 7 se muestra el ciclo de vida de los datos; a primera instancia se conceptualiza el tipo de dato a recolectar para que luego a través del procesamiento sea archivado y distribuido con la finalidad de descubrir una existencia correlacional para un posterior análisis, con la ventaja de reutilización de datos en diferentes ocasiones.

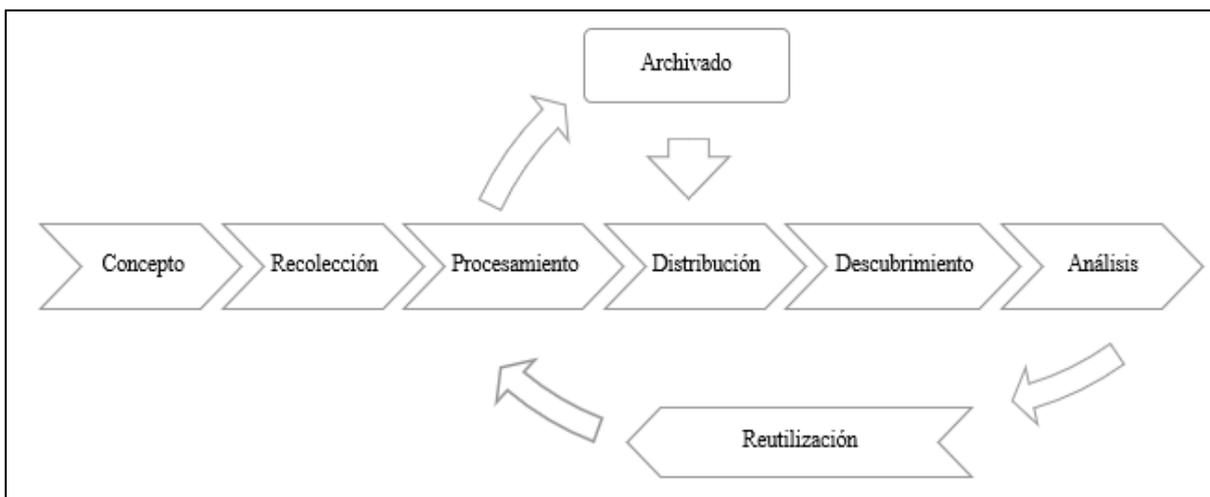


Figura 7. Ciclo de vida de los datos I.

Fuente: Adaptado de (Montes, et al., 2016)

También se puede definir al ciclo de vida de los datos en función de las tareas necesarias para hacer uso de ellos, se inicia con el reconocimiento y termina en el borrado, entonces el esquema se definiría tal cual se muestra en la Figura 8, formado por la captura de datos, organización, integración, análisis y actuación.

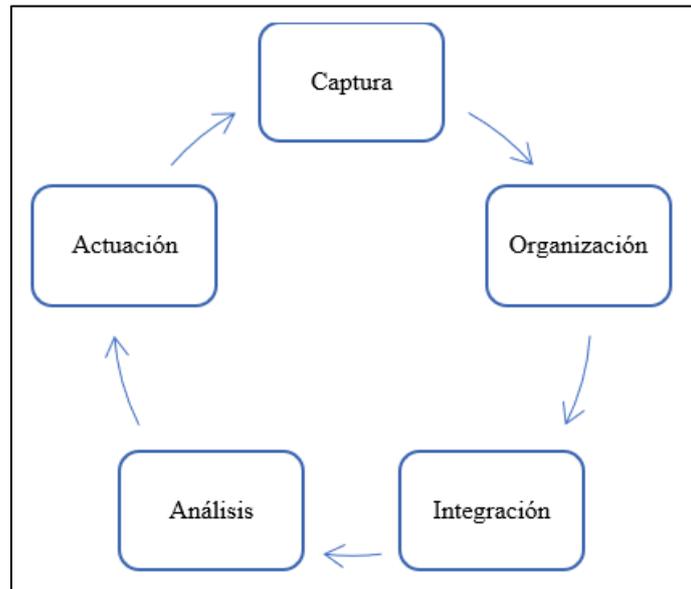


Figura 8. Ciclo de vida de los datos II.

Fuente: Adaptado de (Montes, et al., 2016).

- **Captura:** Proceso en donde se identifica y se recolecta los datos de las distintas fuentes donde se encuentran los de más relevancia.
- **Organización:** Procesos que incluyen: exploración, limpieza, transformación y aseguramiento y descripción y la calidad de los datos para una posterior utilización.
- **Integración:** Proceso para la carga y el modelamiento de datos establecidos, así como también la forma de procesamiento.
- **Análisis:** algoritmos y mecanismos que se aplican para obtener una respuesta o valor en este caso los patrones de datos.

- **Actuación:** Son las decisiones que se toman después del procesamiento es decir la aplicación en el área correspondiente.

2.8.3 Recolección de datos en la agricultura de precisión.

Se usa para adquirir datos del entorno a través de diferentes fuentes, recalando que la información debe estar disponible, esta cantidad es muy grande y depende del número y tipo de sensores que se encuentren distribuidos en una zona, los sensores más usados para estos fines son: humedad del suelo, conductividad eléctrica, geolocalización, pH, tipo de suelo, probabilidad de plagas, entre otros, todas estas variables son monitorizadas a través de procesos tecnológicos.

2.9 Big Data

La tendencia tecnológica de hoy en día implica la toma de decisiones y comprensión de una cantidad muy grande de datos en donde tomaría mucho tiempo analizarlos y de igual manera esta información puede no acoplarse a las bases de datos relacionales que se usan habitualmente, por tal razón, Big Data se aplica en aquellas situaciones en donde la información no puede ser procesada ni analizada usando herramientas tradicionales, cabe resaltar que aún no se encuentra definido un volumen de datos específico que determine la exactitud del concepto (Fragoso, 2012).

Con el transcurso del tiempo, se ha convertido en uno de los temas más importantes en ciertos ámbitos que son: la agricultura, los negocios, la salud, entre otros; razón por la cual algunos autores lo definen como de la siguiente manera:

Según (Caballero & Martín, 2015), Big Data se traduce como un conjunto masivo de datos a gran escala, que deben cumplir 3 características fundamentales más conocidas como las 3 V. En 2001, éstos tres parámetros fueron propuestos por Doug Laney que lo diferenciaban y son volumen, velocidad y variedad.

(Márquez, Big Data, Técnicas, herramientas y aplicaciones, 2015) refiere que el Big Data hace referencia al conjunto de datos que supera la capacidad del software habitual para ser capturados, gestionados y procesados en un tiempo razonable.

2.9.1 Las 3 V del Big Data.

El análisis de estas tres magnitudes principales (volumen, velocidad y variedad) permite comprender la importancia que tiene el Big Data dentro de las tecnologías de información además de visualizar de manera superficial las aplicaciones y oportunidades que se presentan para el futuro debido a que millones de dispositivos se encontrarán conectados en el internet.

2.9.1.1 Volumen.

Es la característica principal del Big Data y hace referencia a la gran cantidad de datos visto que se producen en cantidades mucho más grandes que los datos tradicionales, por ejemplo; medidores inteligentes y equipos industriales generan inmensos volúmenes de datos. Vale la pena aclarar que algunos autores le atribuyen 4 V al Big Data, la misma que hace referencia al valor que este genera, pero ese concepto no se lo analiza en el presente documento.

2.9.1.2 Velocidad.

Los flujos de datos en los medios sociales, por ejemplo, producen una gran influencia de opiniones y valiosas relaciones para la gestión de clientes dentro de ese entorno, en donde la velocidad de transmisión es muy alta si se quiere que ésta se transforme en información útil para las organizaciones optimizando así tiempo y tomando decisiones en base a dichas consideraciones.

2.9.1.3 Variedad.

Los formatos de datos tradicionales actualmente se ajustan a esquemas ya establecidos, por el contrario, los formatos no tradicionales muestran un evidente ritmo de cambio debido a la agregación de nuevas fuentes entre las que constan: sensores y dispositivos, que arrojan información, obviamente nuevos tipos de datos y para obtener información valorada se requiere un análisis en un mismo escenario con un número grande de datos en diferentes formatos.

2.9.2 Aplicaciones del Big Data.

Se debe aplicar Big Data cuando exista un gran volumen de datos estructurados, no estructurados y semiestructurados y no solo se emplea en el análisis, sino también en la extracción, transformación y disposición de estos para que luego los analistas encuentren patrones útiles para la solución de problemas como patrones de detección de fraude, patrones de sección media, sector de la energía entre otros, así como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Aplicaciones típicas del Big Data*

Aplicación	Descripción
Patrones de detección de fraude	Problema típico en servicios financieros y en donde estén involucradas transacciones, se usan patrones de detección de fraudes.
Patrones de sección media	Usado para averiguar la opinión de los clientes sobre una organización y como esa información repercute en la toma de decisiones de la empresa.
Patrones de modelado y gestión de riesgo	Se basa en la gestión de riesgos financieros para saber los efectos devastadores que las inversiones pueden tener.
Big data en el sector de la energía	Consiste en cómo hacer frente a los grandes volúmenes de datos de los sensores de instalaciones remotas.
Big data en el call center	En un centro de llamadas se debe gestionar bien la relación entre el tiempo y la resolución de la llamada, es vital el poder aplicar un patrón de respuesta óptima.

Fuente: Adaptado de (Montes, et al., 2016)

2.9.3 Big Data en la agricultura de precisión.

Con el avance del tiempo, la producción de alimentos tiene que aumentar debido al incremento de habitantes sobre la tierra, en donde el reto es aprovechar en casi su totalidad la tierra y los insumos para optimizar el rendimiento de los cultivos, reducir desperdicios y aumentar las cadenas de suministros alimenticios agrícolas.

La tecnología es la solución al inconveniente y es aquí donde el Big Data juega un rol importante en conjunto con la computación en la nube debido a su enfoque de eficiencia.

Actualmente grandes empresas de agrotecnología se encargan del análisis de registros de cultivos y clima, para encontrar patrones y así predecir el rendimiento de ellos, en donde se toma en cuenta el tipo de suelo, calidad de las semillas y patrones climatológicos (Evans, 2018).

En la agricultura se incorporan algunos dispositivos electrónicos tales como: tractores de dirección automática y robots agrícolas controlados por GPS que recopilan datos mientras ejercen sus funciones dando un gran impacto, ahora Big Data lo que ha hecho es dar a los agricultores el control sobre los terrenos y mucha información detallada sobre el uso que se le está dando.

Por otro lado, los sensores ubicados en las plantaciones recogen día con día datos precisos y confiables sobre las condiciones climáticas, de igual forma los satélites de forma remota identifican amenazas en los cultivos, ahora con Big Data es posible dar sentido a ese conjunto de datos mediante evaluaciones comparativas, modelos predictivos y aplicación de modelos para gestionar el riesgo, aumentando eficientemente la producción a través del impulso de decisiones operativas en tiempo real.

2.9.4 Herramientas usadas en Big Data.

Se mencionan algunas herramientas comunes usadas en Big Data, entre ellas se encuentran: Apache Hadoop y Apache Spark, permitiendo el procesamiento de datos a gran escala. Existen startups de código abierto y licenciados y su uso depende de los profesionales encargados de la gestión de estos.

2.10. Minería de datos

Cuando se encuentra un gran conjunto de datos, este contiene información implícita, en donde para su descubrimiento se necesita una serie de técnicas que permitan encontrar dicha información, ese procedimiento se conoce como minería de datos que consiste en analizar patrones, tendencias, comportamientos y más características de información que se encuentra contenida en los datos. La minería de datos se fundamenta en técnicas estadísticas aprovechando el uso de medios informáticos en donde su tratamiento se realiza de forma fácil y ordenada (Márquez, 2015).

2.10.1 Técnicas de minería de datos.

Las técnicas de minería de datos pueden clasificarse en modelado por la teoría, técnicas de modelado originado por los datos y técnicas auxiliares; a continuación, se detalla una breve descripción de estas técnicas.

- Para el modelado en base a teoría, se debe contar con conocimiento previo que debe cumplir tres fases: identificación objetiva, estimación y predicción.
- El modelado originado por datos se inicia por el conocimiento de patrones mezclando el conocimiento antes y después de la minería de datos.
- Las técnica de clasificación construyen un modelo que permita clasificar si apareciera un dato nuevo.

- Las técnicas auxiliares son superficiales y están limitadas, se basan en informes y técnicas descriptivas.

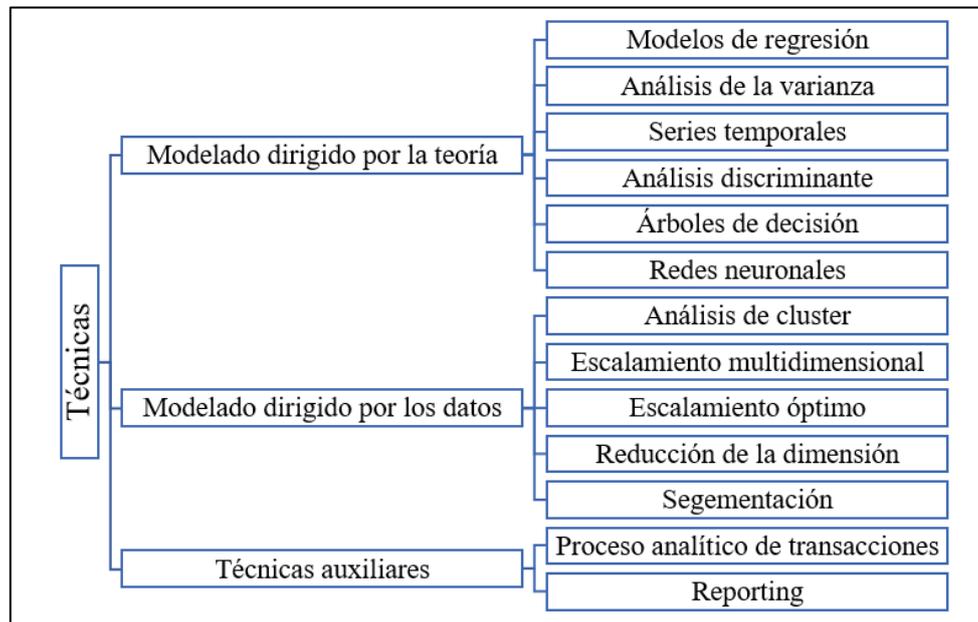


Figura 9. Clasificación de las técnicas de minería de datos.

Fuente: Adaptado de (Márquez, 2015)

En la Figura 9 se muestra una clasificación de las técnicas de minería en donde se aprecia el modelado dirigido por la teoría, el modelado dirigido por los datos y as técnicas auxiliares son de mayor relevancia y cada una cuenta con diferentes herramientas útiles como, por ejemplo: árboles de decisión, análisis de clúster, reducción de la dimensión, reporting entre otros.

2.10.2 Técnicas para el análisis de datos.

En la Figura 10 se muestra las técnicas más importantes para el análisis de datos, técnicas predictivas y descriptivas, así como también su clasificación en donde se aprecian redes neuronales, arboles de decisión, clústering, segmentación, reducción de la dimensión, escalamiento multidimensional, entre otros.

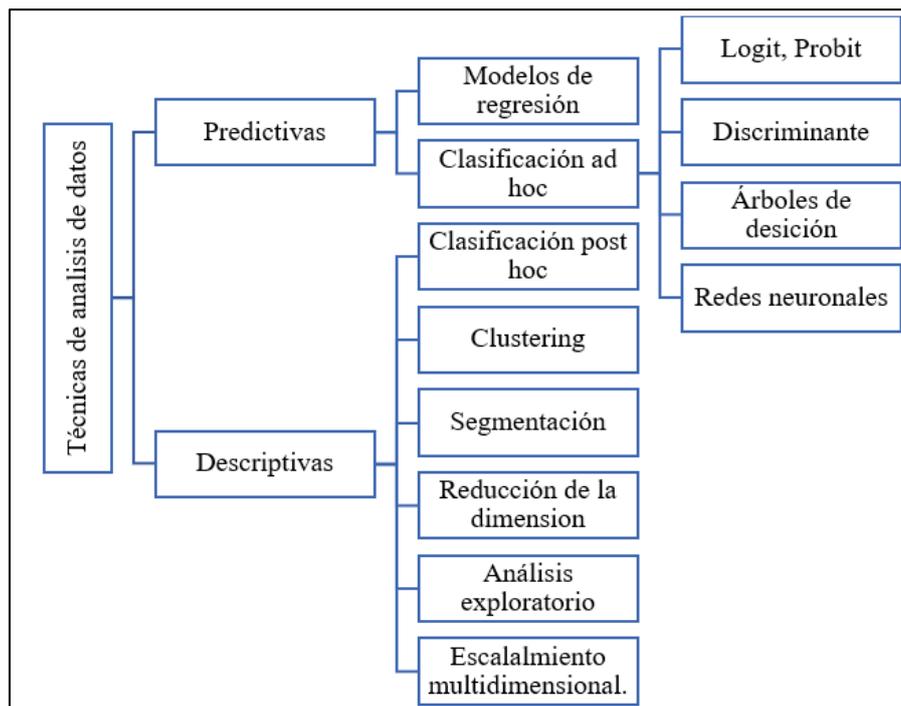


Figura 10. Técnicas de análisis de datos.

Fuente: Adaptado de (Márquez, 2015)

2.10.3 Herramientas comunes para minería de datos.

Se detallan algunas herramientas de código abierto que según fuente bibliográfica han resultado útiles en minería de datos que son: WEKA, Orange, KNIME, SAS y RapidMiner.

2.10.3.1 WEKA.

Es un software de código abierto basado en Java, cuenta con una interfaz gráfica amigable con el usuario y cuenta con conexión a bases de datos SQL, cuenta con funciones de aprendizaje automático y realiza operaciones relevantes como: análisis de clústeres, clasificación de datos. En la Figura 11 se muestra el panel de clúster de WEKA en donde se puede configurar cualquier clúster WEKA en el conjunto de datos actual en yes posible mirarlos en un herramienta de visualización emergente.

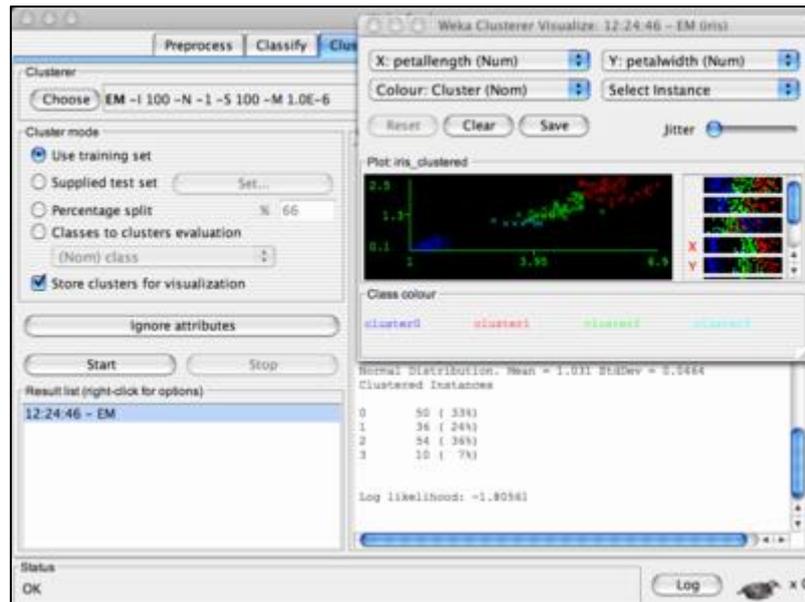


Figura 11. Panel de Clúster de WEKA

Fuente: (Weka Knowledge Explorer, s.f.)

2.10.3.2 Orange.

Es un software usado para minería de datos y aprendizaje automático, trabaja con operadores de clasificación, regresión y clústering.

Su interfaz presenta la característica de realizar programaciones visuales atractivas de modo que se alcanza la visualización de forma rápida y fácil agilizando la toma de decisiones de los usuarios (IONOS, 2018).

En la Figura 12 se muestra un ejemplo del modelado de datos mediante programación visual en Orange, estos modelos permiten las estructuras de datos de la base simplificando procesos para mostrar información de forma sencilla.

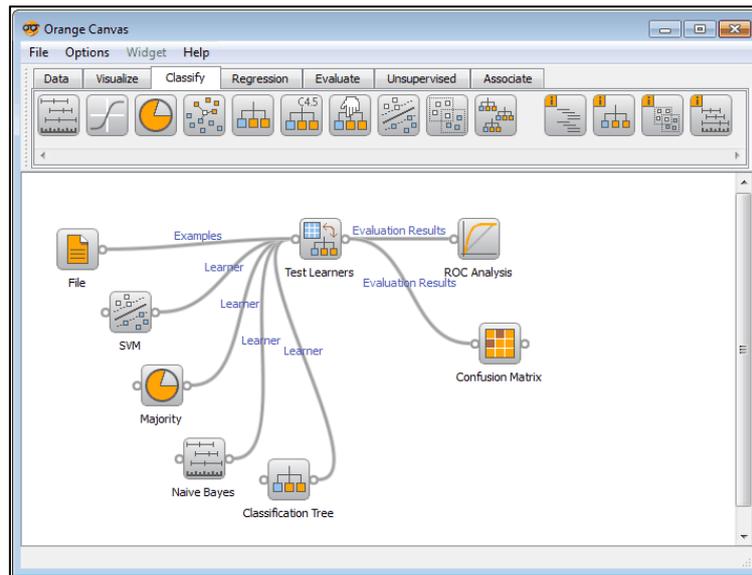


Figura 12. Modelado y filtrado de datos mediante programación visual

Fuente: (*Orange (Data Analysis and Modeling)*, 2015)

2.10.3.3 *RapidMiner*.

Es un software usado para la minería de datos y aprendizaje automático que participa en todos los pasos de minería de datos y en la visualización de resultados; además RapidMiner prepara los datos antes del análisis y optimiza su procesamiento, también combina esquemas de aprendizaje y evaluadores de atributos de entornos como WEKA.

En la Figura 13 se muestra el modelado de datos en RapidMiner con los operadores: superior, inferior, ejecutar secuencia de comandos, para que finalmente dos operadores de testeo prueben que tan bien ha sido hecho el modelo.

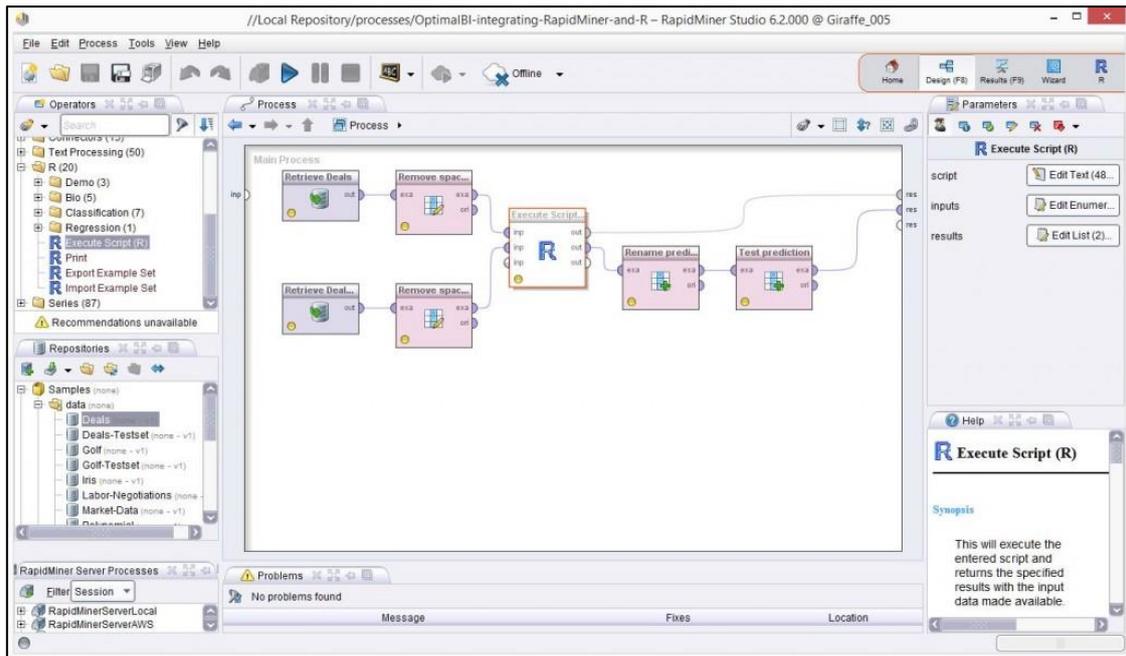


Figura 13. Modelado de datos en RapidMiner.

Fuente: (McGirr, 2015)

2.10.3.4 KNIME.

Es un software de código abierto basado en Java que integra datos para su procesamiento, análisis y exploración; crea de forma visual flujos de datos además de ejecutar todos los pasos de análisis, y luego estudia los modelos de respuesta, permite integrar plugins con características adicionales como módulos de texto, procesamiento de series de texto e integración de varias plataformas de código abierto como WEKA (El rincón de JMACOE, 2018).

En la Figura 14 se muestra un proyecto realizado en KNIME en la pestaña molsoft que contiene los nodos disponibles, la interfaz gráfica es amigable para el usuario, por ende, fácil de usar.

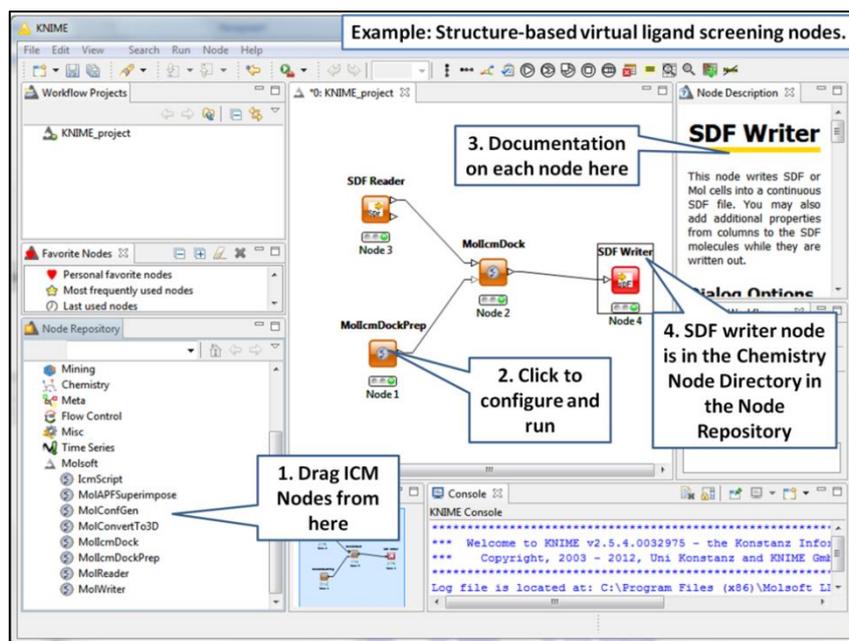


Figura 14. Nodos en KNIME

Fuente: (Molsoft, s.f.)

2.10.3.5 RStudio.

Es un entorno para el lenguaje de programación R usado para el análisis gratuito de datos de forma gratuita y de código abierto orientado al desarrollo de aplicaciones en la industria, educación y ciencia para la minería de datos. En la Figura 15 se muestra la interfaz gráfica de RStudio que cuenta con una consola y editor de sintaxis lo que facilita la ejecución de código.

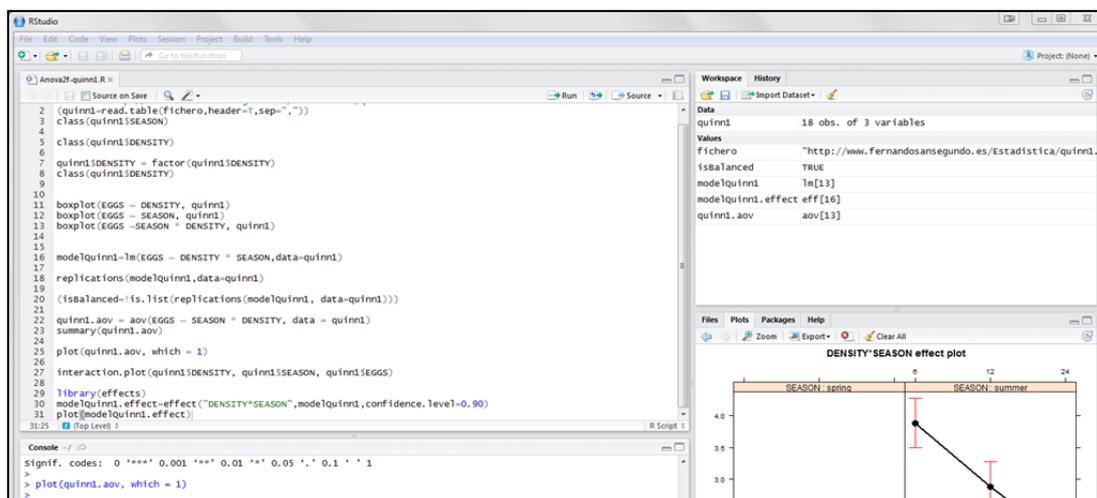


Figura 15. Interfaz gráfica de RStudio.

Fuente: (RStudio, 2013)

2.10.4 Fases en la minería de datos.

Se inicia con la selección de las fuentes de datos, en donde a partir de datos iniciales y mediante el proceso de selección, en donde, se identifica y captura datos objetivo y concernientes a la investigación planteada, a esos datos se les aplica una limpieza que consiste en descartar los que no son útiles para procesarlos adecuadamente, una vez depurados se pueden transformar y codificar poniéndolos listos para el análisis, luego con técnicas de minería y análisis de datos se obtiene modelos, que una vez interpretados y evaluados proporcionan el conocimiento inmerso en los datos. En la Tabla 4 se detalla de forma más clara cada una de las fases que la minería de datos implica.

Tabla 4. *Fases de la minería de datos*

Fase	Descripción
Selección en minería de datos	Se identifican y seleccionan las variables relevantes en los datos y se aplican las técnicas de muestreo adecuadas.
Exploración y limpieza	Se realiza un análisis exploratorio y gráfico de los datos obtenidos permitiéndose en el examen de las características y de las distribución de las variables implicadas en el análisis. En la limpieza se analiza la influencia de datos atípicos para corregir errores.
Transformación	Son transformaciones lógicas, lineales y algebraicas y no lineales para arreglar los problemas en los datos.
Análisis	Se fundamenta en el conocimiento embebido del conocimiento mediante técnicas predictivas y técnicas descriptivas.
Modelos predictivo con árboles de decisión	Se obtiene una clasificación verdadera resolviendo problemas de discriminación en una población.
Técnicas descriptivas	Permite identificar grupos de sujetos más heterogéneos posible entre sí y lo más homogéneos posibles dentro de un grupo.
Redes neuronales	Conjunto de elementos de procesamiento que aprenden con la información que se les alimenta aplicado a problemas complejos reales como: reconocimiento de imágenes, reconocimiento de voz, análisis y filtrado de señales, clasificación, entre otros.
Evaluación	Permite comparar modelos creados en nodos diferentes de esta forma evalúa un nodo mediante un análisis comparativo.

Fuente: (Márquez, Minería de datos a través de ejemplos, 2015)

2.10.5 Ruido en la minería de datos.

En minería de datos, el ruido se convierte en un problema que afecta la recolección de datos y procesos de preparación de los mismos afectando características intrínsecas de un problema de clasificación, alteraciones que estropean los modelos de estudio aprendidos obtenidos de datos limpios, dificultando así el rendimiento de sistemas con respecto a la exactitud, el tiempo de construcción y el tamaño del clasificador (SCI2S, 2016). Según (SCI2S, 2016), el ruido en minería de datos puede provocar la inexactitud de un modelo a partir de datos reales, por consiguiente, se establecen dos técnicas que reducen los efectos producidos por el ruido:

- Adaptación de algoritmos para manejar con exactitud el ruido.
- Pre - proceso de los conjuntos de datos con el objetivo de eliminar o corregir los elementos ruidosos.

Dichas técnicas, aunque resulten muy útiles también presentan dificultades ya que dependen de algoritmos de clasificación, y el resultado no será extensible a otros algoritmos. Por esta razón se desarrolla métodos de filtrado que superen este inconveniente detectando y eliminando ejemplos ruidosos de un conjunto de entrenamiento. En la Figura 16 se muestra los filtros de ruido más importantes.

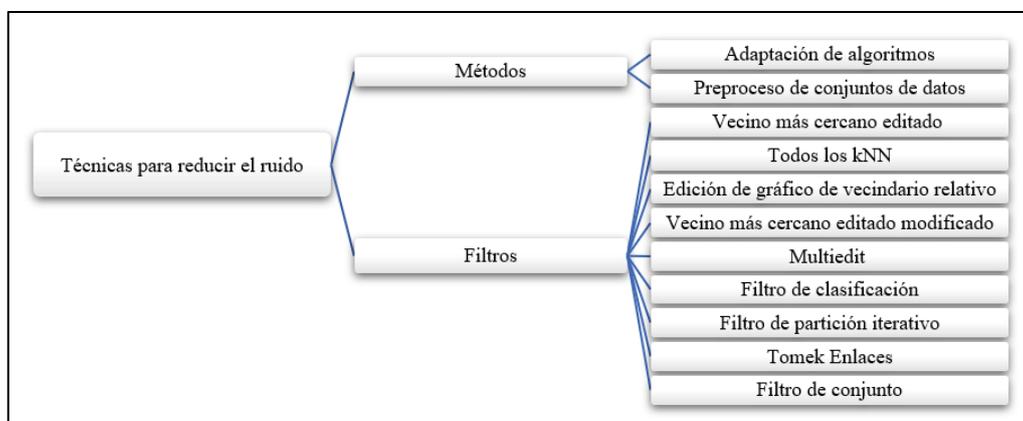


Figura 16. Técnicas para reducir efectos del ruido en minería de datos.

Fuente: Adaptado de: (SCI2S, 2016)

2.11 Comunicaciones inalámbricas

Son todas aquellas comunicaciones que se realizan entre dispositivos ya sean móviles o no o entre personas a través del uso del espectro electromagnético para el intercambio de información y el canal usado para este tipo de comunicaciones es el aire. Según revisiones bibliográficas, este tipo de comunicaciones se pueden clasificar en:

2.11.1 Redes de área personal inalámbrica (WPAN).

Son redes que permiten la comunicación entre dispositivos sin cables con la limitación que los mismos deben estar poco separados, para ejemplos prácticos, esta tecnología se limita a una habitación como se muestra en la Figura 17. Algunas tecnologías en redes WPAN son bluetooth, DECT, IrDa, NFC, Zigbee. (Blázquez, 2011).

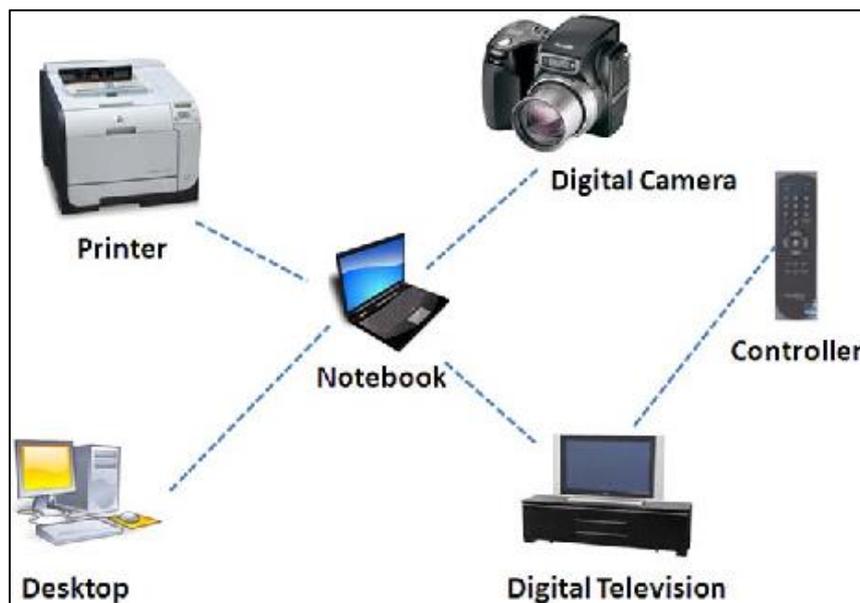


Figura 17. Red WPAN

Fuente: (Shi, 2012)

- **Bluetooth:** Está especificado en el IEEE 802.15.1 y permite la transmisión de datos y voz entre dispositivos como teléfonos móviles, asistentes digitales personales y laptops usando un enlace de radio en la banda ISM 2,4 GHz con un alcance mínimo de 10 metros y máximo de 100 metros.

- **DECT:** Digital Enhanced Cordless Telecommunications surge como un requerimiento de comunicaciones telefónicas analógicas con ventajas como: seguridad, capacidad de dispositivos en la misma zona, menor interferencia y movilidad, actualmente permite transferencias de 2Mbps.
- **IrDa:** Infrared Data Association transmite información mediante el uso del espectro de frecuencia infrarrojo para la transferencia de información, esta tecnología consume baja energía es flexible y se adapta a un sinnúmero de dispositivos electrónicos. Transmite información a través del diodo led, debido a lo cual, se requiere alineación de dispositivos.
- **NFC:** Near Field Communication: Es una extensión del estándar ISO7IEC-14443 que permite la transferencia de información entre dispositivos usando la banda de frecuencia de 13,56 MHz, la distancia de separación entre dispositivos debe es muy corta, por tal razón, es segura.
- **Zigbee:** es un estándar regulado por el IEEE 802.15.4 que habilita redes inalámbricas con capacidades de control, seguras, bajo consumo de energía y bajo procesamiento y de forma bidireccional.

2.11.2 Red de área local inalámbrica (WLAN).

Es una red que usa microondas para establecer la comunicación, cobertura limitada, bajo nivel de errores, administrada de forma privada y velocidad de transmisión alta. Con una red WLAN el usuario tiene comodidad debido a la movilidad y fácil instalación como se muestra en la Figura 18.

Mediante las WLAN, se puede acceder a todos los recursos de una red LAN sin la necesidad de cables ni conectores adhiriendo ventajas como: escalabilidad, instalación simple, movilidad y bajo costo. Las tecnologías usadas para redes WLAN son las variantes del estándar IEEE 802.11.

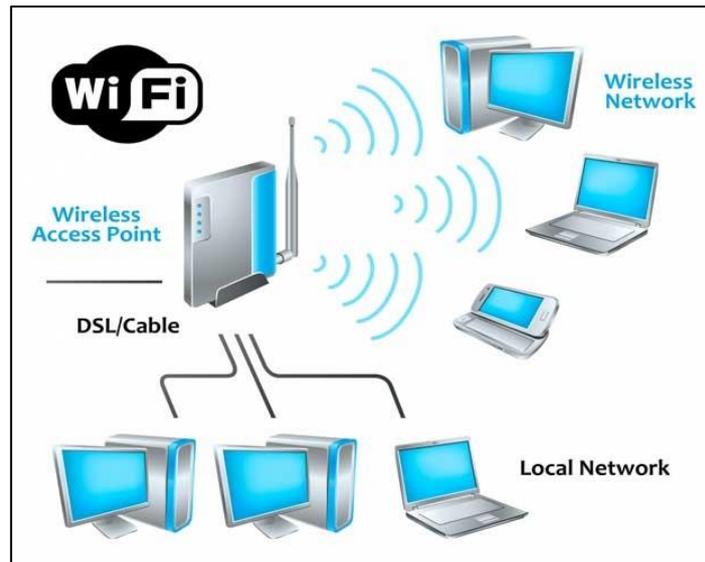


Figura 18. Red WLAN

Fuente: Fuente: (Quilapan, 2014)

2.11.3 Redes de área extendida inalámbrica (WWAN).

Permiten la comunicación inalámbrica entre redes ubicadas geográficamente distantes, distinguiéndose dos tipos importantes:

- **WWAN fijas:** se establecen mediante radioenlaces o satélites y actualmente se usan para la difusión de televisión a q implican inversiones en equipos, problemas de retardo y costo por minuto de transmisión.
- **WWAN móviles:** en este tipo de redes los terminales son móviles, estas redes cuentan con muchos usuarios conectados al mismo tiempo, de modo que, estas redes deben ser robustas y entre algunas tecnologías que permiten este tipo de comunicaciones se tiene GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA, HSDPA y WCDMS.

En la Figura 19 se muestra una red de área extendida inalámbrica conformada por un sistema de distribución donde el elemento principal son os routers, que al mismo tiempo se conectan a otra red, en este caso segmento en el internet.

Los Access point se conectan a un hub de distribución, dichos APs se encargan de interconectar inalámbricamente a los equipos terminales.

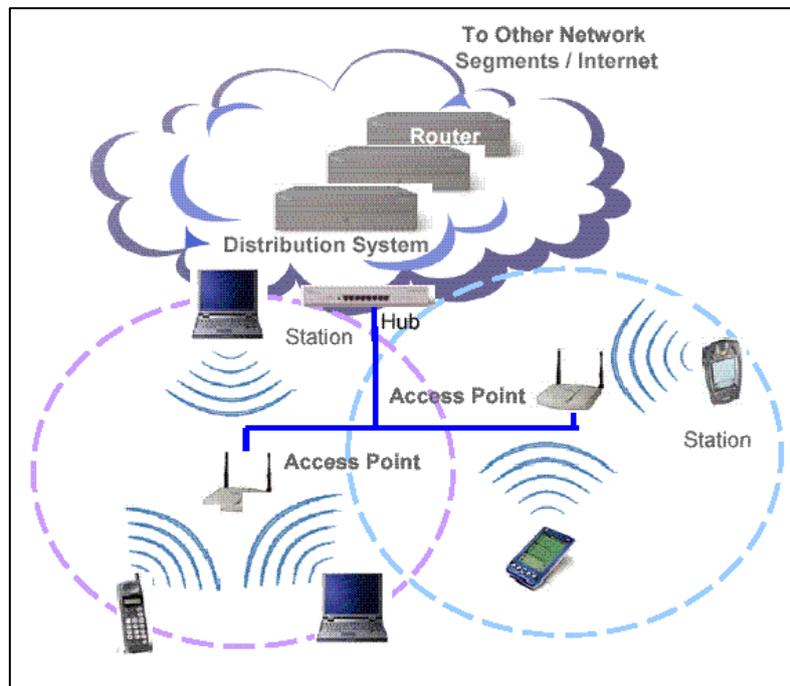


Figura 19. Red WWAN.

Fuente: (Barbosa, 2012)

2.12 Redes de sensores inalámbricos

Según (Kodali, Soratkal, & Boppana, 2016) las redes WSN son redes inalámbricas que consiste en dispositivos espaciados y distribuidos, usando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales de un entorno usando sensores pertinentes, en donde se requiere un Gateway que proporciona conectividad con una red cableada y nodos distribuidos, al requerir conexión inalámbrica para unir el resto de nodos se necesita de un protocolo el cual depende de los requerimientos del usuario y del sistema, mencionándose algunos que pueden ser usados para levantar este tipo de redes: IEEE 802.15.4, IEEE 802.11 o enlaces de radio de 900 MHz.

2.12.1 Componentes de un nodo WSN.

Un nodo WSN se compone por dispositivos técnicos que deben ser considerados para establecer un diseño acertado, entre ellos se incluye el radio, la batería, microcontrolador, circuitos analógicos e interfaces para sensores, así como se muestra en la Figura 20.

Cuando se realice el diseño de un nodo WSN se debe considerar la duración de la batería por tal razón es importante considerar el apagado del nodo durante determinados periodos planteados en el análisis (National Instruments, 2009).

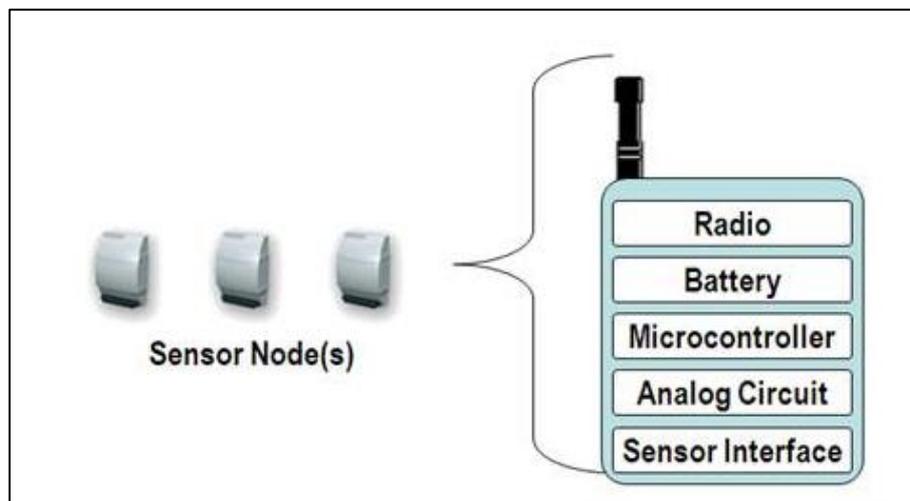


Figura 20. Componentes de un nodo WSN.

Fuente: (National Instruments, 2009)

- **Sensores:** Detecta propiedades físicas del ambiente y las transforma en señales eléctricas.
- **Transceptor (radio):** Se encarga de la comunicación inalámbrica con sus vecinos.
- **Microcontrolador:** Es un chip de bajo costo encargado de procesar datos.
- **Batería:** Se encarga del suministro de corriente para el funcionamiento del nodo.
- **Circuito analógico:** Son los componentes electrónicos necesarios para el funcionamiento del sistema.

2.12.2 Funcionamiento de una red WSN.

Los sensores detectan una variación de una magnitud física específica, es decir se encuentran adquiriendo datos, esa información es transmitida al transceptor de cada nodo el cual envía la información al microcontrolador el que procesará los datos, una vez realizado el procesamiento, el microcontrolador envía una señal de respuesta al transceptor de cada nodo y finalmente a los equipos terminales (Nayibe, Tibaduiza, Aparicio, & Caro, 2011).

En la Figura 21 se muestra una red WSN en donde se muestra sensores, transceptores y el microcontrolador, es una topología tipo árbol funcionando de la siguiente forma: los sensores recogen la información, cada transceptor la envía entre sí y finalmente llega a un microcontrolador que se encarga de procesar los datos y tomar decisiones finales.

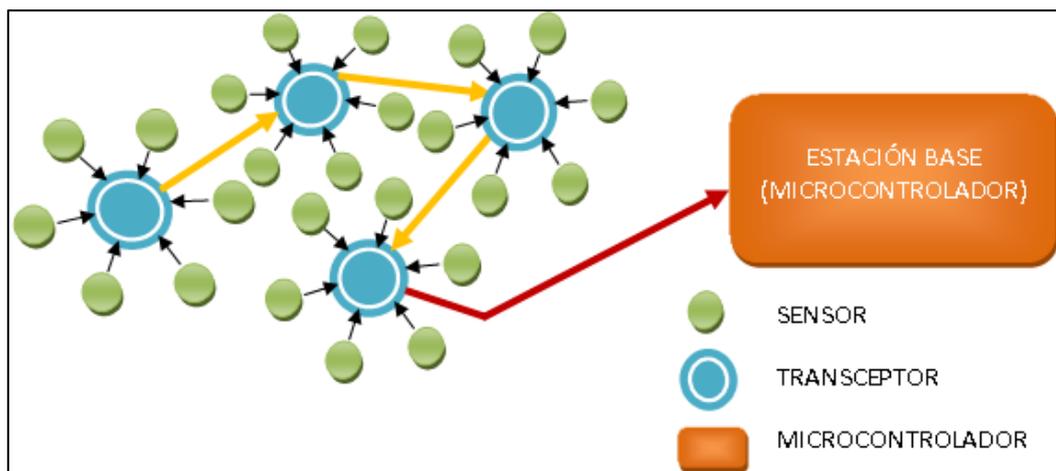


Figura 21. Funcionamiento de una red WSN.

Fuente: (Nayibe, Tibaduiza, Aparicio, & Caro, 2011)

2.12.3 Arquitectura de una red WSN.

Uno de los objetivos al momento de implementar una red es la reutilización de elementos, y las redes WSN no son la excepción, pero este tipo de redes presentan limitaciones de diseño de hardware, por eso, se debe considerar la capacidad de las interfaces para transmitir información y que garantice portabilidad.

Existen dos tipos de arquitecturas: Arquitectura centralizada en donde los nodos se comunican con el Gateway y Arquitectura distribuida en donde los nodos se comunican con otros nodos dentro de su alcance.

2.12.4 Topologías de red WSN.

Los nodos WSN se organizan básicamente en tres tipos de topología de red: estrella, árbol y tipo malla, los cuales se muestran en la Figura 22; el dispositivo representado por el círculo de color negro se denomina Gateway y el resto son los nodos que transmiten información dependiendo de la topología en la que se encuentren configurados.

- **Estrella:** todos los nodos se conectan al Gateway.
- **Árbol:** cada nodo se conecta a un nodo de jerarquía mayor dentro del árbol y luego se conecta al Gateway y los datos se rutean desde el nodo de menor jerarquía al Gateway.
- **Malla:** cada nodo puede conectarse a varios nodos dentro de un sistema y transmitir datos por el camino más confiable.

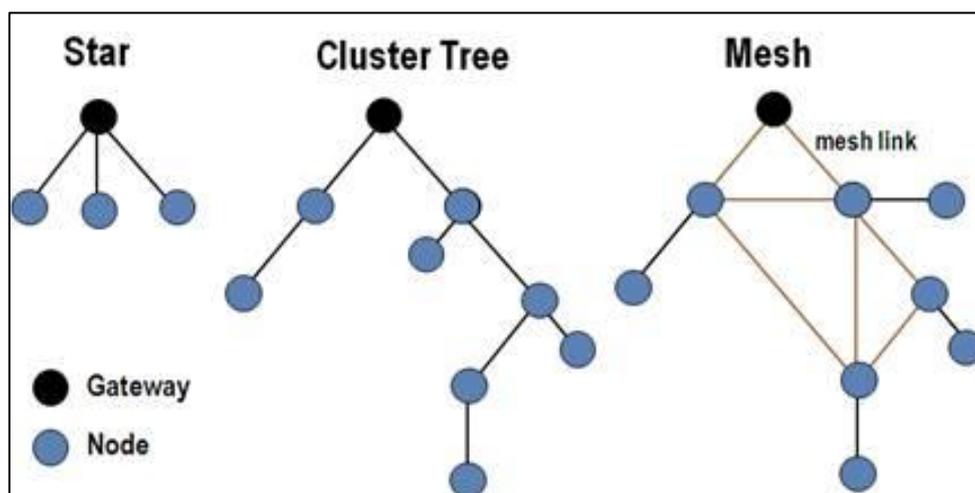


Figura 22. Topologías de red WSN.

Fuente: (National Instruments, 2009)

2.13 Hardware libre

El hardware libre es todo hardware en donde su diseño está disponible al público para cualquier persona pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar tanto el original, así como las derivaciones basadas en su diseño (Lazalde, Torres, & Vila-Viñas, 2015), por lo tanto, se puede acceder a los planos respectivos con el fin de participar en la evolución de la tecnología. Con hardware libre, se tiene libertad de uso, estudio y modificación, distribución y redistribución de mejoras.

Si un dispositivo electrónico tangible está al alcance de una persona y esta puede acceder al diseño y a su uso fuera de restricción de una licencia, ese hardware es de código abierto, así se puede mencionar algunos elementos como sensores, sistemas embebidos, módulos para alimentación que se pueden usar para diseñar sistemas electrónicos útiles.

2.13.1 Sistemas embebidos.

Es un sistema electrónico cuya función es desempeñar funciones concretas, cuenta con un microcontrolador o microprocesador y cuenta con periféricos para la conexión de otros dispositivos (Vizcaíno & Sebastia, 2014). Un sistema embebido consta de hardware que consiste en la electrónica necesaria de operación, un sistema programable que puede ser un microcontrolador o microprocesador, para la comunicación se requiere puertos serie, buses SPI, USB y wifi.

2.13.2 Plataformas de código abierto.

Cuando se habla de plataformas de código abierto, se hace referencia a desarrollos que trabajan para desarrollar nuevas ideas dentro de una comunidad para aportar a las bases del conocimiento; actualmente se cuenta con algunas plataformas que permiten implementar proyectos a nivel básico como nivel avanzado, las plataformas más conocidas en el mercado para el desarrollo de dispositivos electrónicos son: Raspberry PI, Arduino, NodeMCU.

2.13.2.1 Raspberry Pi.

Es una placa de tamaño reducido, usa SoC de Broadcom, cuenta con memoria RAM, puertos de entrada de audio y video, conectividad de red, ranura SD para almacenamiento, reloj, conexiones para periféricos. Necesita de un sistema operativo el cual es instalado en la tarjeta SD, generalmente se usa Raspbian como sistema operativo más comúnmente usado.

Raspberry tiene una amplia gama de aplicaciones ya que en si es un computador del tamaño de una tarjeta de crédito que alcanza en la palma de la mano, motivo por el cual, puede ser usado para computadores de computación de oficina, internet de las cosas y programación (Raspberry, 2018).

En la Figura 23 se muestran las partes de un módulo Raspberry Pi 3 que cuenta con los siguientes componentes: conexión display, el pin para la alimentación, una interfaz para conexiones HDMI, conexión hacia una cámara, la salida de sonido, un puerto ethernet, 4 puertos para conexiones USB, terminales configurables para entrada y salida y un procesador de 900 MHz Quad Core.

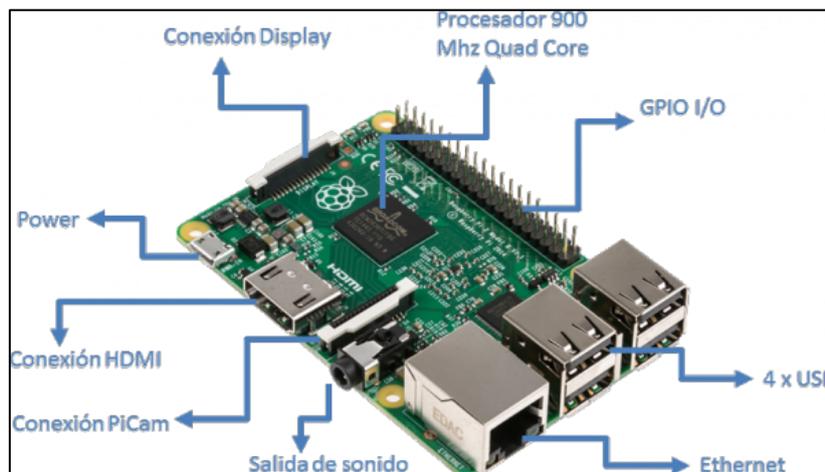


Figura 23. Partes de una placa Raspberry PI 3.

(MarkerMex, s.f.)

2.13.2.2 Arduino.

Es una plataforma Open Source que cuenta con software y hardware usado para el diseño de prototipos electrónicos, básicamente consiste en un microcontrolador que con un conjunto de periféricos y dispositivos electrónicos puede programarse para realizar funciones específicas. La programación de la placa Arduino se la realiza mediante comunicación serial a través del cable USB y usando el IDE de programación propia de Arduino, cuenta con pines analógicos y digitales los cuales pueden configurarse como entradas o salidas.

Actualmente Arduino es muy popular entre personas que inician con la programación y el desarrollo de dispositivos electrónicos, no se requiere licencia para su uso, distribución y venta debido a que Arduino es una marca registrada (Arduino, 2018).

En la Figura 24 se muestran los diferentes tipos de Arduino que usan el microcontrolador ATMEL, tal es el caso del Arduino Mega, Arduino UNO, Arduino Esplora, Arduino YUN, Arduino Lilypad, Arduino nano vistos desde izquierda a derecha.

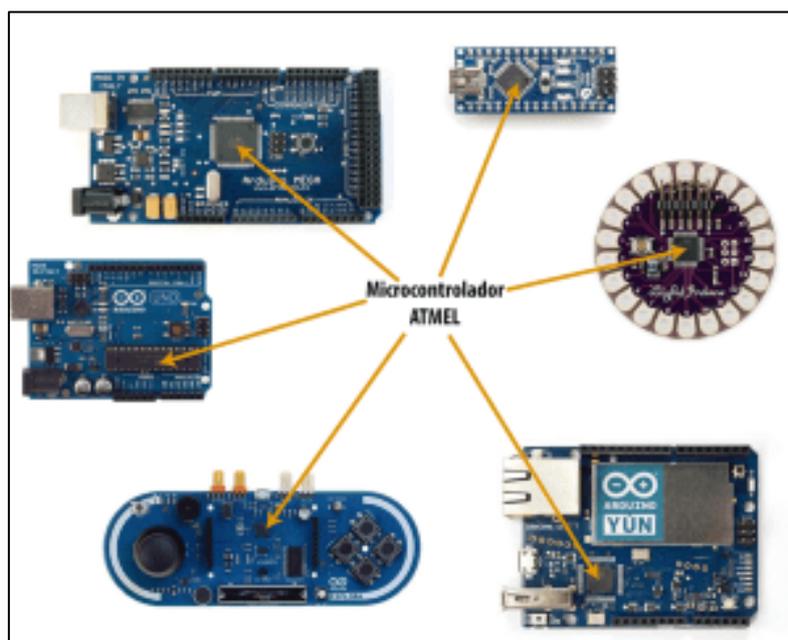


Figura 24. Modelos de Arduino.

(Mecafenix, 2017)

2.13.2.3 NodeMCU.

Es una placa de desarrollo con el microcontrolador ESP 8266 que permite programarlo desde el IDE de Arduino, pero se puede cargar cualquier tipo de firmware ya sea con lenguaje LUA o MicroPython. El módulo ESP 8266 integra una antena PCB, un led indicador y una memoria flash de 16 Mbit, se alimenta con 3.3 v y mediante reguladores de tensión que la placa cuenta se puede alimentar hasta con 5 v, cuenta con 11 pines de entrada/salida y un pin ara entrada analógica. Son el primer paso hacia el internet de las cosas ya que permiten enviar y recibir datos e incluso controlar los pines de entrada y salida de forma remota e inalámbrica.

En la Figura 25 se muestra la distribución de pines de un NODEMCU V2, notándose que varios pines son reservados y tienen nomenclatura distinta a los de Arduino, pero como es sabido se puede programar usando la GUI de Arduino por lo que para la programación se debe especificar la equivalencia entre pines de las dos plataformas.

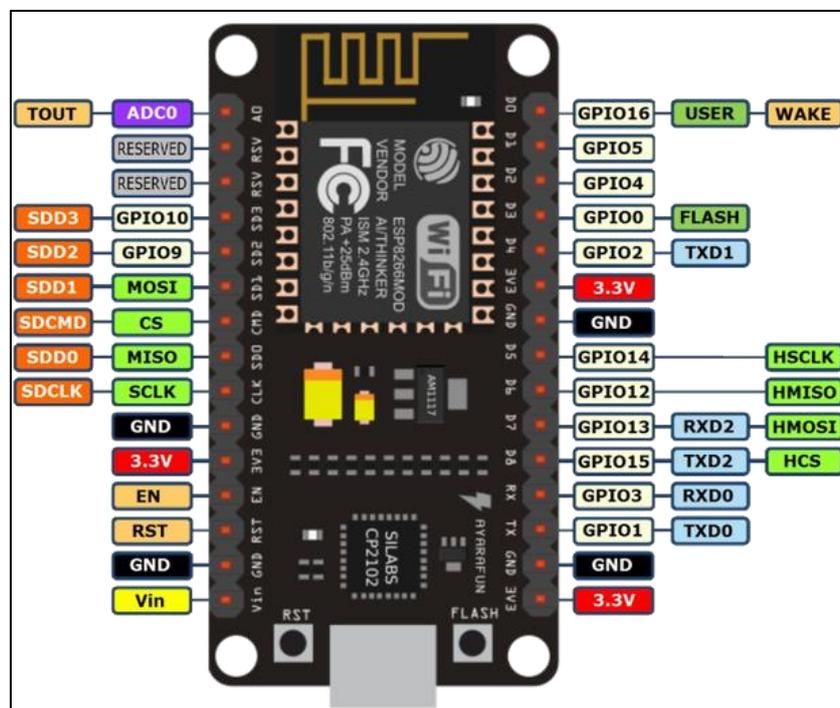


Figura 25. NodeMCU PinOut.

Fuente: (Singh, 2016)

2.14 Modelo en V

Describe el ciclo de vida durante el desarrollo de un sistema, consiste en los caminos que hay que tomar en correspondencia con las entregas de sistemas de validación y permite realizar la elección más conveniente en base a un análisis entre las posibles soluciones, además de dar un seguimiento a las fases del proyecto tomando en cuenta requerimientos de usuario, requerimientos funcionales, técnicos y un test de pruebas para evaluar las fases anteriores.

La parte izquierda de la V siguen representa los requerimientos del sistema y la parte derecha de la V representa el flujo de verificación del sistema, la unión de la V representa el flujo de desarrollo (UDT-IA, 2008).

En todas sus fases coexiste una fase de validación y verificación, debido a lo cual, debe existir un resultado verificable en cada etapa. En la Figura 26 se muestra el modelo en V y la relación entre sus fases y no se debe avanzar hasta verificar la etapa anterior, esto permite mejor organización y la obtención de los objetivos planteados al inicio de un proyecto referente a dispositivos electrónicos.

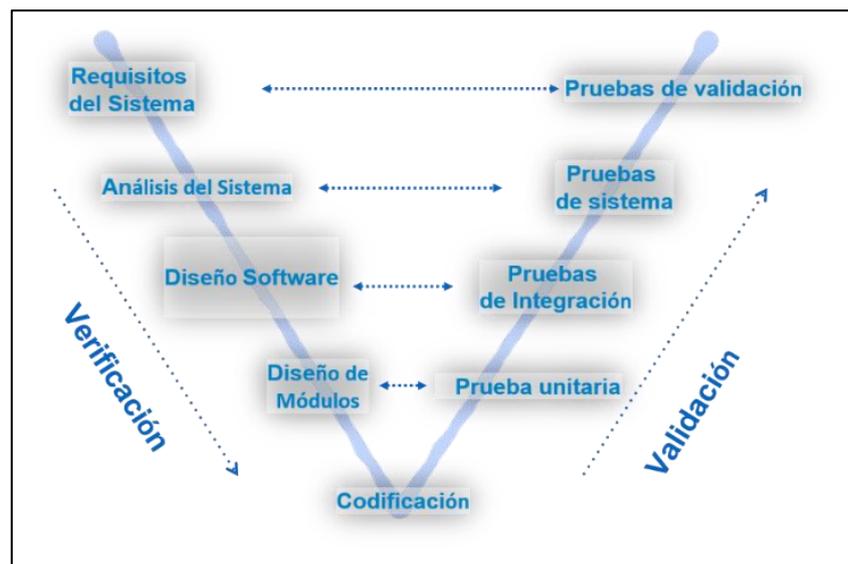


Figura 26. Modelo en V.

Fuente: (tutorialspoint, s.f.)

Capítulo III. Desarrollo experimental

3.1 Introducción

El presente capítulo describe la metodología usada para el diseño y el desarrollo experimental de la investigación, en donde consta un breve análisis de Stakeholders, y un pequeño estudio de Benchmark para la selección del hardware necesario para la realización del prototipo; para la verificación del cumplimiento de cada fase del procedimiento se aplica la metodología del modelo en V, obteniéndose así un correcto diseño del sistema.

3.2 Metodología

La elección de una metodología adecuada para el desarrollo de un proyecto depende de los requerimientos y propósitos del mismo, de igual forma, de la experticia del desarrollador en investigaciones previas; debido a que se necesita seguir procedimientos, se selecciona el modelo en V, puesto que, dicha metodología incluye fases de verificación en cada etapa de diseño, con esto se consigue tener un dispositivo que cumpla con los requerimientos planteados inicialmente, así como también dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el presente trabajo de titulación cubriéndose ámbitos tecnológicos y sociales.

La primera etapa del modelo en V es el análisis, seguido de los requerimientos de manera general para luego realizar un diseño, finalmente se concluye con la implementación completándose así el lado izquierdo de la V.

El lado derecho se completa realizando las pruebas pertinentes, de este modo se verifica el correcto funcionamiento, se da mantenimiento corrigiendo errores y se valida el producto final, así como se muestra en la Figura 27.

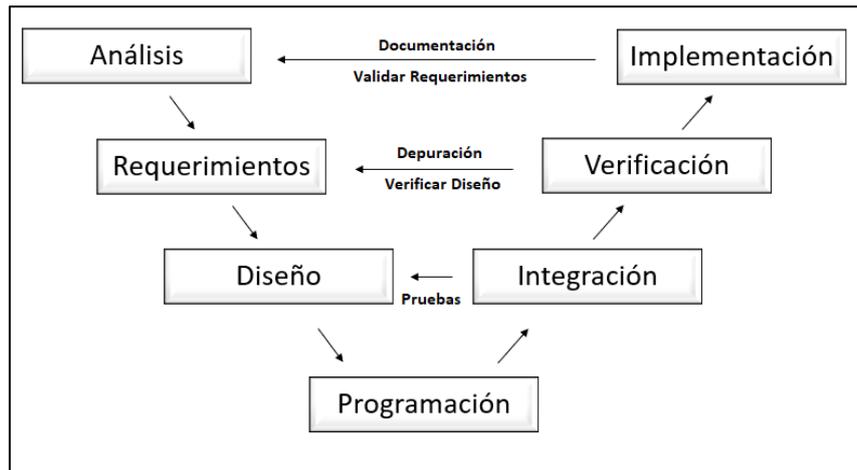


Figura 27. Modelo en V

Fuente: Autoría

3.3 Análisis

En el desarrollo de todo tipo de proyectos tecnológicos aparecen muchas interrogantes las cuales dan directrices para el diseño de éste, ya que se debe cumplir con lineamientos en base a un análisis del entorno. Este procedimiento permite determinar quiénes son los involucrados en la problemática planteada en el apartado 1.3 tanto directos como indirectos dando paso a la siguiente etapa que es el planteamiento de requerimientos de usuario complementándose con los del requerimientos de software y hardware del sistema.

3.3.1 Situación actual.

La rosa ecuatoriana tiene reconocimiento internacional ya que es considerada una de las mejores del mundo debido a su calidad y belleza única que consiste en tallos gruesos de 50 a 70 cm, botones grandes y de colores vivos, follaje verde y brillante, resaltando también su larga duración después del corte (infoAgro, 2016).

En Ecuador existe 4000 hectáreas de terreno en donde se cultiva rosas principalmente distribuidas en la región norte es decir en Otavalo, Cayambe y Tabacundo (Koppert, 2018).

La producción de rosas en Tabacundo se clasifica en dos grupos: grandes y pequeños productores; los productores grandes son empresas que dedican cierto grado de tecnología al cultivo de rosas, son principalmente las empresas: ROSAPRIMA CIA. LTDA., MERINOROSSES CIA. LTDA., FLORICULTURA JOSAFLORES, ROYAL FLOWERS entre otras (MAGAP, 2014); dichas empresas cuentan con tecnología para el monitoreo del cultivo de rosas y las extensiones del terreno son grandes, mientras que pequeños agricultores cuentan con superficies relativamente pequeñas de aproximadamente 4000 metros cuadrados y en este tipo de ambientes no se cuenta con tecnología para el control y monitoreo del cultivo según menciona Don Juan Cacuango quien es un agricultor dedicado al cultivo de rosas en Cananvalle sector tres en Tabacundo.

Grandes productores en Tabacundo cuentan con sistemas de riego programado por computador y el monitoreo de variables ambientales dentro de las plantaciones se realiza mediante sensores distribuidos en la zona del cultivo, como ente regulador está un ingeniero agrónomo en este caso el jefe de producción quien en base a sus conocimientos toma las decisiones adecuadas con respecto a procesos requeridos por el rosal que son: apertura de cortinas y cierre de las mismas en base a temperaturas máxima o mínima según sea el caso, encendido de ventiladores para bajar la temperatura y obviamente el riego.

Los pequeños productores de rosas cultivan el producto en base a los conocimientos de agricultura que han sido transmitidos desde sus antepasados, estos procesos únicamente se basan en la observación directa hacia los rosales para determinar la humedad del suelo, y la apreciación del calor del sol para abrir o no las cortinas del invernadero.

Los agricultores consultan frecuentemente a ingenieros agrónomos para la fumigación de las rosas y el control de enfermedades que sufre la misma, por ende, se puede decir que existe una carencia de información precisa para el cultivo óptimo de las plantas, a eso se le suma la falta de tecnología para monitorizar procesos dentro de un ambiente.

3.3.2 Técnicas de investigación.

Debido a que los invernaderos de rosas se encuentran ubicados en Tabacundo, se usa la investigación de campo como medio para la obtención de información, esto implica que la observación directa es un factor clave, motivo por el cual, se visita distintos invernaderos destinados para el cultivo de rosas en dicho sector.

Luego se establece criterios para el armado de un ambiente controlado destinado al cultivo del producto en cuestión, de tal modo, se realiza el estudio pertinente y sus respectivas pruebas. Para ello se usa técnicas de investigación destacándose a la entrevista y la encuesta como herramientas útiles.

3.3.2.1 Observación directa en invernaderos en Tabacundo (Cananvalle sector tres).

La observación directa permite determinar de una manera precisa qué es lo que ocurre en el lugar de investigación, para así establecer el entorno en donde se desarrollan las rosas con el fin de especificar los materiales necesarios para armar un ambiente controlado con el objeto de realizar el estudio, así como la forma del riego usado y la distancia de separación entre plantas rosa y su distribución en surcos tal como se muestra en la Figura 28.

También permite establecer la variables del ambiente con el propósito de determinar indicadores importantes en el desarrollo del dispositivo electrónico.



Figura 28. Cultivos de rosas en Tabacundo

Fuente: Autoría

Es así que, en base a la técnica de investigación de campo, se visitó algunos invernaderos en Cananvalle sector tres en Tabacundo y se preguntó a expertos en el área quienes trabajan en el sector, en donde a primera instancia se muestran muchas plantaciones de rosas las cuales se encuentran cubiertas por plástico lo que se denomina invernadero; los invernaderos visitados son semi climatizados y se realiza el control de temperatura mediante la apertura y cierre de las denominadas cortinas, además el riego para las plantas se lo realiza a través de mangueras las cuales deben humedecer el suelo, mas no tocar las hojas ni las flores así como se aprecia en la Figura 28.

No se evidencia ningún dispositivo electrónico para el monitoreo de variables ni para la toma de decisiones referente al riego y demás procesos determinantes en el desarrollo de la planta de rosa en los invernaderos visitados, por lo cual, el presente proyecto plantea un sistema que se denomina ROSEND en base a los requerimientos del cultivo y la situación actual.

ROSEND es la unión de dos palabras en inglés: ROSE que significa rosa y SEND que significa enviar, por tal motivo se propone ROSEND, un sistema de envío de información en base a los datos que recolecta. En la Figura 29 se muestra el logotipo diseñado que representa al sistema.



Figura 29. Logotipo del sistema ROSEND.

Fuente: Autoría

3.3.2.2 Encuesta.

Continuando con el proceso, se realiza una encuesta con el fin de determinar los requerimientos de usuario, esta técnica permite recopilar información mediante cuestionarios elaborados previamente y así obtener información específica. Las preguntas son de selección múltiple y son de referencia al cultivo de rosas y están elaboradas para que los agricultores las puedan responder con facilidad.

De la visita de campo realizada por el autor en el sector, se pudo evidenciar aproximadamente 38 invernaderos distribuidos en la zona y es necesario realizar el cálculo muestral mediante la siguiente fórmula (ver ecuación 1):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Ecuación 1. Cálculo del número de encuestas

Fuente: (Barojas, 2005)

En donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

Z = Nivel de confianza. Es un valor constante y generalmente se presentan dos valores dependiendo del grado de confianza de la investigación en donde el 99% es el valor más alto y equivale a 2,58 y 95% equivalente a 1,96 siendo el valor mínimo aceptable. El investigador debe tomar el valor según su criterio.

σ = Desviación estándar de la población. Cuando se desconoce su valor, se usa el valor 0,5.

e = Límite aceptable de error muestral. Va desde el 1% al 9% siendo el 5% un valor aceptable usado en investigaciones.

El valor 1,96 representa un valor de Z aceptable para la investigación, motivo por el cual, se selecciona dicho parámetro, de la tabla de distribución normal que se muestra en el Anexo 1, y se toma los valores que se muestran a continuación:

$$N = 38, Z = 1,96, \sigma = 0,5, e = 0,08.$$

$$n = \frac{(38) \cdot (1,96)^2 \cdot (0,5)^2}{(38 - 1) \cdot (0,08)^2 + (1,96)^2 \cdot (0,5)^2} = 30,48 \text{ encuestas}$$

Realizándose los cálculos pertinentes basados en la Ecuación 1 se obtiene que el número de agricultores dedicados al cultivo de rosas que serán reemplazados en la solución a la Ecuación 1 para ser encuestados es de 31.

- **Resultados de la encuesta.**

De la encuesta realizada al número de muestra calculada en Tabacundo (Cananvalle Sector Tres) se obtuvo resultados los cuales se presentan en el Anexo 2; en base al análisis de éstos, se obtienen características que el sistema debe cumplir según lo requieren los usuarios así como se describe en los párrafos siguientes.

El sistema ROSEND debe ser un dispositivo de bajo costo que se encuentre al alcance de pequeños productores de rosas, lo que resulta ser beneficioso al contar con tecnología en los cultivos dando paso a la agricultura inteligente mediante el uso de sistemas electrónicos diseñados en Ecuador para el control y monitoreo de plantaciones de rosas para exportación.

El sistema ROSEND debe ser fácil de utilizar e instalar, adaptable a cambios de ubicación dentro del cultivo la cual es manual por parte del usuario; Las respuestas del dispositivo deben ser entendibles, precisas y confiables.

El sistema ROSEND no debe interferir en el cultivo, debe ser imperceptible para que los usuarios puedan desarrollar sus actividades normales sin ningún tipo de interrupción, motivo por el cual, debe ser portable, manual y liviano con alimentación por batería.

El sistema ROSEND debe funcionar en el transcurso del día para el control de variables ambientales, debido a que el clima es variante y se puede presentar algún cambio drástico a cualquier hora, por ello, la batería debe ser durable y contar con un sistema de retroalimentación.

La alerta del sistema ROSEND debe ser clara, entendible y visible en un dispositivo móvil para su interpretación por parte del agricultor y de acuerdo con el caso la toma de decisiones respectiva y aplicación de las medidas correctivas correspondientes para el cultivo de rosas.

3.4 Propósito y ámbito del sistema

Se propone desarrollar un sistema electrónico que permita determinar estados característicos del entorno en invernaderos donde se cultiva rosas; para ello, se elabora un ambiente controlado a escala de laboratorio de dicho cultivo en donde se cuenta con 4 diferentes tratamientos para realizar el estudio de los parámetros ambientales que influyen en el desarrollo de la rosa como son: humedad del suelo, humedad relativa, luminosidad, temperatura y CO₂, encontrándose así la aplicación de las medidas correctivas pertinentes por parte del encargado de la plantación.

El sistema permite medir las variables ambientales influyentes en el desarrollo de las rosas para luego identificar un patrón entre dichos valores y que se realice el procesamiento de la información y llegar a una conclusión adecuada para la toma de decisiones dentro de un cultivo.

El dispositivo ayuda en la toma de decisiones del agricultor para el mejoramiento de procesos dentro del ambiente en donde crecen las rosas; el sistema ROSEND no realiza la medida correctiva de forma automática, sino que, informa al encargado del cultivo sobre el estado del ambiente y plantea una sugerencia de lo que se debería hacer en el cultivo bajo las condiciones ambientales medidas; el sistema realiza una sugerencia en base al procesamiento de datos realizado en el sistema embebido mediante un algoritmo de clasificación.

3.5 Descripción general del sistema

El sistema electrónico consta de un sensor de humedad del suelo, un sensor de humedad relativa, un sensor de temperatura, un sensor de luminosidad y un sensor de CO₂, los cuales están encargados de recolectar datos y el sensado del ambiente, estos sensores se conectan al sistema embebido el cual a través de un módulo inalámbrico.

El nodo se conecta a una red WIFI específica, dado el caso que el sistema no pueda conectarse a una red en donde el internet no esté disponible, el dispositivo no inicia e intenta después de un tiempo volverse a conectar a la red.

Los datos obtenidos se almacenan en una base de datos a los cuales se les aplica técnicas de minería de datos encontrando así el patrón entre dichas variables; una vez realizado este proceso el dispositivo toma decisiones en base a los datos encontrados y así envía a una aplicación móvil una respuesta clara y específica al agricultor encargado del cultivo y posterior a eso la toma de decisiones respectiva.

3.6 Determinación de los Stakeholders

Los Stakeholders son los involucrados ya sea directa o indirectamente que se encuentran presentes en el desarrollo del dispositivo electrónico, es decir, aquellas personas a las que les interesa el desarrollo de este, dichos entes dan características necesarias que el prototipo debe cumplir siendo así una solución óptima sustentando el trabajo investigativo.

Lo que se pretende es establecer los requerimientos necesarios de los usuarios para diseñar un sistema electrónico que permita brindar un servicio, facilitando así el desarrollo de procesos en el cultivo de rosas, también la toma de decisiones en este caso. En la Tabla 5 se describe los Stakeholders involucrados en la presente investigación.

Tabla 5. *Lista de involucrados directos e indirectos*

Número de orden	Descripción
1	Agricultores dedicados al cultivo de rosas en Tabacundo
2	Empresas dedicadas al cultivo de rosas en Tabacundo
3	Compradores internacionales de rosas
4	Ingeniero agrónomo experto en cultivo de rosas (Ing. Edwin Granja)
5	Director del proyecto (MSc. Paúl Rosero)
6	Asesor 1 (MSc. Mauricio Domínguez)
7	Asesor 2 (MSc. Edgar Maya)
8	Autor de la investigación (Sr. Wilmer Champutiz)

Fuente: Autoría

3.7 Requerimientos de diseño

Se detalla los requerimientos tanto de Stakeholders, requerimientos del sistema y requerimientos de arquitectura, para que el dispositivo final cumpla una función en específico con el fin de satisfacer las necesidades del usuario tomándose el análisis de los resultados arrojados por la encuesta realizada, el alcance del sistema y la situación actual, así se cuenta con un dispositivo final que beneficie a los agricultores dedicados al cultivo de rosas en Tabacundo, Cananvalle sector Tres.

3.7.1 Nomenclatura de requerimientos.

Se cuenta con algunos requerimientos, por lo que, para una mejor comprensión, manejo y síntesis en los datos se los representa con abreviaturas tal como se muestra en la Tabla 6 mostrando principalmente los requerimientos de Stakeholders, requerimientos funcionales del sistema y los requerimientos de arquitectura.

Tabla 6. *Abreviaturas de requerimientos*

Descripción	Abreviatura
Requerimientos de Stakeholders	StSR
Requerimientos Funcional del sistema	SySR
Requerimientos de Arquitectura	SRSR

Fuente: Autoría

3.7.2 Requerimientos de Stakeholders.

Los requerimientos de Stakeholders se traducen en requisitos que el sistema debe cumplir, se plantea un diseño que satisfaga dichas necesidades las cuales se detallan en la Tabla 7, dichos involucrados son los encargados de evaluar el dispositivo después de su implementación dando validez al proyecto.

Tabla 7. *Requerimientos de Stakeholders*

StSR				
Requerimientos de Stakeholders				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos operacionales				
StSR 1	El sistema debe implementarse en un cultivo de rosas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 2	El sistema debe tener bajo consumo de energía	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 3	Adquisición de datos para determinar un patrón entre variables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 4	Tiempo de espera para la conexión inalámbrica igual a un minuto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de usuario				
StSR 5	Sistema portable y liviano	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 6	Facilidad de uso para el usuario	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 7	Presentación de resultados claros y precisos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
StSR 8	Dispositivo tolerante a agentes externos como agua, calor y humedad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autoría

3.7.3 Requerimientos funcionales del sistema.

Se refiere a un listado de requerimientos con respecto a las funciones específicas que realiza el sistema, así como su comportamiento, forma de uso entre otros, por tal motivo en la Tabla 8 se detalla un listado de requerimientos funcionales del sistema que permite diseñar el sistema ROSEND.

Tabla 8. *Requerimientos funcionales del sistema*

SySR				
Requerimientos Funcionales del sistema				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos de uso				
SySR 1	Movilidad de los nodos de forma manual por parte del usuario	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SySR 2	Interruptor incorporado para encendido y apagado del dispositivo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SySR 3	Alimentación por batería de litio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SySR 4	Fuente externa para carga de batería	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SySR 5	Gestor de alimentación con panel solar para cargar de batería	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de performance				
SySR 6	Conexión a una red inalámbrica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SySR 7	Envío de estados característicos del ambiente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de interfaces				
SySR 8	Pines de entrada y salida del sistema embebido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SySR 9	Los sensores de humedad, temperatura, humedad relativa, luminosidad, CO2 se conectan al sistema embebido.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de Modos/Estados				
SySR 10	Estado de funcionamiento y carga de batería independiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SySR 11	Modo de ahorro de energía en periodos de latencia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos físicos				
SySR 12	Dispositivo de tamaño reducido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SySR 13	Resistente al calor, agua y humedad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autoría

3.7.4 Requerimientos de arquitectura.

Se refiere a los componentes que conforman el sistema tanto en software como hardware y subsistema eléctrico, el análisis de estos requerimientos permite seleccionar el hardware necesario. En la Tabla 9 se listan dichos requerimientos.

Tabla 9. *Requerimientos de arquitectura*

SRSH				
Requerimientos de Funciones				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos lógicos				
SRSH 1	Entradas y salidas analógicas y digitales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 2	Comunicación entre los nodos y el Gateway	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 3	Calibración de los sensores al ambiente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de diseño				
SRSH 4	Sensores ubicados en una placa de baquelita	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 5	Circuito protegido con una cubierta resistente al agua, calor y humedad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 6	La transmisión de información se realiza mediante comunicación inalámbrica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 7	Sistema imperceptible en el ambiente sin alterar procesos dentro del cultivo de rosas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 8	Sistema de bajo costo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 9	Hardware y software de distribución libre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de software				
SRSH 10	Lenguaje de programación de código abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 11	Compatibilidad entre el sistema embebido y las librerías de los sensores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 12	Aplicación móvil de fácil manejo para el usuario y visualización adecuada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos de hardware				
SRSH 13	Entradas y salidas analógicas y digitales suficientes para la conexión de sensores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 14	Lectura de datos de diferentes sensores al mismo tiempo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 15	Procesamiento del sistema embebido adecuado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SRSH 16	Módulo para conexión inalámbrica integrado en la placa de desarrollo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requerimientos eléctricos				

SRSH 17	Batería de litio para la alimentación del sistema			
SRSH 18	Fuente de alimentación externa para recargar la batería de litio.			
SRSH 19	Gestor de carga para batería de litio mediante panel solar.			

Fuente: Autoría

3.8 Alcance de la investigación

El reconocimiento de patrones de datos de WSN es una investigación que se encuentra enfocada a regadíos por ambientes controlados de rosas en invernaderos en Tabacundo, Cananvalle sector tres en un ambiente a escala de laboratorio, en donde se estudia el crecimiento de la planta de rosa cuando se aplica diferentes tipos de condiciones ambientales, encontrándose los requerimientos de la rosa y así la toma de decisiones con respecto a la aplicación de riego y manejo del resto de variables presentes en el desarrollo de dichas plantas en base a un patrón entre las variables mencionadas en el presente documento.

3.8.1 Restricciones.

- Para mayor precisión se requiere más nodos.
- El estudio se limita únicamente al cultivo de rosas.
- Únicamente el desarrollador puede configurar los nodos.
- La comunicación del sistema es inalámbrica.
- El estudio se limita a un ambiente controlado a escala de laboratorio sobre el cultivo de rosas.
- El movimiento del dispositivo de una cama a otra es realizado de forma manual por el agricultor encargado.

- El funcionamiento del dispositivo se limita únicamente cuando la batería esté cargada.

3.8.2 Riesgos.

- Pérdida de conexión para el envío de información.
- Saturación del sistema embebido encargado del procesamiento.
- Mala manipulación por parte del usuario, por este motivo, desconfiguración del dispositivo.

3.9 Elección del hardware y software

Una vez establecidos los requerimientos del sistema se tiene una noción más acertada para elegir el hardware y software que conforma el dispositivo electrónico. Estos requisitos deben ser validados según lo plantea el modelo en V. Esta selección se la realiza mediante una tabla comparativa de requerimientos con una valoración respectiva; para efectos del caso, se toma el valor de “1” para decir que si cumple el requerimiento y el valor de “0” para decir que el requerimiento no se cumple, así como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores usados para la evaluación de cumplimiento de requerimientos

Descripción	Valor
Si cumple	1
No cumple	0

Fuente: Autoría

3.9.1 Selección del hardware del nodo de procesamiento.

Para seleccionar el hardware, se detalla un listado de sistemas embebidos posibles a usar que en este caso son: Arduino Mega, Raspberry Pi y NodeMCU, también se muestran los requerimientos de hardware que son parte de los requerimientos de arquitectura además los del sistema y de usuario, luego se procede al análisis en donde se asigna los valores de 0 y 1 y así se determina cuál es la mejor opción, así como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Selección del sistema embebido para el procesamiento de datos

Hardware	Requerimiento							Valoración Total
	StS R 5	SySR 11	SRSR 8	SRSH 13	StSR 14	StSR 15	StS R 16	
Arduino Mega	0	1	0	1	1	1	0	4
Raspberry Pi	1	1	0	0	1	1	0	4
NodeMCU	1	1	1	0	1	1	1	6

1-cumple
0-No cumple
Elección: NodeMCU

Fuente: Autoría

De acuerdo con la Tabla 11 y a un análisis en base a requerimientos, se concluye que la placa para el desarrollo del dispositivo que más se ajusta a las necesidades del proyecto es el NodeMCU ya que su tamaño es reducido, cuenta con el módulo inalámbrico ESP 8266 incluido, además el procesamiento de datos es suficiente y es de bajo costo.

3.9.2 Estudio de Benchmark de sensores.

Este estudio consiste en realizar un análisis comparativo entre características que los diferentes sensores disponibles en el mercado presentan, lo que permite seleccionar el sensor óptimo y que cumpla con las especificaciones planteadas para medir una magnitud determinada.

Para realizar este estudio es necesario identificar las variables a medir las cuales se mencionan en el apartado 2.6 y son: Temperatura y humedad relativa, Dióxido de carbono, Humedad del suelo y Luminosidad.

Luego de determinar las variables, se detalla una lista de los posibles sensores que midan dichos factores ambientales, posteriormente se presenta una descripción a detalle de cada uno de ellos con el fin de realizar el análisis comparativo correspondiente en base a criterios de evaluación, en este caso: disponibilidad, fiabilidad, estabilidad, tiempo de respuesta y precio de cada sensor.

Los precios de adquisición son referentes a páginas online del país de tiendas electrónicas y portales de venta como mercado libre, valores que no incluyen el costo de envío; así se selecciona el sensor más adecuado para la implementación del sistema ROSEND.

3.9.3 Sensores temperatura y de humedad relativa.

En el mercado existen sensores que miden la temperatura y humedad relativa simultáneamente, por esta razón, se realiza el estudio entre sensores que tengan las mismas prestaciones, esto implica una reducción en el costo y tamaño de la placa, cumpliendo dos de los requerimientos de los usuarios establecidos en la sección 3.8.2.

La familia de sensores DHT miden la humedad relativa y la temperatura a la vez; es un sensor integrado apto para la medición de estas variables; son compatibles con cualquier hardware, además sus costo es muy bajo, motivo por el cual, se establece el análisis entre sensores de esta familia.

Los sensores de la familia DHT están compuestos por sensores resistivos y un NTC que es un sensor de temperatura, proporcionan una salida digital de alta precisión, estabilidad a largo plazo y tiempo de respuesta rápido con una señal de alcance de hasta 20 metros. En el mercado se encuentran los sensores DHT11, DHT21 y DHT 22 como los más comunes y utilizados.

3.9.3.1 DHT 11.

Es un sensor que está cubierto por plástico y puede medir la temperatura y humedad relativa, su salida es digital y se puede apreciar su valor en números enteros, es apto para aplicaciones en donde la distancia no sobrepase los 20 metros, se puede apreciar su estructura en la Figura 30, así como la identificación de sus terminales de alimentación y datos.

El sensor DHT 11 tiene la ventaja de estar disponible en tiendas de electrónica locales de la ciudad de Ibarra y su costo es de \$5,90. En la Tabla 12 se aprecia las especificaciones técnicas de este sensor, es decir, el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

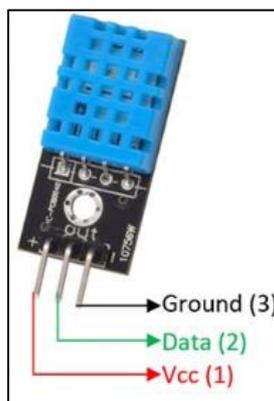


Figura 30. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 11

Fuente: Adaptado de: (Components 101, 2018)

Tabla 12. Especificaciones técnicas del sensor DHT 11

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	De 3 a 5.5 v
Corriente de operación	De 0.5 mA a 2.5mA
Frecuencia máxima de muestreo	1 Hz
Rango de medición	Humedad: 20 – 90 % Temperatura: 0 – 50 ° C
Margen de error	Humedad: ± 5 % Temperatura: ± 2 ° C
Resolución	Humedad: ± 1 % Temperatura: ± 1 ° C
Tiempo de respuesta	Humedad: 6 a 15 segundos Temperatura: 6 a 30 segundos
Estabilidad	Humedad: ± 1 % / año Temperatura: ± 1 ° C / año
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor DHT 11

3.9.3.2 DHT 21.

Su cubierta es de plástico y tiene 3 cables que son los terminales del sensor usados para la salida de datos y para la alimentación del mismo así como se muestra en la Figura 31. Su rango de medición es de 20 metros, su salida es digital y los valores de temperatura y humedad se visualizan de forma decimal. Este sensor se encuentra disponible en la ciudad de Quito y su costo es de \$12. En la Tabla 13 se aprecia las especificaciones técnicas de este sensor es decir el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

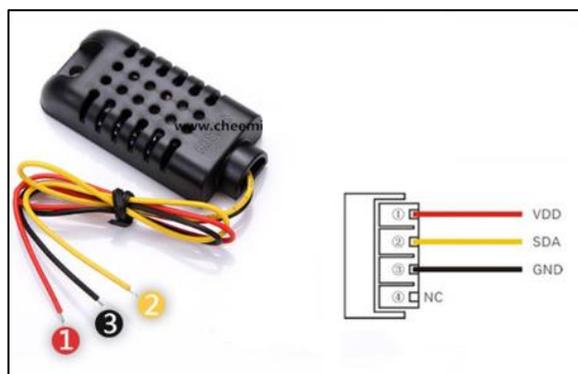


Figura 31. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 22

Fuente: Adaptado de (Cheemi Technology, 2016)

Tabla 13. Especificaciones técnicas del sensor DHT 21

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	De 3 a 5.2 V
Corriente de operación	De 0.5 mA a 2.1 mA
Frecuencia máxima de muestreo	0.5 Hz
Rango de medición	Humedad: 0 – 100 % Temperatura: - 40 ° C a 80 ° C
Margen de error	Humedad: ± 3 % Temperatura: ± 1 ° C
Resolución	Humedad: ± 0.1 % Temperatura: ± 0.1 ° C
Tiempo de respuesta	Humedad: < 6 segundos Temperatura: < 10 segundos
Estabilidad	Humedad: ± 0.5 % / año Temperatura: ±1 ° C / año
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor DHT 21

3.9.3.3 DHT 22.

Su encapsulamiento es de plástico, cuenta con tres pines para la alimentación y para la salida de datos así como se muestra en la Figura 32. Su salida es digital y la apreciación de los valores se representa en números decimales y puede obtener mediciones en áreas de hasta 100 metros, superando a sus antecesores.

Este sensor se encuentra disponible en tiendas electrónicas en la ciudad de Quito y su costo es de \$10. En la Tabla 14 se aprecia las especificaciones técnicas de este sensor es decir el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

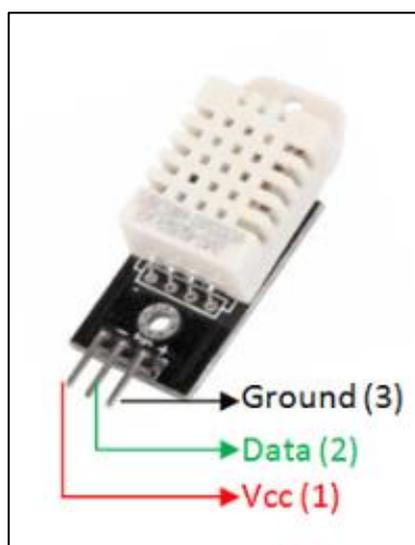


Figura 32. Estructura y distribución de pines del sensor DHT 22

Fuente: Adaptado de (Components 101, 2018)

Tabla 14. Especificaciones técnicas del sensor DHT 22

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	De 3.3 a 5.5 v
Corriente de operación	De 1 mA a 1.5 mA
Frecuencia máxima de muestreo	0.5 Hz
Rango de medición	Humedad: 0 – 100 % Temperatura: - 40 ° C a 80 ° C
Margen de error	Humedad: ± 2 % Temperatura: ± 0.5 ° C

Resolución	Humedad: ± 0.1 % Temperatura: ± 0.1 ° C
Tiempo de respuesta	Humedad: < 5 segundos Temperatura: < 10 segundos
Estabilidad	Humedad: ± 0.5 % / año Temperatura: ± 1 ° C / año
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor DHT 22

3.9.3.4 Selección del sensor de temperatura y humedad relativa.

Para efectuar la selección del sensor adecuado, se presenta una tabla comparativa con las características técnicas descritas con anterioridad, así como también el precio de los sensores, la disponibilidad, dicha información se aprecia en la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis comparativo entre sensores de la familia DHT

Sensor	DHT 11	DHT 21	DHT 22
Parámetros		Descripción	
Fiabilidad	Alta	Alta	Alta
Estabilidad	Humedad: ± 1 % / año	Humedad: ± 0.5 % / año	Humedad: ± 0.5 % / año
	Temperatura: ± 1 ° C / año	Temperatura: ± 0.5 ° C / año	Temperatura: ± 0.5 ° C / año
Tiempo de respuesta	Humedad: 6-15 segundos	Humedad: < 6 segundos	Humedad: < 5 segundos
	Temperatura: 6-30 segundos	Temperatura: < 10 segundos	Temperatura: < 10 segundos
Precisión	Humedad: 95 % Temperatura: 90 %	Humedad: 97 % Temperatura: 99.17 %	Humedad: 98 % Temperatura: 99.58 %
Precio	\$ 5.90	\$ 12	\$ 10
Disponibilidad	Quito	Quito	Quito

Fuente: Autoría

Como se evidencia en la Tabla 15, el sensor DHT 11 cuenta con tiempos de respuesta altos, precio económico, fiabilidad alta pero su estabilidad y su precisión es baja en comparación con los otros sensores presentados, un parámetro dominante, por lo cual, se descarta este sensor, mientras que el DHT 21 y DHT 22 presentan mejores características muy similares entre sí pero el DHT 22 supera al DHT 21 en precisión y tiempo de respuesta,

motivo por el cual, se selecciona el DHT 22 como sensor de temperatura y humedad relativa para la recolección de datos en la red WSN.

3.9.4 Sensores de CO2.

Actualmente no se comercializa en el país sensores de CO2 compatibles con hardware libre, pero se encontró en páginas de internet información sobre dos tipos de sensores que cumplen este requerimiento y son: el MQ 135 y el MG 811.

3.9.4.1 MQ 135.

Es un sensor que mide la calidad de aire y la presencia de gases contaminantes del ambiente, este sensor cuenta con una capa de óxido de estaño recubierto por una malla de gasa de acero inoxidable; la detección de gases de este sensor puede ser calibrado obteniéndose así la medición de un gas en específico, en este caso el CO2; cuenta con 6 pines pero en el mercado se encuentra este tipo de sensores con un módulo el cual tiene 3 pines encargados de la salida de datos y alimentación respectivamente tal como se muestra en la Figura 33.

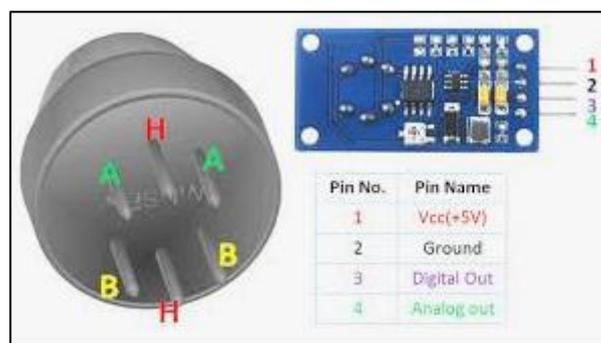


Figura 33. Estructura y distribución de pines del sensor MQ 135

Fuente: (Components 101, 2018)

El sensor MQ135 cuenta con resistencia variante dependiendo de las partes por millón de CO2 que se encuentran en el aire, el rango de esta resistencia es de $30K\Omega$ a $200K\Omega$ con sus salidas analógica y digital cuando se encuentra conectado al módulo.

Este sensor se encuentra disponible en la ciudad de Quito y su costo es de \$4,73. En la Tabla 16 se aprecia las especificaciones técnicas de este sensor, es decir, el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 16. *Especificaciones técnicas sensor MQ 135*

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	De 3.3 V a 5 V
Corriente de operación	160 mA
Disipación de potencia	< 900 mW
Temperatura de operación	- 10 ° C a 45 ° C
Humedad de operación	< 65 %
Temperatura de almacenamiento	- 20 ° C a 70 ° C
Rango de medición	10 - 10000 ppm de CO ₂
Margen de error	± 100 ppm
Tiempo de respuesta	< 10 segundos
Estabilidad	No se registran datos
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor MQ 135

3.9.4.2 MG 811.

Este sensor está compuesto por una capa electrolítica que se cubre por una malla de acero que detecta el dióxido de carbono en el ambiente, cuenta con seis pines distribuidos de forma circular aunque para efectos prácticos se encuentra montado en un módulo con 5 pines encargados de la alimentación del dispositivo y la salida de datos así como se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Estructura y distribución de pines del sensor MG 811.

Fuente: (Gironi, 2014)

Cuando el sensor es colocado en un módulo comercial, cuenta con una salida analógica y una digital, lo que no ocurre si se conecta directamente a una placa de desarrollo, pues su salida es netamente analógica; cuenta con un mapeo de 30 mv y 50 mv equivalentes a 350-10000 partes por millón de CO₂ en el aire.

Su costo es de \$34 y se encuentra disponible en tiendas de electrónica de la ciudad de Guayaquil. En la Tabla 17 se muestra las especificaciones técnicas de este sensor como el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 17. *Especificaciones técnicas sensor MG 811*

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	< 5.5 V
Corriente de operación	200 mA
Disipación de potencia	1200 mW
Temperatura de operación	- 20 ° C a 50 ° C
Humedad de operación	< 65 %
Temperatura de almacenamiento	- 20 ° C a 70 ° C
Rango de medición	350 – 10000 ppm de CO ₂
Tiempo de respuesta	< 5 segundos
Estabilidad	No se registran datos
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del Datasheet sensor MG 811

3.9.4.3 Selección del sensor de CO₂.

Para efectuar la selección del sensor adecuado, se presenta una tabla comparativa con las características técnicas descritas con anterioridad, así como también el precio de los sensores y disponibilidad. Dicho análisis se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. *Análisis comparativo entre sensores de CO₂*

Sensor	MG 811	MQ 135
Parámetros	Descripción	
Fiabilidad	Alta	Alta
Rango de medición	350 – 10000 pm de CO ₂	10 - 10000ppm de CO ₂
Tiempo de respuesta	< 5 segundos	< 10 segundos
Precisión	No calculada	99 %
Precio	\$ 34.50	\$ 4.73

En la Tabla 18 se evidencia que existe una variación drástica en comparación con los dos sensores en el rango de medición, además la disponibilidad y el costo, en este caso el MQ 135 tiene un rango de medición mucho más amplio que el MG 811, está disponible en ciudades cercanas a Ibarra y su costo es relativamente bajo, en consecuencia, la mejor opción para el monitoreo de CO2 en la red WSN es el sensor MQ 135.

3.9.5 Sensor de humedad del suelo.

En el mercado existen algunos sensores que son compatibles con hardware libre; para el análisis comparativo entre estos tipos de sensores se destacan: FC 28, YL 69 que son sensores muy similares, pero existen características que marcan la diferencia entre uno y otro.

3.9.5.1 FC 28.

Es un sensor que mide la humedad del suelo mediante la variación de la conductividad para realizar mediciones que arrojan resultados analógicos que van desde 0 hasta 1023. Este sensor marca cero cuando se encuentra sumergido en el agua y 1023 cuando está en el aire. Cuenta con un módulo y la sonda de prueba, así como se muestra en la Figura 35 la cual es enterrada en el suelo para determinar el grado de humedad.

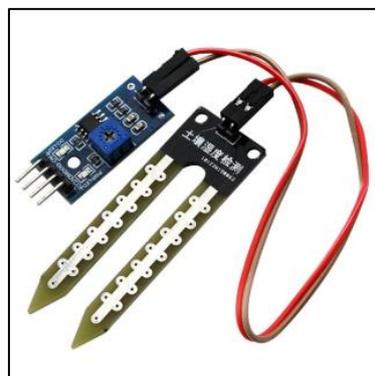


Figura 35. Sensor de humedad FC 28

Fuente: (AliExpress, s.f.)

Su costo es de \$4.50 y se encuentra disponible en tiendas electrónicas en la ciudad de Ibarra. En la Tabla 19 se muestra las especificaciones técnicas de este sensor como el voltaje de alimentación, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 19. *Especificaciones técnicas sensor FC 28*

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	3.3 V a 5 V
Corriente de operación	35 mA
Temperatura de operación	- 20 ° C a 50 ° C
Rango de medición	0 – 1023
Tiempo de respuesta	No calculada
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor FC 28

3.9.5.2 YL 69.

Puede leer el porcentaje de humedad del suelo que le rodea, usa una sonda para pasar corriente por el suelo para luego medir la resistencia del mismo y así obtener el nivel de humedad y conta de un módulo YL 38. Este sensor es de dimensión reducida específicamente 30mm por 16mm e incluye un amplificador LM393. En la Figura 36 se muestra el sensor con los pines de alimentación y de datos y la sonda además se evidencia el potenciómetro para la calibración del sensor y un led indicador de encendido.

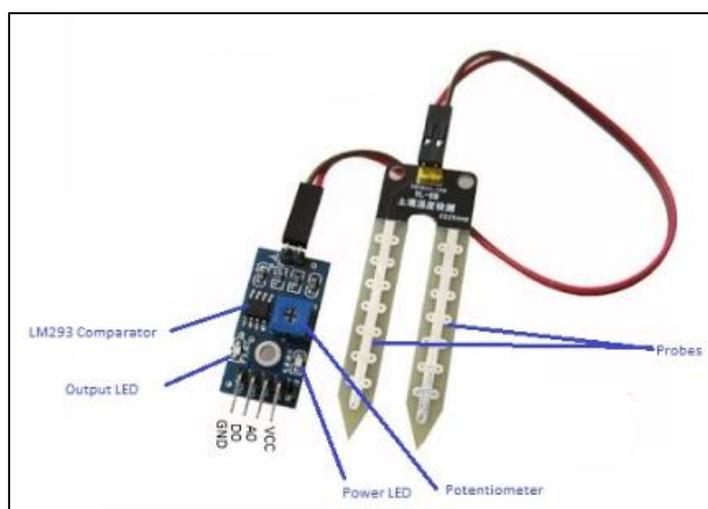


Figura 36. Sensor YL 69 y distribución de pines.

Fuente: Autoría

Su costo es de \$5.50 y se encuentra disponible en tiendas electrónicas en las ciudades de Ibarra y Quito; presenta una salida analógica y una digital, la sonda se conecta al sensor por medio de cables y está conformada por dos electrodos. En la Tabla 20 se presenta las especificaciones técnicas de este sensor es decir el voltaje de alimentación, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 20. *Especificaciones técnicas sensor YL 69*

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	3.3 V a 5 V
Corriente de operación	32 mA
Temperatura de operación	- 20 ° C a 78 ° C
Rango de medición	0 – 1023
Tiempo de respuesta	No calculada
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor YL 69

3.9.5.3 Selección del sensor de humedad del suelo.

El análisis comparativo entre los sensores de humedad se presenta en la Tabla 21, en donde, se detallan parámetros técnicos necesarios para la realización del Benchmark como fiabilidad, estabilidad, rango de medición, incluyendo también precio y disponibilidad.

Tabla 21. *Análisis comparativo entre sensores de humedad del suelo*

Sensor	HF 28	YL 69
Parámetros	Descripción	
Fiabilidad	Alta	Alta
Estabilidad	No calculada	No calculada
Rango de medición	0 a 1023	0 a 1023
Tiempo de respuesta	No calculada	No calculada
Precisión	No calculada	No calculada
Precio	\$ 7.50	\$ 5.50
Disponibilidad	Quito	Ibarra

Fuente: Autoría

Es evidente que los sensores son muy similares, pero para la selección del sensor el desarrollador del proyecto se basa en el precio y en la disponibilidad seleccionándose al YL 69 como el sensor más adecuado para medir la humedad del suelo dentro de la red WSN.

3.9.6 Sensor de luminosidad.

Los sensores de luminosidad básicamente se componen de una LDR o fotocelda, pero este tipo de dispositivos no cumplen con la precisión adecuada, motivo por el cual, se realiza el análisis comparativo entre sensores de más precisión compatibles con Arduino en este caso el BH 1750 y TSL 2560.

3.9.6.1 BH 1750.

Es un sensor digital que mide la intensidad lumínica del ambiente, es uno de los sensores más adecuados para obtener datos de luz ambiental y así dar retroalimentación. Este sensor es usado para medir la cantidad de luz por metro cuadrado que hay en el ambiente y su unidad de medida se expresa en LUX. Es de tamaño reducido y cuenta con 5 pines, así como se muestra en la Figura 37.

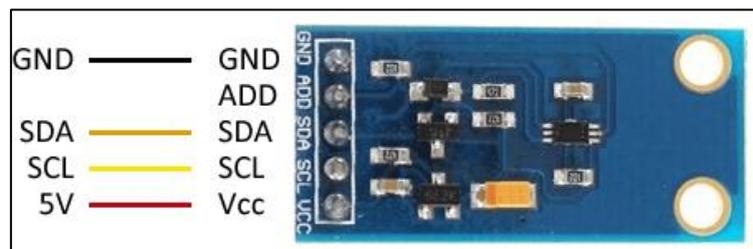


Figura 37. Sensor de luminosidad BH 1750.

Fuente: Adaptado de: (Llamas, s.f.)

Este sensor se encuentra disponible en tiendas electrónicas en la ciudad de Quito y su costo es de \$7,50. Se diferencia de un LDR tradicional ya que la respuesta espectral del sensor está diseñada para ser similar a la del ojo humano, tiene un amplio rango de medición ajustable, tiene baja influencia al espectro infrarrojo, rechaza el ruido de la luz artificial y es independiente de la fuente de origen de luz.

En la Tabla 22 se muestra las especificaciones técnicas de este sensor es decir el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 22. Especificaciones técnicas sensor BH 1750

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	3.3 V a 5 V
Corriente de operación	7 mA
Disipación de potencia	260 mW
Temperatura de operación	- 40 a 85 ° C
Temperatura de operación	- 20 ° C a 50 ° C
Rango de medición	0.11 a 100000 LUX
Tiempo de respuesta	180 ms
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor BH 1750

3.9.6.2 TSL 2560.

Es un sensor digital que procesa información dependiendo de la luz incidente sobre él, usa el protocolo I2C para la transmisión de información. Está formado por fotodiodos de banda ancha capaces de detectar desde la luz visible hasta el infrarrojo, es ideal para realizar mediciones en ambientes externos como en interiores. En la Figura 38 se muestra el sensor, así como los pines de datos y alimentación de corriente.



Figura 38. Sensor de luminosidad TSL 2560.

Fuente: (HETPRO, s.f.)

Se encuentra disponible en tiendas electrónicas en la ciudad de Quito y su costo es de \$10.50. En la Tabla 23 se aprecia las especificaciones técnicas de este sensor es decir el voltaje de alimentación, margen de error, tiempo de respuesta entre otros.

Tabla 23. *Especificaciones técnicas sensor TSL 2560*

Parámetro	Descripción
Voltaje operativo	2.7 V a 3.6 V
Corriente de operación	7 mA
Disipación de potencia	260 Mw
Temperatura de operación	- 30 a 70 ° C
Rango de medición	0.15 a 40000 LUX
Tiempo de respuesta	165 ms
Fiabilidad	Alta

Fuente: Adaptado del datasheet sensor TLS 2560

3.9.6.3 Selección del sensor de luminosidad.

Se considera al rango de medición tiempo de respuesta y precio como parámetros para la selección del sensor y el análisis comparativo respectivo, el mismo que se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. *Análisis comparativo entre sensores de luminosidad*

Sensor	BH 1750	TLS 2560
Parámetros	Descripción	
Fiabilidad	Alta	Alta
Rango de medición	0.11 a 100000 LUX	0.15 a 40000 LUX
Tiempo de respuesta	180 ms	165 ms
Precisión	No calculada	No calculada
Precio	\$ 7.50	\$ 5.50
Disponibilidad	Ibarra	Ibarra

Fuente: Autoría

Como se aprecia en la Tabla 24, las características entre los sensores son bastante similares, existiendo una diferencia en el rango de medición y en el precio, de tal forma que, para la selección del sensor se toma en cuenta el rango de medición y el tiempo de respuesta seleccionándose así al BH 1750 como el sensor óptimo para la medición de luminosidad dentro de la red WSN.

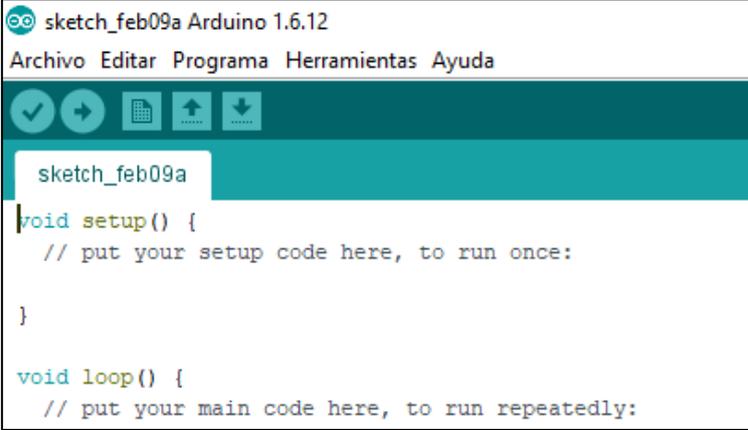
3.9.7 Selección del software.

Se requiere software tanto para la programación del NodeMCU v3, para el almacenamiento de los datos, para el tratamiento de los mismos y para la apreciación de resultados, tomando en cuenta que los requerimientos de usuario establecidos en la Tabla 7 deben ser cumplidos, además deben ser software libre.

3.9.7.1 Software para la programación del NodeMCU.

Existen dos formas sencillas y muy extendidas para programar el NodeMCU v3 que son: mediante el lenguaje de programación LUA y usando el framework de Arduino; en el presente proyecto se selecciona el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino que se muestra en la Figura 39, por la experticia del autor usando el software mencionado en la programación de placas de desarrollo de este tipo y por su facilidad de uso.

El código fuente usado se muestra en el Anexo 6 en donde se detalla el código de programación que se requiere para la toma de datos, es decir, la lectura de los sensores; de igual forma se muestra el código para el establecimiento de la comunicación entre el NodeMCU v3 y el Gateway; además el código usado para el almacenamiento de datos y para el envío de información a la aplicación móvil del usuario con el fin de interpretar resultados.



```
sketch_feb09a Arduino 1.6.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_feb09a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
```

Figura 39. IDE de Arduino

Fuente: Autoría

3.9.7.2 Software para el almacenamiento de los datos.

Con la finalidad de no sobrecargar al NodeMCU v3 con procesamiento y ocupar espacio de memoria elevados al momento de formar la base de datos, el almacenamiento de datos se lo realiza fuera de los nodos 1 y 2; según los requerimientos de usuario detallados en la Tabla 7, el software para la apreciación de resultados debe ser de facilidad de uso para el usuario para que la manipulación de información se realice por personas con conocimientos básicos sobre informática y que mismo se ejecute en cualquier computador o dispositivo móvil, motivo por el cual, se muestra en la Tabla 25, un análisis comparativo entre software que comúnmente se usa para el almacenamiento de datos, en base a los requerimientos del usuario.

Tabla 25. *Software seleccionado para el almacenamiento de los datos*

Software	Requerimiento				Valoración
	StSR 6	StSR 7	SRSR 9	SRSR 12	Total
Excel	1	1	0	1	3
MySQL	1	0	0	0	1
PostgreSQL	0	1	0	0	1

1-cumple
0-No cumple
Elección: Excel Online

Fuente: Autoría

Microsoft Excel cumple con los requerimientos expuestos en la Tabla 25, por tal motivo, se selecciona este software para el almacenamiento de los datos; este software se encuentra disponible en versiones en línea mediante una aplicación de Google Drive que se denomina Google Sheets Sheets el mismo que requiere contar con una cuenta de Google activa, y la versión para PC la cual se instala en el computador haciendo uso de recursos del mismo. En el desarrollo del proyecto se usa las dos versiones.

La versión en línea es usada para el almacenamiento cuando el sistema ROSEND envía datos a través de WIFI y mediante la aplicación ejecutable, se abre la hoja de cálculo descargada desde Google Sheets, para finalmente tratar los datos y guardarlos en una extensión .csv.

Hay un aspecto que debe tomarse en cuenta y es que Google Sheets hace uso del protocolo HTTPS pero el NodeMCU v3 únicamente trabaja con el protocolo HTTP por lo que se requiere un WebHock para enviar datos desde el NodeMCU a Google Sheets, el cual es un servicio a través de internet. Existen algunas aplicaciones útiles para este fin tales como Zapier, Microsoft Flow e IFTTT (if this, then that); tanto Zapier como Microsoft Flow no tienen gratuidad y requieren de un costo, en cambio IFTTT es gratuito; en este caso se usa IFTTT por su popularidad y porque es de uso gratuito, además porque se integra con una gran cantidad de servicios tales como: Office 365, Dropbox, Google Docs, Google Drive, Google Sheets, One Drive, Git Hub, WebHocks, Gmail, Evernote entre otros (IFTTT, 2018).

3.9.7.3 Software para la minería de datos.

En base al apartado 2.10.3, para el desarrollo del proyecto respecto a la minería de datos se selecciona el software RStudio por ser gratuito y de código abierto, además de ser interactivo y ayuda a identificar y corregir errores de forma rápida, su administración es sencilla y permite el tratamiento de múltiples directorios de trabajo además de que el desarrollador tiene experticia en el manejo del software.

3.9.7.4 Software para la visualización de datos.

Existen varias herramientas para la visualización de datos, entre estas están Blynk, Azure y Zerynth, se las analiza porque en base a la investigación bibliográfica realizada por el autor, las mismas son las más usadas por los usuarios para la apreciación de resultados de manera visual.

El análisis respectivo de estas herramientas, con la valoración de si cumple o no los requerimientos de usuario mostrados en la Tabla 7, considerando que el sistema debe ser interactivo y muy fácil de usar, en donde, cualquier agricultor que use el dispositivo no presente ningún tipo de inconveniente de manejo e interpretación de resultados, se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26. *Software seleccionado para la apreciación de resultados*

Software	Requerimiento				Valoración Total
	StSR 6	StSR 7	SRSR 9	SRSR 12	
Blynk	1	1	1	1	4
Azure	0	1	1	0	2
Zerynth	1	1	1	0	3

1-cumple
0-No cumple
Elección: Blynk

Fuente: Autoría

Según los requerimientos mostrados y la valoración respectiva, se determina que el software Blynk es la mejor alternativa para la visualización de los resultados ya que cumple con todos los requerimientos presentados. Blynk es una aplicación de IOT que permite manejar al NodeMCU a través del internet y es la plataforma más popular para conectar dispositivos a la nube (Blynk, 2019), además que, su interfaz gráfica es muy amigable e interactiva para el usuario, con la gran ventaja de que se puede visualizar los resultados en cualquier parte del mundo ya que la aplicación se conecta directamente al internet y únicamente necesita que el NodeMCU se encuentre en línea para el envío y la visualización de información.

3.10 Diseño del hardware del sistema

Una vez realizado el análisis de la situación actual, identificado los Stakeholders y planteados los requerimientos, el siguiente paso a seguir según el modelo en V es el diseño del dispositivo que básicamente consiste en un esquema sobre cómo funciona el sistema

detallando los procesos que éste debe cumplir para llegar finalmente a la programación del mismo.

El diseño según planteamientos del investigador se conforma de dos nodos que incorporan los sensores que miden las variables ambientales que son humedad del suelo, temperatura, humedad relativa, CO₂ y luminosidad, los cuales han sido seleccionados mediante el proceso de Benchmark; dichos sensores se comunican con un Gateway usando una topología en estrella.

Para el diseño del presente proyecto se debe considerar dos parámetros fundamentales: el diseño del ambiente controlado y el diseño del dispositivo electrónico encargado del monitoreo; cabe resaltar que la medición de las variables depende del ambiente controlado, estas etapas están estrechamente ligadas.

3.10.1 Diagrama de bloques del sistema.

El diagrama de bloques que se muestra en la Figura 40, detalla de forma gráfica el funcionamiento del sistema, es decir; los procesos que se deben seguir para obtener un resultado final.

El funcionamiento del sistema se basa en etapas que se muestran en la Figura 40, en la primera etapa se tiene la adquisición de datos conformada por el bloque de sensores encargados de convertir las condiciones físicas en pulsos eléctricos generando así un valor; dichos valores son interpretados por el NodeMCU v3 encargado del procesamiento de los datos; en la siguiente etapa los datos son enviados al Gateway, el cual se encarga de enrutar los datos para que lleguen al destino a través de la red de internet, posteriormente éstos son almacenados en Google Sheets formando así una base de datos para que luego se les dé el tratamiento respectivo mediante el proceso KDD encontrando un patrón entre las variables medidas; una vez detectado el patrón, se configura el NodeMCU para que tome decisiones

con respecto al análisis realizado; finalmente las respuestas son enviadas a un Gateway, en este caso se usa un TP-LINK TL-WR740N que es un router Wireless el cual debe contar con conexión a internet y debe estar configurado una red WLAN con las credenciales respectivas; así en la etapa final mediante la aplicación Blynk el usuario observa las respuestas encontradas después de haber realizado el análisis y así el agricultor es capaz de monitorear el cultivo y tomar decisiones acertadas con respecto a procesos referentes a los rosales.

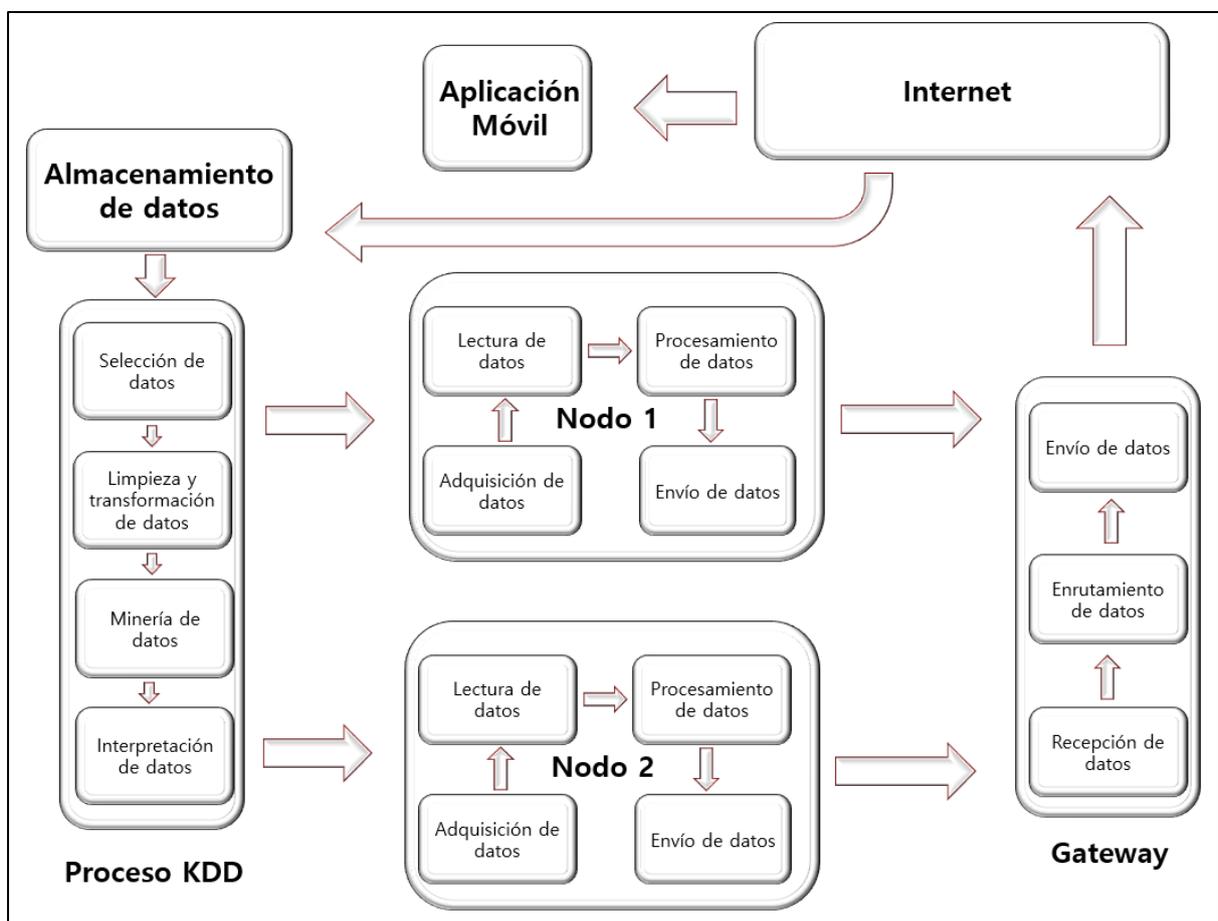


Figura 40. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: Autoría

3.10.1.1 Diagrama de bloques de los nodos 1 y 2.

El diseño estructural del nodo 1 y 2 es el mismo, así pues, se convierte en un reflejo; estos nodos están conformados por el NodeMCU como placa de desarrollo para el procesamiento de la información, los mismos que cumplen con la función de medir las variables ambientales presentes en el ambiente del cultivo de rosas, tomar los datos, enviarlos y almacenarlos en Google Sheets. En la etapa inicial del proyecto se toma la mayor cantidad de datos posible sin realizar ningún tipo de procesamiento; los datos que se obtienen son: temperatura del ambiente, humedad relativa, humedad del suelo, incidencia de luz y CO₂; luego de esto, los datos son tratados mediante técnicas de minería de datos siguiendo el proceso KDD encontrando el patrón influyente entre variables y así se establece un algoritmo el cual se implementa en el NodeMCU para que el nodo tome los datos, los analice en base a ese algoritmo encontrando una respuesta la cual es enviada inalámbricamente a un Gateway usando la tecnología 802.11 (WIFI) que proporciona el sistema embebido en cuestión gracias al módulo ESP 8266. En la Figura 41 se muestra las conexiones de los dispositivos requeridos para la realización de las funciones antes mencionadas.

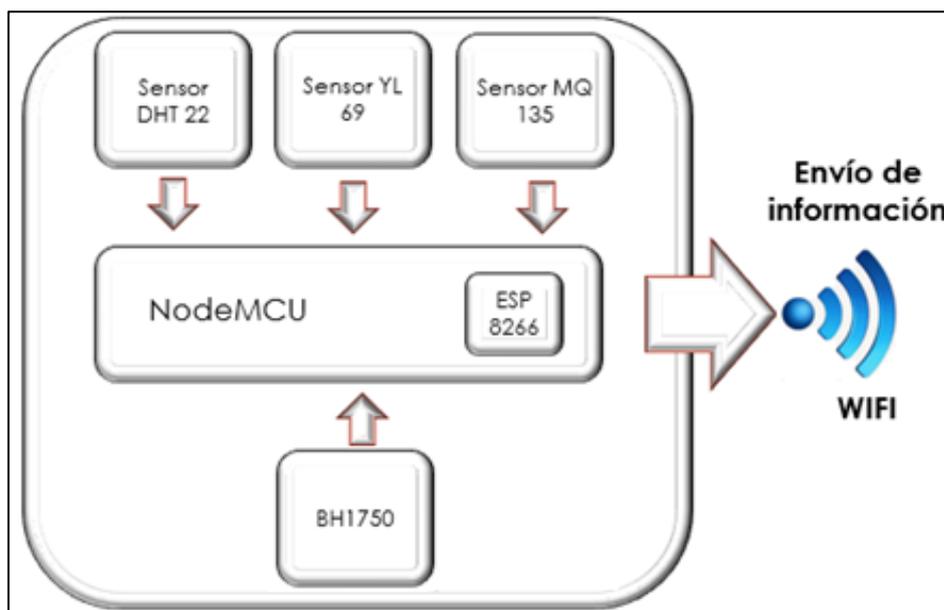


Figura 41. Diagrama de bloques de los nodos 1 y 2.

Fuente: Autoría

3.10.2 Diagrama de flujo del sistema.

Siguiendo con la metodología del modelo en V, se plantea un diagrama de flujo del funcionamiento del dispositivo el que se muestra en la Figura 42 en donde se plantea las etapas de programación y las acciones que el dispositivo presenta en determinados momentos; el sistema inicia con el interruptor de encendido el cual es accionado para que circule la corriente necesaria para que el circuito pueda funcionar de manera adecuada; como primer paso se añaden las librerías de los sensores: DHT 22, y BH1750; luego se carga la librería del módulo ESP8266 y la de la aplicación Blynk; después de este proceso el sistema intenta conectarse a la red wifi que se encuentre configurado en el código de programación, como siguiente paso intenta realizar este paso durante 15 segundos y si la conexión es exitosa, una dirección IP es asignada al dispositivo, caso contrario sistema no inicia.

Debido al requerimiento de ahorro de energía para realizar mediciones durante periodos largos de tiempo, el dispositivo se torna en modo ahorro de energía es decir modo Deep Sleep el cual dura 2 minutos; luego de haber transcurrido dicho tiempo, el sistema ROSEND pasa a modo WAKE UP intentando nuevamente conectarse a la red WIFI previamente configurada; el objetivo inicial es generar una base de datos robusta la cual es almacenada en GOOGLE SHEETS para luego dar tratamiento a los datos mediante técnicas el Data Mining encontrando así un patrón entre variables y programando el algoritmo en el dispositivo; en pruebas posteriores, como siguiente paso, se lee los datos, se aplica directamente el algoritmo de clasificación K-NN dentro del sistema embebido y se envía resultados a la aplicación Blynk la cual debe estar instalada en el Smartphone del agricultor encargado del cultivo de rosas.

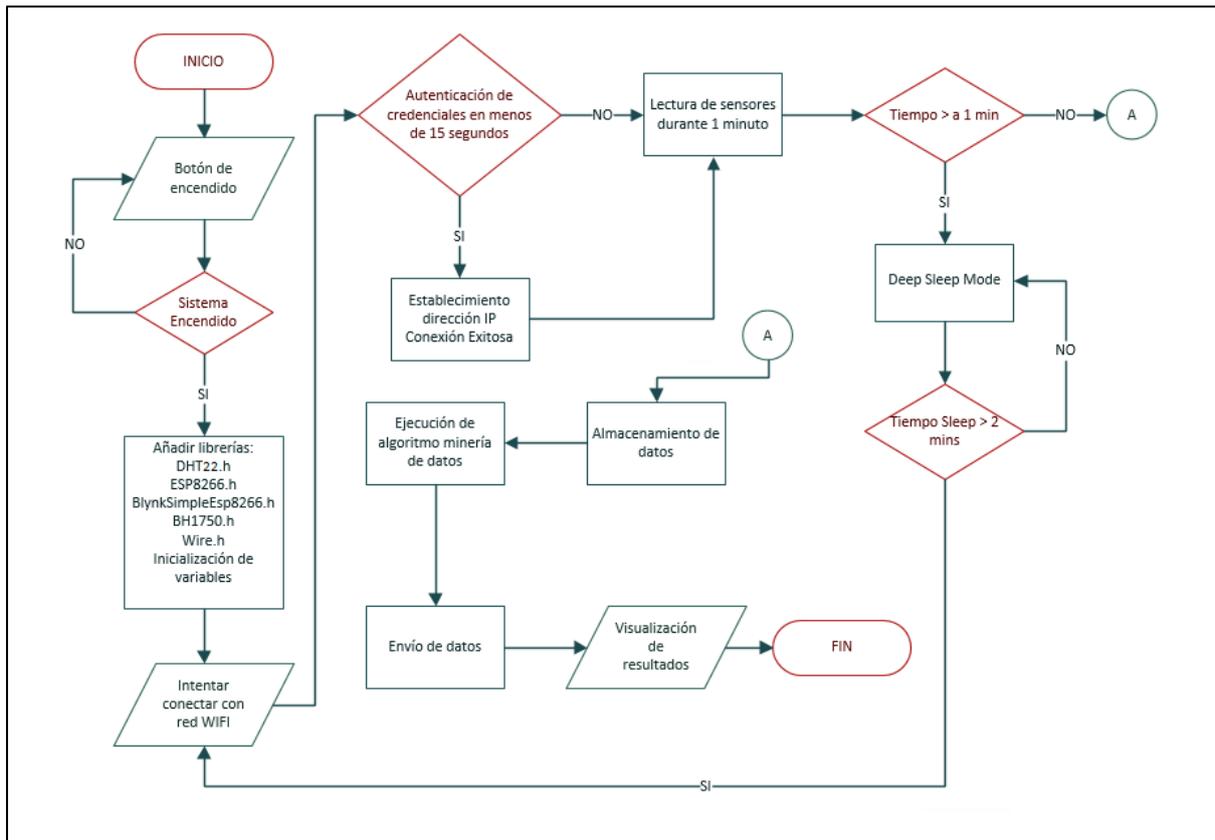


Figura 42. Diagrama de flujo del dispositivo.

Fuente Autoría

3.10.3 Arquitectura general del sistema.

En la Figura 43 se muestra la arquitectura general del sistema que constituye una red WSN en un invernadero para cultivo de rosas. Esta red se encuentra formada por dos tipos de nodos: los nodos recolectores y el nodo enrutador; los nodos recolectores son los que leen las variables ambientales en este caso: temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, CO2 y luminosidad mediante la conexión de los sensores a la placa de desarrollo; el nodo enrutador se encarga de asignar una dirección IP a los nodos recolectores y es el encargado de enviar los paquetes al internet para que mediante la aplicación Blynk se puedan apreciar los resultados de procesamiento realizado por los nodos recolectores.

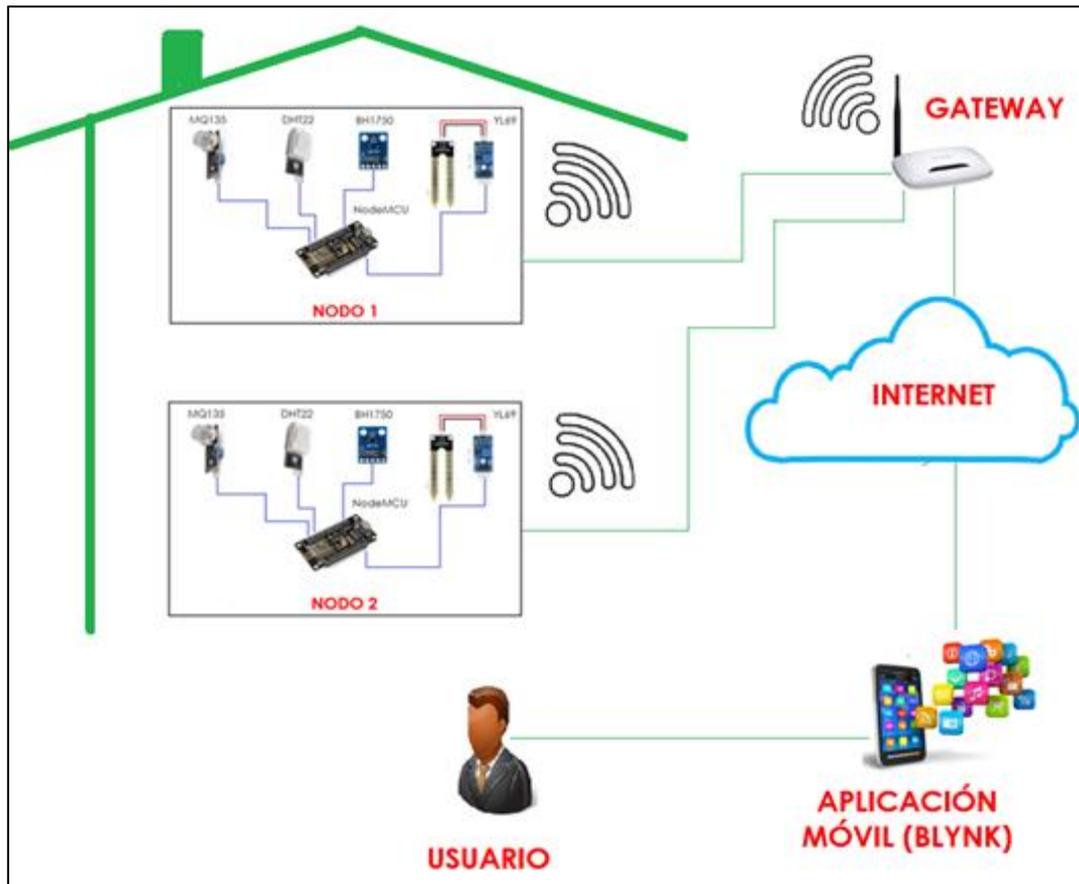


Figura 43. Arquitectura general del sistema.

Fuente: Autoría.

3.10.4 Diagrama de conexión del sistema.

Los nodos 1 y 2 se encuentran formados por dispositivos electrónicos los cuales cumplen una función específica, el objetivo es contar con un bloque de sensores que midan las variables mencionadas a lo largo del documento y que estos sean conectados a una placa de desarrollo en este caso el NodeMCU encargado del procesamiento de los datos.

El sistema de comunicación está formado por el módulo WIFI ESP8266 el cual se encarga de establecer una conexión con una red inalámbrica para así enviar los resultados del procesamiento del sistema ROSEND a un Gateway el mismo que tiene conexión a internet.

Una vez descrito el funcionamiento general del dispositivo, se procede a analizar los detalles técnicos para interconectar los diferentes dispositivos:

- El sensor MQ135 consume una gran cantidad de corriente eléctrica.
- EL NodeMCU cuenta con una entrada analógica y 8 entradas digitales disponibles ya que D0 (pin de placa d desarrollo) se lo debe dejar libre para configurar opciones de reinicio del módulo.
- Se toma en cuenta la salida analógica de los sensores MQ135 y YL69, pero al contar con una única entrada analógica, se requiere diseñar un multiplexor de 8 a 1 usando el MUX 4051.
- Se requiere de un transistor configurado en estado de corte y saturación para cubrir los requerimientos de consumo de corriente del dispositivo.

En la Figura 44 se muestra el diagrama esquemático general de los nodos 1 y 2 en donde el NodeMCU es la placa principal de procesamiento, al cual se encuentran conectados los sensores bajo las siguientes condiciones: el sensor DHT22, el sensor BH1750 y el DS3231 por ser netamente dispositivos de salidas digitales, deben conectarse a las salidas digitales del NodeMCU, para los sensores MQ135 y YL69 se diseña un multiplexor de 2 a 1 ya que el NodeMCU cuenta con una única entrada analógica, motivo por el cual, se requiere multiplexar la señal de entrada; para alimentar los sensores se coloca un transistor configurado para presentar estados de corte y saturación con el fin de cubrir el requerimiento de corriente para así activar el modo Deep Sleep del módulo y así ahorrar energía cuando no sea necesario su utilización. La descripción de los pines se detalla en el Anexo 3.

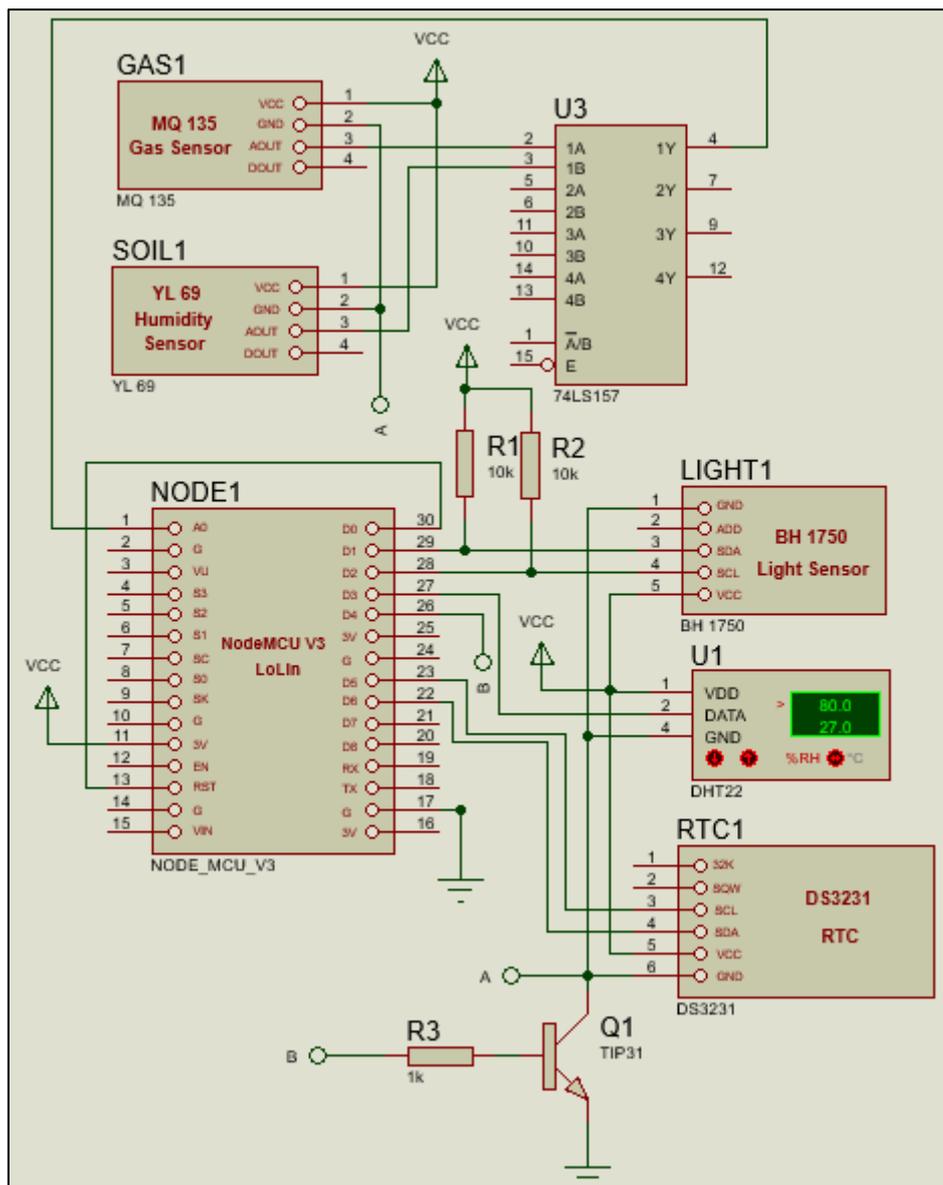


Figura 44. Diagrama general de los nodos 1 y 2.

Fuente: Autoría

Con el fin de realizar conexiones exitosas al momento de ensamblar los nodos 1 y 2, se realiza un diagrama pictórico que se muestra en la Figura 45 en donde se detallan los componentes del sistema conectados; se aprecia el bloque de sensores conectado a la placa de desarrollo en donde cada conexión se diferencia de la otra por el color de la misma y así no generar confusiones. También se presenta el circuito multiplexor 2 a 1 y el transistor configurado en modo corte y saturación con el fin de suplir los requerimientos de corriente que el bloque de sensores necesita.

$$I_T = \sum_{i=1}^n I_i + I_{i+1} \dots \dots \dots + I_n$$

Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de corriente total en un circuito electrónico.

En la Tabla 27 se detalla el consumo de los dispositivos que conforman el nodo encargado de la recolección de datos en base al datasheet de los elementos en este caso la placa de desarrollo y los sensores tomando en cuenta que la corriente total es igual a la sumatoria de las corrientes (ver ecuación 2) consumidas por cada periférico.

Tabla 27. Sumatoria de corrientes consumidas por el nodo 1

Dispositivo	Voltaje	Corriente
NodeMCU V3	3-5V	110mA
MQ135	3-5V	150mA
BH1750	2.4-5V	150uA
DS3231	3.3-5V	120uA
DH22	3.3-5.5V	500uA
YL69	3-5.5V	350uA
Total	2.4-5.5V	261.12mA

Fuente: Autoría

Por los resultados que se aprecian en la Tabla 27, se requiere de una batería de litio recargable de 3 voltios a 300mA para que el sistema pueda operar sin ningún inconveniente y pueda ejecutar la tarea para la que está diseñado.

La batería necesita ser recargada, por esa razón, necesita un subsistema que se encargue de este propósito, por eso, se establece un gestor de batería con panel solar y carga mediante puerto USB desde una fuente de alimentación externa el que se convierte en el cargador del sistema ROSEND.

3.10.5.1 Gestor de batería con panel solar para el sistema.

En el mercado se encuentra un gestor para baterías de litio Lio Rider Pro que consiste en una placa que suministra energía verde mediante un panel solar, es decir permite recargar baterías a través de energía limpia proveniente del sol y si esta no es suficiente pues la placa consta de un puerto mini USB que permite cargar la batería mediante dicho puerto, es muy fácil de usar, no requiere de programación y su esquema básico de conexión se muestra en la Figura 46.

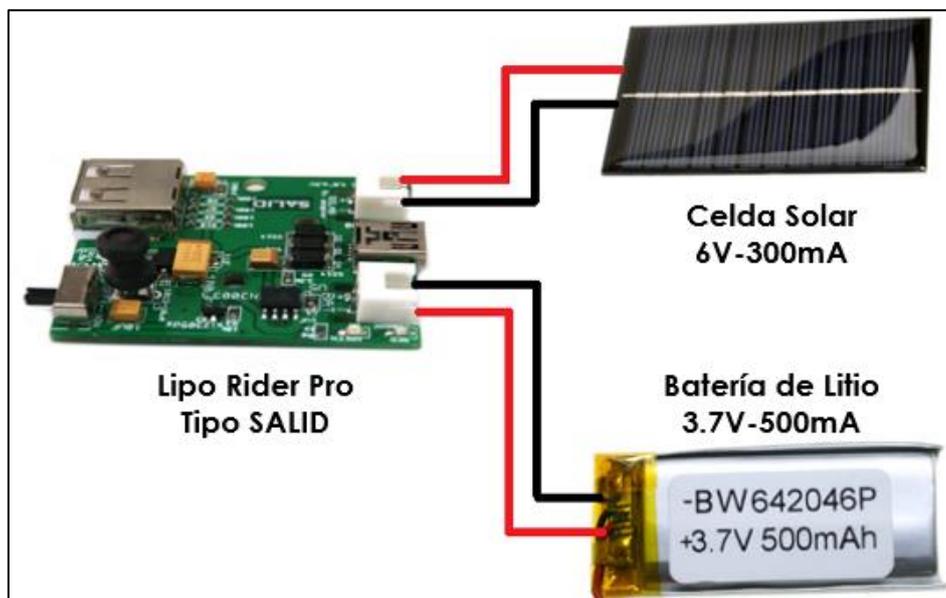


Figura 46. Lipo Rider Pro con Panel Solar.

Fuente: Autoría

3.10.6 Diseño del circuito impreso.

Para el diseño del circuito impreso donde se encuentra montado el NodeMCU y los sensores se usa el software Eagle, que es un software útil para este tipo de diseños. Se toma en cuenta las dimensiones de los dispositivos y la disposición de los pines en este caso se consideran los 30 pines del NodeMCU y de todos los sensores así como del multiplexor y según los diagramas esquemáticos mostrados se arma un diseño.

En la Figura 47 se muestra el diseño del circuito impreso para el cual se toma en cuenta la disposición de los sensores MQ135 el cual es ubicado con su cubierta de acero hacia afuera, el BH1750 es ubicado en la parte superior al igual que el BH1750, por consiguiente, el diseño se realiza para que estos sensores se conecten al nodo del forma cableada.

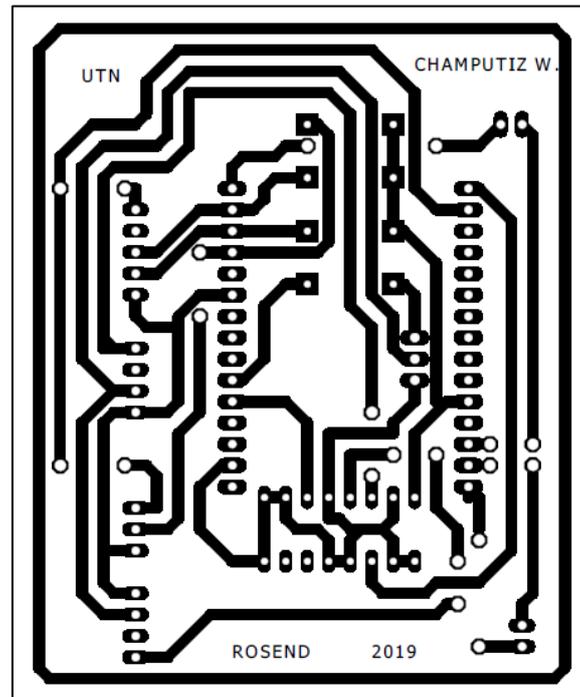


Figura 47. Circuito impreso del ROSEND

Fuente: Autoría

Con el fin de contar con un dispositivo de tamaño reducido se hizo el diseño compactado en donde fue necesario incluir puentes por el número excesivo de pistas para las conexiones entre los sensores y el NodeMCU.

3.10.7 Diseño del ambiente controlado.

Se describe los componentes necesarios para la implementación de un ambiente controlado para el cultivo de rosas, sus requerimientos y se establece un diseño adecuado para proceder a la implementación del miniinvernadero para luego realizar las mediciones respectivas usando el sistema ROSEND.

3.10.7.1 Requerimientos del ambiente controlado.

Luego de realizar la técnica de investigación de observación directa en la zona del cultivo de rosas en Tabacundo y siguiendo algunas recomendaciones del ingeniero agrónomo Edwin Granja quien ha trabajado en cultivo de rosas por algunos años y tiene amplia experiencia en el tema, se establece ciertos requerimientos para el diseño del ambiente controlado para el cultivo de rosas los cuales se detallan a continuación: adquisición del patrones de rosas, contar con un ambiente semi climatizado y controlado, el ambiente es cubierto por plástico de invernadero, el ambiente tiene cortinas para el control de temperatura, el ambiente es apto para un número de 3 tratamiento del cultivo, el ambiente cuenta con un sistema de riego, la disposición de las planta de rosa es a 15 cm de separación entre ellas.

3.10.7.2 Diseño de la estructura externa del ambiente controlado.

En base a los requerimientos establecidos previamente, se ensambla una estructura cúbica de madera de 80 x 80 cm, con 2 divisiones internas de 26,5 cm cada una las que son útiles para ubicar en su interior los 3 tratamientos, así como se muestra en la Figura 48.

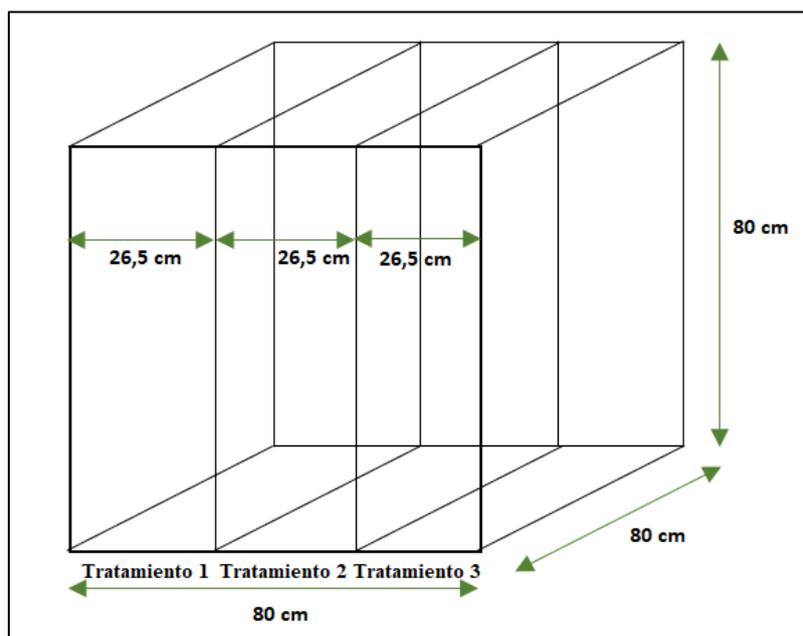


Figura 48. Estructura del ambiente controlado.

Fuente: Autoría

3.10.7.3 Diseño de la parte electrónica del ambiente controlado.

Para el control de temperatura y humedad se usa dispositivos electrónicos que permitan mantener un ambiente adecuado, por esta razón, son necesarios 3 ventiladores de 12 VDC y 3 focos incandescentes de 120 VAC; los focos sirven para incrementar temperatura y control de intensidad lumínica dependiendo el caso, los ventiladores para disminuir la temperatura y la humedad del ambiente. En la Tabla 28 se detallan los componentes necesarios para la elaboración del ambiente controlado y el número requerido de los mismos.

Tabla 28. Dispositivos electrónicos requeridos para el ambiente controlado

Cantidad	Descripción
3	3 ventiladores de 12 V DC 150 mA
3	3 focos incandescentes de 120 V a 110 W
6	6 interruptores simples
1	Fuente de alimentación de 12 V 450 mA

Fuente: Autoría

3.10.7.4 Fuente de alimentación de 12 V para el ambiente controlado.

Los ventiladores están suministrados por corriente, en donde el factor de rizado no es tan importante ya que los dispositivos a alimentar por estar en movimiento generan ruido, por tal motivo, no es necesario precisión en la alimentación en este tipo de diseños, razón por la cual, se selecciona el tipo de rectificador de media onda formado por un diodo rectificador y un condensador el cual se lo calcula según los requerimientos siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 49.

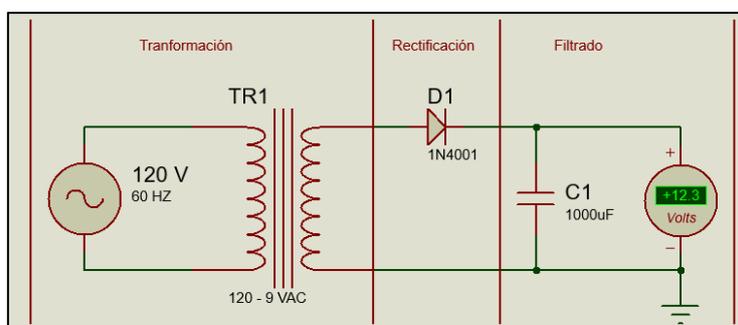


Figura 49. Fuente de alimentación del ambiente controlado.

Fuente: Autoría

En la Figura 49 se muestra que la fuente de alimentación está compuesta por un transformador simple de 9 VAC de 500 mA que forma parte de la transformación, un diodo rectificador 1N4001 y un condensador de 1000 uF para el filtrado obteniéndose así 12.3 voltios a la salida.

3.10.7.5 Diagrama para la conexión de las lámparas incandescentes en el ambiente controlado.

Para las conexiones de las lámparas incandescentes se toma un circuito simple en paralelo que cuenta con un interruptor el cual permite activar o desactivar la lámpara dependiendo del caso, se toma en cuenta el concepto de circuito en paralelo ya que en este tipo de casos el voltaje en los dispositivos conectados en este circuito es el mismo en todos sus puntos pero la corriente varía dependiendo de la situación; en este caso las 3 lámparas no están activas todo el tiempo sino que dependiendo de las condiciones climáticas del ambiente controlado son encendidas en un determinado orden. El diagrama esquemático del circuito implementado se detalla en la Figura 50 que consta de 3 interruptores simples, 3 lámparas incandescentes y una fuente de corriente alterna en este caso de 120 VAC a 60 Hz.

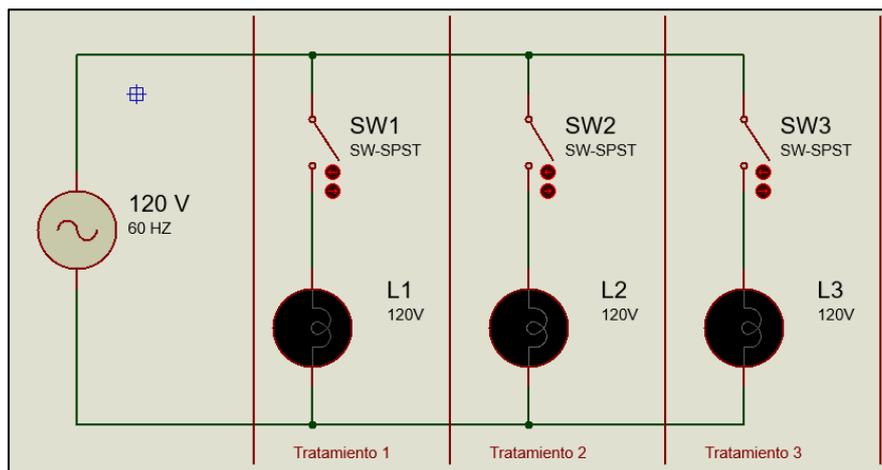


Figura 50. Diagrama de conexión para las lámparas incandescentes.

Fuente: Autoría

3.10.7.6 Diagrama para la conexión de los ventiladores de 12V para el ambiente controlado.

Para las conexiones de los ventiladores se toma un circuito simple en paralelo que cuenta con un interruptor el cual permite activar o desactivar el ventilador dependiendo del caso; se toma en cuenta el concepto de circuito en paralelo ya que en este tipo de situaciones el voltaje en los dispositivos conectados en este circuito es el mismo en todos sus puntos pero la corriente varía; en este caso los 3 ventiladores no están activos todo el tiempo sino que dependiendo de las condiciones climáticas del ambiente controlado son encendidos en un determinado orden. El diagrama esquemático del circuito implementado se muestra en la Figura 51 que consta de 3 interruptores simples, 3 ventiladores de 12 VDC y una fuente de corriente directa en este caso de 12 VDC.

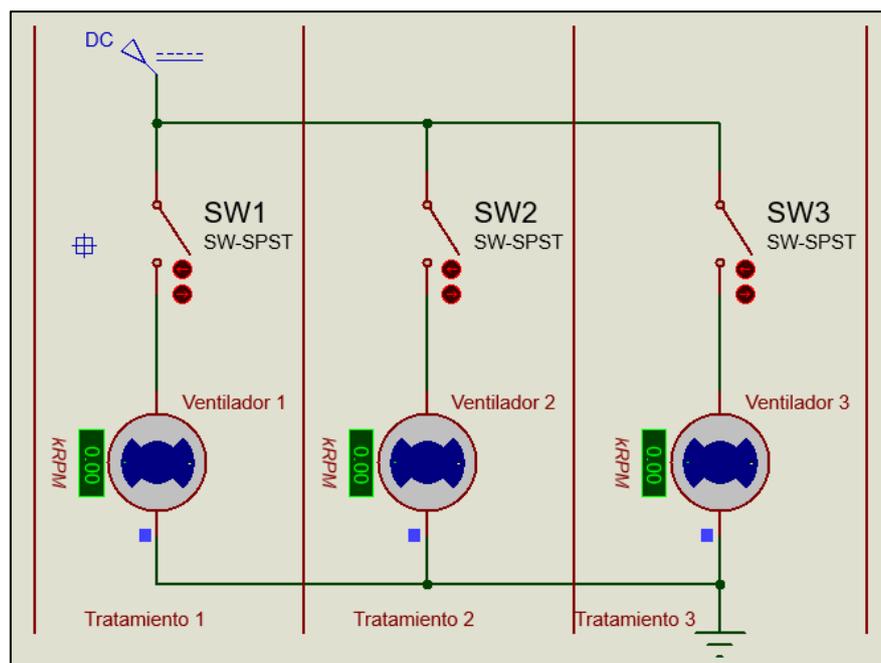


Figura 51. Diagrama esquemático de conexiones para los ventiladores.

Fuente: Autoría

3.10.8 Tratamientos de patrones de rosas.

Según recomendaciones realizadas por el ingeniero agrónomo Edwin Granja, se realizan 4 tratamientos, cada uno con requerimientos específicos para que así en base a la observación directa se verifique como ha sido afectado el crecimiento de una planta de rosa. Se toma una nomenclatura específica, así como se detalla en la Tabla 29, para identificar a cada tratamiento con el fin de sintetizar las tablas expuestas en el capítulo 4 como resultados de la investigación.

Tabla 29. *Nomenclatura de tratamientos*

Número de tratamiento	Nomenclatura
1	Trt1
2	Trt2
3	Trt3
4	Trt4

Fuente: Autoría

3.10.8.1 Diseño experimental de los tratamientos.

Se aplica un diseño al azar con cuatro tratamientos formados por 5 plantas de rosa cada uno; las variables a evaluar son: longitud del tallo, coloración de la planta y frondosidad, durante 4 semanas.

Los tratamientos Trt1, Trt2, Trt3 y Trt4 consisten en estudiar el crecimiento de las plantas de rosa bajo diferentes condiciones climáticas, dentro de un ambiente controlado, una vez aplicado cada uno de los tratamientos se registra la altura de la planta, color de las hojas y características físicas. Las especificaciones del tratamiento se detallan en la Tabla 30.

Como siguiente paso del estudio, se evalúa la eficiencia de cada uno de los tratamientos y se presentan resultados sobre el crecimiento de las plantas de rosa después de haber aplicado el tratamiento.

Tabla 30. Descripción de los tratamientos

#	Especificación				
	Luminosidad	Humedad	Humedad relativa	CO2	Temperatura
Trt1	Cubrir el ambiente evitando la luz	Aplicar 500ml de agua cada 8 días	Abrir las cortinas cada día en la mañana	No se realiza ninguna acción	Abrir las cortinas cada día en la mañana
Trt2	No se realiza ninguna acción	Aplicar 500ml de agua cada 4 días	Abrir las cortinas cada día en la mañana y cerrarlas en la noche	No se realiza ninguna acción	Abrir las cortinas cada día en la mañana y cerrarlas en la noche
Trt3	No se realiza ninguna acción	Aplicar 500ml de agua cada 2 días	Mantener las cortinas cerradas	No se realiza ninguna acción	Mantener las cortinas cerradas
Trt4	No se realiza ninguna acción	Aplicar 500ml cada 4 días	No especificado	No especificado	No especificado

Trt1 = tratamiento 1
Trt2 = tratamiento 2
Trt3 = tratamiento 3
Trt4 = tratamiento 4

Fuente: Autoría

En la Figura 52 se muestra la distribución de los 4 tratamientos realizados con su debida nomenclatura para sintetizar las tablas de resultados mostrado en el capítulo 4. Se establece una nomenclatura para cada planta que conforma el tratamiento, por ejemplo: TRT_{11} representa a la planta 1 del tratamiento 1 y así para el resto de los patrones el cual está formado por 5 plantas de rosa separadas 15 cm por cada tratamiento.

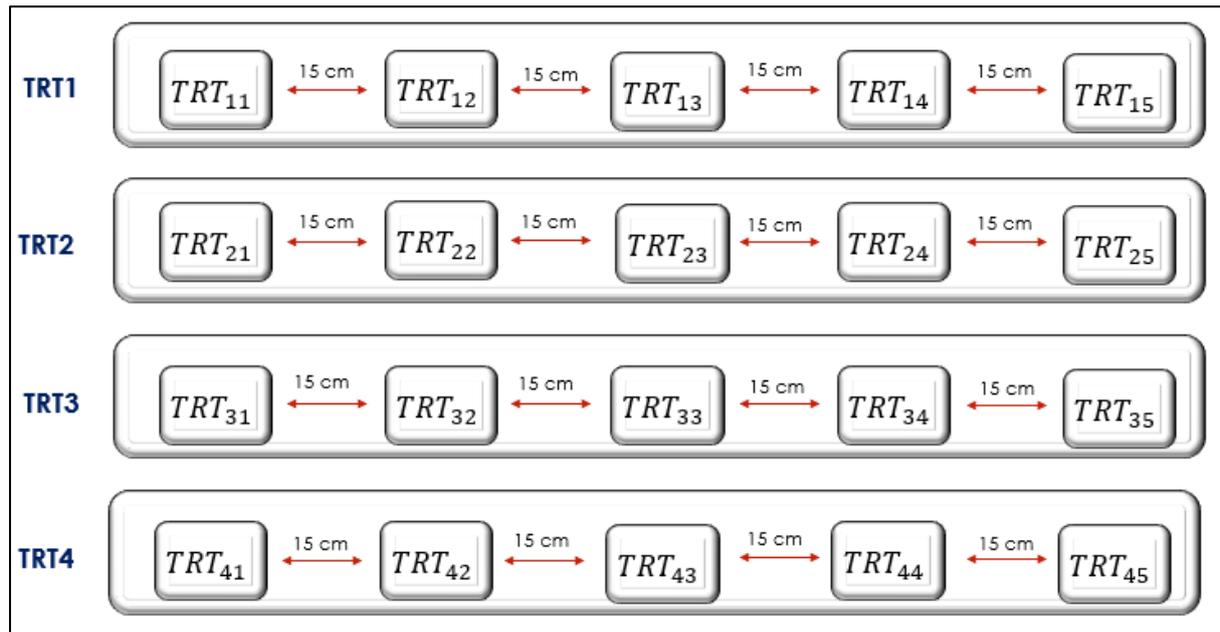


Figura 52. Diseño de los tratamientos.

Fuente: Autoría

3.10.7.2 Materiales necesarios para implementar el ambiente controlado.

Se describen los materiales necesarios para la implementación del ambiente controlado para el cultivo de rosas para lo cual se necesita:

- Patrones de rosas.
- Instrumentos de medición (regla).
- Instrumentos para cálculo (calculadora).
- Plástico de invernadero.
- Materiales para la construcción (clavos, tornillos).

3.11 Procesamiento de datos mediante algoritmo de clasificación.

Uno de los objetivos del proyecto es el reconocimiento de patrones de datos, por tal motivo, se usa una metodología que permite identificar el patrón correcto, en este caso, el proceso KDD (Knowledge Discovery in Databases) que ayuda a identificar patrones válidos, útiles y entendibles dentro de un conjunto de datos, este proceso implica interpretación de patrones y evaluación de los mismos con el fin de tomar decisiones acertadas; el concepto presentado se ajusta a la perfección con las características del tema planteado en el presente documento validando así su uso en el desarrollo del proyecto; el objetivo es construir un modelo que permita sugerir una medida correctiva con respecto al cultivo de rosas a partir de las condiciones climáticas del entorno. En la Figura 53 se muestra los pasos que se sigue para la identificación de patrones según el proceso KDD los cuales deben ser aplicados en el siguiente orden: etapa de selección, etapa de transformación, etapa de la minería de datos, etapa de interpretación y evaluación.

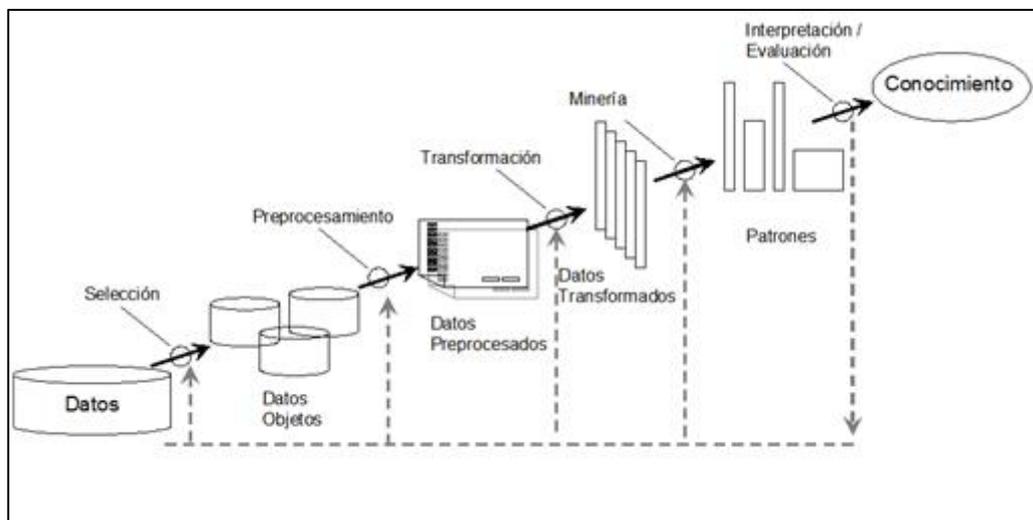


Figura 53. Etapas del proceso KDD.

Fuente: (Gormaz, 2013)

3.11.1 Etapa de selección de datos.

Para la identificación del patrón, se establece una base de datos ordenada y robusta en base a los datos obtenidos por el sistema ROSEND, posteriormente se organiza los datos usando el software Microsoft Excel por su comodidad para el tratamiento de los mismos y por facilidad de uso; la Figura 54 muestra la base de datos organizada en donde se observa los valores medidos por los respectivos sensores organizado por acrónimos en donde HS representa la humedad del suelo, L representa la luminosidad, T representa la temperatura, CO2 representa el dióxido de carbono y HR representa la humedad relativa del ambiente.

	A	B	C	D	E
1	HS (Analog)	L (LUX)	T (°)	CO2 (Analog)	HR (%)
2	713	0,83	16,2	76	96,8
3	717	2,5	16,2	75	96,5
4	721	6,67	16,1	82	96,7
5	718	15	16	75	96,6
6	718	18,33	16	75	97,2
7	715	24,17	16	76	96,7
8	717	34,17	16	75	96,6
9	722	59,17	16,1	80	96,5
10	725	60,83	16,1	84	96,4
11	716	127,5	16,1	76	96,5
12	720	209,17	16,1	84	96,1
13	713	226,67	16,1	77	96,5
14	716	314,17	16,2	78	96,5
15	718	305	16,1	78	96,6
16	720	346,67	16,1	78	96,5
17	717	561,67	16,1	78	96,7
18	716	640	15,9	79	96,5
19	718	568,33	16,1	79	96,6

Figura 54. Base de datos obtenida organizada.

Fuente: Autoría

Con el fin de detectar la relación entre cada una de las variables, se calcula el índice de correlación, para esto se analiza la tendencia y correlación de los datos entre las diferentes variables ambientales; este cálculo se lo realiza con 301 instancias usando el software Microsoft Excel que incluye una función que permite realizar dicha operación; los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31. *Coefficiente de correlación entre las variables ambientales*

HS	1	0,132549973	0,642329644	0,1928099	-0,6805006
L	0,13255	1	0,787640231	-0,0052208	-0,6946888
T	0,6423296	0,787640231	1	0,2521418	-0,9731142
CO2	0,1928099	-0,00522083	0,252141832	1	-0,3659933
HR	-0,6805006	-0,6946888	-0,973114198	-0,3659933	1
	HS	L	T	CO2	HR

Fuente: Autoría

Los resultados indican que hay una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la humedad del relativa y entre la temperatura y humedad del suelo, para el resto de las variables no hay un coeficiente de correlación alto indicándose que son variables independientes, en este caso el CO2 y la luminosidad.

De acuerdo a la Tabla 31, se concluye que la Humedad del suelo es una variable dependiente de la temperatura; la humedad relativa es una variable dependiente de la humedad del suelo y la temperatura; la temperatura, el CO2 y la luminosidad son variables independientes.

Luego se define las acciones correctivas a sugerir por el sistema ROSEND y que se pueden ejecutar dentro de un invernadero para el cultivo de rosas las cuales se establecen en base al análisis de factores influyentes, en este caso requerimientos óptimos, mínimos y máximos y sus respectivos efectos; en la Tabla 32 se detallan los efectos que producen cada tipo de variable en el crecimiento de la rosa.

Tabla 32. *Efectos de las variables sobre el crecimiento de la rosa*

Variable	Condición	Efecto
T	<15°C	Se retrasa el crecimiento
	17-25°C	Condiciones normales
	>28°C	Se adelanta el crecimiento
HR	<60	Se retrasa el crecimiento
	60-70%	Condiciones normales
	>70%	Se producen hongos
L	Altos niveles de luz	Acelera el proceso de fotosíntesis
	Bajos niveles de luz	Limita el proceso de fotosíntesis

CO ₂	>1000ppm	Aumenta la producción
	<335ppm	Limita el proceso de fotosíntesis
HS	<55%	Retraso en el crecimiento
	55-65%	Condiciones normales
	>65%	Clorosis y muerte

Fuente: Autoría

En la Tabla 33 se muestra la acción correctiva que se ejecuta en los invernaderos con el fin del control de una variable determinada, por ende, la adecuación del ambiente para que la rosa se desarrolle de la mejor manera.

Tabla 33. *Acciones correctivas ante condiciones mínimas y máximas*

Variable	Valor	Acción
T	>28°C	Abrir las cortinas
	<15°C	Cerrar las cortinas
HR	>80%	Abrir las cortinas
	<70%	Cerrar las cortinas
L	Niveles altos de luz	Ninguna acción
	Niveles bajos de luz	Ninguna acción
CO ₂	>1000ppm	Ninguna acción
	<335ppm	Ninguna acción
HS	>65%	Ninguna Acción
	<55%	Dar riego

Fuente: Autoría

Luego se analiza las relaciones existentes entre cada variable y se asocia a una clase según el caso, para lo cual se toma en cuenta las condiciones obtenidas a partir del índice de correlación y según lo detallado a partir de la investigación de campo realizada en Tabacundo Cananvalle sector 3 y los requerimientos climáticos del cultivo. Las relaciones encontradas son:

Si la temperatura incrementa y la humedad del suelo es baja, entonces la humedad relativa disminuye.

Si la temperatura es baja, y la humedad del suelo es alta, entonces la humedad relativa aumenta.

A partir de estas condiciones y en base al conocimiento y experiencia del ingeniero agrónomo mencionado en el presente documento, se asocia la clase teniendo los siguientes casos:

Si se tiene alta temperatura, baja humedad relativa y baja humedad del suelo la clase es Dar riego.

Si se tiene alta temperatura, baja humedad relativa y baja humedad del suelo la clase es Abrir cortinas.

Si la temperatura es baja y la humedad relativa es baja y la humedad del suelo es baja, la clase es Cerrar cortinas.

Si la temperatura es normal, la humedad relativa es normal y la humedad del suelo es normal la clase es Ninguna Acción.

Cabe resaltar que se toma condiciones altas, normales y bajas de acuerdo a los umbrales que se muestran en la Tabla 33, con ayuda del software Microsoft Excel y el condicional SI para la asignación de etiquetas.

Para la asignación de clases en la base de datos, de igual forma se usa el software Excel mediante el uso de la función SI para programar las condiciones halladas encontrándose la clase respectiva según el caso así como se muestra en la Figura 55 en base a criterios de los expertos mencionados en este proyecto.

	F	G	H	I	J	K	L
284	59,2	54,1015625	1976,865985	alta	normal	baja	cerrar cortinas
285	57,7	54,00390625	1895,114863	alta	normal	baja	cerrar cortinas
286	60,2	53,61328125	1976,865985	alta	normal	baja	cerrar cortinas
287	58,4	53,515625	1817,774686	alta	normal	baja	cerrar cortinas
288	58	53,41796875	1976,865985	alta	normal	baja	cerrar cortinas
289	59	53,515625	1976,865985	alta	normal	baja	cerrar cortinas
290	57,3	53,61328125	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
291	53,2	53,61328125	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
292	53,6	54,00390625	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
293	52,1	53,80859375	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
294	55,6	54,00390625	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
295	56,5	54,00390625	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
296	57	54,00390625	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
297	57	53,90625	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
298	55,1	54,00390625	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
299	58,2	53,7109375	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
300	55,9	54,00390625	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
301	56,2	53,7109375	2251,898921	alta	normal	baja	cerrar cortinas
302	57,9	53,7109375	2354,757866	alta	normal	baja	cerrar cortinas
303	77,8	48,046875	47,28869019	alta	normal	normal	ninguna acción

Figura 55. Aplicación del condicional SI para la detección de la clase.

Fuente: Autoría

En la Tabla 34 se detalla la base de datos dividida en clases en base al análisis de datos realizado anteriormente mostrado; en este apartado, no se muestra toda la base de datos ya que la cantidad de estos es grande, así que se presenta una muestra por cada acción correctiva.

Tabla 34. Base de datos recolectados por el sistema ROSEND

H (Analog)	L (LUX)	T (°)	CO2 (Analog)	HR (%)	Acción
32,51953125	0	16,6	542,6907818	98,4	Dar riego
32,421875	0	17,1	399,8029757	97,1	Dar riego
32,91015625	0	17,1	505,7229203	96,6	Dar riego
32,51953125	0	16,8	562,5194121	97,1	Dar riego
32,421875	0	16,7	583,3173168	96	Dar riego
64,0625	2441,67	18,8	732,1328653	85,3	Ninguna Acción
64,16015625	3104,17	18,9	732,1328653	87,6	Ninguna Acción
64,2578125	2162,5	19	652,1456137	87,3	Ninguna Acción
63,96484375	943,33	19,1	399,8029757	87,5	Ninguna Acción
64,453125	2046,67	19,2	562,5194121	85,7	Ninguna Acción
55,6640625	29302,5	30,86	562,5194121	46,9	Abrir cortinas
55,2734375	21075	32,4	583,3173168	44,9	Abrir cortinas
55,17578125	54612,5	33,3	583,3173168	45,8	Abrir cortinas
54,98046875	54612,5	35	677,4633567	39,8	Abrir cortinas
54,6875	54612,5	35,6	605,1441299	40,6	Abrir cortinas
53,515625	2976,67	24,1	935,5643546	59	Cerrar cortinas
53,61328125	3395	24,1	1065,725435	57,3	Cerrar cortinas
53,61328125	5829,17	25,3	1114,404082	53,2	Cerrar cortinas
54,00390625	8183,33	26	1114,404082	53,6	Cerrar cortinas
53,80859375	7967,5	26,7	1065,725435	52,1	Cerrar cortinas

Fuente: Autoría

A continuación se asigna un valor numérico a cada clase tal como se muestra en la Tabla 35 en donde la clase 1 representa la acción dar riego, la clase 2 representa la acción ninguna acción, la clase 3 representa la acción abrir cortinas, la clase 4 representa la acción cerrar cortinas; dichos valores han sido almacenados en un documento de Microsoft Excel en formato .csv, este archivo cuenta con 5 variables y 301 instancias siendo útiles para la prueba de la interfaz. En la Figura 56 se muestra el contenido del archivo .csv en donde se muestran 5 variables y una clase.

Tabla 35. Valores asignados a cada clase

Acción	Clase
Dar riego	1
Ninguna Acción	2
Abrir las cortinas	3
Cerrar las cortinas	4

Fuente: Autoría

	A	B	C	D	E	F
1	HS (Analog)	L (Lux)	T (°)	CO2 (Analog)	HR (%)	clase
2	692	0	23.2	122	68.7	1
3	708	0	20.4	118	79.7	1
4	712	0	19.1	116	83.8	1
5	721	0	18.1	123	88.6	1
6	720	0	17.5	114	90.8	1
7	716	0	17.4	113	91.2	1
8	718	0	17.7	112	90.2	1
9	715	0	17.9	111	89	1
10	710	0	17.5	110	90.6	1
11	706	0	17.2	109	90.7	1
12	709	0	17.1	116	91.7	1
13	702	0	17.1	108	91.7	1
14	694	0	17.4	106	90.9	1
15	692	0	17.7	106	91.4	1
16	691	0	17.5	106	91.2	1
17	691	0	17.2	105	92.9	1
18	692	0	17.1	104	93.7	1
19	694	0	17.1	104	93.7	1

Figura 56. Archivo .csv del sistema, datos recolectados por el sistema ROSEND.

Fuente: Autoría

3.11.2 Etapa de limpieza y transformación de datos.

En esta etapa se eliminan datos ruidosos, incompletos, inconsistentes y repetidos; para ello se usa del software RStudio y la librería noisefilters formada por los siguientes filtros: AENN, BBNR, CNN, DROP1, DROP2, DROP3, ENG, ENN y RNN. En la Tabla 36 se presenta una breve descripción de cada uno de éstos. Como siguiente paso, se analiza el tiempo de procesamiento y el porcentaje de reducción de datos de los filtros antes mencionados con el fin de seleccionar el que más se ajuste a las necesidades del proyecto.

Tabla 36. *Filtros de ruido en RStudio*

Filtro	Descripción
AENN	All-k Edited Nearest Neighbors. - Filtro basado en la similitud para eliminar el ruido de la etiqueta de un conjunto de datos como un paso de preprocesamiento de la clasificación.
BBNR	Blame Based Noise Reduction. - Filtro basado en la similitud para eliminar el ruido de la etiqueta de un conjunto de datos como un paso de preprocesamiento de la clasificación.
CNN	Condensed Nearest Neighbors. - Método basado en la similitud diseñado para seleccionar las instancias más relevantes para la clasificación posterior con una regla vecina más cercana.
DROP1 DROP2 DROP3	Incremental Reduction Optimization Procedures. - Filtros basados en similitudes para eliminar el ruido de la etiqueta de un conjunto de datos como un paso de preprocesamiento de la clasificación. Existen tres tipos: DROP 1, DROP 2 y DROP 3.
ENG	Editing with Neighbor Graphs. - Filtro basado en la similitud para eliminar el ruido de la etiqueta de un conjunto de datos como un paso de preprocesamiento de la clasificación.
ENN	Edited Nearest Neighbors. - Filtro basado en la similitud para eliminar el ruido de la etiqueta de un conjunto de datos como un paso de preprocesamiento de la clasificación.
RNN	Reduced Nearest Neighbors. - Método basado en la similitud diseñado para seleccionar las instancias más relevantes para la clasificación posterior con una regla de vecino más cercano.

Fuente: Autoría

A continuación se detallan los resultados obtenidos luego de aplicar los filtros mencionados a la base de datos para lo cual se divide los datos en 2 conjuntos, uno de ellos es la matriz de entrenamiento y el otro es la matriz de prueba. Para efectos del caso se cuenta que con una relación de división de 0,8 que representa el 80% de los datos se obtiene una matriz de entrenamiento de 240 objetos de 6 variables y una matriz de prueba de 61 objetos de 6 variables así como se muestra en la Figura 57.

Data	
dataset	301 obs. of 6 variables
test_set	61 obs. of 6 variables
training_set	240 obs. of 6 variables
values	
split	logi [1:301] TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE ...

Figura 57. Matriz de entrenamiento y Matriz de pruebas en RStudio.

Fuente: Autoría

Ahora aplicando cada uno de los filtros mencionados anteriormente, se evalúa el número de objetos reducidos, el porcentaje de reducción y el tiempo de procesamiento de cada uno de ellos, esta información se presenta en la Tabla 37. Los resultados obtenidos con el software RStudio después del procesamiento y los pasos para aplicar cada uno de los filtros se muestran en el Anexo 7 así como también los resultados después de haber aplicado cada filtro.

Tabla 37. Resultados usando cada filtro

Filtro	Instancias removidas	Porcentaje	Tiempo de procesamiento
AENN	3	1,25%	8,03 s
BBNR	4	1,67%	10,25 s
CNN	218	90,83%	8,76 s
DROP1	214	89,16%	429,67 s
DROP2	NA	NA	NA
DROP3	209	87,08%	810,13 s
ENG	NA	NA	NA
ENN	6	2,5%	2,98 s
RNN	218	90,83%	9,97 s

Fuente: Autoría

Como se muestra en la Tabla 37, se tiene dos parámetros importantes para evaluar y seleccionar el filtro adecuado que son: el número de instancias removidas y el tiempo de procesamiento de cada uno de los filtros; el sistema ROSEND requiere de una base de datos muy concisa la cual es almacenada en el NODEMCU v3, de manera que, se necesita de un algoritmo que reduzca el mayor número de instancias manteniendo las características principales de la base de datos en un tiempo prudencial.

Como se aprecia en la Tabla 37, CNN es el filtro que se ajusta a este requerimiento ya que ha logrado remover 218 instancias en un tiempo de 8,76 segundos, lo que es bastante conveniente y por tal motivo se selecciona este filtro para la reducción del ruido en los datos.

Luego se almacena la base de datos reducida calculada mediante el software RStudio en el NodeMCU v3 mas no se implementa el algoritmo del filtro de ruido CNN en el sistema embebido ya que consume mucho procesamiento lo cual es poco práctico para el sistema ROSEND. En la Figura 58 se muestra la base de datos reducida después de aplicar el filtro de ruido CNN.

	í..HS..Analog.	L..Lux.	T..Á..	CO2..Analog.	HR....	clase
1	692	0.00	23.2	122	68.7	1
5	720	0.00	17.5	114	90.8	1
183	787	47788.33	26.2	159	75.5	1
192	794	4917.50	31.1	150	61.1	1
340	532	33459.16	23.5	243	77.8	2
346	600	10540.83	26.9	186	78.9	2
350	136	145.83	23.0	34	72.0	2
354	133	71.67	22.0	87	70.2	2
357	367	3045.83	20.8	90	75.3	2
360	368	10415.83	22.5	103	81.0	2
361	405	54612.50	25.8	102	72.2	2
364	554	11392.50	26.5	209	80.0	2

Figura 58. Base de datos reducida después de aplicar CNN.

Fuente: Autoría

Con el fin de visualizar los datos de forma gráfica, se realiza el análisis de componentes principales para la representación de las 5 variables en 2 dimensiones. En la Figura 59 se muestra los ejes del gráfico formado por dos componentes principales (PC1 y PC2) y la distribución de datos luego de haber aplicado CNN en donde los datos que aparecen de color negro representan la clase 1, los de color rojo la clase 2 los de color verde la clase 3 y los de color azul la clase 4.

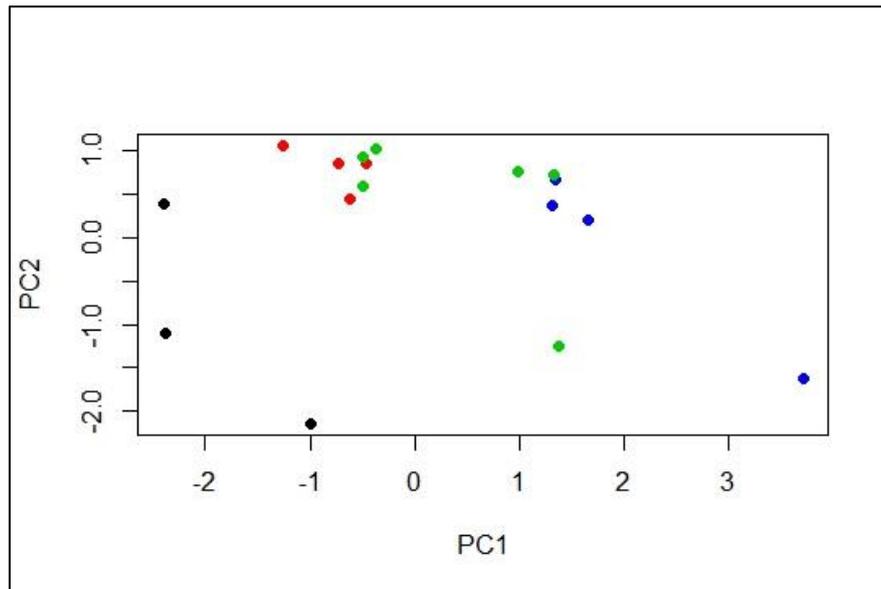


Figura 59. Distribución de datos luego de aplicar CNN.

Fuente: Autoría

3.11.3 Etapa de la minería de datos.

En esta etapa se busca el conocimiento, es decir descubrir patrones mediante técnicas de tratamiento de datos como asociación, clasificación y clústering para luego representar un modelo en donde se requiere un criterio de preferencia, en esta etapa se debe especificar la estrategia de búsqueda de información, en este caso el algoritmo de minería. Para el desarrollo de esta etapa se realiza 3 pasos que son: sección de la tarea, selección del algoritmo y su uso.

Seleccionar la tarea sirve para identificar los algoritmos útiles para el tratamiento de los datos; en este caso el objetivo del proyecto es contar con un sistema que en base a parámetros ambientales medidos, informe al agricultor sobre una medida correctiva con respecto al ambiente con el fin de mejorar procesos dentro del cultivo de rosas; las acciones que el sistema sugiere ya han sido establecidas y han sido guardadas en la base de datos del sistema, de modo que, se hace uso de un algoritmo de clasificación para que cuando el sistema ROSEND mida la humedad del suelo, la temperatura y humedad relativa, la intensidad lumínica y el CO₂ el sistema clasifique éstas condiciones de acuerdo al algoritmo de

clasificación y así tomar la decisión respectiva; en este caso la sugerencia de lo que se debería hacer en ese instante por parte del agricultor encargado del cultivo. Para la selección del algoritmo, se realiza un análisis entre distintos algoritmos de clasificación en el software RStudio, además se hace el análisis entre los siguientes algoritmos de clasificación: KNN, Clasificador Bayesiano, Árbol de decisión y SVM. En la Tabla 38 se muestra una descripción breve de cada algoritmo.

Tabla 38. Clasificadores de datos

Clasificador	Descripción
KNN	(K-Nearest Neighbors) clasifica cada nuevo dato según K vecinos más cerca de un grupo o de otro.
Bayesiano	Asume que la presencia o ausencia de una característica particular no está relacionada con la presencia o ausencia de cualquier otra característica.
Árbol de decisión	Representa y categoriza una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva.
SVM	(Support vector machines) se basa en el aprendizaje para resolución de problemas de clasificación y regresión.

Fuente: Autoría

Ahora aplicando cada uno de los algoritmos de clasificación mencionados anteriormente se evalúa la precisión de predicción y el tiempo de procesamiento de cada uno de ellos, esta información se presenta en la Tabla 39. Los comandos necesarios para ejecutar cada uno de los clasificadores se muestra en el Anexo 8.

Tabla 39. Resultados de los algoritmos de clasificación

Clasificador	Porcentaje de precisión	Tiempo de procesamiento
KNN	98,33%	0,14 s
Bayesiano	95,27%	0,10 s
Árbol de decisión	93,44%	0,21 s
SVM kernel polinomial	95,08%	0,14s
SVM kernel radial	95,08%	0,13 s
SVM kernel sigmoid	88,52%	0,14 s

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos después de aplicar KNN en el software RStudio se muestran en la Figura 60 mediante su matriz de confusión en donde para la clase 1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 7 aciertos, para la clase 3 se obtiene 4 aciertos y para la clase 4 se obtiene 11 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 98,3% de precisión en un tiempo de 0,08 segundos.

```
> proc.time()-t
  user  system elapsed
  0.00   0.01   0.08
> cm=table(test_set[,6],y_pred)
> cm
  y_pred
    1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  7  1  0
3  0  1  4  2
4  0  0  2 11
```

Figura 60. Matriz de confusión aplicando KNN.

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos después de aplicar clasificador Bayesiano en el software RStudio se muestran en la Figura 61 mediante su matriz de confusión en donde para la clase 1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 8 aciertos, para la clase 3 se obtiene 6 aciertos y para la clase 4 se obtiene 13 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 95,27% de precisión en un tiempo de 0,10 segundos.

```
> proc.time()-t
  user  system elapsed
  0.03   0.00   0.10
> cm=table(test_set[,6],y_pred)
> cm
  y_pred
    1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  8  0  0
3  0  0  6  1
4  0  0  0 13
```

Figura 61. Matriz de confusión aplicando Clasificador Bayesiano.

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos después de aplicar clasificador Árbol de decisión en el software RStudio se muestran en la Figura 62 mediante su matriz de confusión en donde para la clase

1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 8 aciertos, para la clase 3 se obtiene 4 aciertos y para la clase 4 se obtiene 12 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 93,44% de precisión en un tiempo de 0,21 segundos.

```
> proc.time()-t
  user  system elapsed
  0.03   0.02   0.21
> cm=table(test_set[,6],y_predarbol)
> cm
  y_predarbol
    1  2  3  4
1  33  0  0  0
2   0  8  0  0
3   0  1  4  2
4   0  0  1 12
```

Figura 62. Matriz de confusión luego de aplicar Árbol de decisión.

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos después de aplicar clasificador svm (polinomial, radial y sigmoid) en el software RStudio se muestran en la Figura 63 mediante su matriz de confusión en donde:

Polinomial: para la clase 1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 8 aciertos, para la clase 3 se obtiene 6 aciertos y para la clase 4 se obtiene 11 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 95,08% de precisión en un tiempo de 0,14 segundos.

Radial: para la clase 1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 8 aciertos, para la clase 3 se obtiene 6 aciertos y para la clase 4 se obtiene 11 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 95,08% de precisión en un tiempo de 0,14 segundos.

Sigmoid: para la clase 1 se obtiene 33 aciertos, para la clase 2 se obtiene 8 aciertos, para la clase 3 se obtiene 0 aciertos y para la clase 4 se obtiene 13 aciertos, entonces se procede a calcular el porcentaje de aciertos dando como resultado el 88,52% de precisión en un tiempo de 0,14 segundos.

```

user  system elapsed      user  system elapsed
0.03  0.00  0.14          0.02  0.00  0.14
> cm=table(test_set[,6],y_predksvm) > cm=table(test_set[,6],y_predksvm)
> cm                                > cm
y_predksvm  POLYNOMIAL      y_predksvm  RADIAL
 1  2  3  4                1  2  3  4
1 33  0  0  0              1 33  0  0  0
2  0  8  0  0              2  0  8  0  0
3  0  1  6  0              3  0  1  6  0
4  0  0  2 11              4  0  0  2 11

user  system elapsed      user  system elapsed
0.02  0.00  0.14          0.02  0.00  0.14
> cm=table(test_set[,6],y_predksvm) > cm=table(test_set[,6],y_predksvm)
> cm                                > cm
y_predksvm  SIGMOID
 1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  8  0  0
3  0  1  0  6
4  0  0  0 13

```

Figura 63. Matriz de confusión después de aplicar SVM.

Fuente: Autoría

En la Figura 64 se muestra la línea de borde de decisión para cada algoritmo analizado; cada color representa una clase perteneciendo el color verde a la clase Dar riesgo (clase 1), el color tomate (clase 2) representa la clase ninguna acción, el color azul (clase 3) representa la clase abrir cortinas y el color anaranjado (clase 4) representa a la clase cerrar cortinas.

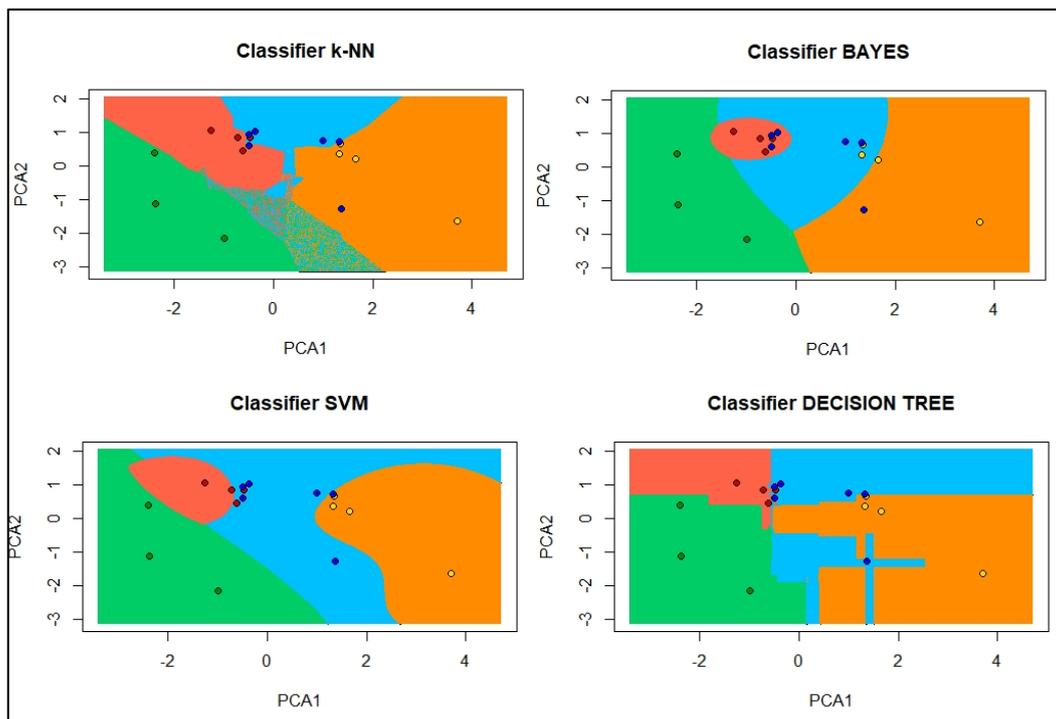


Figura 64. Línea de borde de decisión para cada algoritmo de clasificación.

Fuente: Autoría

Como se aprecia en la Figura 64, los puntos de color sólido representan los puntos de entrenamiento y los puntos de prueba en un color semi transparente; los límites de decisión en cada caso son diferentes. K-NN representa una distribución de datos no paramétrica lo que permite detectar datos lineales como no lineales, el clasificador Bayesiano representa una distribución elíptica y parabólica al igual que el clasificador SVM y el árbol de decisión representa una distribución lineal. Se selecciona el algoritmo KNN ya que presenta una mejor distribución de la línea de decisión al ser una distribución no paramétrica, decir, dicho algoritmo no hace suposiciones sobre la distribución de datos mientras que el resto de clasificadores analizados asumen que cada clase es independiente y por eso los límites de decisión siempre son: lineal, elíptica o parabólica, siendo así la flexibilidad de K-NN una gran ventaja, además que los puntos de entrenamiento coinciden con los puntos de prueba con alta precisión así como se muestra en su matriz de confusión, por tal motivo, se usa el algoritmo KNN como método para la clasificación supervisada, ya que cuenta con un porcentaje de predicción alto en comparación con los otros algoritmos analizados, de igual forma su tiempo de procesamiento es muy bajo y su fácil implementación en un sistema embebido ya que se basa en la distancia euclidiana entre dos puntos. El sistema ROSEND está integrado de este algoritmo en donde el objetivo es la clasificación del dato y asociándolo a una acción.

3.11.4 Etapa de interpretación de resultados.

Se procede a interpretar los resultados arrojados por el algoritmo en donde estos deben ser fáciles de interpretar para ello, se programa el NodeMCU para que envíe al usuario las acciones que el sistema sugiere aplicar a ese ambiente en ese instante de tiempo; la apreciación de resultados es mostrados en el software Blynk, el cual ya ha sido descrito en secciones anteriores.

El algoritmo busca la distancia euclidiana entre dos puntos de una base de datos, encuentra los K vecinos más cercanos y selecciona la clase correspondiente; en la Figura 65 se muestra el proceso que usa el algoritmo para realizar la predicción.

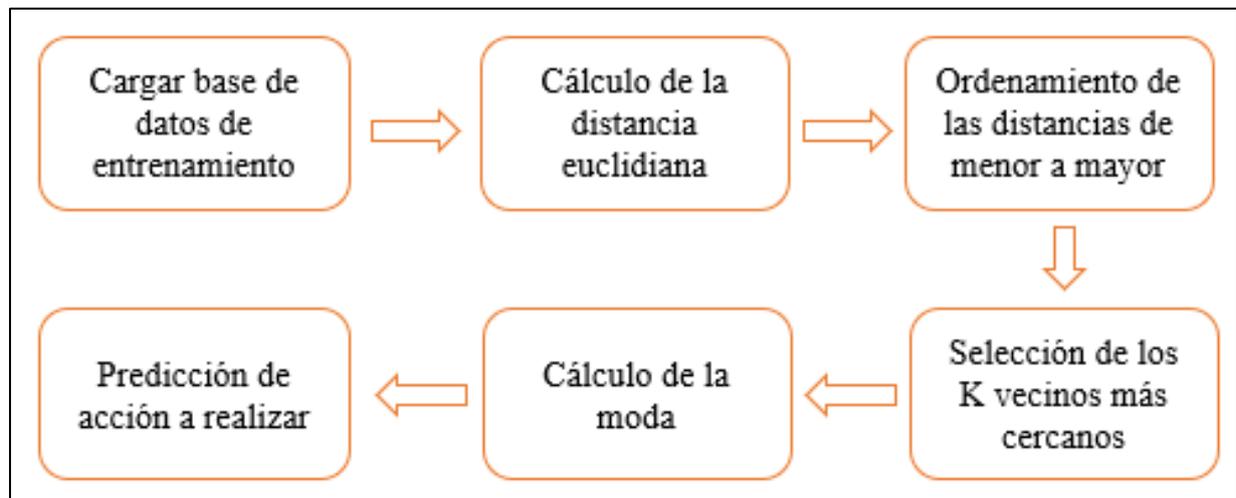


Figura 65. Proceso de implementación de KNN.

Fuente: Autoría

- **Cargar base de datos de entrenamiento:** se almacena la base de datos reducida obtenida en la etapa de transformación de datos la cual consta de 22 instancias formadas por 5 variables y una clase dando un total de 132 datos. Se carga esta base de datos al NodeMCU almacenando los datos en un bloc de notas y guardarlo con extensión .h.
- **Cálculo de la distancia euclidiana:** se lee un nuevo dato y se calcula la distancia euclidiana entre dicho punto y la base de datos cargada.
- **Ordenamiento de las distancias de menor a mayor:** una vez obtenidas las distancias entre un nuevo punto y la base de datos, se ordena de menor a mayor las distancias calculadas con el fin de encontrar los K vecinos más cercanos.
- **Selección de los K vecinos más cercanos:** se selecciona los K vecinos más cercanos al punto en base a las distancias más cortas encontradas.

- **Cálculo de la moda:** se procede a calcular la moda para obtener la clase que más se repite dentro de la secuencia de datos.
- **Predicción de la acción a realizar:** es el resultado de la moda, en donde el algoritmo muestra el valor de la moda que varía desde 1 a 4 y en base a ese resultado se interpreta que el dato pertenece a esa clase; todo este proceso es interpretado en código de programación que se muestra en el Anexo 6.

3.11.5 Evaluación del algoritmo.

La evaluación del algoritmo se realiza mediante pruebas de laboratorio en el ambiente implementado por el autor el cual ya ha sido descrito en secciones anteriores y se valida el proyecto mediante la toma de decisiones acertada por parte del sistema ROSEND.

3.12 Diseño del software del sistema.

El software se encuentra dividido en bloques que son: toma de datos, procesamiento, comunicación y visualización de resultados; el software es código de programación realizado en el IDE de Arduino para que el NODEMCU realice procesos específicos de acuerdo con los requerimientos de usuario planteados en la Tabla 7.

3.12.1 Comunicación entre los nodos y el Gateway.

Los nodos del sistema ROSEND se comunican con el Gateway configurando código de programación; como primer paso, el Nodo incluye la librería del microcontrolador ESP8266 que se usa para establecer la comunicación entre el Gateway y el nodo, luego se almacena el SSID y la contraseña de la red WIFI para establecer la comunicación, posterior a eso se incluye el código único proporcionado por el software Blynk al momento de crear la interfaz de usuario del software Blynk y el nodo se torna en línea. En la Figura 66 se muestra el diagrama de flujo para que se establezca la comunicación, en donde, inicialmente se carga las librerías de Blynk y del ESP8266, luego el sistema intenta conectarse a una red WIFI el

con sus respectivas credenciales, se establece la conexión y se asigna una dirección ipv4 a cada nodo, de igual forma en el software Blynk aparece que el nodo está en línea.

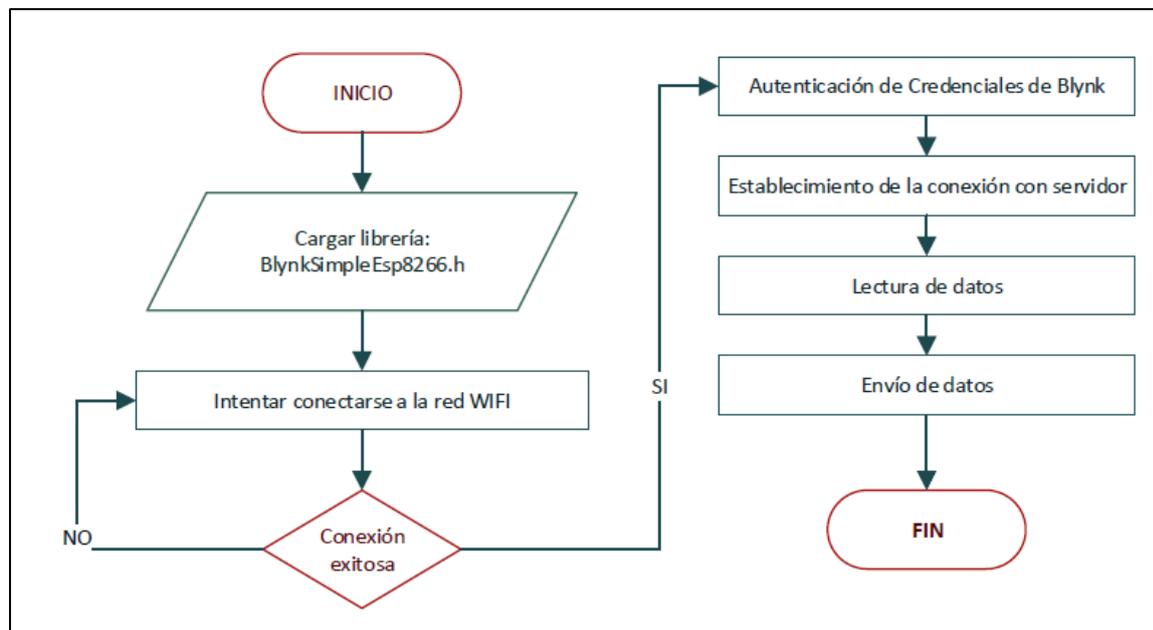


Figura 66. Diagrama de flujo para el establecimiento de comunicación.

Fuente: Autoría

3.12.2 Toma de datos en los nodos 1 y 2.

La toma de datos consiste en almacenar e interpretar los datos leídos por los sensores para luego procesarlos, para ello mediante código de programación se configura el NodeMCU para que lea los valores de los sensores; el sensor de humedad es analógico y de igual forma el sensor de CO2, por tal motivo se lee el pin análogo del NodeMCU.

Los sensores de temperatura, humedad relativa y luminosidad son digitales, motivo por el cual, se incluye de librerías respectivas. En la Figura 67 se muestra el diagrama de flujo para la toma de datos.

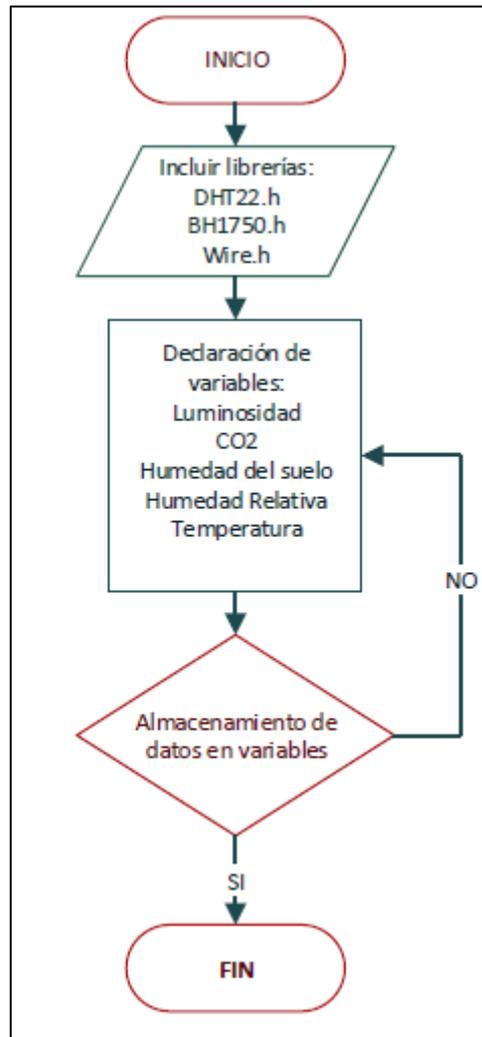


Figura 67. Diagrama de flujo para la toma de datos.

Fuente: Autoría

3.12.3 Visualización de datos.

Cuando el nodo se encuentra en línea es posible visualizar los datos enviados desde el nodo hacia la aplicación Blynk, para que los resultados sean apreciados por el usuario. En la Figura 68 se muestra el diagrama de flujo para que exista la visualización de datos en donde inicialmente se establece comunicación entre el Gateway y el nodo, una vez en línea se aprecian los resultados en la interfaz gráfica.

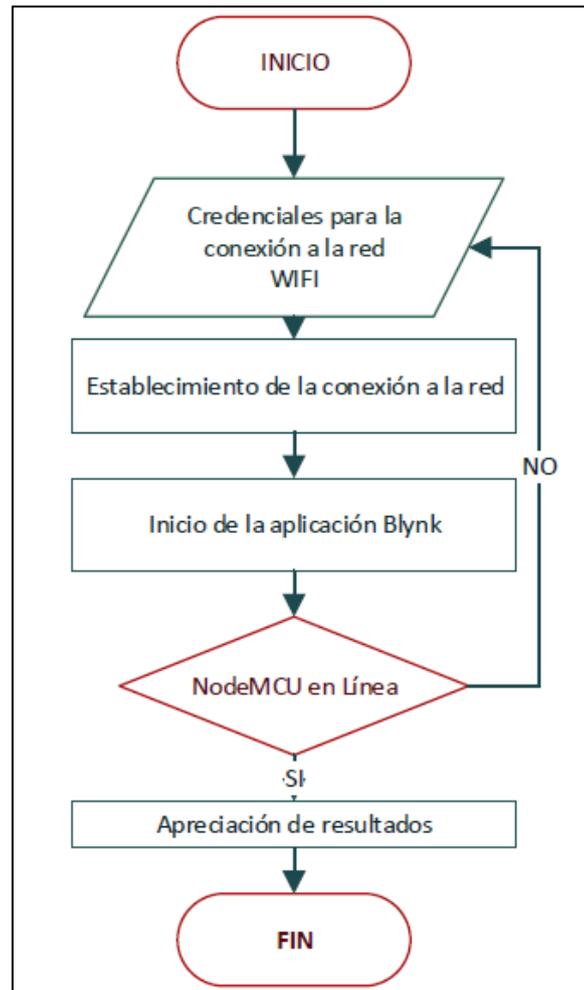


Figura 68. Diagrama de flujo para la visualización de datos.

Fuente: Autoría

3.12.4 Interfaz gráfica para la visualización de datos.

Para la visualización de datos se usa el software Blynk instalado en un Smartphone en donde el primer paso es ingresar a Play Store en el dispositivo Android y descargar e instalar la aplicación Blynk, luego se carga el código de programación en el NodeMCU y se realiza las configuraciones pertinentes para establecer la comunicación entre el Nodo y la aplicación. La interfaz gráfica es amigable para el usuario y de fácil manipulación.

La interfaz se diseña con 2 íconos para la visualización gráfica de los valores de las variables temperatura y humedad del suelo respectivamente y un LCD en donde se muestra los valores de las variables: Luminosidad, CO2 y humedad relativa.

La aplicación tiene una caja de elementos y para diseñar la interfaz de visualización se arrastra un ícono al entorno del proyecto, el resultado es una interfaz muy simple para la apreciación de datos; la acción a realizar por parte del sistema es percibida por el usuario mediante una notificación sonora y visual.

En la Figura 69 se muestra la interfaz gráfica formada por los 2 íconos gráficos para la visualización de la temperatura y humedad del suelo y el LCD para la visualización del texto enviado desde el Nodo.

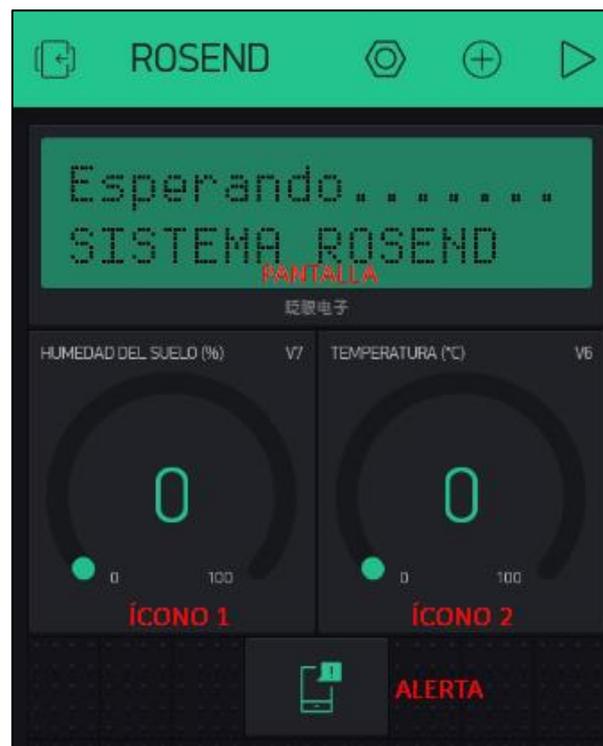


Figura 69. Interfaz gráfica para la apreciación de resultados.

Fuente: Autoría

3.13 Diseño de la estructura externa de los nodos 1 y 2.

La estructura externa tiene como finalidad albergar la placa realizada y sujetar los sensores para un correcto funcionamiento del sistema, para ello la estructura es de 9 cm de largo, 7,5 cm de ancho y 8,2 cm de altura; el material seleccionado para dicha estructura es MDF de 3mm de grosor dando a los nodos seguridad y durabilidad; además se diseñó un brazo móvil para que el panel solar sea soportado.

En la Figura 70 se muestra el diseño de la estructura externa del sistema en donde se aprecia las dimensiones de la caja como las dimensiones del brazo que sujeta al panel solar; la estructura es armable.

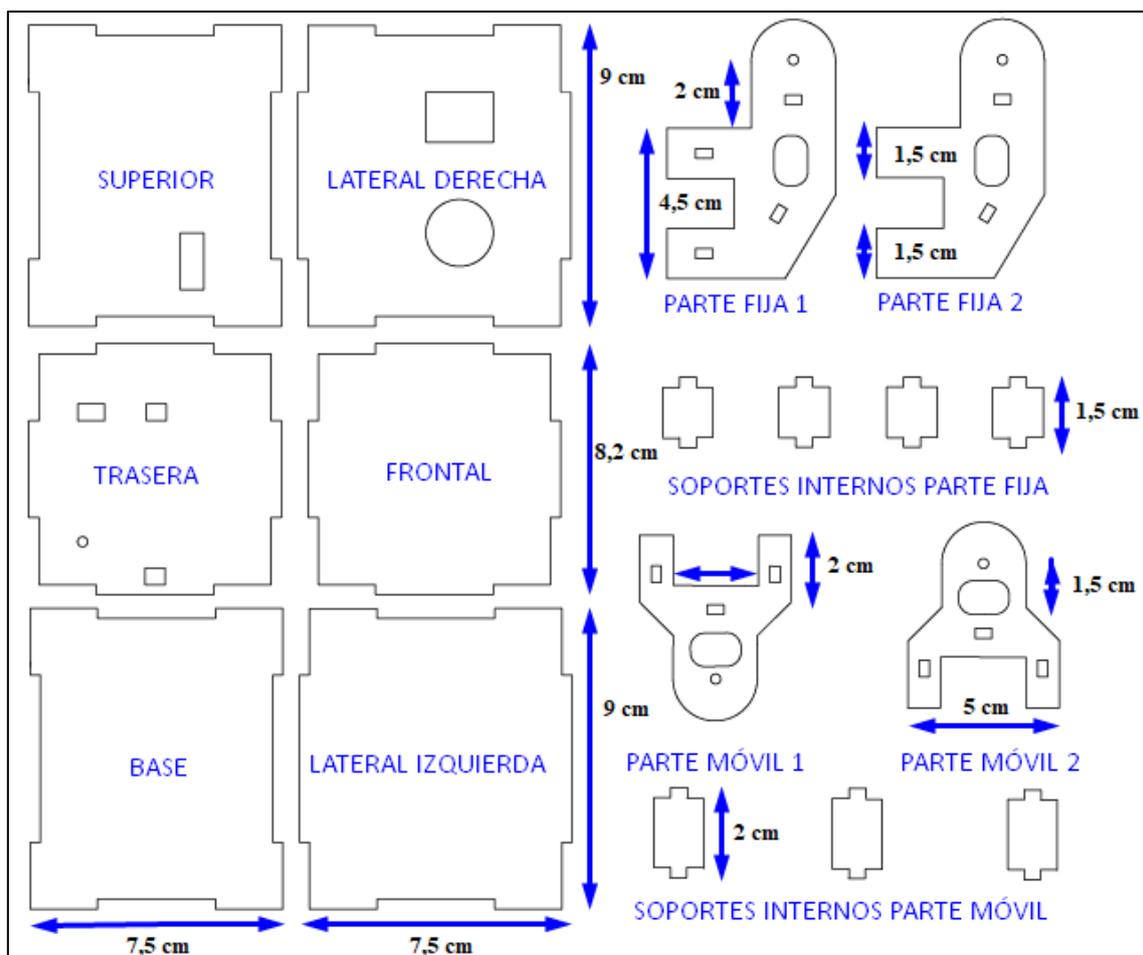


Figura 70. Diseño de la estructura externa de los nodos.

Fuente: Autoría

Una vez realizado el corte en MDF, se arma la estructura y se coloca los sensores y la placa dentro de la caja, de igual forma se coloca el brazo en la posición adecuada, finalmente se sujeta el panel solar. En la Figura 71 sección a) se muestra la estructura del brazo, en la sección b) se muestra la parte interna del nodo 1 y 2, en la sección c) e muestra el gestor de batería con el panel solar; en la sección d) se muestra el puente de reinicio para el reprogramado del nodo y en la sección e) se muestra el subsistema pasivo del nodo.

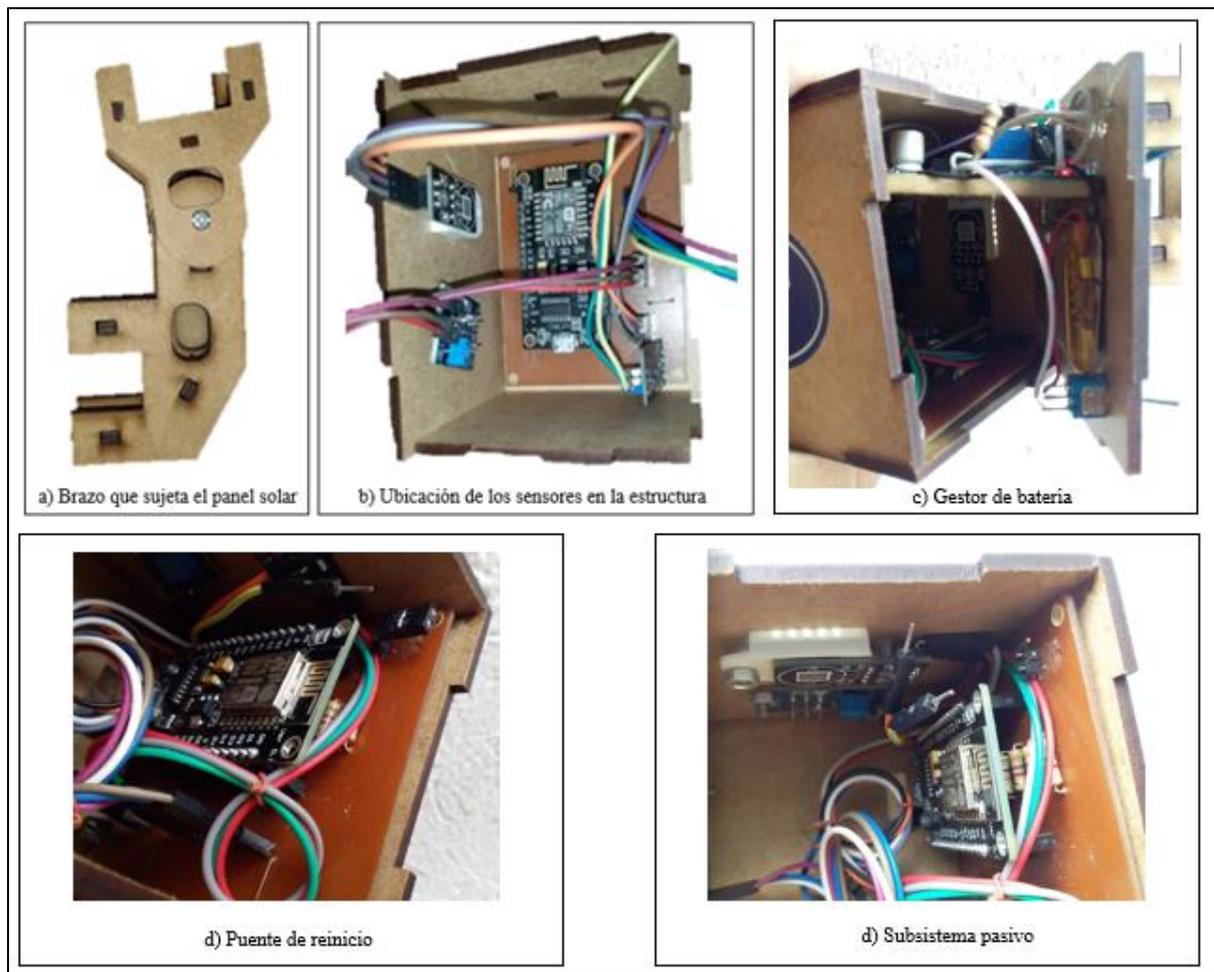


Figura 71. Estructura externa de los nodos 1 y 2.

Fuente: Autoría

En la Figura 72 sección a) se muestra el led indicador de encendido cuando circula corriente eléctrica por el nodo, la sección b) muestra el interruptor cuando el sistema se encuentra apagado y en la sección c) se muestra el led indicador de carga mediante el panel solar.

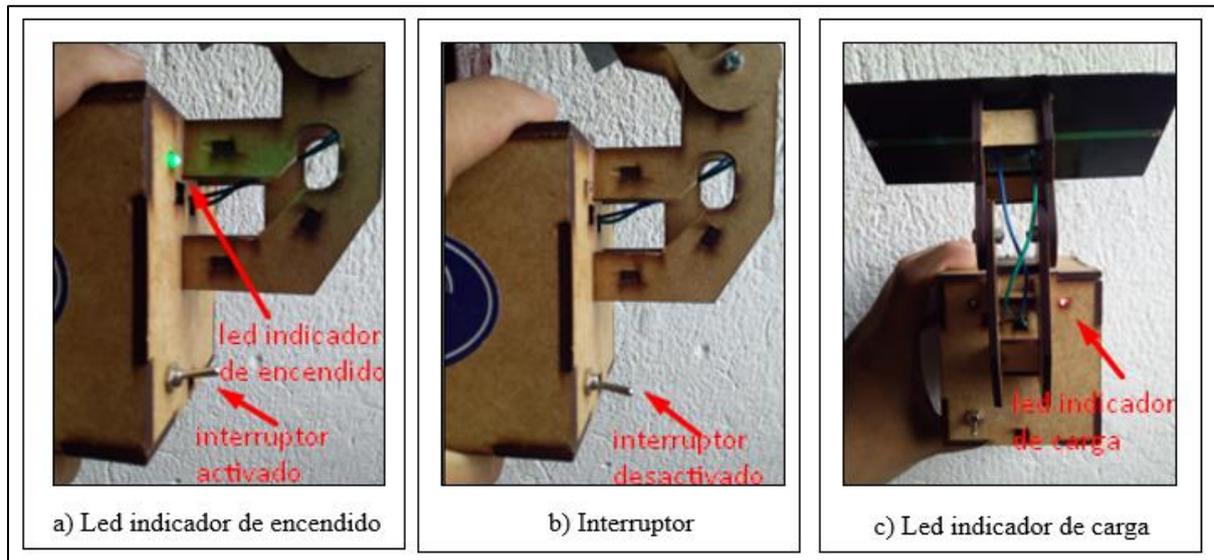


Figura 72. Leds indicadores del sistema ROSEND.

Fuente: Autoría

En la Figura 73 se muestra los nodos 1 y 2 que conforman el sistema ROSEND siendo el nodo 2 la copia del nodo 1 es decir tienen la misma estructura física como lógica.



Figura 73. Nodos 1 y 2 del sistema ROSEND.

Fuente: Autoría

Capítulo IV. Pruebas de funcionalidad

4.1 Introducción

En el presente apartado se mencionan las pruebas realizadas en el ambiente controlado; es decir son pruebas de laboratorio, en donde inicialmente se verifica el funcionamiento del sistema ROSEND analizando todos los subsistemas que conforman el dispositivo verificando la funcionalidad del sistema, posterior a eso, se analiza el ambiente controlado verificando el prendimiento de las plantas de rosa y se constata datos iniciales de las mismas como altura y coloración de las hojas en donde la observación directa es un el factor clave y determinante de todo el proceso, se evidencia el crecimiento de las plantas distribuidas en los respectivos tratamientos. Este apartado es la retroalimentación del capítulo de diseño.

4.2 Pruebas de funcionalidad del sistema ROSEND basadas en el modelo en V

A continuación se detallan los casos de pruebas que determinan si el sistema cumple o no los requerimientos planteados. Se debe realizar un test de pruebas basados en el modelo en V, presentándose algunos casos de estudio que son: Test eléctrico, test del subsistema pasivo, test del subsistema activo, test de hardware, test de software, test de aplicación y finalmente un test funcional.

4.2.1 Test eléctrico del sistema.

Consiste en verificar si se cumplen los requerimientos de corriente del dispositivo con el fin de obtener un funcionamiento correcto de los sensores y del NodeMCU, en la Tabla 40 se presenta de forma detallada el test eléctrico y sus requerimientos.

Tabla 40. Test del subsistema eléctrico

Test Eléctrico	Subsistema prueba	Eléctrico
	Prueba de despliegue	Si/No
Descripción: Prueba del diseño del prototipo basado en el subsistema eléctrico		
Prerrequisitos:		
1. Adquisición de batería de Litio de 3,7 voltios.		
2. Conexiones de transporte y distribución hacia y desde las placas programables a los sensores.		
3. Verificar posiciones de dispositivos.		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de encendido del NodeMCU • Verificación de encendido de los sensores • Comprobación de voltaje en la batería de litio • Comprobación de suministro de energía continua hacia dispositivos electrónicos. • Verificación de duración de tiempo de funcionamiento de batería en continuo funcionamiento 		
Resultado esperado:		
Contar con los dispositivos necesarios para alimentar tanto al NodeMCU y a los diferentes sensores conectados a él para que el dispositivo cumpla las funciones para las que fue diseñado.		
Fuente: Autoría		

El resultado es satisfactorio verificándose el encendido de los dispositivos mediante el indicador led, los sensores que no cuentan con este indicador fueron comprobados con la medición de voltaje en sus terminales, la prueba fue satisfactoria.

El voltaje es adecuado, por lo cual, se procede al uso de la batería de litio de 3.7 voltios a 1000 mA, también se verifica el funcionamiento del gestor de batería el cual funciona correctamente alimentando al NodeMCU.

4.2.2 Test del subsistema pasivo.

Consiste en verificar si se cumplen los requerimientos de conectividad en el dispositivo con el fin de interconectar todos los elementos del sistema tal cual se evidencia en el esquema del diseño del circuito mostrado en el apartado 3.11.4. En la Tabla 41 se presenta de forma detallada el test del subsistema pasivo y sus requerimientos.

Tabla 41. Pruebas del subsistema pasivo

Test del subsistema pasivo	Subsistema prueba	Pasivo
	Prueba de despliegue	Si/No
Descripción: Prueba del diseño del prototipo basado en el subsistema pasivo		
Prerrequisitos:		
1. Adquisición de cables USB		
2. Adquisición de conectores para la conexión de los sensores		
3. Contar con el circuito impreso del sistema		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del estado de los cables • Verificación de las conexiones de los sensores hacia el NodeMCU • Reconocimiento del dispositivo en el computador al momento de conectar un cable • Verificación de continuidad en las pistas del circuito impreso 		
Resultado esperado:		
Las conexiones entre los sensores hacia el NodeMCU deben ser estables y no deben desconectarse al momento de trasladar el ROSEND de un lugar a otro, el funcionamiento del dispositivo no debe verse afectado por desconexión de los cables y debe existir continuidad en el circuito.		

Fuente: Autoría

Como resultado se verifica que las conexiones de los diferentes dispositivos son exitosas en donde se comprueba la conectividad entre las pistas de cobre en la baquelita y entre los diferentes terminales que se conectan al NodeMCU, los sensores son alimentados correctamente y se encontraron operativos para la medición de las variables ambientales.

4.2.3 Test del subsistema activo.

Consiste en verificar si el dispositivo encargado del procesamiento trabaja correctamente, en esta prueba se verifica el reconocimiento del NodeMCU en la pc, la conexión a través de un puerto COM y la carga de un sketch en el mismo, también se verifica el funcionamiento del módulo ESP8266 mediante la conexión a red Wifi. En la Tabla 42 se presenta de forma detallada el test del subsistema activo y sus requerimientos.

Tabla 42. Pruebas de verificación del subsistema activo

Test Subsistema activo	Subsistema prueba	Activo
	Prueba de despliegue	Si/No
Descripción: Prueba del diseño del prototipo basado en el subsistema activo		

Prerrequisitos:

1. Adquisición del NodeMCU
2. Revisión de puertos COM en el PC

Pasos:

- Reconocimiento del NodeMCU en la PC
- Carga del sketch de manera exitosa
- Conectarse a una red wifi
- Verificar asignación de dirección IP

Resultado esperado:

Conexión del NodeMCU y reconocimiento del puerto en el PC para luego proceder a cargar un sketch, también se verifica la conexión a una red wifi, la asignación de la ip respectiva, motivo por el cual, hay conectividad entre el Gateway y el NodeMCU; se verifica conectividad mediante ping.

Fuente: Autoría

Se obtiene como resultado que el NodeMCU es reconocible en el computador a través del puerto COM9. En la Figura 74 se muestra el reconocimiento del módulo NodeMCU en la PC a través del IDE de Arduino, se aprecian sus características como: el tipo de placa, el tamaño de la memoria, la frecuencia, la velocidad de subida y el puerto de comunicación.

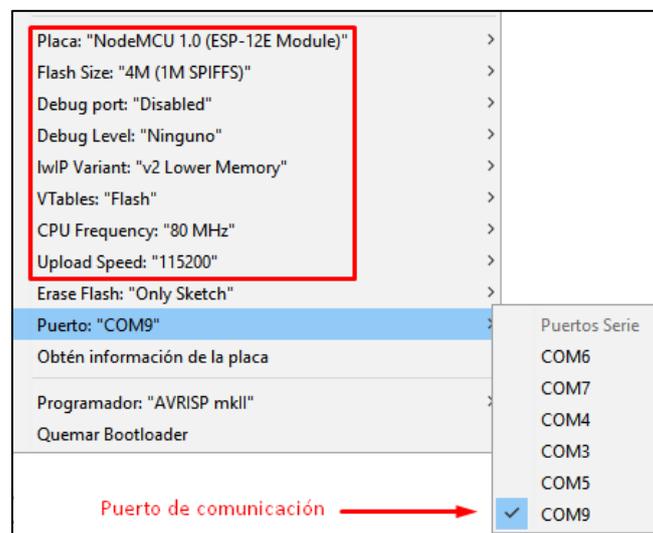


Figura 74. Reconocimiento del NodeMCU en la PC

Fuente: Autoría

Se verifica la carga de datos en el NodeMCU así como se muestra en la Figura 75 la cual es diferente a la carga de un Sketch en Arduino ya que en este caso se muestra el progreso de carga en porcentajes.

```

unsigned long lectura = millis();
if (lectura > 90000) {
  Serial.setTimeout(2000);
  while (!Serial) { }
  Serial.println("DEEP SLEEP MODE FOR 2 MINUTES");
  ESP.deepSleep(120e6); // 120 segundos
}
}

```

Subido

Las variables Globales usan 30.668 bytes (37%) de la memoria dinámica, dejando 51.252 bytes
 Uploading 277488 bytes from C:\Users\ADMIN\AppData\Local\Temp\arduino_build_450198/practica.
 [29%]
 [59%]
 [88%]
 [100%]

Figura 75. Carga exitosa del Sketch al NodeMCU.

Fuente: Autoría

Según se aprecia en la Figura 76 el sketch usa tan solo el 29% de memoria y el 37% de la memoria dinámica rangos adecuados, por ello, se concluye que el sistema funcionará sin ningún problema. El sketch no ocupa demasiada memoria así que su rendimiento es satisfactorio, esto se verificó conectando los sensores y midiendo los datos durante 30 minutos en donde no se evidencia ningún inconveniente.

```

ESP.deepSleep(120e6); // 120 segundos
}
}

```

Subido

El Sketch usa 273.336 bytes (26%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 1.044.464 bytes.
 Las variables Globales usan 30.668 bytes (37%) de la memoria dinámica, dejando 51.252 bytes para las variables locales.
 Uploading 277488 bytes from C:\Users\ADMIN\AppData\Local\Temp\arduino_build_450198/practica.ino.bin to flash at 0x00000
 [29%]

Figura 76. Uso de memoria del NodeMCU.

Fuente: Autoría

También se comprueba la conexión a una red Wifi verificando la funcionalidad del módulo ESP8266 así como se aprecia en la Figura 77 en donde se muestra el establecimiento de una dirección ip en caso de conexión exitosa y un mensaje de error en caso de conexión fallida.

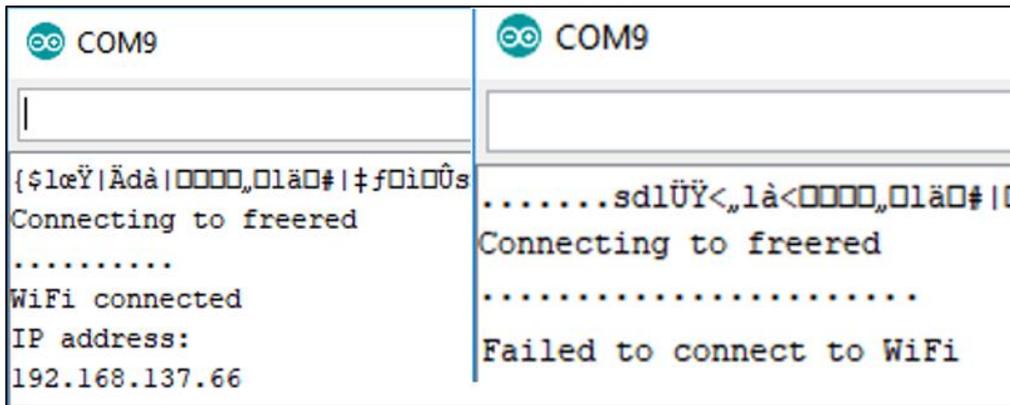


Figura 77. Conexión exitosa VS. Conexión fallida a la red wifi por el NodeMCU.

Fuente: Autoría

Se verifica la conectividad mediante el comando ping desde una pc conectada a la red Wifi hacia el NodeMCU cuya dirección ip asignadas por DHCP es 192.168.137.66 así como se aprecia en la Figura 78.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.165]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ADMIN>ping 192.168.137.66

Haciendo ping a 192.168.137.66 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.137.66: bytes=32 tiempo=132ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.137.66: bytes=32 tiempo=145ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.137.66: bytes=32 tiempo=163ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.137.66: bytes=32 tiempo=445ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.137.66:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
            Mínimo = 132ms, Máximo = 445ms, Media = 221ms

C:\Users\ADMIN>

```

Figura 78. Prueba de conectividad mediante ping.

Fuente: Autoría

4.2.4 Test de hardware.

Consiste en evaluar el funcionamiento de los dispositivos que conforman el sistema que en este caso son los sensores encargados de la medición de las condiciones ambientales. En la Tabla 43 se presenta de forma detallada el de hardware y sus requerimientos.

Tabla 43. *Test del subsistema de hardware*

Test de hardware	Subsistema prueba	Hardware
	Prueba de despliegue	Si/No
Descripción: Prueba de los dispositivos que conforman el sistema		
Prerrequisitos:		
1. Adquisición de los sensores MQ135, BH1750, DHT22, YL69, NodeMCU		
2. Conexión de los dispositivos		
3. Inclusión de las librerías correspondientes		
4. Instalación de aplicaciones móviles en smartphone para la calibración de sensores		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el encendido de cada sensor • Análisis de funcionalidad de cada dispositivo • Funcionamiento del NodeMCU • Verificación de conectores. 		
Resultado esperado:		
Todos los sensores miden correctamente los parámetros ambientales.		
Fuente: Autoría		

Como resultado se obtiene que todos los sensores funcionan correctamente, se evidencia su encendido por el led indicador del MQ135 y del YL 69, el DHT22 no cuenta con led indicador de igual forma el BH1750 los cuales son verificados con la medición de voltaje en sus terminales.

En la Figura 79 se muestra la lectura exitosa de los sensores de humedad del suelo, de temperatura, de humedad relativa, de CO2 y de luminosidad verificándose el correcto funcionamiento de cada sensor.

```

=====Variables medidas=====
HumedadS: 12.60
Luminosidad: 235.83 lx
Temperatura: 21.70°C
CO2: 1744.55
HumedadR: 76.10%

```

Figura 79. Lectura de los sensores.

Fuente: Autoría

Se verifica la funcionalidad del sistema y se comprueba que el NodeMCU puede alimentar perfectamente a los sensores y la corriente es suficiente para este propósito. Los sensores de luminosidad, de humedad del suelo, de temperatura y humedad relativa y el sensor de CO2 miden adecuadamente las variables. La velocidad de transmisión es de 115000 baudios.

Luego se verifica la calibración de los sensores para lo cual se instala las aplicaciones Termohigrómetro (medir humedad relativa) y Termometer (Temperatura) con el fin de comprobar la lectura de los sensores y comparar estos datos con los valores que muestran las aplicaciones. En la Figura 80 se muestra que la medición del sensor DHT 22 es correcta ya que la aplicación marca 22°C y la medición del sensor es 22°C.

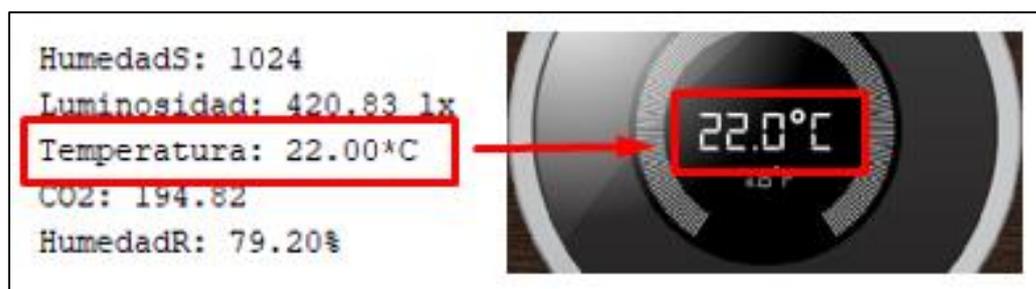


Figura 80. Verificación de Temperatura con aplicación móvil.

Fuente: Autoría

Para calibrar el sensor de humedad relativa, se usa la aplicación Termohigrómetro; se verifica que el valor medido por el sensor es bastante aproximado al valor que indica la aplicación así como se muestra en la Figura 81.

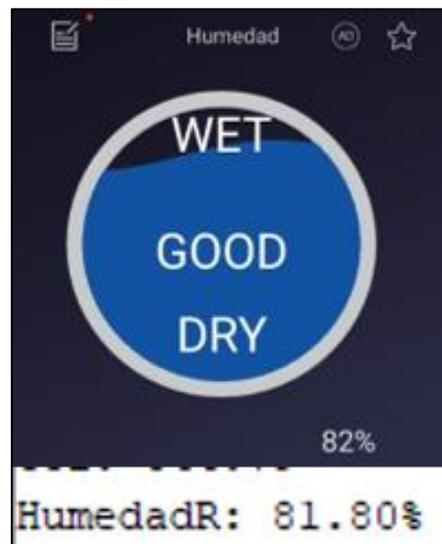


Figura 81. Verificación de la humedad relativa con aplicación móvil.

Fuente: Autoría

Para calibrar el sensor de luz es simple, lo que se hace es medir la intensidad lumínica cuando no hay incidencia de luz midiendo un valor de cero y un valor alto cuando incida luz sobre el dispositivo, el sensor si trabaja según las características mencionadas verificándose así su correcto funcionamiento.

Para calibrar el sensor de humedad del suelo, se toma sus valores analógicos siendo 1023 el máximo y 0 el mínimo; entonces para detectar el porcentaje de humedad del suelo se aplica la siguiente fórmula (ver ecuación 2):

$$HumedadS = -1 * (100 * \left(\frac{\text{valor del sensor}}{1023}\right) - 100)$$

Ecuación 3. Fórmula para calibrar el sensor de humedad del suelo.

Para calibrar el sensor de CO₂, se toma dos de sus valores analógicos y se compara con la curva característica del sensor que se muestra en el Datasheet del sensor MQ135 en donde se detalla la siguiente fórmula (ver ecuación 4):

$$ppm = a * x^b$$

Ecuación 4. Fórmula para calibrar el sensor MQ135

En donde: a y b constantes

x = valor medido

Se compara la ecuación con la gráfica y se obtiene el valor de las constantes: $a = 100,0482$ $b = -3,1041$

Entonces la fórmula para calcular el valor de CO2 en ppm está dada por la siguiente expresión (ver ecuación 5):

$$ppm = 100.0482 * \sqrt[-3.1041]{CO2/190,88}$$

Ecuación 5. Fórmula para calibrar el sensor MQ135 en base a constantes

4.2.5 Test de aplicación.

Consiste en evaluar la integración del sistema y su funcionalidad, en donde se verifica que se convierte en un sistema de comunicación de datos. Según el propósito del proyecto mediante esta prueba se comprueba que el envío de datos sea óptimo y sea presentado al usuario de forma conveniente y entendible. En la Tabla 44 se describe de manera detallada el test de aplicación realizado y sus requerimientos.

Tabla 44. *Pruebas de aplicación*

Test de Aplicación	Subsistema prueba	Aplicación
	Prueba de despliegue	Si/No
Descripción: Prueba de conexión con la aplicación		
Prerrequisitos:		
1. Crear cuenta en WebHocks		
2. Tener una cuenta de Google		
3.. Descargar e instalar la aplicación Blynk		
Pasos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Crear cuenta en Google • Crear cuenta en Webhocks 		

- Descargar e instalar la aplicación Blynk en un smartphone
- Verificar el envío de datos entre el NodeMCU y Google sheets
- Verificar la conectividad entre Blynk y en NodeMCU

Resultado esperado:

Existe conexión entre Google sheets y el NodeMCU de igual forma entre Blynk y el NodeMCU, se genera una base de datos en línea y se guarda en Google Drive para su posterior análisis y tratamiento de datos.

Fuente: Autoría

Como resultado se verifica la conectividad entre el NodeMCU y el internet, al contar con esta característica se cuenta con conectividad entre Google Sheets, motivo por el cual, se almacena información de manera adecuada que está disponible en Google Drive siendo una característica poderosa. En la Figura 82 se aprecia un mensaje de éxito al momento de enviar datos desde ROSEND hacia Google Sheets.

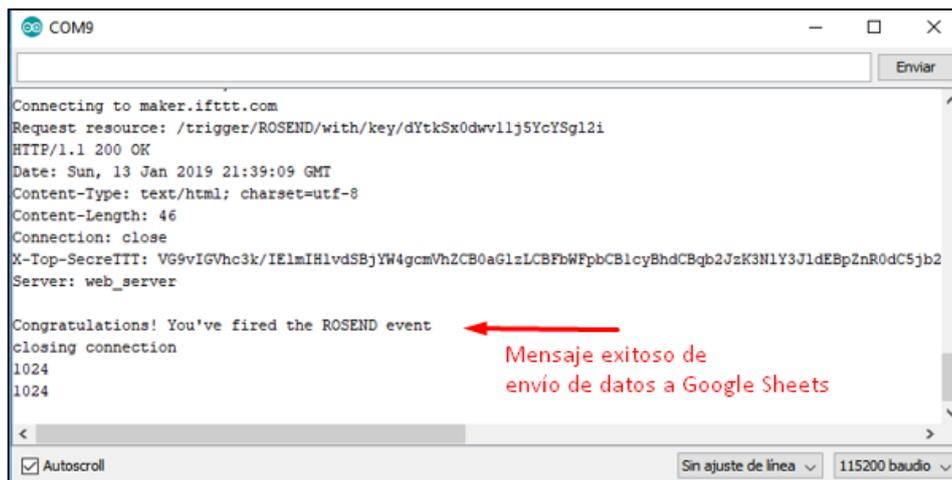


Figura 82. Mensaje enviado a Google Sheets.

Fuente Autoría

En caso de que la conexión sea fallida se detalla un mensaje de error y cierre de conexión cuando el dato no es enviado así como se aprecia en la Figura 83.

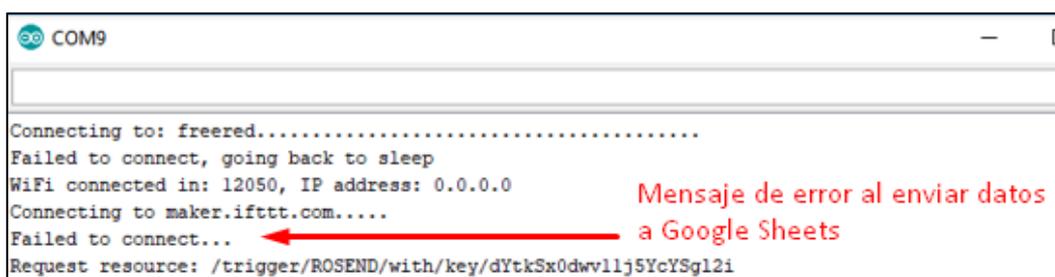


Figura 83. Mensaje de error al enviar datos a Google Sheets.

Fuente: Autoría

En la Figura 84 se muestra la base de datos formada por información que el NodeMCU envía a un documento de Excel online guardado en Google Drive (Google Sheets), se detalla la hora exacta de envío así como también el nombre de donde se está recibiendo los datos en este caso el sistema ROSEND.

	A	B	C	D	
1	January 10, 2019 at 11:46PM	ROSEND	HS/L/T/CO2/HR		
2	January 18, 2019 at 11:24PM	ROSEND	692;0.00;23.20;122;68.70	Envío	Exitoso
3	January 18, 2019 at 11:28PM	ROSEND	708;0.00;20.40;118;79.70	Envío	Exitoso
4	January 18, 2019 at 11:31PM	ROSEND	712;0.00;19.10;116;83.80	Envío	Exitoso
5	January 18, 2019 at 11:34PM	ROSEND	721;0.00;18.10;123;88.60	Envío	Exitoso
6	January 18, 2019 at 11:38PM	ROSEND	720;0.00;17.50;114;90.80	Envío	Exitoso
7	January 18, 2019 at 11:41PM	ROSEND	716;0.00;17.40;113;91.20	Envío	Exitoso
8	January 18, 2019 at 11:44PM	ROSEND	718;0.00;17.70;112;90.20	Envío	Exitoso
9	January 18, 2019 at 11:48PM	ROSEND	715;0.00;17.90;111;89.00	Envío	Exitoso
10	January 18, 2019 at 11:51PM	ROSEND	710;0.00;17.50;110;90.60	Envío	Exitoso
11	January 18, 2019 at 11:55PM	ROSEND	706;0.00;17.20;109;90.70	Envío	Exitoso
12	January 18, 2019 at 11:58PM	ROSEND	709;0.00;17.10;116;91.70	Envío	Exitoso
13	January 19, 2019 at 12:01AM	ROSEND	702;0.00;17.10;108;91.70	Envío	Exitoso
14	January 19, 2019 at 12:05AM	ROSEND	694;0.00;17.40;106;90.90	Envío	Exitoso
15	January 19, 2019 at 12:08AM	ROSEND	692;0.00;17.70;106;91.40	Envío	Exitoso
16	January 19, 2019 at 12:11AM	ROSEND	691;0.00;17.50;106;91.20	Envío	Exitoso
17	January 19, 2019 at 12:15AM	ROSEND	691;0.00;17.20;105;92.90	Envío	Exitoso
18	January 19, 2019 at 12:18AM	ROSEND	692;0.00;17.10;104;93.70	Envío	Exitoso

Figura 84. Recepción de datos en Google Sheets.

Fuente: Autoría

Ahora se presenta la prueba de verificación de conectividad entre el NodeMCU y Blynk en donde la aplicación móvil presenta una alerta visual de color rojo cuando el NodeMCU no se encuentra en línea así como se muestra en la Figura 85.

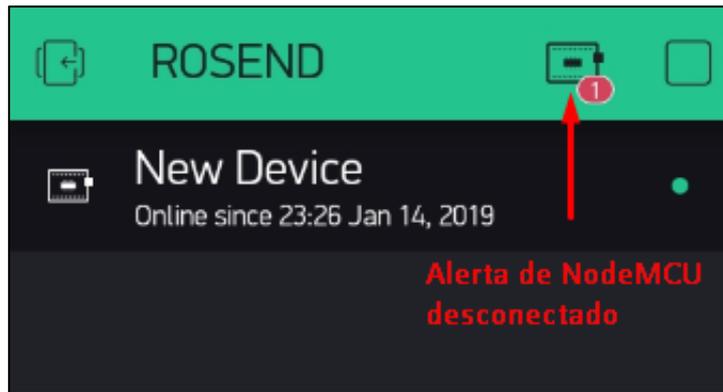


Figura 85. Indicador de no disponibilidad del NodeMCU.

Fuente Autoría

Si el dispositivo se encuentra en línea no aparece la notificación y si se muestra la información detallada del dispositivo aparece que el dispositivo se encuentra conectado y la hora y fecha de conexión así como se observa en la Figura 86.

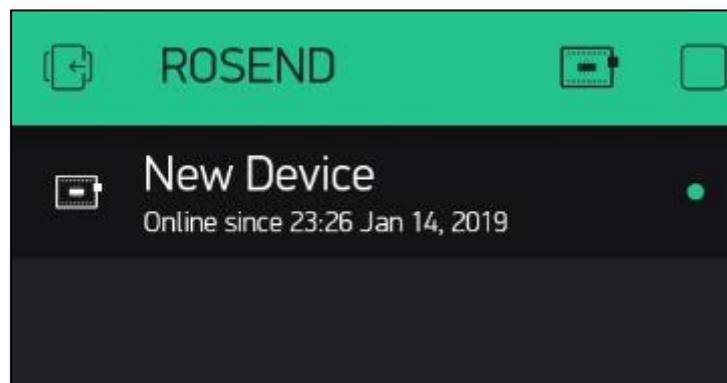


Figura 86. Pruebas de verificación realizadas en el ambiente controlado.

Fuente: Autoría

En la Figura 87, se muestra que el envío de texto desde el NodeMCU hacia el software Blynk es exitoso verificándose la conectividad del sistema en donde se presenta los datos medidos por el sistema ROSEND en el monitor serie de la IDE de Arduino y se verifica que los mismos valores son visualizados en la aplicación Blynk demostrándose que el envío de datos es exitoso.

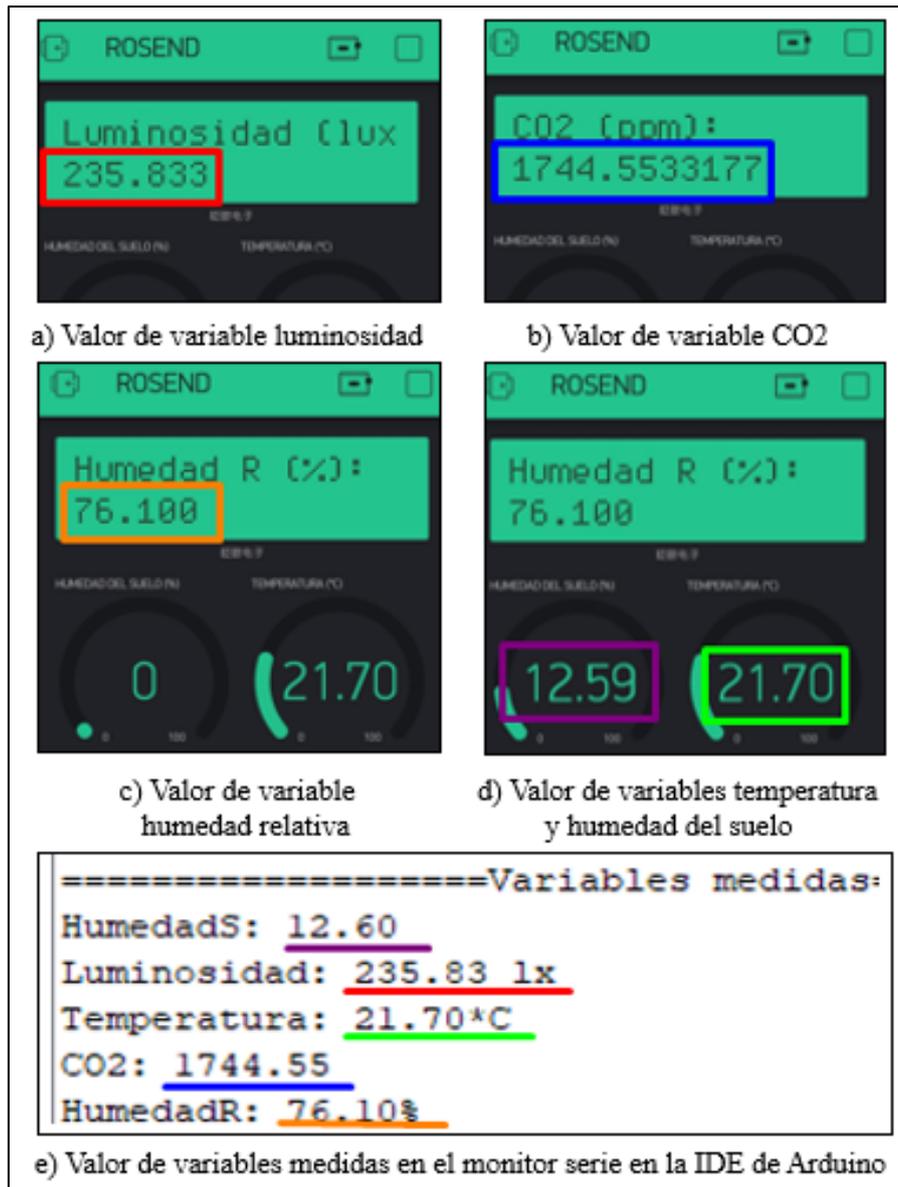


Figura 87. Recepción de datos en Blynk desde el NodeMCU.

Fuente: Autoría

En la Figura 88 se muestra el envío de la clase encontrada después de aplicar KNN en este caso a manera de alerta con un mensaje en donde la toma de decisiones depende del agricultor; en este caso el móvil del agricultor genera una alerta sonora y vibratoria notificándole la acción a realizar a manera de sugerencia.

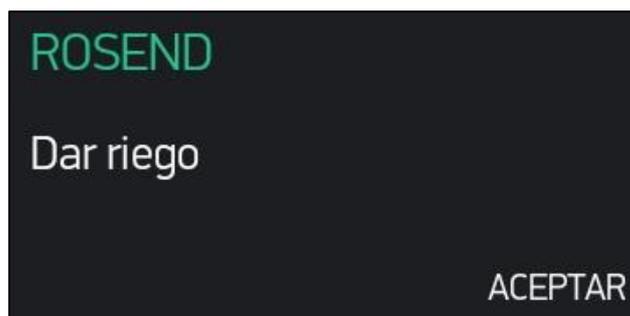


Figura 88. Recepción de texto en Blynk desde el NodeMCU.

Fuente: Autoría.

4.2.6 Test del gestor de batería.

La duración de la batería depende del tiempo que el sistema ROSEND esté en funcionamiento; mientras más tiempo el sistema se encuentre activo, consumirá más energía, por ende, la batería se descargará más rápido, entonces se incorpora un gestor de batería para que la misma sea recargada; este gestor tiene una conexión a un panel solar que recarga la batería con energía limpia.

Las pruebas de funcionamiento son de manera experimental en dos casos: el primero estando el nodo 1 en funcionamiento sin estar conectado el panel solar y el segundo cuando el nodo 1 se encuentra funcionando pero conectado al panel solar; los resultados se muestran en la Tabla 45.

Tabla 45 Test del gestor de batería

Prueba	Hora inicio	Hora fin	Tiempo de duración
1	11:46 am	19:19 pm	7 horas 33 minutos
2	08:40 am	19:40 pm	11 horas

Prueba 1: El Nodo 1 se encuentra alimentado por el gestor de batería en donde el panel solar se encuentra desconectado; en esta prueba se mide cuánto tiempo dura la batería sin una retroalimentación por una energía limpia en este caso el sol.

Prueba 2: El nodo 1 se encuentra alimentado por el gestor de batería en donde el panel solar se encuentra conectado; en esta prueba se mide cuánto tiempo de duración tiene la batería con retroalimentación por una energía limpia en este caso la solar.

Fuente: Autoría

La Tabla 45 muestra los resultados obtenidos, en donde la primera prueba tuvo un duración de 7 horas 33 minutos de funcionamiento, demostrando que durante ese tiempo el sistema ROSEND se encuentra operativo y que la batería es capaz de suplir ese tiempo; en la prueba 2 se evidencia que el sistema ROSEND funciona durante 11 horas lo que indica que el panel solar se encuentra funcionando y que alarga el funcionamiento del dispositivo en 4 horas 27 minutos.

4.2.7 Pruebas del ambiente controlado

Se detalla la construcción del ambiente controlado siguiendo las especificaciones mostradas en el apartado 3.11.7 para la estructura física y de igual forma la siembra y distribución de las plantas de rosas en los tratamientos planteados. En la Figura 89 se muestra en la sección a) la estructura física del ambiente controlado; en la sección b) se muestra la parte electrónica encargada de la temperatura, formada por lámparas incandescentes.

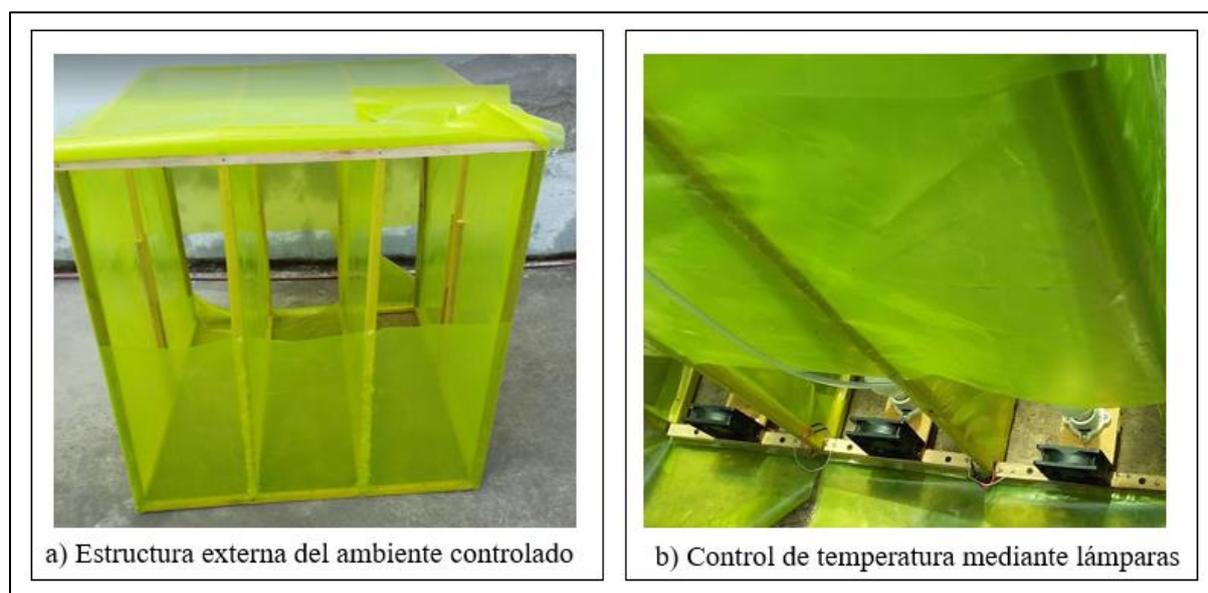


Figura 89. Estructura externa del ambiente controlado diseñado.

Fuente: Autoría

En la Figura 90 sección a) se muestra la parte electrónica encargada del control de temperatura formada por ventiladores y en la sección b) se muestra la distribución de los tratamientos descubiertos cuando la cobertura plástica se encuentra levantada para realizar la medición de la altura de la planta.



Figura 90. Distribución de los tratamientos en el ambiente controlado

Fuente: Autoría

Ya que se trata de un ambiente controlado, la parte electrónica se encarga del control del mismo, en este caso, no de forma automática sino de forma manual; si se desea incrementar la temperatura en cada uno de los tratamientos, se debe encender la lámpara incandescente y si se desea disminuir la temperatura se procede a encender los ventiladores en el tratamiento que se desee.

Mediante las pruebas de funcionamiento se determina que si se enciende la lámpara por una hora se logra incrementar la temperatura $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y si se enciende el ventilador por una hora se disminuye la temperatura $3\text{ }^{\circ}\text{C}$; éstas pruebas son netamente experimentales y el encender las lámparas se asocia con la clase cerrar cortinas por baja temperatura y encender los ventiladores se asocia con la clase abrir cortinas por alta temperatura una vez que el sistema ROSEND muestra una sugerencia al usuario.

4.3 Análisis del cultivo.

El objetivo de esta prueba es evaluar la eficiencia en el crecimiento de cuatro tratamientos de plantas de rosas en un ambiente controlado en este caso un invernadero y determinar en qué ambiente la planta se desarrolla de mejor manera y cuando se requiere riego, con el fin de cubrir las necesidades de cultivo en caso de tener un suelo seco y la demanda evaporativa, para ello, se analiza inicialmente el porcentaje de prendimiento y luego variables de desarrollo que son la altura de la planta, frondosidad y coloración de la hoja con el fin de evaluar qué tratamiento resulta ser el más adecuado al momento de cultivar plantas de rosa durante 4 semanas.

La unidad experimental es de 14,5cm x 62cm por cada tratamiento es decir 4 maceteros de las dimensiones mencionadas de altura de 14cm cada uno. Para el balance hídrico se aplica observación directa verificando el número de gotas de agua que se suministran por cada orificio del regadío.

4.3.1 Porcentaje de prendimiento.

En la Tabla 46 se muestra el porcentaje de prendimiento de los tratamientos teniendo en cuenta dos valoraciones cualitativas: prendieron y no prendieron respectivamente, el análisis de prendimiento se analiza una vez realizado el trasplante de los patrones a los diferentes maceteros que conforman los tratamientos respectivos.

Tabla 46. *Porcentaje de prendimiento*

Tratamiento	Prendieron (%)	No prendieron (%)
TRT1	100	0
TRT2	80	20
TRT3	80	20
TRT4	100	0
Total	90	10

Prendimiento: Es la adaptación de las plantas pequeñas a un ambiente luego de ser trasplantadas; si la planta se adapta perfectamente a las condiciones climáticas que la rodean, ésta vive, caso contrario muere.

TRT1: Tratamiento 1

TRT2: Tratamiento 2

TRT3: Tratamiento 3

TRT4: Tratamiento 4

Fuente: Autoría

En la Tabla 46 se muestra que una planta de rosa del tratamiento 2 y una del tratamiento 3 no prenden, es decir, no sobrevivió y se marchitó dando un porcentaje de prendimiento del 80% en cada caso lo que representa un 90% de prendimiento a nivel general de los cuatro tratamientos.

4.3.2 Altura de la planta.

En la Tabla 47 se muestra la longitud promedio analizada en los 4 tratamientos en donde se mide la altura de cada una de las plantas cuyos resultados se muestran en el Anexo 5 con el fin de verificar el crecimiento de la misma, determinando así la variación entre los diferentes tratamientos, de tal forma que, observando la influencia de las condiciones ambientales en el desarrollo de la rosa.

Tabla 47. *Longitud promedio de las plantas durante el primer mes*

Tratamiento	Longitud promedio (cm)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TRT1	16,62	17,91	18,77	19,53
TRT2	18,11	19,24	19,81	20,77
TRT3	20,25	21,07	21,94	22,65
TRT4	19,23	20,25	20,90	22,49

Fuente: Autoría

En la Tabla 47 se evidencia que existe un cambio drástico en el crecimiento de las plantas notándose que el tratamiento 3 (el cual se riega cada 2 días y se mantiene cerradas las cortinas) tiene un crecimiento mayor en comparación a los otros tratamientos. La altura de la planta se mide desde el suelo hacia la punta de la planta así como se aprecia en la Figura 91.



Figura 91. Medición de la altura de las plantas.

Fuente: Autoría

4.3.3 Coloración de la hoja.

Durante las pruebas y mediante observación directa se determina que algunas hojas de las plantas se tornan amarillas por exceso de agua, descubriendo una anomalía conocida como clorosis la que consiste en la deficiencia de clorofila en las plantas. Cuando se presenta este problema, las hojas tienden caer de la planta y si no se atiende a tiempo la planta puede morir.

En la Tabla 48 se aprecian los resultados obtenidos con respecto al primer mes y la toma de datos que se realizó se puede observar en el Anexo 5.

Tabla 48. Coloración de la hoja

Tratamiento	Coloración de las hojas			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TRT1	Verde vivo	Verde vivo	Verde vivo	Amarillento
TRT2	Verde vivo	Verde vivo	Verde vivo	Amarillento
TRT3	Verde vivo	Verde vivo	Verde vivo	Verde vivo
TRT4	Verde vivo	Verde vivo	Verde vivo	Amarillento

Fuente: Autoría

En la Tabla 48 se evidencia que en el tratamiento 3 la coloración de la hoja es verde vivo, hasta la semana 4, lo que indica que este tratamiento es mucho más adecuado que el TRT1,2,4.

En la Figura 92 se aprecia la coloración de la hoja con el pasar del tiempo en donde se evidencia que inicialmente las plantas tenían un color verde brillante y con el pasar de los días este color fue cambiando hasta llegar a amarillento debido a la clorosis producida por exceso de agua en el tratamiento 4.

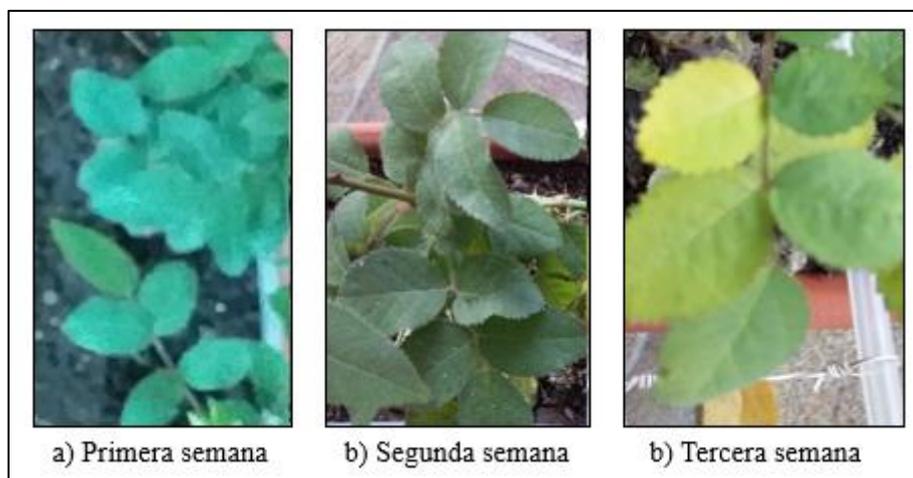


Figura 92. Coloración de la hoja con el pasar del tiempo en el tratamiento 4

Fuente: Autoría

4.3.4 Frondosidad.

Durante el estudio se observa que algunas plantas desarrollan hojas más grandes y vistosas que otras; de igual forma algunas plantas desarrollan más hojas en comparación con otras; en algunos casos las plantas tenían pocas hojas, contrariamente a esto algunas plantas de rosa tenían hojas abundantes. La información se detalla en la Tabla 49 en donde se aprecia los resultados obtenidos durante el primer mes.

Tabla 49. *Frondosidad de la planta*

Tratamiento	Frondosidad de la planta			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TRT1	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio
TRT2	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio
TRT3	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
TRT4	Abundante	Abundante	Poco	Poco

Fuente: Autoría

En la Tabla 49 se evidencia que a partir de la semana 3 las plantas experimentaron un cambio el cual consiste en la pérdida de hojas ya que estas se amarillaban, especialmente en el tratamiento 4 se aprecia este fenómeno. El tratamiento 3 presenta mayor frondosidad que el resto de los tratamientos, es decir, las plantas se encuentran formadas por un mayor número de hojas.

4.3.5 Eficiencia del uso del agua.

Se aplica para cultivos bajo invernadero, con el fin de determinar la cantidad y el momento de aplicación del riego para compensar el déficit de humedad y la demanda que la evapotranspiración durante todo un periodo. Para este tipo de estudios se realiza el cálculo del balance hídrico, calculando la evapotranspiración del cultivo y el agua que es aportada por fuentes externas (lluvia y riego) y la capacidad del suelo para almacenamiento. En el presente proyecto, se determina esta eficiencia en base a las recomendaciones de un experto en este caso el ingeniero agrónomo mencionado en este documento, evaluando el requerimiento de agua en el cultivo de rosas y evaluando la eficiencia de cuatro programas de riego. El sistema de riego usado se muestra en la Figura 93 en donde se muestra la división en Y para la canalización y las mangueras usadas.



Figura 93. Canalización del riego.

Fuente: Autoría

En la Figura 94 se muestra el embudo y la medida usada para aplicar el riego a cada uno de los tratamientos, el embudo se conecta directamente con cada una de las canalizaciones del riego en donde existe dos derivaciones ya que se usa un derivador en Y.



Figura 94. Embudo y medida para aplicación de riego.

Fuente: Autoría

Se procede a calcular la lámina de riego en donde se hace uso de la Ecuación 7, en donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo. En este documento se toma en cuenta al valor de la evapotranspiración como 3mm parámetro de referencia consultado al ingeniero agrónomo Alejandro Simba experto en riego de la empresa Tonello en Cayambe Ecuador y para la eficiencia de riego se toma el valor de 0,9 según (Roberto Sánchez, 2006).

$$L.R. = \frac{ET_c}{\text{Eficiencia de riego}}$$

Ecuación 6. Cálculo de la lámina de riego

Reemplazando los valores en la ecuación 6 se obtiene el valor de 3,3 mm para la lámina de riego que transformado es de 0,0033 metros. El área efectiva en donde se humedece el suelo en el invernadero de estudio (ambiente controlado) es de 196 cm^2 . El volumen de agua se calcula mediante la Ecuación 6 en base a la lámina de riego por el área.

$$\text{Volumen de agua} = L.R. \times \text{Area}(\text{m}^2)$$

Ecuación 7. Cálculo para el volumen de agua

Reemplazando los datos en la ecuación anterior se obtiene que se requiere $0,00006468 \text{ m}^3$ de agua, valor que es convertido a litros usando un conversor online dando como resultado 646,8 ml, un valor bastante cercano a los 500 ml aplicados a los tratamientos.

Se usa un recipiente reservorio con el fin de determinar el agua que llega a cada planta de rosa en donde se obtiene como resultado que 30 mililitros de agua son aplicados a cada planta, si el riego se lo realizase a diario, serían necesarios 15 mililitros de agua al día según parámetros del tratamiento; usando un conversor en línea de gotas a mililitros se obtiene que 15 mililitros de agua equivalente a 300 gotas por día que se debe aplicar en una superficie de suelo de 196 cm^2 o $0,0196 \text{ m}^2$. En la Tabla 50 se muestra la frecuencia de riego y la cantidad de agua suministrada al cultivo en mililitros y su equivalente en gotas.

Tabla 50. *Requerimiento de agua de un área efectiva de terreno*

Área efectiva	Frecuencia	Cantidad de agua	Equivalente en gotas
0,0196 m ²	Pasando un día	30 ml	600
0,0196 m ²	Diario	15 ml	300

Fuente: Autoría

El invernadero del señor Juan Cacuango, no cuenta con un sistema de riego homogéneo, puesto que, tiene mangueras que riegan de dos formas: un tipo de manguera riega a razón de 30 gotas por minuto y otro tipo de manguera riega a razón de 20 gotas por minuto según el sistema de riego que tiene implementado que es a razón de 200 litros de agua por cada 200 m² de superficie (Parámetro que fue dado el día de la entrevista).

Luego se calcula la dosis de riego el área efectiva nombrada, para lo cual, se usa la ecuación 8, en donde DR es la dosis de riego, LR es la lámina de riego y AR es el área de riego.

$$DR = \frac{LR \times AR}{10}$$

Ecuación 8. Cálculo de la Dosis de Riego

Reemplazando el valor de LR calculado con la Ecuación 6 y el área de riego siendo la misma 200 m² se obtiene que la dosis de riego es 0.66 m³ lo que equivale a 66 litros lo que indica un desperdicio de agua.

Ahora se procede a realizar el análisis de riego en el área efectiva de 0,0196 m² correspondiente la superficie de los tratamientos realizados en base a los datos del invernadero en Tabacundo; comparando con las 300 gotas que un cultivo de rosas requiere se evidencia que existe un exceso de riego, por este motivo, el sistema ROSEND se vuelve efectivo ya que se toma como referencia el valor de humedad de suelo que representa las 300 gotas de agua por día para la asignación de clases siendo el porcentaje de humedad

desde 55% hasta 65% medida por el sistema ROSEND; en la Tabla 51 se muestra la relación de ahorro de agua usando el sistema ROSEND.

Tabla 51. *Relación de ahorro de agua usando el sistema ROSEND*

Con el sistema ROSEND	Sin el sistema ROSEND
300 gotas por día	392 gotas por día

Ahorro: 92 gotas por cada 0,0196 m² de superficie ahorrando así 0,23 litros de agua por metro cuadrado de superficie de terreno lo que equivale al 23% de ahorro por metro cuadrado. (estos datos han sido obtenidos mediante una regla de tres simple y un conversor online de gotas a litros).

Fuente: Autoría

4.6 Integración del sistema ROSEND en el ambiente controlado y pruebas finales.

La Figura 95 muestra el nodo 1 integrado en el ambiente controlado; el desplazamiento de un tratamiento a otro se realiza por la persona encargada del riego del cultivo. El sistema ROSEND funciona de la siguiente forma: al activar el switch de encendido, circula corriente eléctrica por el sistema en donde el módulo Wifi ESP 8266 intenta conectarse a una red; luego de establecer conexión a la red correspondiente se estabiliza el sistema y mide las variables ambientales que influyen en el crecimiento de la planta de rosa, estos valores son enviados a Google Sheets y a su vez se muestran en la interfaz de usuario diseñada mediante el software Blynk, luego el sistema embebido realiza el respectivo procesamiento para el reconocimiento de patrones usando el algoritmo KNN, enviando la respuesta mediante una notificación al móvil del usuario. En la Figura 95 en la sección a) se muestra el Nodo 1 en el tratamiento 3 dentro del ambiente controlado; en la sección b) se muestra el Nodo 1 dentro del ambiente controlado en el tratamiento 2.

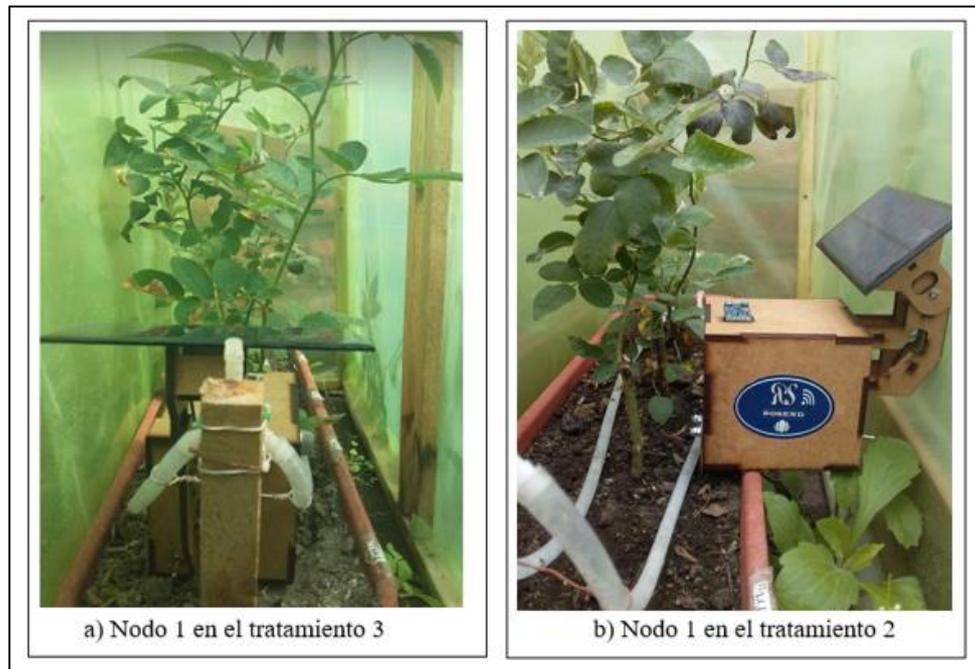


Figura 95. Nodo 1 en el ambiente controlado.

Fuente: Autoría

La Figura 96 muestra en la sección a) los nodos 1 y 2 en el tratamiento 3 y 1 respectivamente fuera de la cubierta de plástico y en la sección b) se muestra el Nodo 2 en el tratamiento 1. El manual de funcionamiento del sistema se muestra en el Anexo 9.

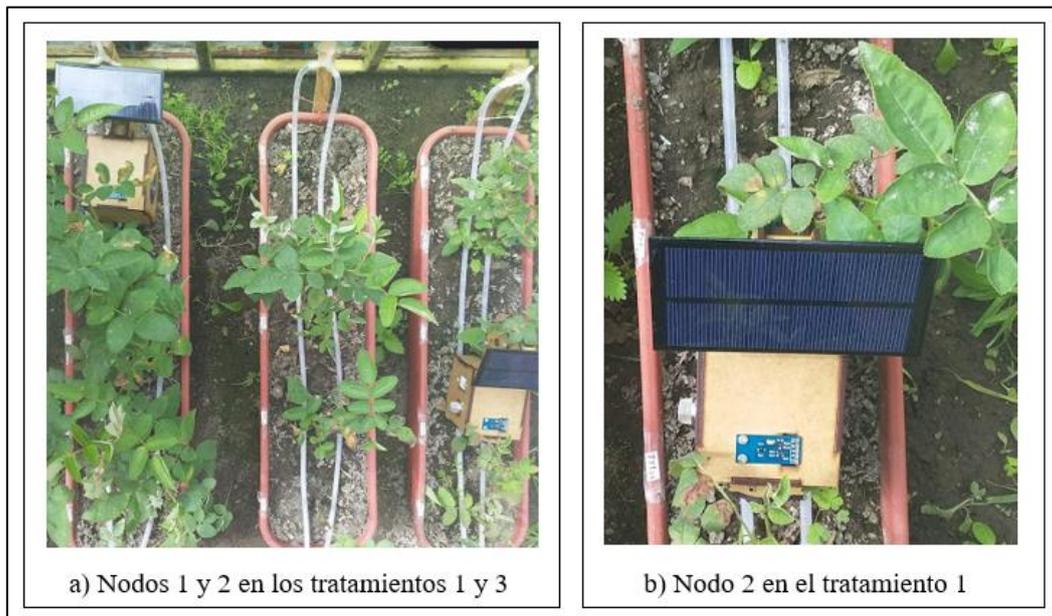


Figura 96. Sistema ROSEND en el ambiente controlado.

Fuente: Autoría

En la Figura 97 se muestra el proceso que el algoritmo KNN realiza dentro del sistema embebido en el monitor serial del IDE de Arduino, en donde, se muestra los parámetros ambientales tomados en ese instante de tiempo, las distancias encontradas, los K vecinos más cercanos y la respectiva clase a la que pertenece un nuevo dato.

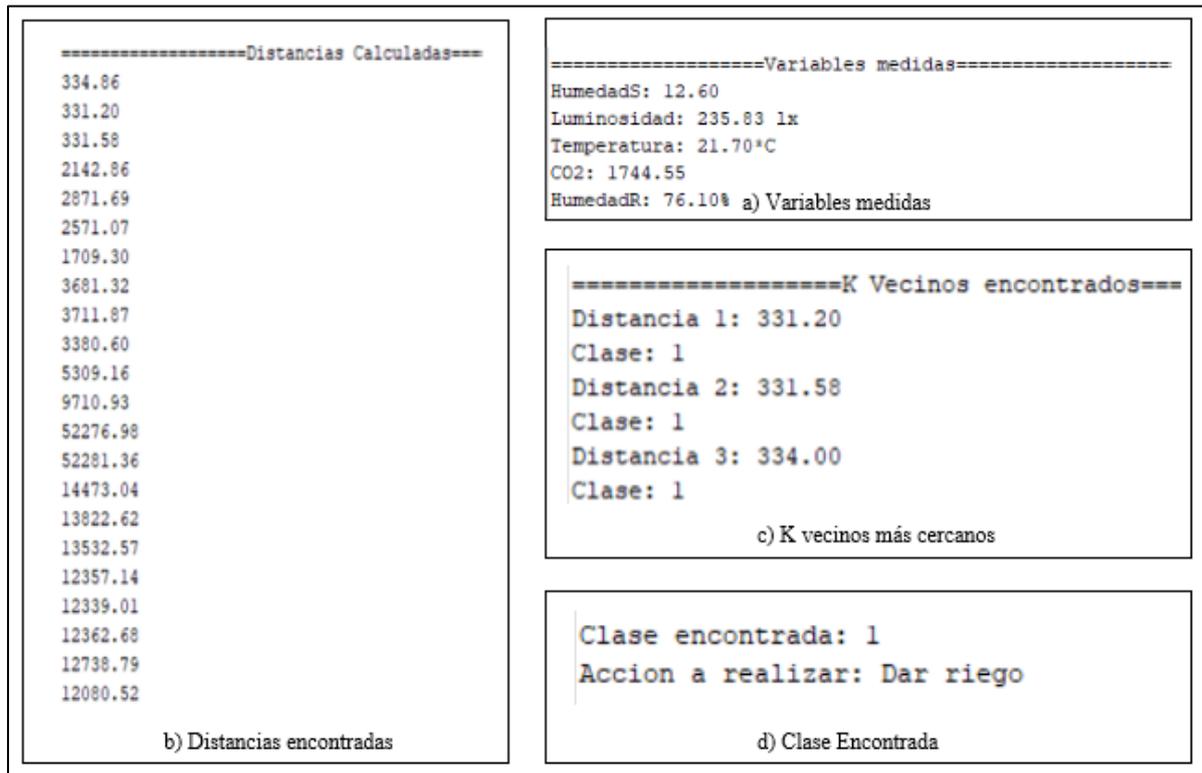


Figura 97. Funcionamiento del algoritmo KNN.

Fuente: Autoría

La Figura 98 muestra la clase predicha, la misma que es enviada al software Blynk y se verifica que el envío de información es exitoso.

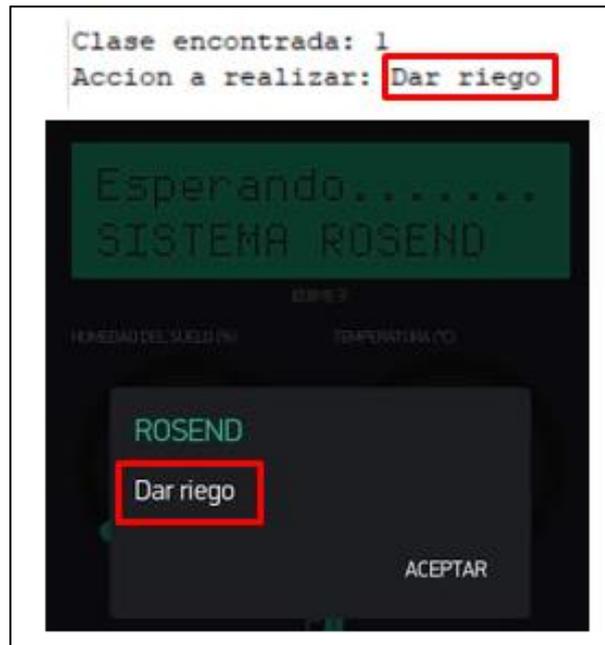


Figura 98. Notificación en la interfaz del software Blynk.

Fuente: Autoría

4.6.1 Pruebas en el ambiente controlado.

Se realizan las pruebas en el ambiente controlado colocando el Nodo 2 con el fin de verificar la fiabilidad del sistema comparando los criterios de recomendación que sugiere el Nodo y del experto en este caso el ingeniero agrónomo mencionado a lo largo del documento y apreciación visual.

En la Figura 99 se muestra dos criterios para evaluar la precisión del sistema; la sección a) muestra un suelo en un ambiente que requiere riego y la sección b) muestra un suelo en un ambiente que no requiere riego según apreciación visual del ingeniero agrónomo.



Figura 99. Suelo seco vs. Suelo húmedo.

Fuente: Autoría

Para estimar el porcentaje de precisión, se debe tomar en cuenta el número de aciertos y el total de pruebas, en donde el valor de precisión es igual a la división del número de aciertos para el número total de pruebas según la ecuación 6.

$$\textit{Precisión} = \frac{\textit{Aciertos}}{\textit{Total pruebas}}$$

Ecuación 9. Fórmula para el cálculo de la precisión

Tabla 52. *Fiabilidad del sistema (Ambiente controlado)*

Tratamiento	Aciertos	Desaciertos	Porcentaje
TRT1	4	1	80%
TRT2	5	0	100%
TRT3	5	0	100%
TRT4	3	2	60%
Total	17	3	85%

Fuente: Autoría

De la Tabla 52 se muestra que el sistema tiene una fiabilidad del 85 % y un porcentaje de error de 15%, motivo por el cual, el dispositivo resulta de mucha ayuda en la toma de decisiones al momento de monitorear un cultivo de rosas.

4.6.2 Pruebas en un invernadero en Tabacundo.

Se realizan las pruebas en un invernadero en Tabacundo colocando el Nodo 1 sobre el suelo y se verifica el envío de datos con el fin de comprobar la fiabilidad del sistema comparando los criterios de recomendación del sistema y del experto en este caso el encargado del cultivo de rosas.

En la Figura 100 se muestra dos criterios para evaluar la precisión del sistema; la sección a) muestra un suelo en un ambiente que requiere riego y la sección b) muestra un suelo en un ambiente que no requiere riego según apreciación visual del encargado del riego dentro del invernadero.



Figura 100. Suelo húmedo vs. Suelo seco.

Fuente Autoría

Tabla 53. *Fiabilidad del sistema (Invernadero de rosas)*

Tratamiento	Aciertos	Desaciertos	Porcentaje
Cama 1	10	0	100%
Cama 2	9	1	90%
Cama 3	10	0	100%
Cama 4	8	2	80%
Cama 5	8	2	80%
Cama 6	10	0	100%
Cama 7	8	2	80%
Total	63	7	90%

Fuente: Autoría

EN la Tabla 53 se muestra que el sistema tiene una fiabilidad del 90 % y un porcentaje de error de 10%, por lo cual, el dispositivo resulta de mucha ayuda en la toma de decisiones al momento de monitorear un cultivo de rosas.

4.6.3 Pruebas de desplazamiento del sistema sobre robot Farmi 4.

Para esta prueba se integra el nodo 1 en un vehículo preprogramado que se desplaza en un área de terreno en base al sistema global de posicionamiento GPS con la finalidad de tener un nodo móvil resaltando que vehículo no forma parte del alcance de la presente proyecto. Este vehículo forma parte del trabajo de investigación realizado por Christian Quespaz, (estudiante de ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte). El desplazamiento del sistema ROSEND a través del vehículo así como la obtención de datos por parte del nodo 1 se realiza en uno de los invernaderos de Tabacundo Cananvalle sector 3.

En la Figura 101 se aprecia el Nodo 1 sobre el vehículo antes mencionado; en la sección a) se muestra la vista frontal del vehículo el que incluye dos diodos led indicadores de encendido del sistema; en la sección b) se muestra la parte posterior del vehículo en donde se aprecia un diodo led rojo como indicador de funcionamiento del panel solar y un diodo led verde como indicador de encendido del sistema.

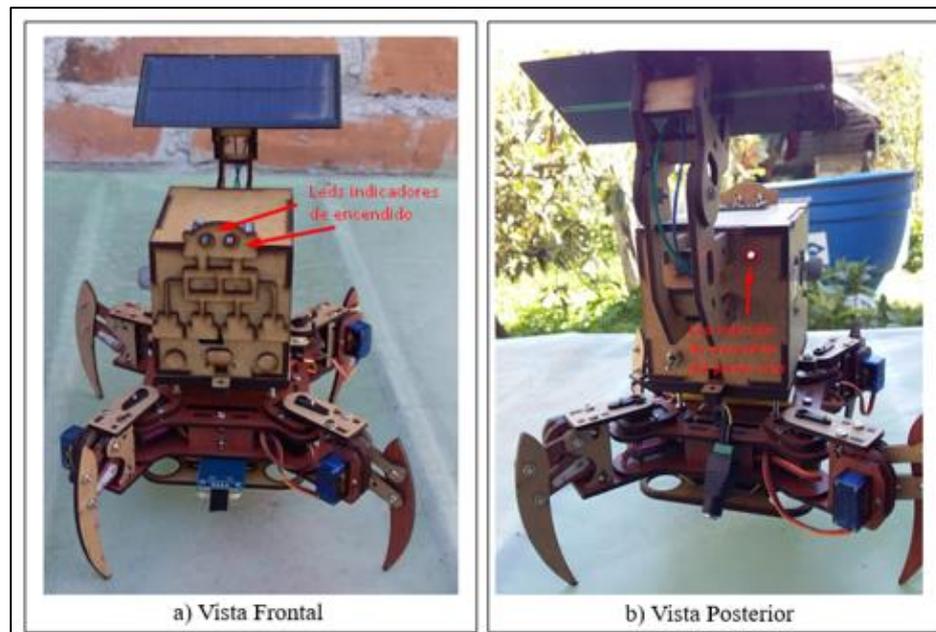


Figura 101. Nodo 1 sobre vehículo Farmi 4 (1)

Fuente: Autoría

La Figura 102 en la sección a) muestra la parte lateral derecha del sistema donde se aprecia el logotipo del sistema ROSEND; en la sección b) se muestra la vista lateral izquierda del vehículo donde se aprecia los sensores de CO2 y Temperatura y humedad relativa.

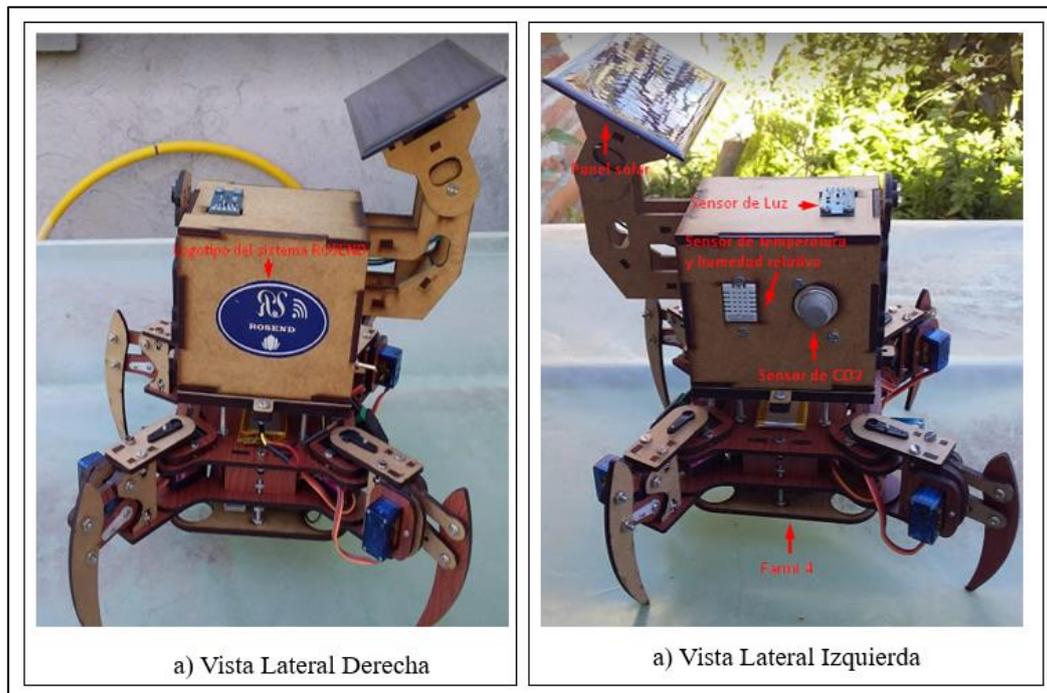


Figura 102. Nodo 1 sobre vehículo Farmi 4 (2)

Fuente: Autoría

Posterior a la integración del Nodo 1 y del robot, se visita Tabacundo Cananvalle sector 3 y se realizan pruebas de desplazamiento en el invernadero del Sr. Juan Cacungo quien muestra bastante aceptación por el dispositivo final.

Para la prueba de desplazamiento se integra el Nodo 1 sobre el Farmi 4 (nombre del cuadrúpedo según la investigación de Crhistian Quespaz) y se coloca el robot en las camas del rosal en donde se desplazó adecuadamente además de mostrar las notificaciones al usuario dependiendo del lugar donde se encontraba el sistema.

El dispositivo tiene la habilidad de sentarse, cuando el sistema se encuentra en desplazamiento, el Nodo 1 toma datos y realiza el procesamiento respectivo, luego de haber transcurrido un minuto, el Nodo 1 entra en modo Deep Sleep y el robot se levanta y se desplaza por un lapso de dos minutos y se sienta nuevamente, al momento que el robot se sienta, el Nodo 1 se despierta y mide datos y así sucesivamente hasta terminar el desplazamiento. En la Figura 103 sección a) se muestra cuando el robot se sienta y toma datos, y en la sección b) se muestra cuando el robot se desplaza por el terreno.



Figura 103. Sistema ROSEND sobre Farmi 4 en invernadero en Tabacundo.

Fuente: Autoría

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Introducción

Este es el apartado final del documento en donde se detallan las conclusiones y recomendaciones encontradas a lo largo del desarrollo del proyecto una vez terminado con los cuatro capítulos mostrados anteriormente. Es un capítulo corto, pero en sí es el resultado de la investigación. También puede tomarse criterios a partir de estas conclusiones para investigaciones futuras dando pautas iniciales y así continuar con la implementación de dispositivos tecnológicos en la agricultura dando inicio a la agricultura inteligente.

5.2 Conclusiones

- A través de la revisión bibliográfica se estableció las condiciones ambientales que influyen en el crecimiento de una planta de rosa. Con esta información se determinó que el sistema ROSEND requiere de un sensor por cada tipo de variable influyente.
- El sistema ROSEND es una aplicación electrónica en base a software y hardware libre, es un dispositivo viable para implementarlo en invernaderos de rosas, ya que, en la actualidad los criterios para realizar una acción dentro del invernadero únicamente se basan en la percepción humana más no en la medición de condiciones ambientales lo que daría inicio a la agricultura inteligente en Ecuador a muy bajo costo.
- La placa de desarrollo NodeMCU presenta mejores características que la placa ARDUINO UNO tanto en su memoria flash, así como también en la velocidad de reloj aparte que integra el módulo ESP 8266 para la comunicación mediante wifi lo que lo convierte en un poderoso dispositivo que permite desarrollar un sinnúmero de aplicaciones relacionadas con el internet de las cosas.

- El proceso de Benchmark ayudó a seleccionar de manera adecuada y precisa los sensores que se adapten a las condiciones del proyecto tomando en cuenta los parámetros de disponibilidad, tiempo de respuesta, precisión y precio dando una visión clara; además mediante la valoración con respecto a los requerimientos usuario de si cumple o no cumple se estableció que el NodeMCU es el más adecuado en aplicaciones de Internet of Things.
- Al realizar los tratamientos de rosas se evidencia que el crecimiento de las plantas ha sido satisfactorio en el tratamiento 3, la frondosidad de algunas plantas varía dependiendo de los factores climáticos del entorno, llegando a notar que ciertas plantas se tornaron amarillas debido al exceso de agua, otras solo desarrollaban hojas pequeñas.
- Mediante el coeficiente de correlación entre la humedad del suelo y la temperatura con un valor de 0,64 se concluye que la variable humedad del suelo es dependiente de la temperatura y la humedad relativa mas no de la luminosidad y del CO₂.
- El filtro de ruido CNN resulto ser el más conveniente ya que es el que redujo 218 instancias en 8,76 segundos manteniendo las características de las clases en una base de datos reducida la cual fue almacenada en la placa de desarrollo NODEMCU con el fin de aplicar el algoritmo de clasificación KNN cuando el Nodo identifique un nuevo valor.
- La eficiencia del algoritmo de clasificación KNN usando el software RStudio y una matriz de entrenamiento de 132 datos fue del 98,3% en un tiempo prudencial de 0,08 segundos trabajado con 3 vecinos (K).

- El reconocimiento de patrones se lo realizó mediante el algoritmo de clasificación KNN dando una precisión del 90% y 10% de error lo que resulta bastante factible para la investigación.
- La metodología del modelo en V sirvió de gran manera para tener un control estructurado sobre el desarrollo del prototipo en donde se verificó cada uno de los procesos cumpliendo los requerimientos de hardware, software, de usuario y del sistema y queda documentado todo el proceso mediante tablas, imágenes y pruebas de funcionamiento del sistema en general.
- Se determinó mediante cálculos que una vez el sistema ROSEND se implemente en un invernadero de rosas, se puede optimizar el recurso hídrico en un 23% por metro cuadrado de superficie de terreno; de esta forma se ahorra agua.
- Se logró cumplir con los objetivos del proyecto de manera satisfactoria, se cuenta con un sistema que reconoce patrones de datos en una red WSN que muestra sugerencias con respecto al riego al agricultor en una aplicación móvil.

5.3 Recomendaciones

- El sistema es pequeño, y manual presentándose un inconveniente, por ende, se recomienda montar el dispositivo en un vehículo programado para que el mismo se desplace por un área extensa de cultivo de forma automática.
- Se debe verificar el estado de la batería y evitar que la misma se descargue en su totalidad, alargando así el tiempo de vida del sistema; es recomendable usar siempre el gestor de batería con panel solar para conseguir este propósito.
- La base de datos debe estar estructurada en 6 columnas y 4 clases, en donde, las clases sean representadas por un valor entero y ordenadas para evitar confusión al momento de desarrollar cualquier aplicación de hardware y software libre.

- Cuando se diseñe dispositivos basados en software y hardware libre se recomienda hacer un estudio de Benchmark referente al precio de los dispositivos con el fin de generar tecnología propia y asequible en el país con el propósito de no importar tecnología si no de generarla nacionalmente.
- Cuando se requiera reprogramar los Nodos, se recomienda quitar el puente de reinicio para que el sketch sea subido en la placa de desarrollo de la manera mas adecuada posible.
- Se recomienda que el área de cobertura de la red wifi cubra la mayor parte del cultivo aunque si se presentaran inconvenientes, se puede configurar la topología tipo árbol en donde los nodos se interconectan uno con otro y el nodo final al Gateway cubriendo ese problema.
- Para posteriores investigaciones se recomienda implementar una aplicación que permita automatizar procesos de riego y de ventilación dentro de un cultivo de rosas para que las medidas correctivas sean aplicadas de forma automática y así se facilite el desarrollo de actividades referentes al cultivo por parte de los agricultores.

REFERENCIAS

- AliExpress. (s.f.). *Gliduino FC-28 higrómetro de suelo Módulo de detección de humedad Sensor de agua para Arduino*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/FC-28-Soil-Hygrometer-Humidity-Detection-Module-Moisture-Water-Sensor-for-Arduino-Free-Shipping/32435196705.html>
- Arduino. (2018). *Trademark*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Trademark/HomePage>
- Barbosa, P. A. (11 de Diciembre de 2012). *WWAN*. Obtenido de <https://10infrcpaulo.wordpress.com/2012/12/11/wwan/>
- Barojas, S. A. (Enero de 2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Blázquez, J. P. (2011). *Introducción a los sistemas inalámbricos*. Obtenido de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)
- Blynk. (2019). *Blynk*. Obtenido de <https://blynk.io/>
- Caballero, R., & Martín, E. (2015). *La bases de Big Data*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Castillo, F. E., & Sentis, F. C. (2001). *Agrometeorología*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Cermeño, Z. S. (2002). *Construcción de invernaderos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Cheemi Technology. (2016). *La DHT21/Am2301 Digital capacitivo Sensor de temperatura y humedad*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_current-sensor/product_Dht21-Am2301-Capacitive-Digital-Temperature-and-Humidity-Sensor_ruuyohrsg.html
- Components 101. (05 de Enero de 2018). *DHT11–Temperature and Humidity Sensor*. Obtenido de <https://components101.com/dht11-temperature-sensor>
- Components 101. (19 de Abril de 2018). *DHT22 – Temperature and Humidity Sensor*. Obtenido de <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>
- Components 101. (27 de Febrero de 2018). *MQ-135 - Gas Sensor for Air Quality*. Obtenido de <https://components101.com/sensors/mq135-gas-sensor-for-air-quality>
- El Comercio. (17 de Mayo de 2017). *Agricultura en ambiente controlado, solución a cambio climático en América Latina*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/agricultura-ambiente-controlado-solucion-cambio-climatico-america-latina-423297>
- El rincón de JMCOE. (10 de Noviembre de 2018). *5 de los mejores software de minería de datos de Código Libre y Abierto*. Obtenido de http://blog.jmcoe.com/gestion_ti/base_de_datos/5-mejores-software-mineria-datos-codigo-libre-abierto/
- Espinoza, E. (Mayo de 2015). *Evaluación de cuatro labores económicas, para la inducción temprana de brotación de yemas de producción, en dos variedades de rosa. (Rosa spp.)*

- Pedro Moncayo-Ecuador 2012. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9831/1/YT00242.pdf>
- Evans, D. (2018). *Agricultura de precisión con análisis de big data*. Obtenido de <https://www.intel.co.uk/content/www/uk/en/it-management/cloud-analytic-hub/big-data-helps-farmers.html>
- Expoflores. (31 de Mayo de 2017). *Rosas de Tabacundo: las flores protagonistas de mayo*. Obtenido de <http://flor.ebizaro.com/rosas-de-tabacundo-flores-protagonistas/>
- FAO. (2015). *Evapotranspiración del Cultivo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO. (19 de Junio de 2017). *Smart Farming is key for the future of agriculture*. Obtenido de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/897026/>
- FAO. (s.f.). *BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS –BPAEN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1374s/a1374s02.pdf>
- FIA. (2008). *Tecnologías Aplicables en Agricultura de Precisión*. Obtenido de Uso de tecnología de precisión en evaluación, diagnóstico y solución de problemas productivos: http://wapp.corfo.cl/ticrural/descargas/I+D+I_3_TECNOLOGIAS_AGRICULTURA_PRECISION.pdf
- Fragoso, R. B. (18 de Junio de 2012). *¿Qué es Big Data?* Obtenido de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/local/im/que-es-big-data/index.html>
- García, E., & Flego, F. (s.f.). *Agricultura de precisión*. Obtenido de <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- Gironi, D. (25 de Enero de 2014). *Cheap CO2 meter using the MQ135 sensor with AVR ATmega*. Obtenido de <http://davidegironi.blogspot.com/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html#.XC-n41xKjIU>
- GitBook. (s.f.). *Mastering Apache Spark*. Obtenido de <https://jaceklaskowski.gitbooks.io/mastering-apache-spark/spark-webui-jobs.html>
- Gormaz, I. (2013). *Descubrimiento del Conocimiento (KDD) : “El Proceso de minería”*. Obtenido de <http://mineriadatos1.blogspot.com/2013/06/descubrimiento-del-conocimiento-kdd-el.html>
- Hadoop. (8 de Agosto de 2018). *Apache Hadoop*. Obtenido de <https://hadoop.apache.org/>
- Heidari, M., & Khodadadi, H. (Septiembre de 2017). *Climate control of an agricultural greenhouse by using fuzzy logic self-tuning PID approach*. Obtenido de <https://doi.org/10.23919/IConAC.2017.8082074>
- HETPRO. (s.f.). *SENSOR DE LUZ TSL2560*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/sensor-de-luz-tsl2560/>
- IFTTT. (2018). *IFTTT*. Obtenido de <https://ifttt.com/services>

- infoAgro. (2016). *EL CULTIVO DE LAS ROSAS PARA CORTE* . Obtenido de <http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.htm>
- infoAgro. (2018). *Control climático en invernaderos*. Obtenido de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- IONOS. (30 de Enero de 2018). *Software de data mining: realiza análisis de datos más efectivos*. Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/analisis-web/software-de-data-mining-las-mejores-herramientas/>
- K, P., J, M., & K, B. (Enero de 2017). *Remote sensing and controlling of greenhouse agriculture parameters based on IoT*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/BID.2017.8336571>
- Kassim, M. R., Harun, A. N., Yusoff, I. M., Mat, I., Kuen, C. P., & Rahmad, N. (2018). *Applications of Wireless Sensor Networks in Shiitake Mushroom Cultivation*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2017.8304516>
- Kodali, R. K., Soratkal, S., & Boppana, L. (2016). *WSN in Coffee Cultivation*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/CCAA.2016.7813804>
- Koppert. (2018). *Rosas*. Obtenido de <https://www.koppert.ec/cultivos/rosas/>
- Lazalde, A., Torres, J., & Vila-Viñas, D. (21 de Enero de 2015). *Hardware, Ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre*. Obtenido de https://book.floksociety.org/wp-content/uploads/2015/05/4_1_-_Hardware.pdf
- Leiva, F. (2015). *LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: UNA PRODUCCIÓN MÁS SOSTENIBLE Y COMPETITIVA CON VISIÓN FUTURISTA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Leiva/publication/228425520_La_agricultura_de_precision_una_produccion_mas_sostenible_y_competitiva_con_vision_futurista/links/555ce20508ae8c0cab2a6901/La-agricultura-de-precision-una-produccion-mas-sostenible-y-
- Llamas, L. (s.f.). *LEER Y ESCRIBIR EN UNA TARJETA SD O MICRO SD CON ARDUINO*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/tarjeta-micro-sd-arduino/>
- Llamas, L. (s.f.). *MEDIR CANTIDAD DE LUXES CON ARDUINO Y EL LUXÓMETRO BH1750*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-cantidad-de-luxes-con-arduino-y-el-luxometro-bh1750/>
- Llamas, L. (s.f.). *RELOJ Y CALENDARIO EN ARDUINO CON LOS RTC DS1307 Y DS3231*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y- calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
- MAGAP. (2014). *LISTA OFICIAL DE EMPRESAS CERTIFICADAS EN EL PROTOCOLO PARA LA CERTIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESVITALIZACIÓN PARA EXPORTACIÓN DE FLOR FRESCA DE CORTE*. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/LISTA-OFICIAL-PROTOCOLO-DESVITALIZACION-10-12-2014-PUBLICACION.pdf>

- Manske, L. L. (2015). *Range Plant Growth and Development Are Affected by Environmental Factors*. Obtenido de <https://www.ag.ndsu.edu/DickinsonREC/grazing-handbook-files/topic1-volume1-ch2-report1.pdf>
- MarkerMex. (s.f.). *¿Qué es una Raspberry pi?* Obtenido de <http://makermex.com/blog/nuestro-blog-1/post/raspberry-pi-519>
- Márquez, M. P. (2015). *Big Data, Técnicas, herramientas y aplicaciones*. Madrid: RC Libros.
- Márquez, M. P. (2015). *Minería de datos a través de ejemplos*. México: Alfaomega.
- McGirr, S. (5 de Marzo de 2015). *WHEN ONE TOOL IS NOT ENOUGH: INTEGRATING RAPIDMINER AND R*. Obtenido de <https://optimalbi.com/blog/2015/03/05/when-one-tool-is-not-enough-integrating-rapidminer-and-r/>
- Mecafenix, F. (25 de Abril de 2017). *Arduino ¿Que es, como funciona? y sus partes*. Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>
- Mesa, A. R. (02 de Julio de 2018). *Qué es Apache Spark*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-apache-spark/?cat=big-data>
- Molsoft. (s.f.). *Nodos KNIME*. Obtenido de <https://www.molsoft.com/knime.html>
- Montes, J. F., Gómez, A. B., Nueto, J. M., Cabañas, J. C., Morcillo, F. M., & Delgado, I. N. (2016). *Introducción al Big Data*. España: García Maroto Editores.
- Mori, R. (23 de Septiembre de 2012). *Steps to install Hadoop 2.x release (Yarn or Next-Gen) on single node cluster setup*. Obtenido de <https://raseshmori.wordpress.com/2012/09/23/install-hadoop-2-0-1-yarn-nextgen/>
- National Instruments. (22 de Abril de 2009). *¿Qué es una red de sensores inalámbricos?* Obtenido de www.ni.com/white-paper/7142/es
- National Instruments. (2018). *¿Qué es Adquisición de Datos?* Obtenido de <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Nayibe, C. C., Alexander, T. B., Cristina, A. Z., & Miguel, C. O. (Enero de 2011). *Redes de Sensores Inalámbricos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/267214014_Red_de_sensores_inalambricos
- Orallo, J. H., Quintana, J. R., & Ramírez, C. F. (2007). *Introducción a la minería de datos*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Orange (Data Analysis and Modeling). (6 de Febrero de 2015). Obtenido de [https://helpwiki.evergreen.edu/wiki/index.php/Orange_\(Data_Analysis_and_Modeling\)](https://helpwiki.evergreen.edu/wiki/index.php/Orange_(Data_Analysis_and_Modeling))
- OverTI. (11 de Abril de 2016). *Normas y estándares para gestión de requisitos*. Obtenido de <http://www.overti.es/tecnologia/283-normas-y-estandares-para-gestion-de-requisitos>
- Peréz, C., & Santín, D. (2006). *Data Mining, Soluciones con enterprise Miner*. México: Alfaomega.

- Plan Nacional del Buen Vivir*. (2017). Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-11.-asegurar-la-soberania-y-eficiencia-de-los-sectores-estrategicos-para-la-transformacion-industrial-y-tecnologica>
- QAMPO. (s.f.). *La agricultura de precisión*. Obtenido de <https://qampo.es/la-agricultura-de-precision/>
- Quilapan, L. (11 de Septiembre de 2014). *Definición y Tecnología WLAN*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/wikiinalambricas/definicion-y-tipos-de-redes/definicionytiposderedes>
- Raspberry. (2018). *RASPBERRY PI BLOG*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/blog/>
- Rodríguez, W. E., & Flórez, V. J. (2016). *Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239006.pdf>
- Rose. (2015). Obtenido de <https://www.apnikheti.com/en/pn/agriculture/horticulture/flowers/rose>
- RStudio. (21 de Mayo de 2013). *RStudio*. Obtenido de <https://fernandosansegundo.wordpress.com/2013/05/21/rstudio/>
- SCI2S. (2016). *Introduction to noise in data mining*. Obtenido de <https://sci2s.ugr.es/about>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf
- Shi, Z. (Octubre de 2012). *Wireless Personal Area Network (WPAN)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Wireless-Personal-Area-Network-WPAN_fig1_261393727
- Shreya. (06 de Agosto de 2018). *Global Smart Agriculture Market Research Report 2018*. Obtenido de <http://www.newsandpr.com/2018/08/global-smart-agriculture-market-research-report-2018/>
- Singh, P. (5 de Abril de 2016). *NodeMCU Pinout*. Obtenido de <https://iotbytes.wordpress.com/nodemcu-pinout/>
- Teitel, M., Baeza, E., & Montero, J. (Junio de 2012). *Greenhouse design: Concepts and trends*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283936181_Greenhouse_design_Concepts_and_trends
- tutorialspoint. (s.f.). *Software - Ciclo de Vida de Desarrollo*. Obtenido de https://www.tutorialspoint.com/es/software_engineering/software_development_life_cycle.htm
- UDT-IA. (28 de Septiembre de 2008). *Metodología de desarrollo de software. El Modelo en V o de Cuatro Niveles*. Obtenido de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>

- Urbanarbolismo. (s.f.). *Riego en las cubiertas vegetales, método de cálculo*. Obtenido de <https://www.urbanarbolismo.es/blog/riego-en-las-cubiertas-vegetales-metodo-de-calculo/>
- Valdéz, J. L. (s.f.). *Modelos y metodologías para el desarrollo de software*. Obtenido de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2014/jlcv/software.htm>
- Vásquez, L. (s.f.). *Cultivos de rosas en el Ecuador*. Obtenido de <http://puceae.puce.edu.ec/efi/index.php/economia-internacional/14-competitividad/177-cultivos-de-rosas-en-el-ecuador>
- Vizcaíno, J. R., & Sebastia, J. P. (2014). *Sistemas Integrados con Arduino*. Barcelona: MARCOMBO.
- Wang, Z. Z. (2016). *Research on the Relationship among the Growth Period Environmental Factors of Tomato under the Condition of Mulched Drip Irrigation in Greenhouse*.
- Weka Knowledge Explorer. (s.f.). Obtenido de https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/gui_explorer.html
- ZoebI, D. (16 de Agosto de 2006). *Is water productivity a useful concept in agricultural water management?* Obtenido de Agricultural Water Management: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.002>

Glosario de términos y acrónimos

WSN: Acrónimo en inglés de Wireless Sensor Networks o redes de sensores inalámbricos.

Big Data: Se refiere al conjunto de datos grandes en volumen y complejos.

Benchmark: Es una técnica utilizada para medir el rendimiento de un sistema o componente de este y hacer comparaciones.

GPS: Acrónimo en inglés de Global Position System o sistema de posicionamiento global.

Agroecosistema: Es un ecosistema alterado por el hombre con el fin de una explotación agropecuaria.

GIS: Acrónimo en inglés de Geographic Information System o Sistema de información geográfica.

Semi climatizado: Se mantiene el control de factores ambientales dentro de un invernadero pero no al 100%.

Evapotranspiración: Proceso que realizan las plantas en donde existe combinación de evaporación y transpiración de agua.

pH: Coeficiente que indica el grado de acidez de una solución.

WEKA: Acrónimo en inglés de Waikato Environment for Knowledge Analysis o entorno para análisis del conocimiento de la Universidad de Waikato.

KNIME: Acrónimo en inglés de Konstanz Information Miner o minero de información constante.

WPAN: Acrónimo en inglés de Wireless Personal Area Network o red inalámbrica de área personal.

DECT: Acrónimo en inglés de *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* o Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente.

IrDa: Acrónimo en inglés de Infrared Data Association o Asociación de Datos Infra-rojos.

NFC: Acrónimo en inglés de *Near field communication* o *comunicación de campo cercano*.

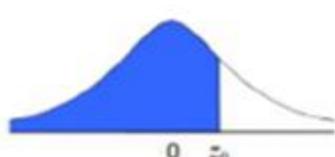
IEEE: Acrónimo en inglés de Institute of Electrical and Electronics Engineers o Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

WLAN: Acrónimo en inglés de Wireless Local Area Network o red inalámbrica de área local.

Anexos

Anexo 1. Tabla de nivel de confianza para la encuesta (se selecciona el valor de 1,96)

$\mu =$ Media
 $\sigma =$ Desviación típica
 Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$


z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:
 $1-\alpha =$ Nivel de confianza
 $\alpha =$ Nivel de significación

Anexo 2. Encuesta realizada a agricultores en Tabacundo Cananvalle sector 3 y tabulación de resultados.

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS</p>	
<p>CIERCOM</p>		
<p>Encuesta dirigida a agricultores dedicados al cultivo de rosas en Tabacundo Cananvalle sector tres con la finalidad de recopilar información para establecer los requerimientos de usuario.</p>		
<p>Indicación: Por favor conteste las siguientes preguntas según su criterio marcando con una X según corresponda.</p>		
<p>1. ¿Recibe algún tipo de guía o instrucción con respecto al manejo del cultivo de rosas? En caso de que su respuesta sea afirmativa mencione quién le proporciona esa guía.</p>		
<p>a. Si () b. No ()</p>		
<p>2. ¿Usa tecnología para el monitoreo de su cultivo de rosas?</p>		
<p>a. Si () b. No ()</p>		
<p>3. ¿Estaría dispuesto a implementar tecnología que ayude a monitorear su cultivo de rosas, cuánto invertiría?</p>		
<p>a. Si () b. No ()</p>		
<p>Valor que invertiría:</p>		
<p>4. ¿De acuerdo a su criterio, qué condiciones ambientales cree usted que serían adecuadas monitorear?</p>		
<p>a. Humedad del suelo () b. Temperatura () c. Humedad relativa () d. CO2 () e. Luminosidad ()</p>		
<p>5. ¿Qué tipo de aplicación le gustaría que se implementara para monitorear su cultivo de rosas?</p>		
<p>a. Aplicación móvil () b. Alerta sonora () c. Aplicación en un computador ()</p>		
<p>6. Según su opinión: cree usted que el implementar tecnología que permita monitorear un cultivo de rosas es:</p>		
<p>a. Eficiente () b. Muy bueno () c. Bueno () d. Regular () e. Malo ()</p>		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



CIERCOM

Encuesta dirigida a agricultores dedicados al cultivo de rosas en Tabacundo Cananvalle sector tres con la finalidad de recopilar información para establecer los requerimientos de usuario.

Indicación: Por favor conteste las siguientes preguntas según su criterio marcando con una X según corresponda.

1. ¿Recibe algún tipo de guía o instrucción con respecto al manejo del cultivo de rosas? En caso de que su respuesta sea afirmativa mencione quién le proporciona esa guía.
- a. Si ()
- b. No ()

2. ¿Usa tecnología para el monitoreo de su cultivo de rosas?
- a. Si ()
- b. No ()

3. ¿Estaría dispuesto a implementar tecnología que ayude a monitorear su cultivo de rosas, cuánto invertiría?
- a. Si ()
- b. No ()

Valor que invertiría:

4. ¿De acuerdo a su criterio, qué condiciones ambientales cree usted que serían adecuadas monitorear?
- a. Humedad del suelo ()
- b. Temperatura ()
- c. Humedad relativa ()
- d. CO₂ ()
- e. Luminosidad ()

5. ¿Qué tipo de aplicación le gustaría que se implementara para monitorear su cultivo de rosas?
- a. Aplicación móvil ()
- b. Alerta sonora ()
- c. Aplicación en un computador ()

6. Según su opinión: cree usted que el implementar tecnología que permita monitorear un cultivo de rosas es:
- a. Eficiente ()
- b. Muy bueno ()
- c. Bueno ()
- d. Regular ()
- e. Malo ()



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



CIERCOM

Encuesta dirigida a agricultores dedicados al cultivo de rosas en Tabacundo Cananvalle sector tres con la finalidad de recopilar información para establecer los requerimientos de usuario.

Indicación: Por favor conteste las siguientes preguntas según su criterio marcando con una X según corresponda.

1. ¿Recibe algún tipo de guía o instrucción con respecto al manejo del cultivo de rosas?
En caso de que su respuesta sea afirmativa mencione quién le proporciona esa guía.

- a. Si ()
b. No ()

2. ¿Usa tecnología para el monitoreo de su cultivo de rosas?

- a. Si ()
b. No ()

3. ¿Estaría dispuesto a implementar tecnología que ayude a monitorear su cultivo de rosas, cuánto invertiría?

- a. Si ()
b. No ()

Valor que invertiría: *100*.....

4. ¿De acuerdo a su criterio, qué condiciones ambientales cree usted que serían adecuadas monitorear?

- a. Humedad del suelo ()
b. Temperatura ()
c. Humedad relativa ()
d. CO₂ ()
e. Luminosidad ()

5. ¿Qué tipo de aplicación le gustaría que se implementara para monitorear su cultivo de rosas?

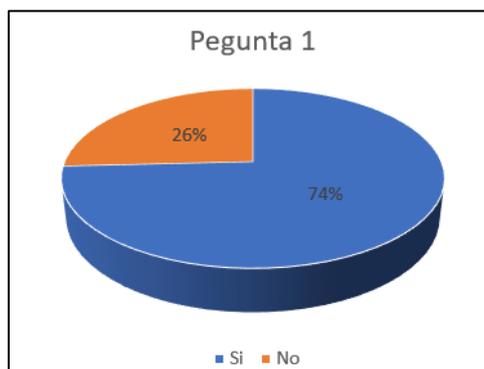
- a. Aplicación móvil ()
b. Alerta sonora ()
c. Aplicación en un computador ()

6. Según su opinión: cree usted que el implementar tecnología que permita monitorear un cultivo de rosas es:

- a. Eficiente ()
b. Muy bueno ()
c. Bueno ()
d. Regular ()
e. Malo ()

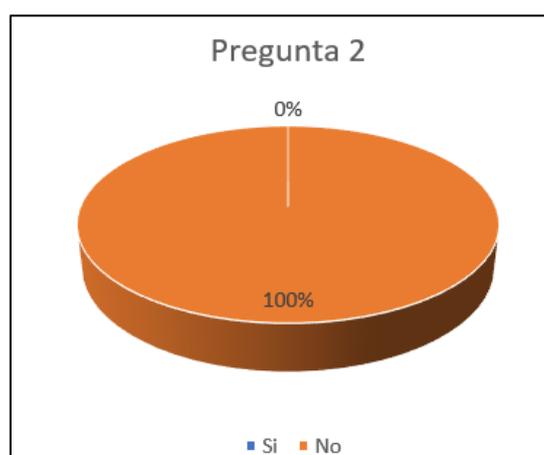
Tabulación

1. **¿Recibe algún tipo de guía o instrucción con respecto al manejo del cultivo de rosas? En caso de que su respuesta sea afirmativa mencione quién le proporciona esa guía.**



De los agricultores encuestados, el 74% de ellos si reciben algún tipo de ayuda adicional para el cultivo de rosas solicitado ayuda a ingenieros agrónomos quienes les dan las pautas sobre el manejo del cultivo, mientras que el 26% no lo hacen y solamente se basan en criterios obtenidos de la experiencia del cultivo de sus antepasados, razón por la cual, el sistema debe ser preciso al momento de enviar datos y tomar decisiones.

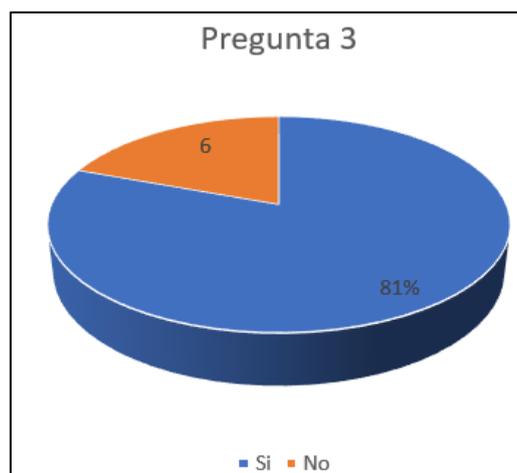
2. **¿Usa tecnología para el monitoreo de su cultivo de rosas?**



De los agricultores encuestados, el 100% de ellos no usan tecnología para el control de sus cultivos de rosa, solo se basan en criterios tradicionales del cultivo obtenidos de la

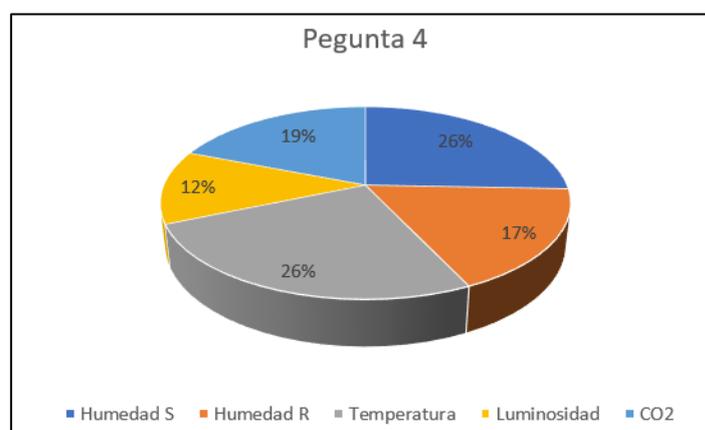
experiencia desarrollando la actividad en cuestión, por tal motivo, se concluye que no se está aplicando los requerimientos adecuados que una planta de rosa necesita.

3. ¿Estaría dispuesto a implementar tecnología que ayude a monitorear su cultivo de rosas, cuánto invertiría?



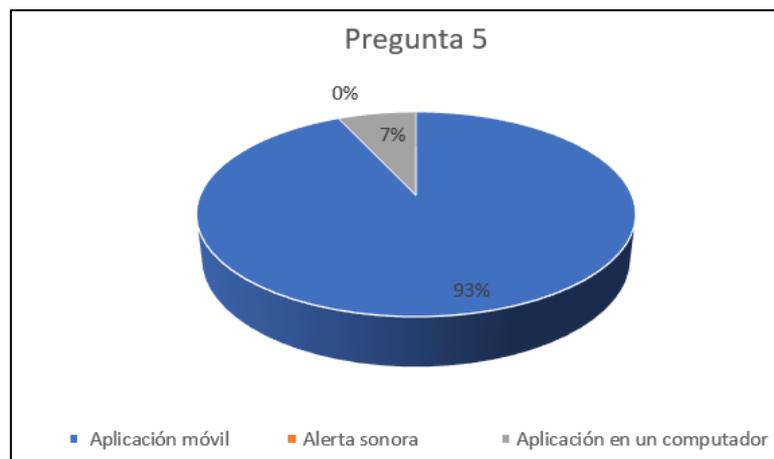
De los agricultores encuestados, el 81% de ellos señala que si estuviese de acuerdo a implementar tecnología en sus cultivos que permita monitorear factores ambientales en las plantaciones, mientras que el 6% no está de acuerdo, lo que demuestra que el dispositivo tiene aceptación por parte de los usuarios, además debe ser un sistema de bajo costo ya que señalaron que invertirían un aproximado de \$85,00.

4. ¿De acuerdo a su criterio, qué condiciones ambientales cree usted que serían adecuadas monitorear?



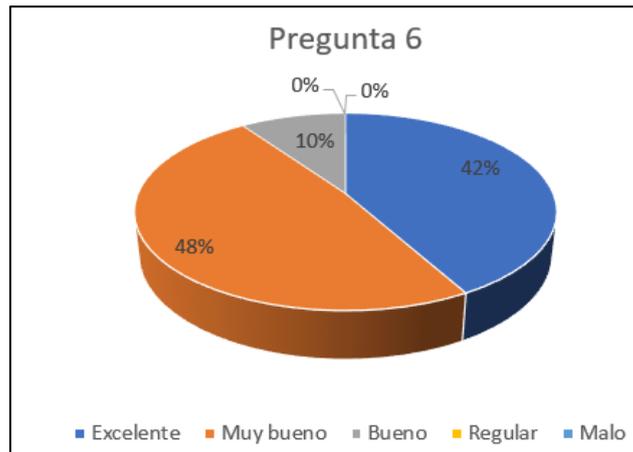
Las variables que más causan interés a los agricultores para un control, resultaron ser la humedad y la temperatura con un 26% seguida del CO2 con un 19%, luego la humedad relativa con un 17% para finalmente mostrar que la variable que menos les preocupa es la luminosidad.

5. ¿Qué tipo de aplicación le gustaría que se implementara para monitorear su cultivo de rosas?



De los agricultores encuestados, el 93% muestra clara aceptación por una aplicación móvil y es algo obvio ya que hoy en día la mayoría de las personas cuentan con un smartphone pero el 7% de ellos mostro aceptación por una alarma de notificación sonora y el 0% de ellos seleccionó la opción de una aplicación por computador.

6. Según su opinión: cree usted que el implementar tecnología que permita monitorear un cultivo de rosas es:



Lo agricultores encuestados opinan que implementar tecnología en el cultivo de rosas con el fin del monitoreo el mismo es excelente con un 48% de aceptación, es muy bueno con un 42% de aceptación y es bueno con un 10% de aceptación concluyéndose que el sistema es útil y tiene la aceptación por parte de los agricultores.

Anexo 3. Hoja de datos del NodeMCU v3

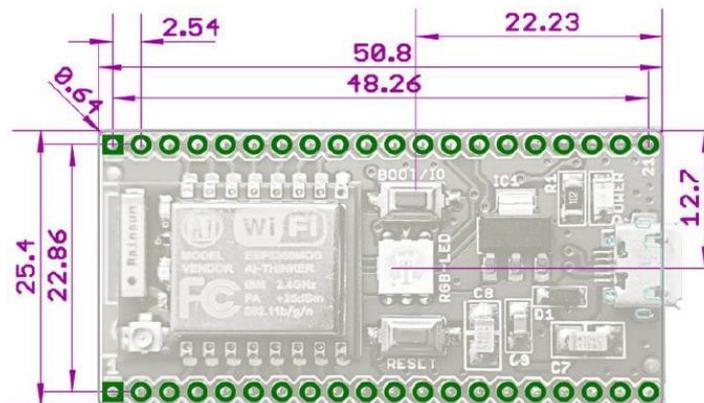
Arduino NODEMCU Lua IoT ESP8266 Wifi Controller Board v3



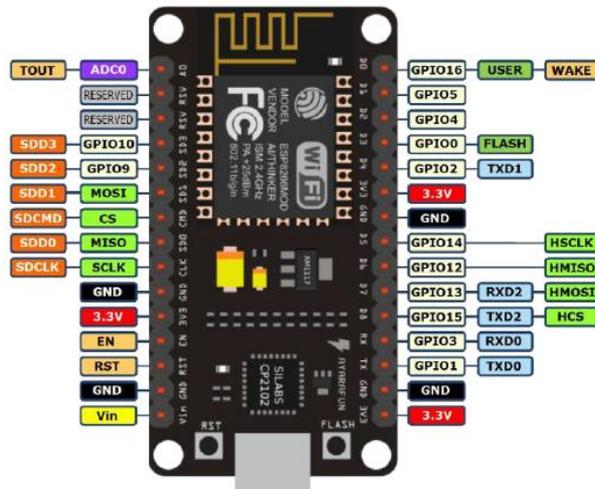
NodeMCU is a small board, based on the cheap ESP-12 Wi-Fi module containing a single-chip ESP8266 Wi-Fi SoC. The NodeMCU is an open-source firmware and development kit that helps you to prototype your IOT product within a few Lua script lines. The ESP-12 is one of the available modules containing an ESP8266 chip; it is becoming more and more popular because of its integrated Wi-Fi PCB antenna and shield.

- Open-source
- Interactive
- Programmable
- Low cost
- Simple
- Smart
- WI-FI enabled

DIMENSIONS:



PIN-OUTS:



Categories	Items	Values
WiFi Paramters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocles	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP

Toda la información se encuentra detallada ingresando al siguiente enlace: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf

Electrical Characteristics

ESP8266EX Electrical Characteristics

Parameters		Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Storage Temperature Range			-40	Normal	125	°C
Maximum Soldering Temperature		IPC/JEDEC J-STD-020			260	°C
Working Voltage Value			3.0	3.3	3.6	V
I/O	V_{IL}/V_{IH}		-0.3/0.75 V_{IO}		0.25 $V_{IO}/3.6$	V
	V_{OL}/V_{OH}		N/0.8 V_{IO}		0.1 V_{IO}/N	
	I_{MAX}				12	mA
Electrostatic Discharge (HBM)		TAMB=25°C			2	KV
Electrostatic Discharge (CDM)		TAMB=25°C			0.5	KV

Power Consumption

The following current consumption is based on 3.3V supply, and 25°C ambient, using internal regulators. Measurements are done at antenna port without SAW filter. All the transmitter's measurements are based on 90% duty cycle, continuous transmit mode.

Description on Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx802.11b, CCK 11Mbps, P OUT=+17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT =+15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep①		15		mA
Light-Sleep②		0.9		mA
Deep-Sleep③		10		uA
Power Off		0.5		uA

Anexo 4. Evidencias fotográficas

Visita a invernaderos de Tabacundo realizada el día 04/12/2018 en donde se muestra los tipos de invernaderos existentes en Tabacundo.



Se muestra la distribución del cultivo de rosas en camas.



Encuesta realizada en Tabacundo Cananvalle Sector tres.



Elaboración del ambiente controlado en base al diseño planteado; se muestra la elaboración de la estructura externa del ambiente la cual debe estar cubierta por plástico de invernadero.



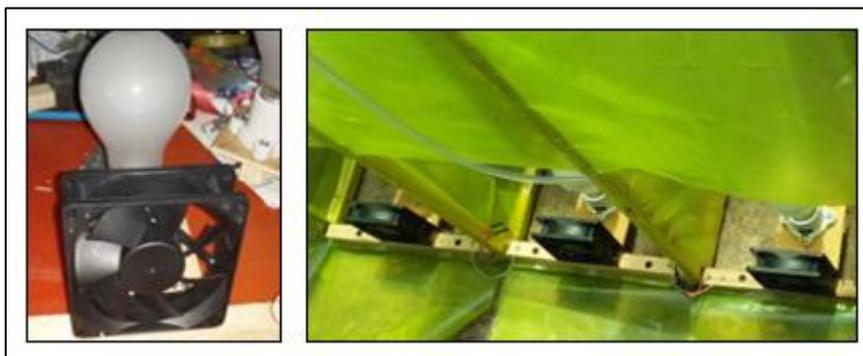
Se muestra la plantación de los patrones de rosa en los maceteros respectivos, uno por cada tratamiento.



Se muestra el sistema de riego implementado el cual consta de mangueras pequeñas y un embudo para la aplicación de agua.



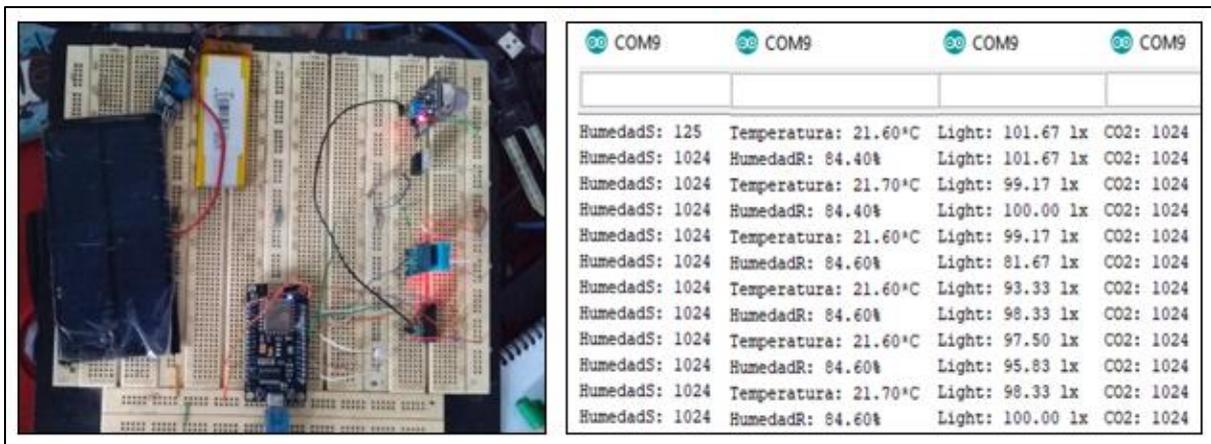
Implementación de la parte electrónica del ambiente



Integración de los patrones de cada tratamiento en el ambiente controlado.



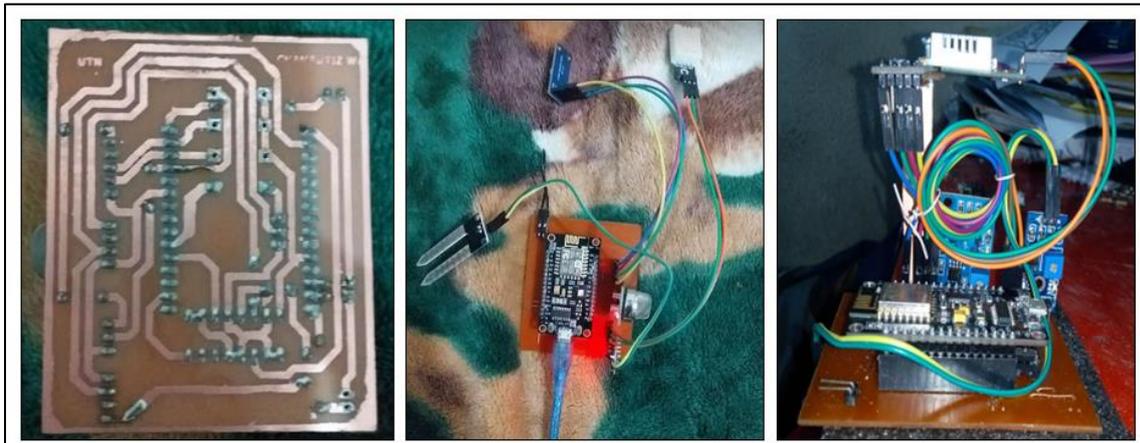
Pruebas en Protoboard del funcionamiento del NodeMCU y los sensores.



Diseño de la placa del circuito impreso del nodo 1, perforado de la misma y soldado de sensores en la placa.



Se muestra la Integración de los sensores en la placa y se verifica las pruebas de encendido del sistema mediante los leds indicadores.



Se muestra las pruebas de consumo de corriente del dispositivo usando el multímetro conectado en serie con el terminal positivo de la alimentación del sistema.



Se muestra la integración del dispositivo con el gestor de batería y panel solar



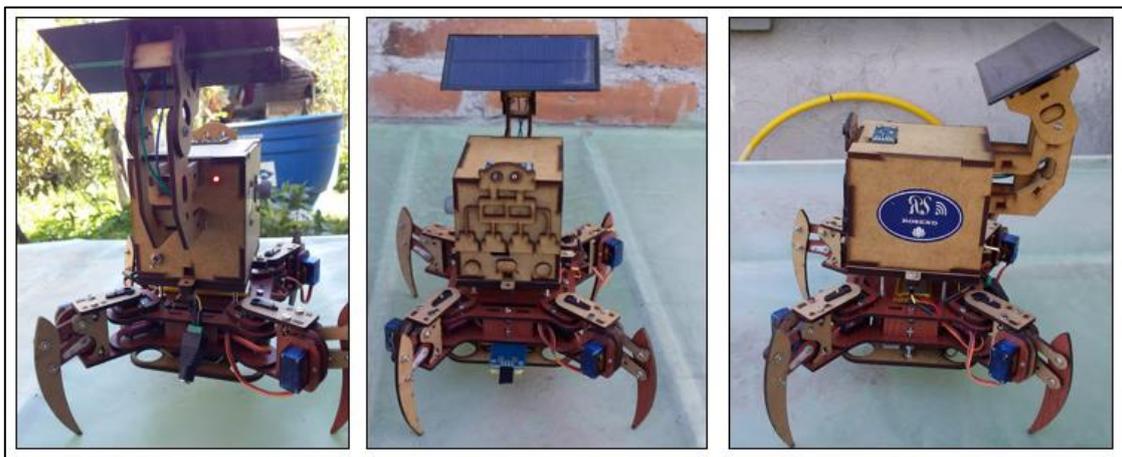
Se muestra la estructura externa del sistema ROSEND (prototipo final)



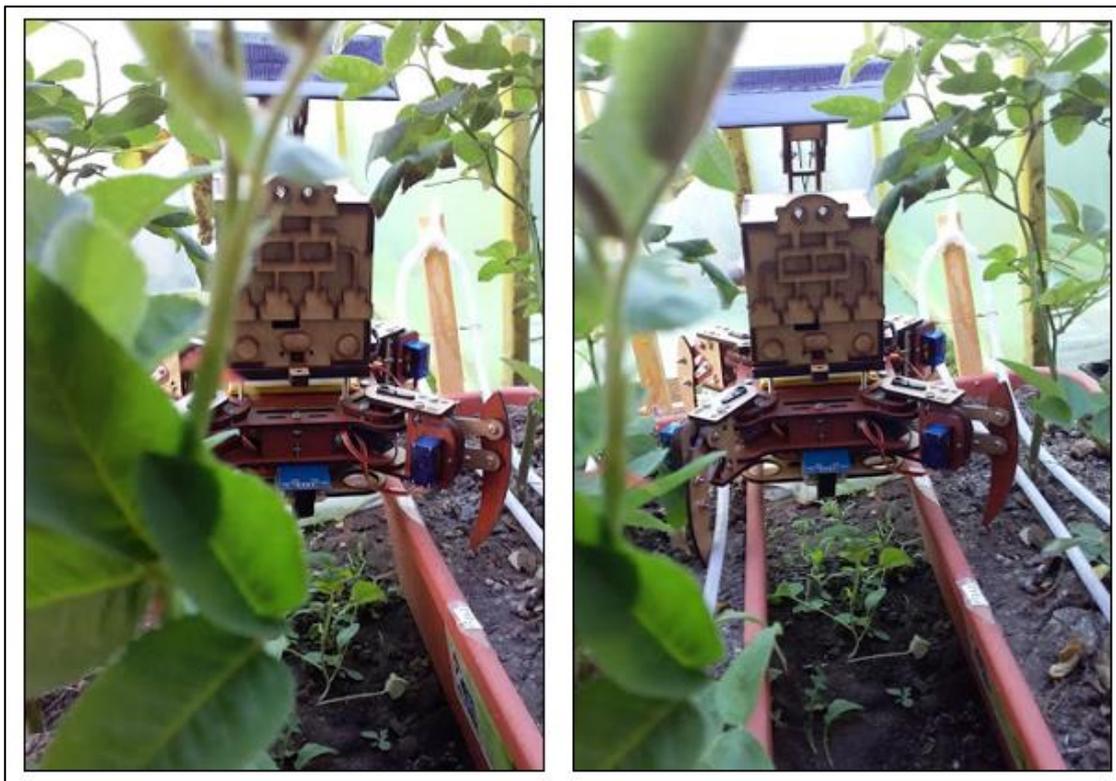
Se muestra la integración del sistema ROSEND en el ambiente controlado



Se muestra el Sistema ROSEND integrado al cuadrúpedo Farmi 4.



Se muestra el robot en el ambiente controlado.



Se muestra el robot en el invernadero de rosas del Sr. Juan Cacuango en Tabacundo Cananvalle sector 3.



Medición de altura de las plantas y verificación del crecimiento al pasar del tiempo.



Coloración de las hojas con el pasar del tiempo en el tratamiento 3.



Envío de datos desde el NodeMCU hasta la aplicación Blynk y sugerencia encontrada por el sistema.



Anexo 5. Registro de la toma de datos de cada una de las variables

Toma de datos para la variable de prendimiento.

Tratamiento	Planta	Prende	No prende
Trt1	TRT11	x	
	TRT12	x	
	TRT13	x	
	TRT14	x	
	TRT15	x	
Trt2	TRT21		x
	TRT22	x	
	TRT23	x	
	TRT24	x	
	TRT25	x	
Trt3	TRT31		x
	TRT32	x	
	TRT33	x	
	TRT34	x	
	TRT35	x	
Trt4	TRT41	x	
	TRT42	x	
	TRT43	x	
	TRT44	x	
	TRT45	x	
Total (%)		90%	10%

Frondosidad de la planta

Tratamiento	Planta	Frondosidad										
		día 1	día 3	día 6	día 9	día 12	día 15	día 18	día 21	día 24	día 27	día 30
Trt1	TRT11	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Poco	Abundante	Intermedio	Intermedio
	TRT12	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio
	TRT13	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio
	TRT14	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio
	TRT15	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Trt2	TRT21	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Poco	Poco	Poco	No prende	No prende	No prende
	TRT22	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Poco	Poco	Poco	Poco
	TRT23	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Poco	Poco	Poco	Poco
	TRT24	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio
	TRT25	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Trt3	TRT31	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Poco	Poco	No prende	No prende	No prende	No prende
	TRT32	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
	TRT33	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
	TRT34	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
	TRT35	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Abundante	Abundante	Abundante
Trt4	TRT41	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
	TRT42	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Poco	Poco	Poco	Poco
	TRT43	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Poco	Poco	Poco
	TRT44	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Poco
	TRT45	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Intermedio	Intermedio	Poco	Poco

Toma de datos para la variable altura de la planta

Tratamiento	Planta	Longitud (cm)										
		día 1	día 3	día 6	día 9	día 12	día 15	día 18	día 21	día 24	día 27	día 30
TRT1	TRT11	16,3	16,8	17,2	17,6	18,4	18,6	18,8	19,3	19,5	19,8	20,2
	TRT12	13,2	13,4	13,8	14,3	14,5	14,8	15	15,4	15,5	15,9	16,3
	TRT13	19,2	19,8	20,1	20,6	20,9	21,3	21,6	21,9	22,1	22,7	23,1
	TRT14	16,2	16,9	17,1	17,7	18,5	18,5	18,7	19,3	19,5	19,8	20,1
	TRT15	16,1	16,4	16,8	17,3	17,7	17,9	18,4	18,7	19,1	19,6	19,8
TRT2	TRT21	13,2	13,7	14,3	14,8	15,1	15,6	15,9	16,3	0	0	0
	TRT22	20,8	21	21,3	21,6	21,9	22,1	22,5	22,7	23	23,1	23,2
	TRT23	20,6	21,2	21,3	21,6	21,8	22,1	22,6	22,7	23	23,1	23,5
	TRT24	16,3	16,8	17,2	17,6	18,4	18,6	18,8	19,3	19,5	19,8	20,3
	TRT25	17,7	17,9	18,4	18,7	19,1	19,6	19,8	20,1	20,5	20,9	21
TRT3	TRT31	16,1	16,4	16,8	17,3	17,7	17,9	18,4	0	0	0	0
	TRT32	22,3	22,7	22,9	23,4	23,5	23,8	24,1	24,7	25	25,3	25,6
	TRT33	16,7	16,9	17,1	17,3	18,1	18,3	18,7	18,9	22	22,4	22,5
	TRT34	20,3	20,5	20,8	21	21,3	21,6	21,9	22,1	22,5	22,7	22,8
	TRT35	19,2	19,6	20,1	20,6	20,7	21,3	21,6	21,9	22,1	22,6	23,4
TRT4	TRT41	21,5	21,7	21,9	22	22,2	22,6	23,1	23,6	23,8	24,1	24,3
	TRT42	14,5	14,8	15	15,4	15,5	15,9	16,3	16,5	16,7	16,8	17
	TRT43	16,1	16,4	16,8	17,3	17,7	17,9	18,4	18,7	19,1	19,6	19,8
	TRT44	21,5	21,7	21,9	22	22,2	22,7	23,1	23,6	23,8	24	24,3
	TRT45	26,3	26,7	26,9	27,2	27,5	27,9	28,1	28,4	28,5	28,8	29,2

Anexo 6. Código fuente Nodos 1 y 2

```
// Inclusión de librerías necesarias
#include <SPI.h> // Permite la comunicación entre Blynk y en dispositivo
#include <BlynkSimpleEsp8266.h> // Librería del software Blynk
#include "DHT.h" // Librería de la familia DHT
#define DHTTYPE DHT22; // Define al sensor DHT22
#include <Wire.h> // Permite la comunicación I2C
#include <BH1750.h> // Librería del sensor BH1750
#include <ESP8266WiFi.h> // Librería del módulo WIFI ESP8266
#include "training.h" // Incluye la Base de Datos
#include <math.h> // Incluye la librería para operaciones matemáticas
#include <Average.h> // Incluye la librería para el cálculo de la moda

// Definición de variables
DHT dht (0 , DHT22); // Define el pin 0 como entrada de datos del sensor DHT22
BH1750 lightMeter; // Define una variable para la lectura de datos del sensor BH1750
//BlynkTimer timer;

// Pines para multiplexar la señal analógica
int s0 = 15; // Pin contador binario de 2 estados 0 y 1
int d1 = 13; // Pin de alimentación positiva de los sensores
int pinMux1 = A0; // Pin a multiplexar

// Variables usadas para almacenar los datos
int HS; // Humedad del Suelo
int CO2; // Dióxido de Carbono
float L; // Luminosidad
float HR; // Humedad Relativa
float T; // Temperatura
double dato [co]; // Se almacenan los datos recibidos por los sensores
double humedadS; // Humedad del suelo en porcentaje
double ppm; // CO2 en ppm

// Variables para uso de KNN
int k=3; // K vecinos cecanos
double aux[5]; // Almacenamiento de distancias
int accion [fi]; //Almacena acciones a realizar (clases)
double kPrimeros [3]; // Almacena las 3 distancias más cercanas
int kClases [4]; // Almacena las clases de las distancias más cercanas
int mod=0; // Almacena la clase que más se repite

// Credenciales para la conexión WIFI (SSID y contraseña)
char auth[] = "90e895552bd74f05906c422257aab85e"; // Código para la conexión con Blynk
//char auth[] = "9eea936f96eb4758959a738cb3308b88"; // Código para la conexión con Blynk
const char* ssid = "freered"; // Nombre de la red WIFI a conectar
const char* password = "!nvit@d02"; // Contraseña de la red WIFI

// Credenciales para la conexión con google sheets
const char* resource = "/trigger/ROSEND/with/key/dYtkSx0dwv11j5YcYSgl2i"; // Link recurso
único proporcionado por IFTTT

// Apuntador hacia Webhooks IFTTT
const char* server = "maker.ifttt.com"; // Dominio de IFTTT
```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Velocidad de datos en bits por segundo
  delay(2000); // Delay de dos segundos
  WiFi.begin(ssid, password);
  Blynk.begin(auth, ssid, password);
  dht.begin (); // Inicia la librería DHT
  Wire.begin(); // Inicia la librería Wire
  lightMeter.begin(); // Inicia la variable para medición de luz

  pinMode (s0, OUTPUT); // Establecimiento del pin como salida
  pinMode (d1, OUTPUT); // Establecimiento del pin como salida
  pinMode (pinMux1, INPUT); // Establecimiento del pin como entrada

  /*Serial.println("=====");
  Serial.println("=== Clasificacion con KKN en el sistema ROSEND ===");
  Serial.println("=====");

  delay(500);*/

  //initWifi(); // Invoca la función initWifi
  readSensor(); // Invoca la función readSensor usada para la lectura de datos por los sensores
  makeIFTTTRequest(); // Invoca la función IFTTTRequest

  Serial.println("=====
");
  Serial.println("=====Distancias Calculadas=====");
  RecorridoDB(aux,dato,fi,co); // Invoca la función que recorre la base de datos
  ordenar(aux,accion,clasesNo,fi); // Ordena las distancias de menor a mayor

  Serial.println("=====
");
  Serial.println("=====K Vecinos encontrados=====");
  extraeKvecinos(aux,kPrimeros,accion,kClases,k); // Extrae K vecinos más cercanos
  mod=moda(kClases,k); // Invoca la función para el cálculo de la moda
  //myTimerEvent();
  Serial.print("Clase encontrada: ");
  Serial.println(mod); // Imprime el valor de la moda
  Serial.print ("Acción a realizar: ");
  Blynk.notify(clases[mod-1]); );
  Serial.println(clases[mod-1]); // Imprime la clase seleccionada por KNN
  delay(100); // Delay de 0,1 segundos
}

void loop() {
  Blynk.run();
  unsigned long lectura = millis(); // Asignación de variable para tiempo de ejecución del modo
  DEEPSLEEP
  if (lectura > 90000) { // Condicional de duración
    Serial.setTimeout(2000); // Tiempo de inactividad del terminal serial
    while (!Serial) { } // Ninguna acción
    Serial.println("MODO DEEP SLEEP POR 2 MINUTOS"); // Impresión del mensaje en el
    terminal serial
    //ESP.deepSleep(120e6); // 120 segundos para dormir
    ESP.deepSleep(60e6); // 120 segundos para dormir
  }
}

```

```

}
void readSensor (){
  // Lectura de datos de los sensores
  Blynk.virtualWrite(V6,0);
  Blynk.virtualWrite(V7,0);
  Blynk.virtualWrite(V5,"Esperando.....");
  Blynk.virtualWrite(V8,"SISTEMA ROSEND");
  delay(5000);
  L = lightMeter.readLightLevel(); // Lectura del sensor de luz
  dato[1] = L; // Asigna el valor de L al vector dato en la posición 1
  delay(50); // Delay

  HR = dht.readHumidity(); // Lectura del sensor DHT 22 (Humedad Relativa)
  dato[4] = HR; // Asigna el valor de HR al vector dato en la posición 4
  delay (50); // Delay

  T = dht.readTemperature(); // Lectura del sensor DHT 22 (Temperatura)
  dato[2] = T; // Asigna el valor de T al vector dato en la posición 2
  delay(50); // Delay

  digitalWrite (d1, HIGH); // Establecimiento del pin d1 en alto
  delay(5000);
  digitalWrite (s0, LOW); // Establecimiento del pin s0 en bajo
  HS = analogRead (pinMux1); // Lectura del sensor de humedad
  dato[0] = HS; // Asigna el valor de HS al vector dato en la posición 0
  delay (50); // Delay

  digitalWrite (s0, HIGH); // Establecimiento del pin s0 en alto
  CO2 = analogRead (pinMux1); // Lectura del sensor de CO2
  dato[3] = CO2; // Asigna el valor de CO2 al vector dato en la posición 3
  delay (50); // Delay

  humedadS= (((HS/1024.0)*100)-100)*(-1);
  ppm= 100.0482*(pow ((CO2/190.88),-3.1041));

  Serial.println("=====Variables medidas=====");
  // Impresión de valores en el terminal serial
  Serial.print ("HumedadS: "); // Impresión de mensaje
  Serial.println (HS); // Impresión del valor registrado para la variable humedad

  Serial.print("Luminosidad: "); // Impresión de mensaje
  Serial.print(L); // Impresión del valor registrado para la variable luminosidad
  Serial.println(" lx"); // Impresión de mensaje

  Serial.print ("Temperatura: "); // Impresión de mensaje
  Serial.print (T); // Impresión del valor registrado para la variable Temperatura

  Serial.println ("*C"); // Impresión de mensaje
  Serial.print ("CO2: "); // Impresión de mensaje
  Serial.println (ppm); // Impresión del valor registrado para la variable CO2

  Serial.print ("HumedadR: "); // Impresión de mensaje
  Serial.print (HR); // Impresión del valor registrado para la variable Humedad Relativa
  Serial.println ("%"); // Impresión de mensaje

```

```

Blynk.virtualWrite(V5,"Luminosidad (lux):");
Blynk.virtualWrite(V8,L);
delay(5000);
Blynk.virtualWrite(V5,"CO2 (ppm):");
Blynk.virtualWrite(V8,ppm);
delay(5000);
Blynk.virtualWrite(V5,"Humedad R (%):");
Blynk.virtualWrite(V8,HR);
delay(5000);
Blynk.virtualWrite(V6,T);
delay(5000);
Blynk.virtualWrite(V7,humedadS);
delay(5000);

// Requerimiento HTTP al servidor web de IFTTT
void makeIFTTTRequest() {
  delay (200);
  //Serial.print("Conectando a "); // Impresión de mensaje
  //Serial.print(server); // Impresión del nombre del servidor

  WiFiClient client; // Establecimiento tipo cliente
  int retries = 5; // Número de intentos permitidos
  while(!client.connect(server, 80) && (retries-- > 0)) {
    // Serial.print("."); // Impresión de mensaje
  }
  //Serial.println(); // Impresión de un espacio
  if(!client.connected()) {
    Serial.println("Failed to connect..."); // Impresión de mensaje de error de conexión
  }

  //Serial.print("Recurso Requerido: "); // Impresión de mensaje
  //Serial.println(resource); // Impresión del recurso IFTTT
  //delay (100); // Delay de 0,1 segundos

  // Envío de las variables a google Sheets
  String jsonObject = String("{\"value1\":\"\" + HS+";"+L+";"+T+";"+CO2+";"+HR +
  "\",\"value2\":\"\" + "Envío"
  + "\",\"value3\":\"\" + "Exitoso" + "\"}");

  client.println(String("POST ") + resource + " HTTP/1.1"); // Petición para el servicio HTTP
  client.println(String("Host: ") + server); // Impresión del servidor de IFTTT
  client.println("Connection: close\r\nContent-Type: application/json"); // Impresión de cierre de
sesión
  client.print("Content-Length: "); // Impresión de mensaje
  client.println(jsonObject.length()); // Impresión de mensaje exitoso de envío
  client.println(); // Impresión de espacio
  client.println(jsonObject); // Impresión de envío exitoso

  while(client.available()){ // Condicional mientras cliente disponible
  Serial.write(client.read()); // Cliente en modo lectura
  }
  int timeout = 5 * 10; // 5 segundos para timeout
  while(!client.available() && (timeout-- > 0)){ // Condicional mientras cliente disponible
  delay(100); // Delay de 0,1 segundos
}

```

```

}
if(!client.available()) { // Condicional si cliente disponible
    Serial.println("No response..."); // Impresión de mensaje de no respuesta
}
while(client.available()){ // Condicional mientras cliente activo
    Serial.write(client.read()); // Cliente en modo lectura
}

//Serial.println("\nclosing connection");
client.stop(); // Detención de ejecución del cliente
}

// Recorrido de la Base de Datos
void RecorridoDB (double aux[], double pt1[], int fi, int co){
    int i=0; // Variable para recorrer las filas de la BD
    int j=0; // Variable para recorrer las columnas de la BD
    double pt2 [co]; // Variable para definir el punto 2
    for(i=0; i<fi;i++){ // Ciclo for para el recorrido de filas
        for(j=0;j<co;j++){ // Ciclo for para el recorrido de columnas
            pt2[j]=atributos[i][j]; // Definición del punto 2
        }
        aux[i] = distancia(co,pt1,pt2); // Se envía los valores de co, pt1 y pt2 a la función distancia
    }
    for (int m=0; m<fi; m++){ // Ciclo for para la impresión de distancias calculadas
        Serial.println(aux[m]); // Imprime distancias en desorden
    }
}

// Cálculo de la distancia Euclidiana
double distancia (int co, double dato[], double pt2[]){
    double suma = 0; // Variable que almacena la distancia entre 2 puntos
    int p=0; // Variable para el recorrido de la matriz
    for(p=0; p<co; p++){ // Ciclo for para el cálculo de las distancias euclidianas
        suma = pow( dato[p] - pt2[p], 2 ) + suma; // Fórmula para el cálculo de la distancia entre dos
        puntos
    }
    return sqrt(suma); // Devuelve el valor de la suma
}

// Ordenamiento de menor a mayor
void ordenar (double* aux,int accion[], int clasesNo[],int fi){
    int i =1, j = 1, f = 1, temp[2]; // Variables para los recorridos en la realización de operaciones
    for(i=0;i<fi;i++){ // Ciclo for para el ordenamiento del vector
        accion[i]=clasesNo[i]; // Crea una copia
    }

    for(i=1; (i<=fi)&&f; i++){ // Ciclo for para el ordenamiento del vector
        f = 0;
        for(j=0; j<(fi-1); j++){ // Ciclo for para el ordenamiento del vector
            if(aux[j+1] < aux[j]){ // Ordenamiento tipo burbuja
                temp[0] = aux[j]; temp[1]=accion[j]; // Ordenamiento tipo burbuja
                aux[j] = aux[j+1]; accion[j]=accion[j+1]; // Ordenamiento tipo burbuja
                aux[j+1] = temp[0]; accion[j+1]=temp[1]; // Ordenamiento tipo burbuja
                f = 1;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
  }
  /*for (int i=0; i<fi; i++){
    Serial.println(aux[i]);
    Serial.println(accion[i]);
  }*/
}

// Extrae los k vecinos más cercanos
void extraeKvecinos(double* aux, double kPrimeros[], int accion[],int kClases[],int k){
  for(int i=0;i<k;i++){
    kPrimeros[i]=aux[i];
    kClases[i]= accion[i];
  }
  for (int i=0; i<k; i++){
    Serial.print("Distancia ");
    Serial.print(i+1);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(aux[i]);
    Serial.print("Clase: ");
    Serial.println(kClases[i]);
  }
}
// Calcula la moda
int moda(int* kClases, int k){
  Average<double> ave(3);
  for(int i=0; i<3; i++){
    int num = kClases[i];
    ave.push(num);
  }
  int moda=ave.mode();
  return moda;
}

//Serial.println("\nclosing connection");
client.stop();
}

```

Anexo 7. Resultados del filtrado de datos usando el software RStudio

A continuación se muestra el procedimiento a realizar para aplicar los filtros de ruido usando el software RStudio; se necesita la base de datos ya dividida en clases en un archivo .csv. A continuación se importa la base de datos establecida con los comandos que se muestra en la figura en donde se designa un splitRatio de 0.8 lo que significa que la base de datos es dividida en un 80% para datos de entrenamiento y un 20% para datos de prueba.

```
# Importing the dataset
dataset = read.csv('DataBaseROSEND.csv', sep = ';')
#dataset=dataset[,-7]
library(caTools)
set.seed(456)
split = sample.split(dataset$clase, splitRatio = 0.8)
training_set = subset(dataset, split == TRUE)
test_set = subset(dataset, split == FALSE)
```

Para ejecutar dichos comandos, lo único que se debe hacer es seleccionar las líneas que se desea ejecutar y luego presionar las teclas ctrl + enter; una vez realizado este procedimiento se verifica que la importación se realiza con éxito y la división en datos de entrenamiento y prueba ha sido efectuado.

Data	
dataset	301 obs. of 6 variables
test_set	61 obs. of 6 variables
training_set	240 obs. of 6 variables
Values	
split	logi [1:301] TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE ...

Luego se debe importar la librería NoiseFiltersR para analizar los filtros de ruido disponibles en RSTUDIO, cabe resaltar que la clase debe ser transformada a factor con niveles 1, 2, 3 y 4. Se debe ejecutar los siguientes comandos para realizar el proceso antes mencionado.

```
#####REDUCCION DE RUIDO#####
library(NoiseFiltersR)
#####convertir a factor la etiqueta
#####AENN#####
training_set$class=factor(training_set$class, levels = c(1,2,3,4))
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
```

Ahora se procede a ejecutar los siguientes filtros: AENN, BBNR, CNN, DROP1, DROP2, DROP3, ENG, ENN, y RNN. En la imagen se muestra los comandos necesarios para realizar este procedimiento.

Comandos para aplicar AENN.

```
#####AENN#####
training_set$class=factor(training_set$class, levels = c(1,2,3,4))
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro

AENN_data=AENN(training_set,k=3)
proc.time()-t # Detiene el cronómetro

#user system elapsed
#2.66 0.03 2.79
#Number of removed instances: 14 (4.48 %)
print(AENN_data)
AENN_data=AENN_data$cleanData
```

Comandos para aplicar BBNR.

```
#####BBNR#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
BBNR_data=BBNR(training_set,k=3)
proc.time()-t # Detiene el cronómetro

# user system elapsed
# 6.01 0.03 6.11
#Number of removed instances: 290 (92.94872 %)
print(BBNR_data)
BBNR_data=BBNR_data$cleanData
```

Comandos para aplicar CNN.

```
#####CNN#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
CNN_data=CNN(training_set,k=3)
proc.time()-t # Detiene el cronómetro

# user system elapsed
# 6.01 0.03 6.11
#Number of removed instances: 290 (92.94872 %)
print(CNN_data)
CNN_data=CNN_data$cleanData
```

Comandos para aplicar DROP1.

```
#####DROP1#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
DROP1_data=DROP1(training_set,k=3)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#user  system elapsed
#262.15   1.38  274.33

print(DROP1_data)
DROP1_data=DROP1_data$cleanData
#Number of removed instances: 222 (71.15385 %)
```

Comandos para aplicar DROP2.

```
#####DROP2#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
DROP2_data=DROP2(training_set,k=3)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#  user  system elapsed
#444.91   2.21  466.88

print(DROP2_data)
#Number of removed instances: 224 (71.79487 %)
DROP2_data=DROP2_data$cleanData
```

Comandos para aplicar DROP3.

```
#####DROP3#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
DROP3_data=DROP3(training_set,k=3)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#  user  system elapsed
# 399.45   1.53  415.45

print(DROP3_data)
#Number of removed instances: 292 (93.58974 %)
DROP3_data=DROP3_data$cleanData
```

Comandos para aplicar ENG.

```
#####ENG#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
ENG_data=ENG(training_set,k=3)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#  user  system elapsed
# 399.45   1.53  415.45

print(ENG)
#Number of removed instances: 292 (93.58974 %)
DROP3_data=DROP3_data$cleanData
```

Comandos para aplicar ENN.

```
#####ENN#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
ENN_data=ENN(training_set, k=3)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#   user  system elapsed
# 0.77   0.02   0.81

print(ENN_data)
#Number of removed instances: 10 (3.205128 %)
ENN_data=ENN_data$cleanData
```

Comandos para aplicar RNN.

```
#####RNN#####
t <- proc.time() # Inicia el cronómetro
RNN_data=RNN(training_set)
proc.time()-t    # Detiene el cronómetro

#   user  system elapsed
# 4.31   0.00   4.41

print(RNN_data)
#Number of removed instances: 275 (88.14103 %)
RNN_data=RNN_data$cleanData
```

Para el análisis de resultados se verifica el filtro usado, el número de instancias removidas y el tiempo de procesamiento tal como se muestra en la figura de manera general de todos los filtros resaltando los parámetros de interés.

<pre> user system elapsed 7.57 0.00 12.52 > print(AENN_data) Call: AENN(x = training_set, k = 3) Parameters: k: 3 Results: Number of removed instances: 2 (0.8333333 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>	<pre> user system elapsed 7.57 0.02 6.98 > print(BBNR_data) Call: BBNR(x = training_set, k = 3) Parameters: k: 3 Results: Number of removed instances: 6 (2.5 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>
<pre> user system elapsed 7.40 0.00 7.57 > print(CNN_data) Call: CNN(x = training_set, k = 3) Results: Number of removed instances: 222 (92.5 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>	<pre> user system elapsed 407.22 0.58 429.67 > print(DROP1_data) Call: DROP1(x = training_set, k = 3) Parameters: k: 3 Results: Number of removed instances: 214 (89.16667 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>
<pre> user system elapsed 7.45 0.00 5.52 > print(ENN_data) Call: ENN(x = training_set, k = 3) Parameters: k: 3 Results: Number of removed instances: 6 (2.5 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>	<pre> user system elapsed 752.56 1.48 810.13 > print(DROP3_data) Call: DROP3(x = training_set, k = 3) Parameters: k: 3 Results: Number of removed instances: 209 (87.08333 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>
<pre> user system elapsed 8.21 0.02 8.52 > print(RNN_data) Call: RNN(x = training_set) Results: Number of removed instances: 222 (92.5 %) Number of repaired instances: 0 (0 %) </pre>	

En caso de necesitar más información, por favor visitar el siguiente enlace:
<https://rpubs.com/rdelgado/397838?fbclid=IwAR08LIMMGJalFIdP9tubJnmsadxVj2Rd1nefUAK6guv9kSDY5OWmAFhg8>

Distribución de datos aplicando CNN

Ahora se procede a graficar la distribución de datos en donde se requiere hacer una reducción de la dimensión ya que se tiene 5 variables y para que estas puedan ser representadas en dos dimensiones se necesita aplicar los siguientes comandos.

```

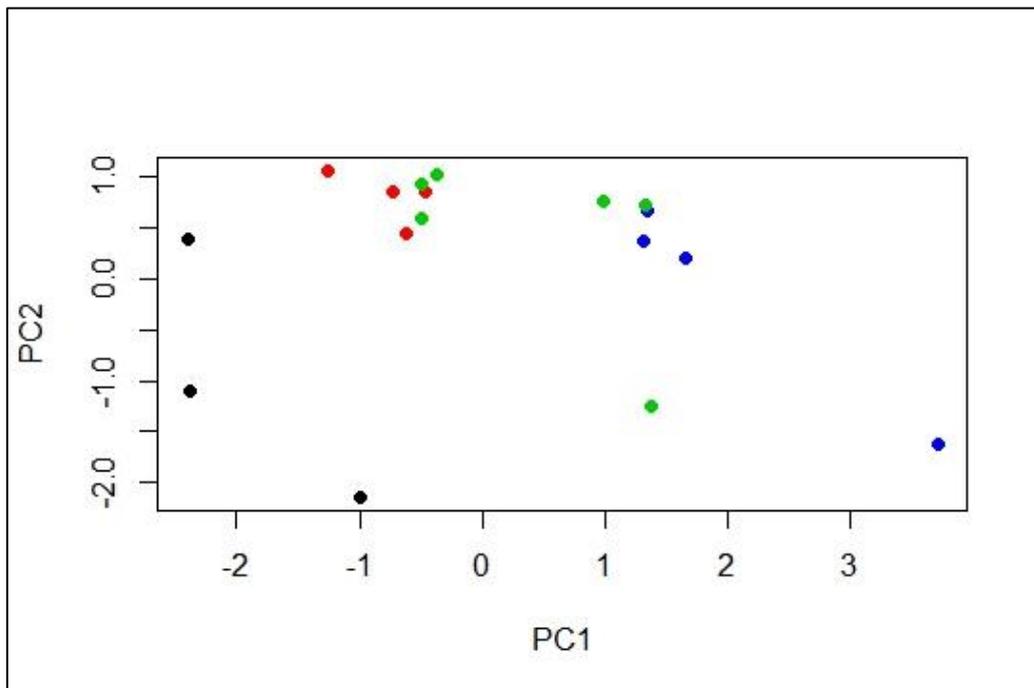
library(caret)
pca=preProcess(x=CNN_data[,-6],method = 'pca',pcaComp = 2)
pca_cnn=predict(pca,CNN_data)
#pca_cnn=pca_cnn[-11,]
plot(pca_cnn$PC1,pca_cnn$PC2,col=pca_cnn$clase, pch= 16, xlab = "PC1", ylab = "PC2")
##### Primero PCA#####
pca_cnn$etiqueta=pca_cnn$clase
pca_cnn=pca_cnn[,-1]

library(ElemStatLearn)
set = pca_cnn
x1 = seq(min(set[, 1]) - 1, max(set[, 1]) + 1, by = 0.01)
x2 = seq(min(set[, 2]) - 1, max(set[, 2]) + 1, by = 0.01)

grid_set = expand.grid(x1, x2)
colnames(grid_set) = c('PC1', 'PC2')

```

Entonces se cuenta con un gráfico como el que se observa en la imagen con la distribución de los datos dependiendo de las clases.



Anexo 8. Resultado de la minería de datos usando el software RStudio

En esta sección se analiza la eficiencia de 4 clasificadores: KNN, clasificador bayesiano, árbol de decisión y SVM. Par ello se analiza la matriz de confusión de cada uno de los algoritmos y la línea de borde de decisión según la distribución de los datos.

Para aplicar KNN se lo realiza con la ejecución de los siguientes comandos

```
library(class)
t <- proc.time()
#k=5
y_pred=knn(train=training_set[,-6],
            test = test_set[,-6],
            cl=training_set[,6],
            k=3)
proc.time()-t
cm=table(test_set[,6],y_pred)
cm
```

Para aplicar el clasificador Bayesiano se debe ejecutar los siguientes comandos:

```
library(e1071)
t <- proc.time()
training_set$LABEL=factor(training_set$LABEL, levels = c(1,2))

test_set$LABEL=factor(test_set$LABEL, levels = c(1,2))

t <- proc.time()
clasbayes= naiveBayes(x=training_set[-6],
                     y= training_set$class)
y_pred=predict(clasbayes, newdata = test_set[-6])
proc.time()-t
cm=table(test_set[,6],y_pred)
cm
```

Para aplicar el árbol de decisión se debe ejecutar los siguientes comandos

```
library(rpart)
t <- proc.time()
#####clasificador#####
#hay que codificar como en clasificador bayesiano
classarbol=rpart(formula = class~.,
                 data=training_set)

#####prediccion#####
y_predarbol=predict(classarbol, newdata = test_set[-6],type = 'class')
#plot(classarbol)
#text(classarbol)
proc.time()-t
cm=table(test_set[,6],y_predarbol)
cm
```

Para aplicar el clasificador SVM se debe ejecutar los siguientes comandos

```

library(e1071)
####kernel radial
t <- proc.time()

classifiersvm= svm(formula=class~.,
                    data=training_set,
                    type='C-classification',
                    kernel= 'sigmoid')

###predecir
y_predksvm=predict(classifiersvm, newdata= test_set[-6])

##### confusion matrix
proc.time()-t
cm=table(test_set[,6],y_predksvm)
cm

```

Ahora los resultados se verifican mediante la matriz de confusión que muestra los aciertos y desaciertos del algoritmo según los datos de entrenamiento y pruebas.

Matriz de confusión usando KNN

```

> proc.time()-t
  user  system elapsed
  0.00   0.01   0.08
> cm=table(test_set[,6],y_pred)
> cm
  y_pred
    1  2  3  4
1  33  0  0  0
2   0  7  1  0
3   0  1  4  2
4   0  0  2 11

```

Matriz de confusión usando clasificador Bayesiano

```

> proc.time()-t
  user  system elapsed
  0.03   0.00   0.10
> cm=table(test_set[,6],y_pred)
> cm
  y_pred
    1  2  3  4
1  33  0  0  0
2   0  8  0  0
3   0  0  6  1
4   0  0  0 13

```

Matriz de confusión usando clasificador Árbol de decisión

```
> proc.time()-t
  user system elapsed
  0.03  0.02  0.21
> cm=table(test_set[,6],y_predarbol)
> cm
  y_predarbol
    1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  8  0  0
3  0  1  4  2
4  0  0  1 12
```

Matriz de confusión usando clasificador SVM (Polynomial, Radial, Sigmoid)

```
  user system elapsed      user system elapsed
  0.03  0.00  0.14      0.02  0.00  0.14
> cm=table(test_set[,6],y_predksvm) > cm=table(test_set[,6],y_predksvm)
> cm      POLYNOMIAL      > cm      RADIAL
  y_predksvm
    1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  8  0  0
3  0  1  6  0
4  0  0  2 11

  user system elapsed
  0.02  0.00  0.14
> cm=table(test_set[,6],y_predksvm)
> cm      SIGMOID
  y_predksvm
    1  2  3  4
1 33  0  0  0
2  0  8  0  0
3  0  1  0  6
4  0  0  0 13
```

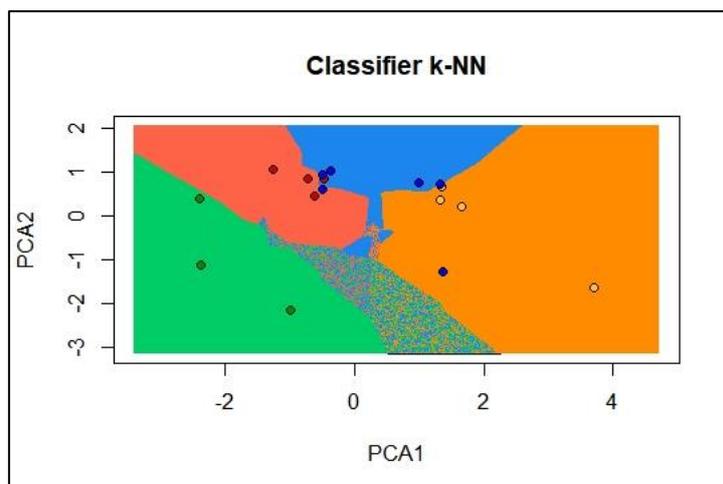
Para realizar las gráficas de las líneas del borde de decisión se debe ejecutar los comandos para clasificar y luego para graficar dicha distribución. Todo se logra mediante los siguientes comandos:

```
#####KNN#####
library(class)
y_grid = knn(train=pca_cnn [,-3],
             test = grid_set[,-3],
             cl=pca_cnn[,3],
             k=3)
#####BAYES#####
library(e1071)
clasbayes = naiveBayes(etiqueta ~ .,
                      data = pca_cnn)
y_grid = predict(clasbayes, newdata = grid_set)
print(y_grid)
#####SVM#####
library(e1071)
clasificadorSVM = svm(etiqueta ~ .,
                    data = pca_cnn,
                    type = 'C-classification', kernel = 'radial')
y_grid = predict(clasificadorSVM, newdata = grid_set)
print(y_grid)
#####DECISION TREE#####
library(rpart)
set.seed(1535)
clasificadorDT = rpart(formula=etiqueta ~ .,
                      data = pca_cnn)
y_grid = predict(clasificadorDT, newdata = grid_set, type = 'class')
print(y_grid)

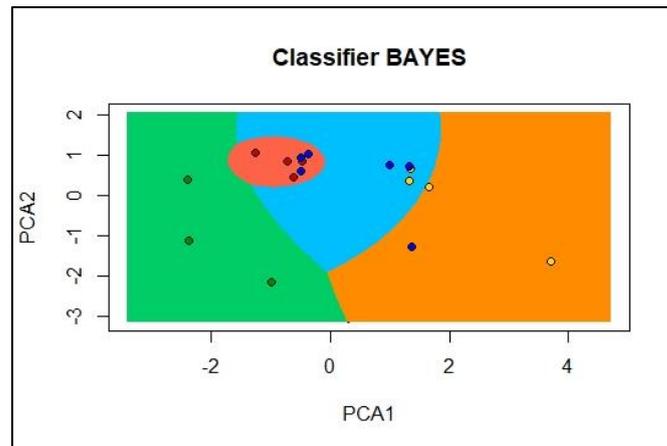
library(randomForest)
clasificadorRF = randomForest(etiqueta ~ .,
                             data = pca_cnn, ntree = 250)
y_grid = predict(clasificadorRF, newdata = grid_set)
print(y_grid)
```

Ahora se aprecia la distribución de datos mediante la línea de borde de decisión y se aprecia de forma visual la que mejor distribución presente.

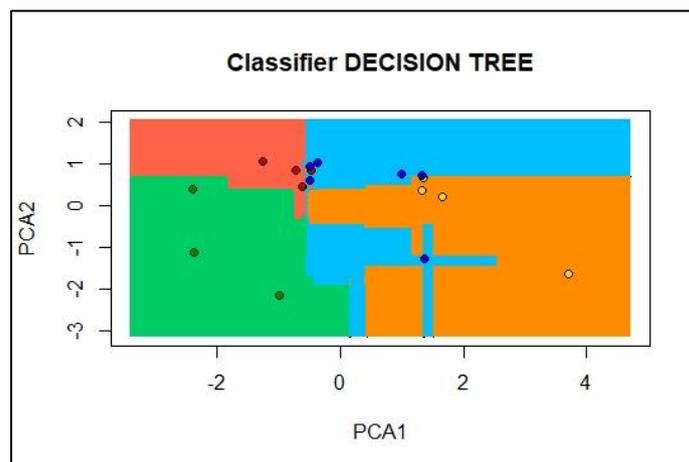
Borde de decisión para cada clase usando KNN



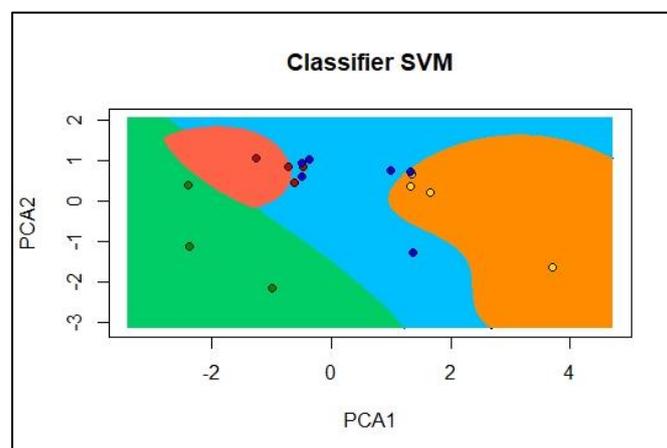
Borde de decisión para cada clase usando clasificador Bayesiano



Borde de decisión para cada clase usando clasificador Árbol de decisión



Borde de decisión para cada clase usando clasificador SVM





“SISTEMA ROSEND MANUALES”

El futuro es hoy

2019

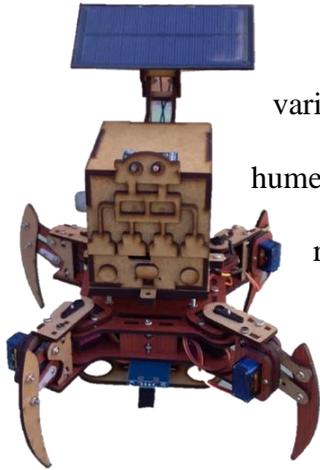
Wilmer Alexander Champutiz Quitiaquez



ROSEND

Manual de administrador

El sistema ROSEND, es un sistema de recomendación que toma decisiones en base a la medición de variables ambientales y el procesamiento de datos luego de haber aplicado KNN como algoritmo de clasificación seleccionado.



El sistema ROSEND ha sido integrado con sensores que miden variables ambientales del cultivo de rosas como son: humedad el suelo, humedad relativa, CO2, y temperatura; el sistema genera un alerta en tiempo real sobre la acción que el sistema sugiere haga el agricultor en base al análisis realizado de las variables anteriormente mencionadas, además de manera experimental se coloca uno de los nodos sobre el cuadrúpedo Farmi 4 el cual provee de movimiento al sistema. En este

manual se describen procedimientos empleados para la programación del dispositivo.

Sección A.- Integrar el NodeMCU con el IDE de Arduino

- 1) El usuario debe haber instalado la IDE de Arduino y se debe haber verificado el correcto funcionamiento del mismo así como se muestra en la ilustración 1.

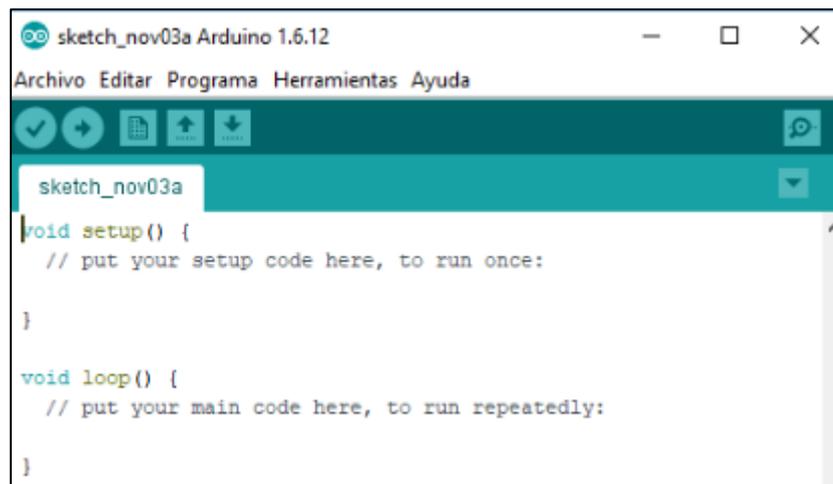


Ilustración 1. IDE de Arduino

- 2) Se debe ingresar al siguiente enlace <https://github.com/esp8266/arduino> en donde se encuentra el repositorio oficial del Framework del ESP8266 donde consta las instrucciones para instalar la tarjeta en el IDE de Arduino. Ahora se debe copiar el enlace al archivo json que se muestra en la ilustración 2, que aparece en la descripción del proyecto el cual describe al IDE de Arduino los componentes que se tiene que descargar para incorporar las placas con ESP8266.

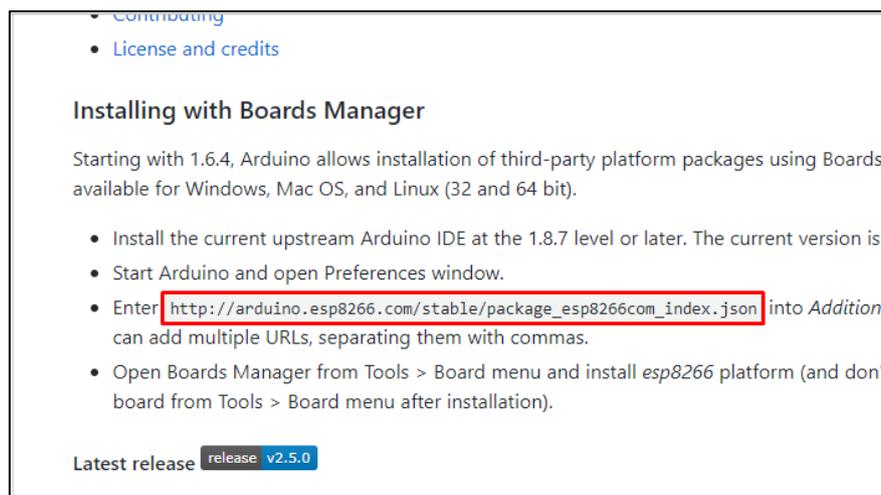


Ilustración 2. Enlace al archivo json.

- 3) En el editor de Arduino se abre Archivo y preferencias y se pega el link en Gestor de URLs adicionales de tarjetas así como se muestra en la ilustración 4.

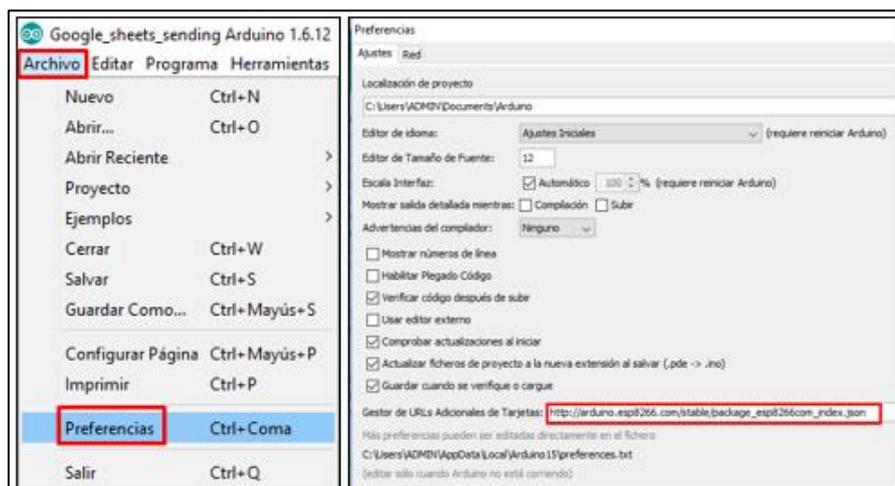


Ilustración 3. Preferencias en el entorno de Arduino

- 4) Luego se debe dirigir a programa, incluir librería y gestionar librerías así como se muestra en la ilustración 4.

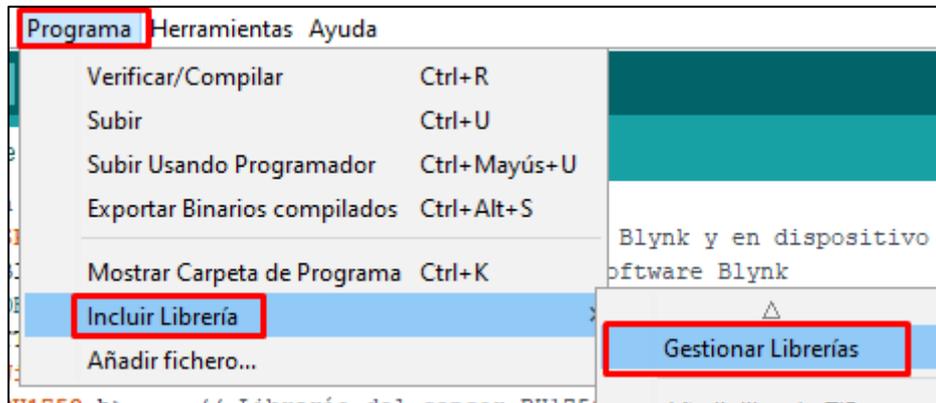


Ilustración 4. Pasos para gestionar librerías en el entorno de Arduino.

- 5) En el gestor se escribe ESP8266 y se instala la librería, se espera a que termine así como se muestra en la ilustración 5.



Ilustración 5. Instalación de la librería del ESP8266 en Arduino

- 6) Una vez instalado el soporte de la nueva tarjeta, se verifica las tarjetas que el ESP 8266 incorpora. Para este caso se debe dirigir a herramientas y en placa seleccionar NodeMCU 1.0 con una memoria flash de 4M, frecuencia del CPU a 80MHz y la velocidad del puerto serie en este caso 115200 así como se muestra en la ilustración 6.

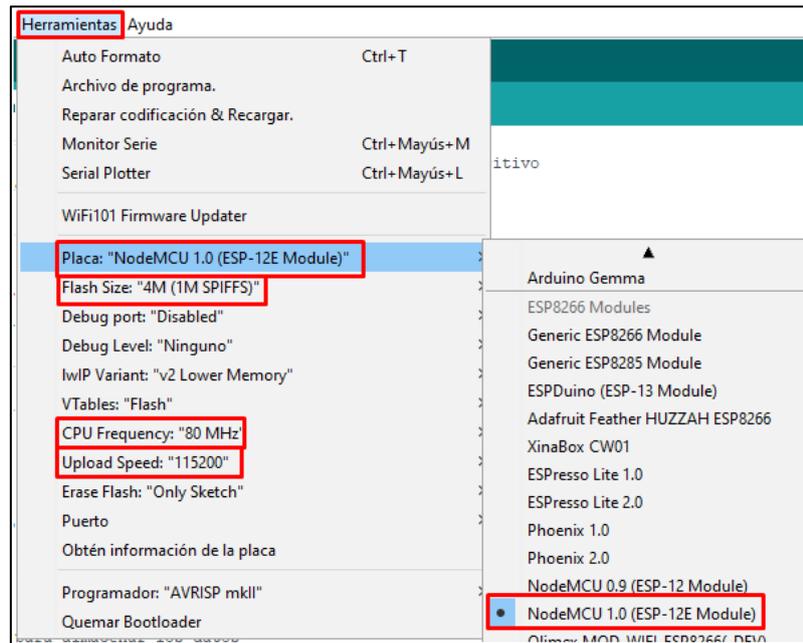


Ilustración 6. Parámetros generales para carga de sketch en NodeMCU v3

- 7) Se procede a conectar la placa y se verifica el puerto de comunicación y ya se puede cargar un sketch así como se muestra en la ilustración 7.

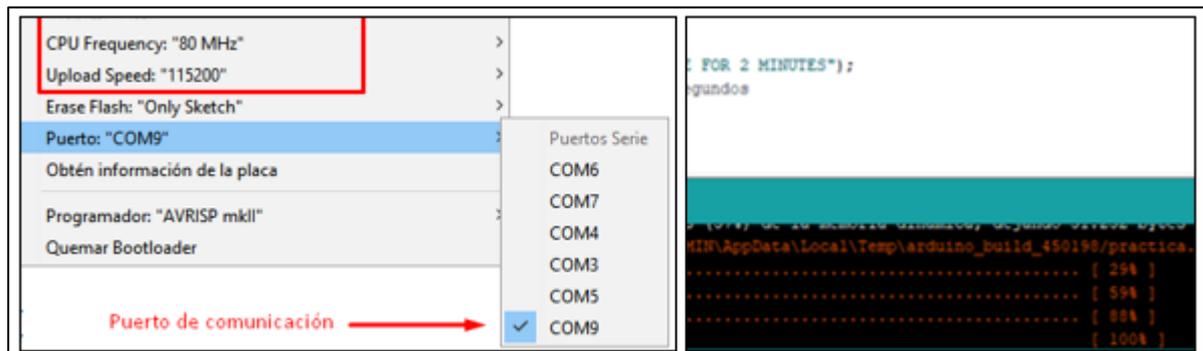


Ilustración 7. Carga de sketch y reconocimiento de puerto de comunicación

En caso de requerir más información, visite el siguiente enlace:

https://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf

Sección B.- Enviar datos desde el NodeMCU a Google Sheets

En esta sección se muestra cómo publicar los datos leídos por los sensores y enviarlos a Google Sheets usando un NodeMCU v3. La integración directa con Google Sheets requiere autenticación HTTPS, para ello se usa IFTTT. El proceso que se sigue es el siguiente:

- Primero, el NodeMCU se conecta a su red Wi-Fi;
 - Luego, los sensores toman las lecturas de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, CO2 y luminosidad;
 - El NodeMCU se comunica con el servicio de webhooks de IFTTT que publica los valores en una hoja de cálculo en Google Sheets que se guarda en la carpeta Google Drive del cliente;
 - Después de publicar las lecturas, el ESP entra en modo Deep Sleep;
 - Al momento que el sistema se inicia, el proceso se repite publicando datos.
- 1) El usuario debe crear una cuenta IFTTT para ello se debe dirigir al enlace ifttt.com e ingresar un correo válido de Google así como se muestra en la ilustración 8.

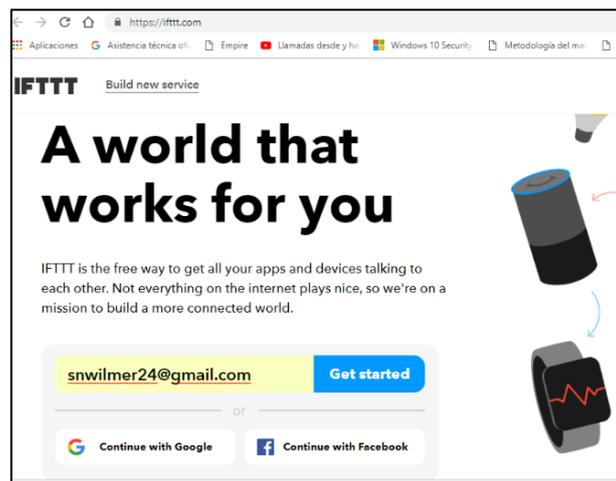


Ilustración 8. Creación de cuenta en IFTTT

- 2) Luego se debe crear un applet, para ello, el usuario debe dirigirse a [mis applets](#) y [new applets](#) como se aprecia en la ilustración 9.

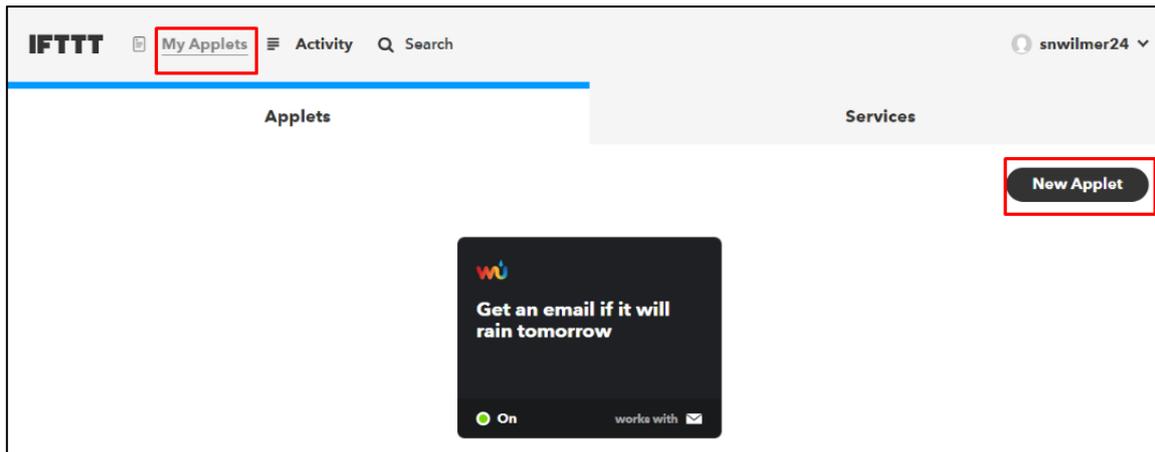


Ilustración 9. Creación de nueva applet

- 3) Luego debe hacer clic en this, letras que se resaltan en color azul así como se muestra en la ilustración 10.

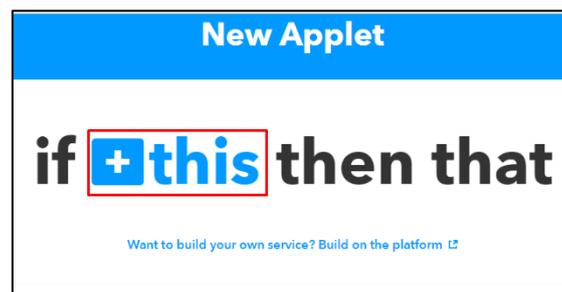


Ilustración 10. Configuraciones básicas

- 4) Se debe buscar el servicio de Webhooks así como se muestra en la ilustración 11.

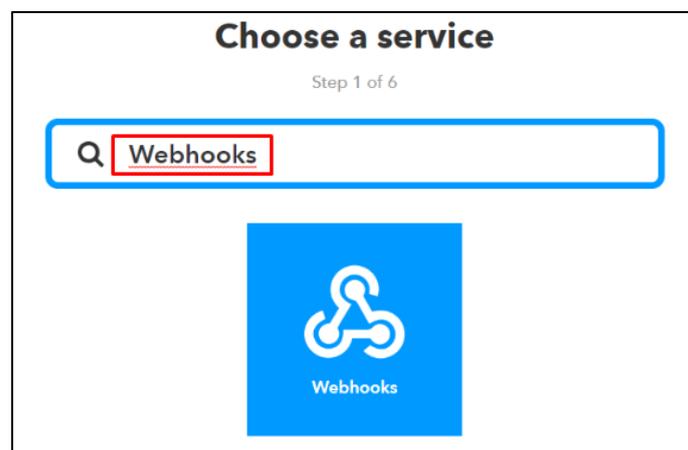


Ilustración 11. Selección del servicio WebHooks

- 5) Se da clic en conectar así como se muestra en la ilustración 12.

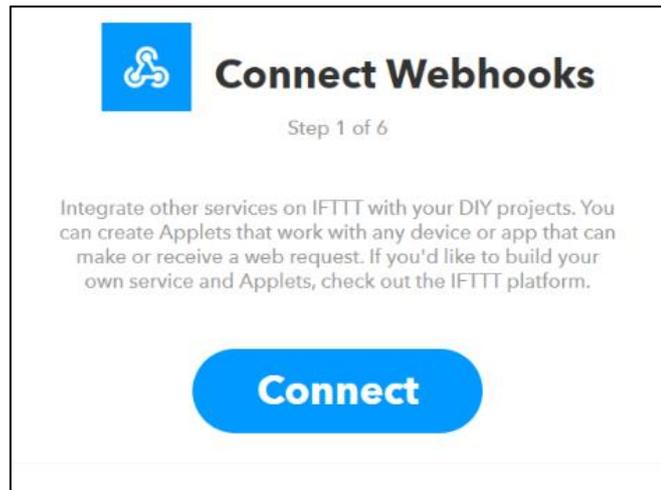


Ilustración 12. Establecimiento de conexión con Webhooks

- 6) Se escoge el disparador recibir una solicitud web así como se muestra en la ilustración 13.

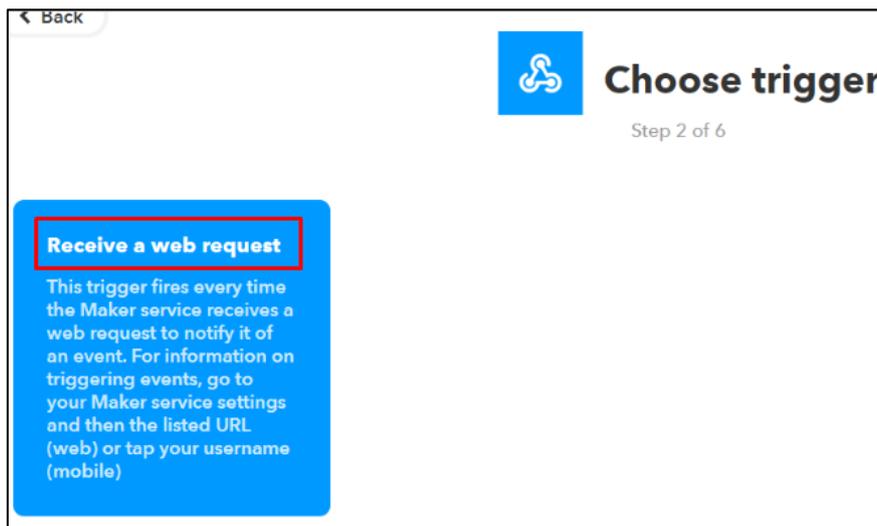


Ilustración 13. Selección del disparador

- 7) Se da el nombre al evento en este caso ROSEND y luego se da clic en crear disparador así como se muestra en la ilustración 14.

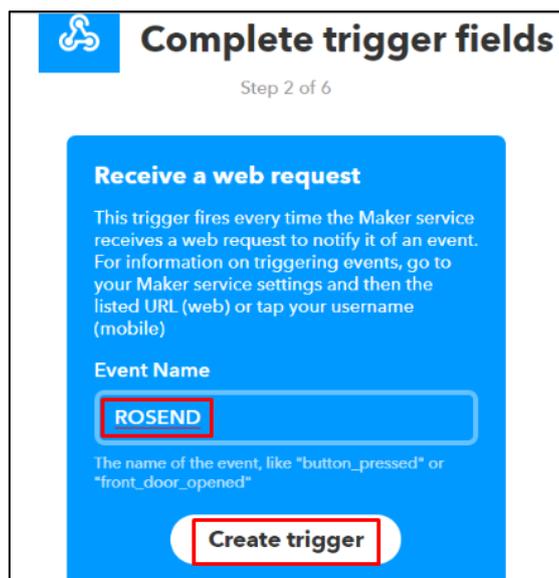


Ilustración 14. Asignación de nombre al evento.

- 8) Se da clic en la palabra THAT para continuar así como se muestra en la ilustración 15.



Ilustración 15. Configuraciones básicas

- 9) Se busca el servicio de Google Sheets y se selecciona el icono de Google Sheets así como se muestra en la ilustración 16.

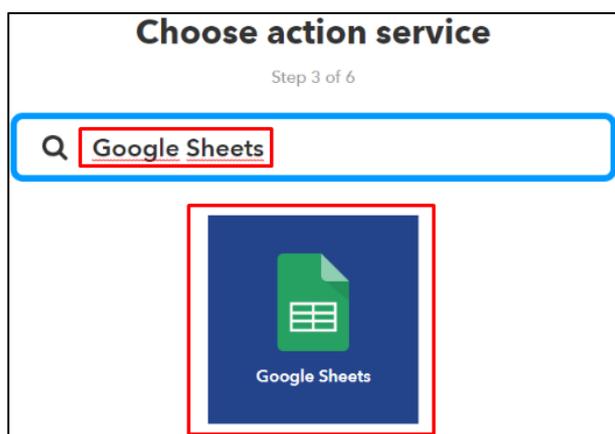


Ilustración 16. Selección del servicio Google sheets para la recepción de datos

- 10) Se debe hacer clic en el botón conectar así como se muestra en la ilustración 17 para establecer conexión con Google Sheets.

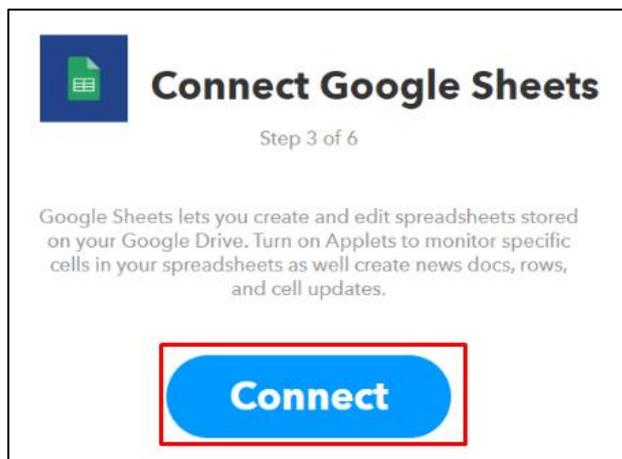


Ilustración 17. Conexión con Google Sheets

- 11) Se debe elegir la opción agregar una fila a la hoja de cálculo así como se muestra en la ilustración 18.

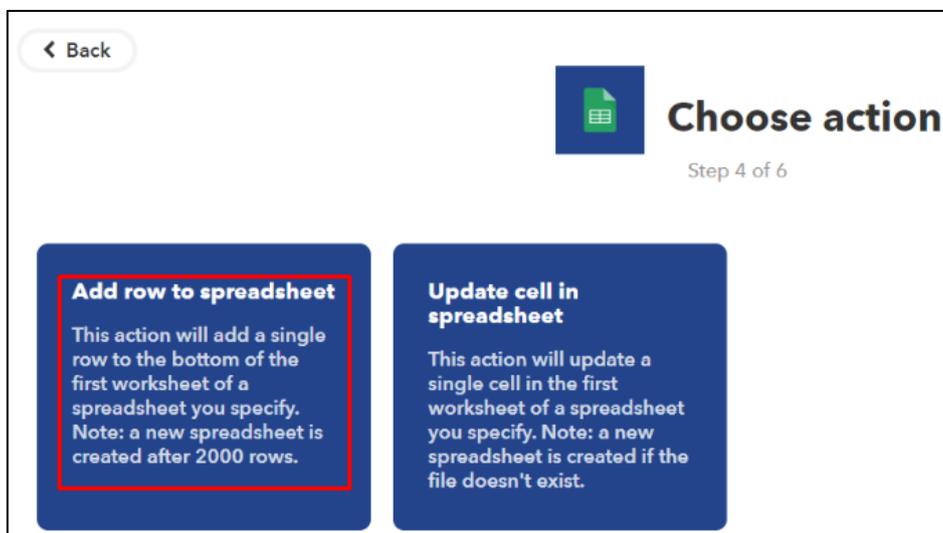


Ilustración 18. Edición de la hoja de cálculo

- 12) Luego se debe completar los campos, se asigna un nombre a la hoja de cálculo complete los parámetros y finalmente clic en crear acción así como se muestra en la ilustración 19.

Spreadsheet name
ROSEND
Will create a new spreadsheet if one with this title doesn't exist
Add ingredient

Formatted row
{{OccurredAt}} ||| {{EventName}} |||
{{Value1}} |||{{Value2}} ||| {{Value3}} |||
{{Value4}} |||{{Value5}} |||
Use "|||" to separate cells
Add ingredient

Drive folder path
IFTTT/MakerWebooks/
EventName
Add ingredient

Drive folder path
|
Format: some/folder/path
(defaults to "IFTTT")
Add ingredient

Create action

Ilustración 19. Parámetros de la hoja de cálculo

- 13) Al momento de dar clic en el botón finalizar, se debe haber creado el applet mostrándose la siguiente ventana de verificación así como se muestra en la ilustración 20.

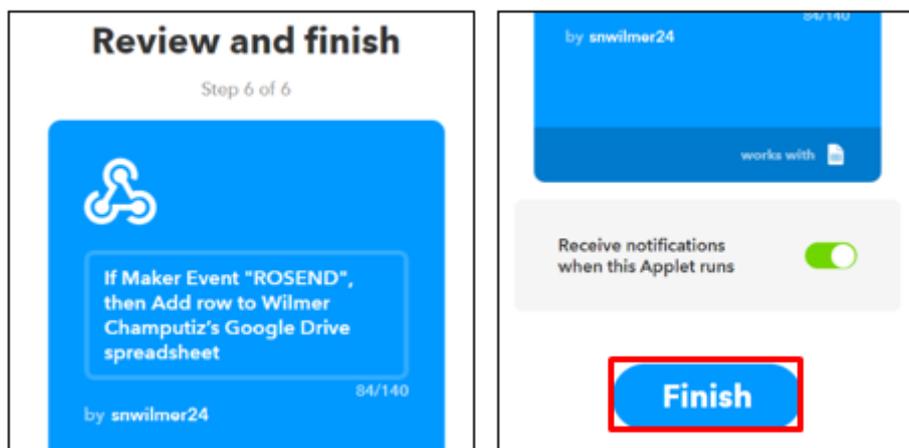


Ilustración 20. Creación de evento

- 14) Ahora se debe probar el applet, para ello el usuario debe dirigirse a la página de servicio de webhooks y hacer clic en el botón documentación así como se muestra en la ilustración 21.

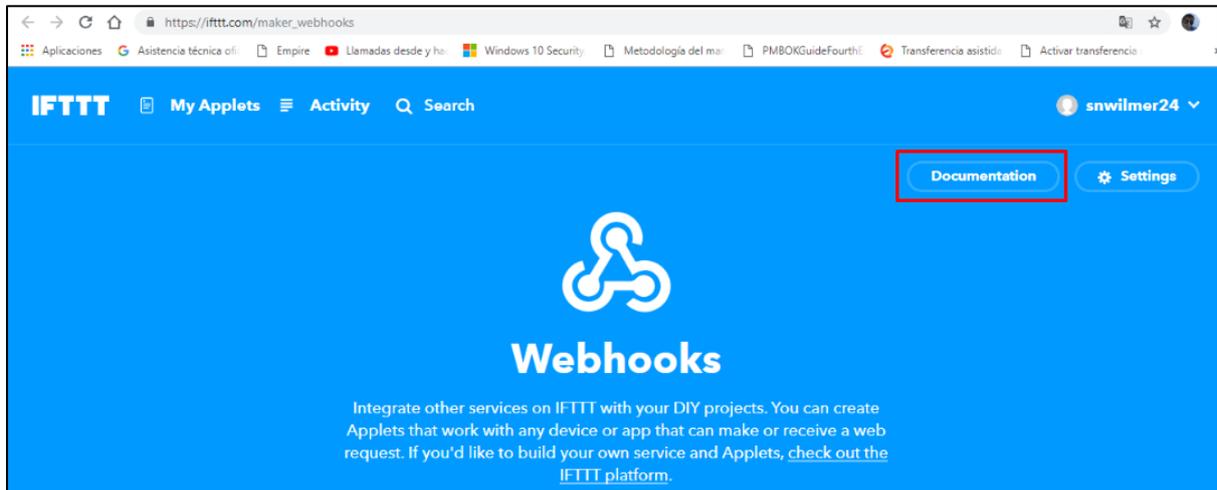


Ilustración 21. Verificación de la applet.

- 15) Aparecerá una página como se aprecia en la ilustración 22, en donde aparecerá la clave única, la cual no debe ser compartida con nadie. El usuario debe rellenar los campos que se resaltan con rojo, es decir el nombre del evento y valores

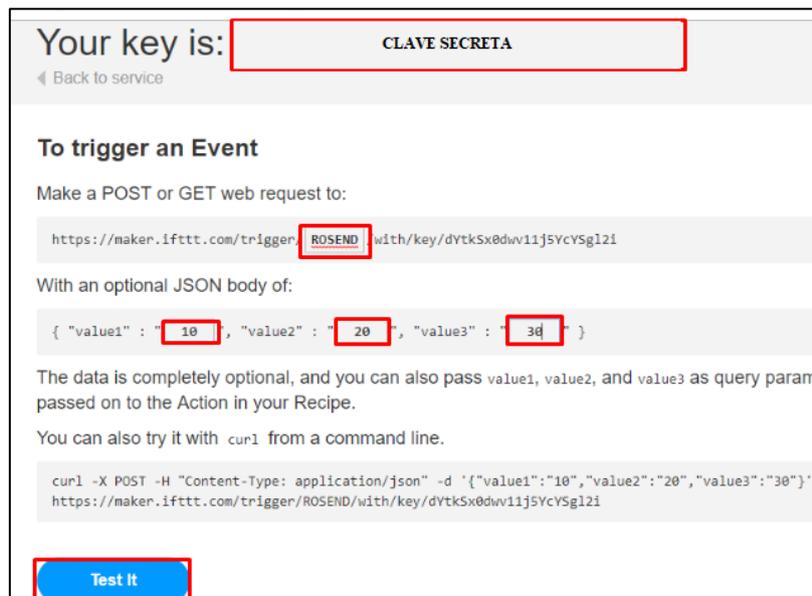


Ilustración 22. Clave secreta

- 16) El evento debe activarse con éxito y se recibirá un mensaje de color verde diciendo que el evento se activa así como se muestra en la ilustración 23.



Ilustración 23. Activación satisfactoria del evento

17) El usuario debe ir a Google Drive. El servicio IFTT debe haber creado una carpeta llamada IFTTT y en su interior una hoja de cálculo denominada ROSEND. En este caso aparecen 2 hojas de cálculo ya que se crea 2 bases de datos, una para cada nodo así como se muestra en la ilustración 24.

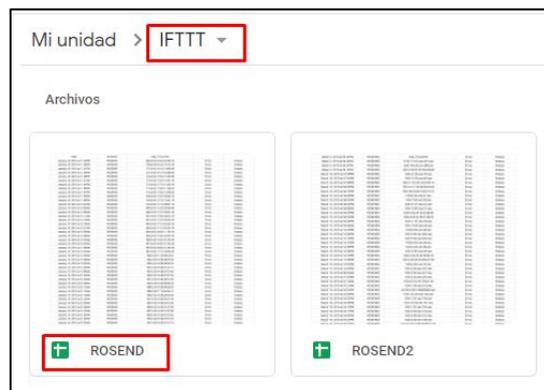


Ilustración 24. Hojas de cálculo en la cuenta de Google Drive del usuario

18) Para vincular el NodeMCU se debe ingresar la clave única que nos ha sido asignada y mediante código de programación que se detalla en este documento, se realiza el envío de datos a Google Sheets. En caso de requerir mayor información, visite el siguiente enlace: <http://pdacontroles.com/actualizacion-https-redirect-version-2-0-esp8266-spreadsheets/>

Sección D.- Reprogramar el NodeMCU

1) Si se desea reprogramar al Nodo 1 y 2 del sistema ROSEND se debe quitar el gestor de batería con el panel solar así como se muestra en la ilustración 25.



Ilustración 25. Retiro del gestor de batería del Nodo

- 2) Se debe desconectar los cables de alimentación del sistema así como se muestra en la ilustración 26.

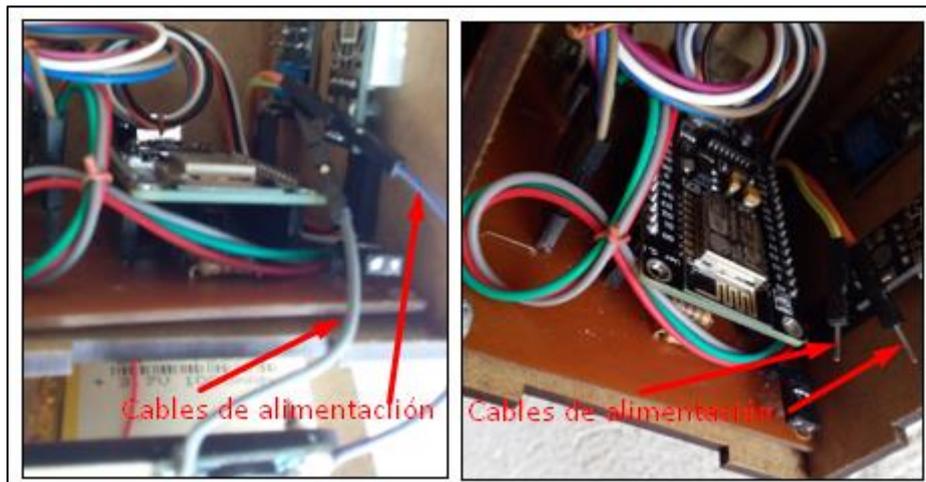


Ilustración 26. Desconexión de cables de alimentación del Nodo

- 3) Se procede a desconectar el puente de reinicio, no se debe olvidar de colocarlo nuevamente en el lugar respectivo luego de haber realizado la programación así como se muestra en la ilustración 27.



Ilustración 27. Desconexión del puente de reinicio

- 4) Finalmente se conecta el cable USB para la programación del nodo en la parte frontal y se carga el Sketch así como se muestra en la ilustración 28.



Ilustración 28. Conexión del cable USB para reprogramación del Nodo

Manual de usuario

Sección A.- Encendido del sistema

- 1) El usuario debe activar el interruptor de encendido en donde se debe verificar que el led indicador se encuentre activo, en este caso el led verde, en caso de no encenderse este led, se procede a cargar el dispositivo; cabe resaltar que la incidencia de energía solar sobre el panel hará encender el led rojo lo que indica que el sistema se está cargando así como se muestra en la ilustración 29.

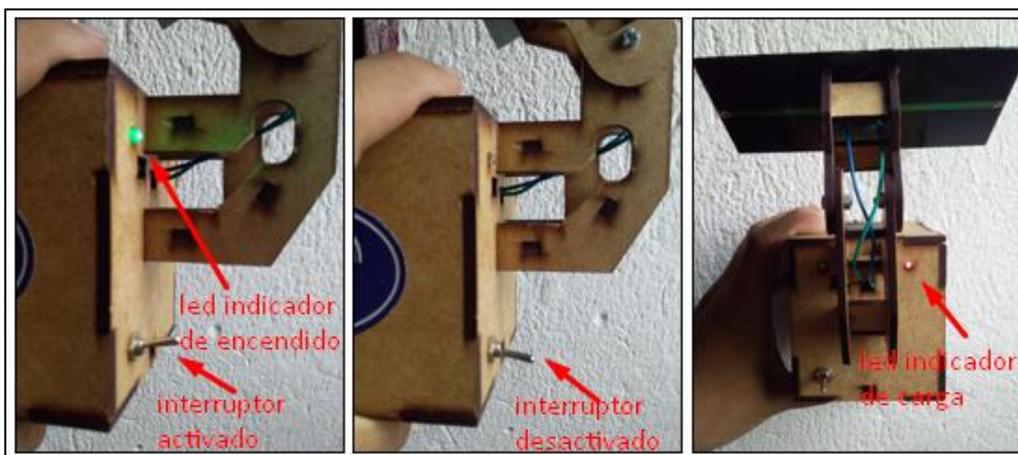


Ilustración 29. Encendido del Sistema

- 2) Una vez encendido el sistema, el usuario coloca el nodo en el suelo a medir y espera a que se aprecien los resultados en el móvil así como se aprecia en la ilustración 30.



Ilustración 30. Colocación del nodo en el área de cultivo.

Sección B.- Carga de la batería

- 1) Si el led indicador de encendido, en este caso el led verde no enciende al momento de activar el interruptor, se procede a cargar la batería conectado el cable USB en la parte posterior del dispositivo y se espera a que se cargue completamente así como se muestra en la ilustración 31.



Ilustración 31. Carga de la batería

Sección C.- Apreciación de resultados

- 1) El usuario abre la aplicación Blynk en su smartphone y selecciona un proyecto en este caso el proyecto denominado ROSEND así como se muestra en la ilustración 32.

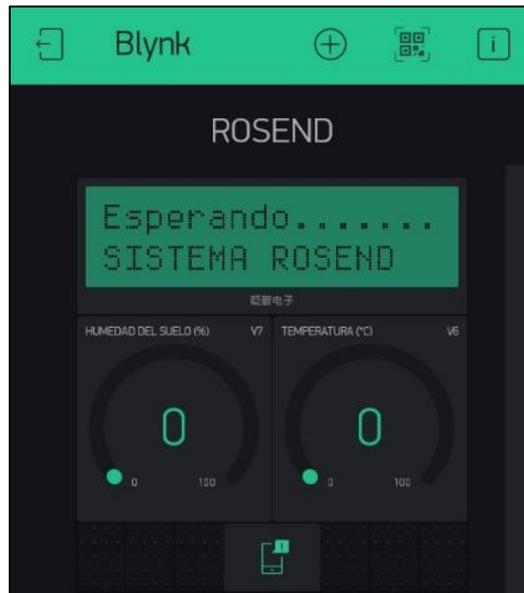


Ilustración 32. Inicio de la aplicación Blynk

- 2) El usuario debe iniciar el proyecto, para ello debe seleccionar el ícono Play, por ningún motivo el usuario debe seleccionar los iconos de configuración ya que están reservados para configuración por parte del administrador únicamente así como se muestra en la ilustración 33.



Ilustración 33. Inicio del proyecto ROSEND usando el software Blynk

- 3) El usuario debe esperar a que se establezca conexión con el dispositivo y esperar a que se muestren los resultados así como se muestra en la ilustración 34.

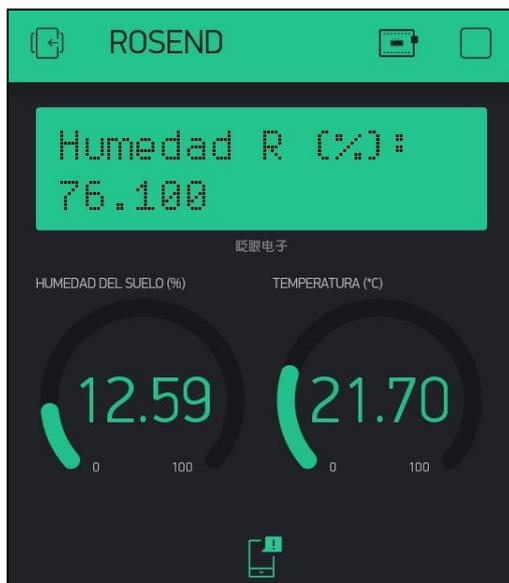


Ilustración 34. Funcionamiento de la aplicación.

Sección B.- Integración del sistema ROSEND con el Sistema Farmi 4

- 1) El sistema ROSEND y el cuadrúpedo Farmi 4 son independientes, así que, se puede juntar las dos estructuras físicas de una forma bastante sencilla, el nodo 1 cuenta con una base que encaja con el Farmi 4, para ello se debe verificar que la base esté firme así como se muestra en la ilustración 35.

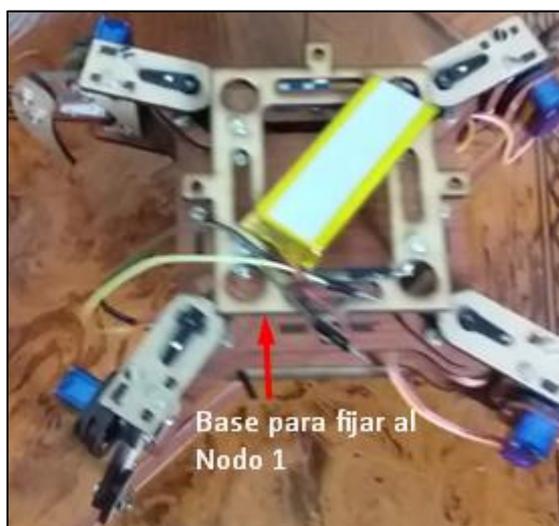


Ilustración 35. Sujeción de la base que sostiene al Nodo 1

- 2) Encajar las bases de las estructuras y sujetar con tornillos para que el sistema esté estable así como se muestra en la ilustración 36.

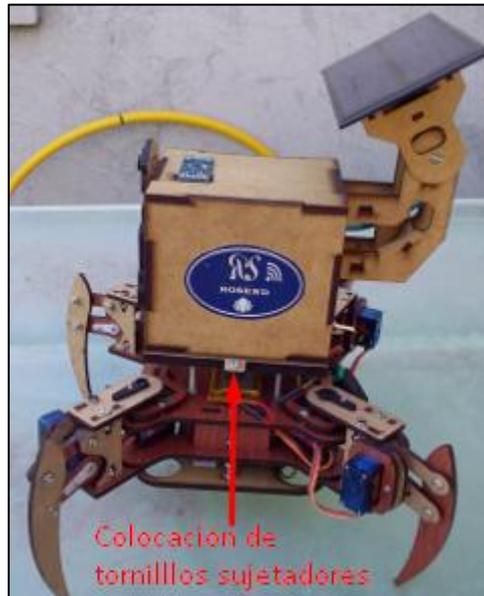


Ilustración 36. Encaje del Nodo 1 en el Farmi 4