



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

Monografía para optar al Título de
Ingeniero en Telecomunicaciones

**Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el cultivo
de Rábano utilizando protocolo ZigBee ubicado en invernadero de la UNI**

Autores:

- Br: Génesis Nadiesda Alemán Duarte 2013-44157
- Br: Karen Lisseth Sánchez Matamoros 2013-44277

Tutor:

Ing. Carlos Alberto Ortega Huembés

Managua, Enero 2021

1 Dedicatoria

Este proyecto se lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido un orgullo y privilegio ser sus hijas, son los mejores padres.

De manera muy especial, a nuestro tutor al Ingeniero Carlos Ortega por habernos guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de nuestra carrera universitaria y por habernos brindado su apoyo para desarrollarnos profesionalmente.

2. Agradecimientos

En primer lugar, damos gracias a Dios por habernos dado la sabiduría y paciencia para lograr terminar este proyecto por ponernos personas en el camino que nos motivaron a no darnos por vencidas.

A nuestras familias por todo su apoyo brindado por su amor, confianza y comprensión por ser uno de nuestros pilares fundamentales todo este tiempo.

A nuestro tutor el Ingeniero Carlos Ortega por ser una persona muy profesional y con una gran calidad humana por haber tenido toda la paciencia del mundo con nosotras por darnos críticas que nos permitió un buen aprovechamiento en el trabajo que se realizó.

A nuestras amistades y a todos los profesores en especial a los que nunca olvidaron que ellos también fueron estudiantes.

2 Resumen

El siguiente proyecto se basó en la Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el cultivo de Rábano utilizando protocolo ZigBee ubicado en invernadero de la UNI, en el cual se realizó un estudio previo del espacio físico para saber con exactitud en qué lugar ubicar los nodos sensores y el nodo coordinador.

Con la finalidad de lograr hacer una medición de las variables de temperatura, humedad del ambiente, luminosidad y humedad del suelo creamos una red punto multipunto donde se tomó el valor de las 4 variables ya mencionadas, enviándolas a una plataforma web llamada ThingSpeak, donde podemos observar gráficamente los valores y el comportamiento de cada uno de los sensores que se transmiten.

Se realizó una comparativa de dos escenarios: uno automatizado y otro de forma tradicional, sembrándose un total de 20 semillas de Rábano para ambos escenarios donde la parte automatizada logro un total de 17 rábanos en perfectas condiciones, con un tamaño promedio de 16x7cm; en el segundo escenario solo se logró 15 rábanos desarrollarse con un tamaño promedio de 11x5cm. La diferencia notoria se vio reflejada gracias al monitoreo continuo de las variables, que facilitó conocer la necesidad que requería en el momento la siembra, al igual del buen uso del agua a través del riego por goteo y los humidificadores que permitieron que la siembra no sufriera estrés por los cambios de clima cuando el cultivo lo requería, mientras que en el tradicional, con los cambio de clima la temperatura se mantuvo igual, pero no se sabía con exactitud la activación idónea del riego ni la cantidad necesaria de agua en el interior del suelo para el desarrollo apropiado del cultivo.

Tabla de figura

FIGURA 1. RIEGO POR GOTEO	12
FIGURA 2. RIEGO POR ASPERSIÓN	14
FIGURA 3. PLATAFORMA THINGSPEAK	17
FIGURA 4. TOPOLOGÍA PUNTO A PUNTO	21
FIGURA 5. TOPOLOGÍA ESTRELLA	22
FIGURA 6. TOPOLOGIA MALLA	22
FIGURA 7. INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	24
FIGURA 8. RÁBANO	25
FIGURA 9. SENSOR DHT22	26
FIGURA 10. MÓDULO LDR LM393	27
FIGURA 11. SENSOR YL-69	29
FIGURA 12. ARDUINO UNO	31
FIGURA 13. NODEMCU Esp8266	32
FIGURA 14. MÓDULO XBEE S2C	33
FIGURA 15. ELECTROVÁLVULA	35
FIGURA 16. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN	36
FIGURA 17. REALIZANDO PRUEBAS CON EL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT22	39
FIGURA 18. REALIZANDO PRUEBAS CON EL MÓDULO LDR, SENSOR DETECTOR DE LA INTENSIDAD DE LUZ	40
FIGURA 19. REALIZANDO PRUEBAS CON EL MÓDULO DE SENSOR DEL SUELO YL-69	41
FIGURA 20. CÓDIGO NODO ROUTER	42
FIGURA 21. CÓDIGO NODO DISPOSITIVO FINAL	43
FIGURA 22. CÓDIGO COORDINADOR	44
FIGURA 23. COMPILANDO DEL CÓDIGO NODO ROUTER Y DISPOSITIVO FINAL Y NODO COORDINADOR	45
FIGURA 24. ELABORACIÓN DE LOS NODOS	45
FIGURA 25. SIMULACIÓN EN PROTEUS	46
FIGURA 26. TOPOLOGÍA PUNTO MULTIPUNTO	47
FIGURA 27. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA WSN PUNTO MULTIPUNTO	47
FIGURA 28. UBICACIÓN DE LOS NODOS	48
FIGURA 29. PASO 1 PARA LA CONFIGURACIÓN DE LOS XBEE	49
FIGURA 30. PASO 2 PARA LA CONFIGURACIÓN DE XBEE	50
FIGURA 31. PASO 3 PARA BUSCAR LOS XBEE	51
FIGURA 32. XBEE ENCONTRADOS	51
FIGURA 33. CONFIGURACIÓN DE XBEE	52
FIGURA 34. REALIZANDO LA PRIMERA PRUEBA	53
FIGURA 35. ABRIENDO EL PUERTO COM	54
FIGURA 36. ENVIANDO LOS DATOS	54
FIGURA 37. RIEGO OFF CUANDO LA TIERRA ESTÁ MUY HUMEDAD	55
FIGURA 38. RIEGO ON CUANDO LA TIERRA ESTÁ SECA	56
FIGURA 39. PROBANDO EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO	57

FIGURA 40. INSTALANDO LA ELECTROVÁLVULA	59
FIGURA 41. CONFIGURACIÓN DE CANALES.....	60
FIGURA 42. VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS EN LA PÁGINA WEB	61
FIGURA 43. VISUALIZACIÓN DE DATOS EN EL CELULAR.....	61
FIGURA 44. CULTIVO DE RÁBANO MONITOREADO	63
FIGURA 45. CULTIVO DE RÁBANO DE FORMA TRADICIONAL.....	64
FIGURA 46. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS	64
FIGURA 47. MEDICIONES DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE	66
FIGURA 48. PROMEDIO DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE.....	67
FIGURA 49. HUMEDAD RELATIVA	68
FIGURA 50. HUMEDAD DEL SUELO.....	69
FIGURA 51. MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD	70

Tabla de contenido

TABLA 1 CARACTERÍSTICA DEL RÁBANO	10
TABLA 2 TABLA COMPARATIVA ENTRE Wi-Fi, BLUETOOTH Y ZIGBEE.	19
TABLA 3 COMPARACIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA	27
TABLA 4 RANGO DE LUMINOSIDAD	28
TABLA 5 COMPARACIÓN DE LOS SENSORES DE LUMINOSIDAD.....	29
TABLA 6 RANGO DE PORCENTAJE DE LA HUMEDAD DEL SUELO	30
TABLA 7 COMPARACIÓN DE LOS SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO	31
TABLA 8 COMPARATIVA DE DOS ESENARIOS.....	65
TABLA 9 PRESUPUESTO DE COMPONENTES	71
TABLA 10. PRESUPUESTO DE SERVICIOS PROFESIONALES.....	71
TABLA 11 PRESUPUESTO DEL NODO COORDINADOR	72
TABLA 12. PRESUPUESTO DEL NODO ROUTER Y END DEVICE	73

Índice de contenido

1	Dedicatoria	2
2	Agradecimientos	3
2	Resumen.....	4
I.	Introducción.....	1
II.	Objetivos.....	3
	Objetivo General.....	3
	Objetivos Específicos.....	3
III.	Planteamiento del Problema	4
IV.	Justificación	5
V.	Antecedentes.....	6
	Capítulo 1: Marco teórico.....	8
1.1.	Origen del rábano	8
1.1.1.	Propiedades y beneficios para la salud	8
1.1.2.	Fechas recomendadas para la siembra	9
1.1.3.	Suelos Recomendados	9
1.1.4.	Distancia de Siembra.....	9
1.1.5.	Clima	10
1.1.6.	Zonas del país recomendadas	10
1.1.7.	Ciclo Vegetativo	10
1.2.	Invernadero.....	11
1.2.1.	Tipos de Invernadero.....	11
1.2.2.	Ventajas de los invernaderos	11
1.3.	Método de riego por goteo	12

1.3.1 Ventajas de emplear el riego por goteo.....	13
1.3.2 Sistemas de riego por aspersión.....	14
1.3.3. Ventajas de un sistema de riego por aspersión.....	15
1.4.Redes de sensores inalámbrico (WSN).....	15
1.4.1.Definición WSN	16
1.4.3.Red inalámbrica	16
1.5.Aplicación Web.....	17
1.5.1. ThingSpeak	17
1.6. Protocolo 802.15.4 (ZigBee)	18
1.6.1. ZigBee se define tres bandas de frecuencia distintas:	19
1.6.2. Capas de ZigBee	20
1.6.3 Dispositivos de una red ZigBee.....	20
1.7.Topologías de ZigBee.....	20
1.7.1. Punto a punto (Pair).	21
1.7.2 Estrella (Star).....	22
1.7.3 Malla (Mesh).....	22
1.8.Pantalla LCD 20X4.....	23
1.9.Modulo Rele.....	23
CAPITULO 2: REQUERIMIENTO DEL SISTEMA	24
2.1. Tipo de invernadero a utilizar.....	24
2.1.1Ventajas de los invernaderos tipo Capilla	24
2.2.Tipo de riegos.....	25
2.3.Tipo de Cultivo.....	25
2.4.Criterio de selección de sensores	26
2.4.1.Sensor de temperatura y humedad DHT22	26

2.5.Hardware para el sistema de control.....	31
2.5.1.Arduino UNO	31
2.5.2.NodeMCU Esp8266.....	32
2.6.Hardware para WSN.....	33
2.6.2.Modos transparente.....	34
2.6.3.Modos comando.	34
2.6.4.Modos Api.....	34
2.7.Electroválvula	35
2.7.1.Tipos de Electroválvulas:	35
Capítulo 3: Diseño del sistema de adquisición	36
3.1. Diagrama del sistema de adquisición	36
3.1.1. Funcionamiento del diagrama	36
3.1.2. Módulo de adquisición.....	36
3.1.3. Módulo de transmisión / recepción	37
3.1.4. Módulo de procesamiento.....	38
3.1.5. Módulo de recepción Wi-Fi	38
3.1.6. Interface gráfica por ThingSpeak.	38
3.2. Programación de los nodos.	38
3.2.1. Programación nodo router y dispositivo final	42
3.2.2. Programación nodo coordinador	44
3.3. Software de simulación	46
3.Proteus	46
CAPITULO 4: DISEÑO DE LA WSN.	47
4.1. Diagrama de topología	47
4.1.1. Ubicación de nodos	48

4.2. Configuración de los módulos XBee S2C.....	48
4.2.1. Software XCTU	49
4.2.2 Pruebas de conectividad.....	52
4.3. Prueba de la WSN	55
4.3.1. Pruebas locales.....	55
4.4. Instalación del sistema de riego	58
4.4.1. Instalación de electroválvula.....	59
4.5. Comunicación a la plataforma ThingSpeak.....	60
CAPITULO 5. RESULTADOS	62
Componentes.....	71
Coordinador.....	72
Router/End device	73
6.1. Conclusiones	74
6.2. RECOMENDACIONES	75
2.Bibliografía	77
ANEXOS.....	79

I. Introducción

El sector agropecuario en Nicaragua es uno de los pilares fundamentales de la economía, este sector y la agroindustria aportan entre el 28% y 30% al Producto Interno Bruto (PRENSA, LA PRENSA, 2018) La globalización de los mercados exige una mayor competitividad, esto es, cumplir con procesos de producción y calidad a fin de lograr comercializar sus productos en mercados tanto locales como internacionales; por tal motivo todo lo que se produzca en el país debe tener los mejores estándares de calidad y eficiencia que le permitan competir en esta nueva economía.

En Nicaragua los agricultores siguen utilizando las técnicas tradicionales agrícolas para la producción, es por eso que en las investigaciones de este sector se busca diseñar e implementar sistemas fiables de bajo costo que cumpla con las normativas vigentes y mejore las condiciones de producción. Particularmente, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI) posee un invernadero que representa un valor agregado significativo para la carrera de Ingeniería Agrícola, dado que permite poner en práctica conceptos teóricos sobre la calidad y el desarrollo de los cultivos.

El invernadero de la UNI no cuenta con una Wireless Sensor Networks (WSN) ni con un sistema de riego automatizado, por lo tanto, los cultivos carecen de condiciones óptimas para su adecuado desarrollo y crecimiento. Con el propósito de contribuir a la mejora de las condiciones mencionadas anteriormente, el presente proyecto consiste en aplicar conceptos de agricultura de precisión en una WSN para optimizar el control de un sistema de riego por goteo y el monitoreo de agentes ambientales (Temperatura, Humedad, Luminosidad y Riego) involucrados

en un cultivo de hortalizas (rábano), con el fin de lograr un mejor aprovechamiento del agua de riego y obtener un sistema de almacenamiento de datos vía web de los parámetros medidos.

El siguiente trabajo monográfico brindará una solución tecnológica que permita al responsable del cultivo disponer de información en tiempo real y accesible vía web sobre múltiples parámetros críticos del terreno como son: Temperatura, Humedad, Luminosidad y Riego que demuestren que se realiza una optimización del proceso de producción y por lo tanto un aporte mayor a la economía del agricultor, con costos inferiores a los imaginados por ellos mismos.

II. Objetivos

Objetivo General

Implementar una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el cultivo de Rábano utilizando protocolo ZigBee en el Invernadero de la UNI para el seguimiento de datos en tiempo real.

Objetivos Específicos

- Definir los requerimientos técnicos y funcionales para el control y monitoreo de los parámetros de Temperatura, Humedad, Luminosidad y Riego para el despliegue de la red WSN.
- Analizar, Diseñar e Implementar la topología a usar en una red WSN en el invernadero de la UNI
- Diseñar un Sistema de Riego autónomo que funcione de acuerdo con las variaciones de los datos recopilados en la plataforma web.
- Realizar un estudio de dos escenarios de cultivos: uno con sensores y otro tradicionalmente, donde se muestren estadísticamente los parámetros medidos en la Red durante un intervalo de tiempo establecido.

III. Planteamiento del Problema

El proyecto que a continuación se detalla se enfoca en aportar una idea de mejoramiento e innovación en el campo de la producción agrícola mediante la implementación de tecnologías actuales que permitirá la optimización en la producción.

El sector agropecuario en Nicaragua es uno de los pilares fundamentales de la economía, este sector y la agroindustria aportan entre el 28% y 30% al Producto Interno Bruto”

Una problemática del sector agrícola es que no ha sido explotada en todo su potencial, debido a que se sigue utilizando formas de cultivo convencional retrasando el progreso de este sector el problema radica en que las personas encargadas de este oficio lamentablemente no han sido capacitadas e ignoran las ventajas que le brindaría el buen uso de las tecnologías.

Un alto porcentaje de la población nicaragüense se dedica a esta actividad, la idea es que los pequeños y medianos agricultores se den cuenta las ventajas que poseen en dejar atrás la forma tradicional de trabajar y comiencen a aprovechar todas las Oportunidades que hay al hacer uso de las tecnologías ya que conseguirían ser mucho más eficientes, tanto en el uso de abonos y fertilizantes, como en la lucha contra las plagas, reduciendo costes y mejorando la gestión de sus recursos.

IV. Justificación

En Nicaragua solo los grandes productores han ido implementados poco a poco la Agricultura de Precisión, donde los pequeños agricultores se han quedado con la forma tradicional de cultivar. Las carreras tecnológicas como electrónicas y/o telecomunicaciones buscan explotar al máximo lo que son las redes de sensores inalámbricas, ya que estas pueden ser en un entorno inaccesible u hostil como es en la agricultura.

El tema monográfico **“Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para el cultivo de Rábano utilizando protocolo ZigBee ubicado en el invernadero de la UNI”** buscará con su estudio, hacer un aporte tanto académico como aplicativo a la Institución, al implementar los conceptos y tecnologías necesarias para mejorar y optimizar las instalaciones que componen el Invernadero de la Universidad. Utilizando esta tecnología, el tiempo de inspección, cosecha o siembra en el invernadero se puede reducir considerablemente, evitando el agotamiento de los agricultores y así monitorear el cultivo a largas distancias.

Con este estudio queremos brindarle al agricultor una mayor seguridad donde ellos puedan sacar el mejor aprovechamiento de las tecnologías utilizando Aplicaciones que puedan ser utilizados desde cualquier dispositivo Android, IOS, Windows, entre otros. Y de esta manera puedan ver la información más detallada minimizando riesgo y calculando su productividad con la finalidad de promover y optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola minimizando el costo a través de la tecnología.

V. Antecedentes

En las investigaciones realizadas acerca de mediciones de distintas variables en factores que afectan directamente los cultivos en invernaderos utilizando Sensores Inalámbricos, se tiene que en el sector Agrícola ha tenido una acogida muy importante en el uso de este tipo de tecnología, siendo una de las técnicas más innovadoras y eficientes a nivel mundial. Prueba de ello es la variedad de proyectos y artículos que se relacionan con el tema.

Dentro de los estudios podemos resaltar dos tipos: los estudios con la objetividad de la recopilación de datos e información de los cultivos con el fin de mejorar la calidad, disminuir el costo de insumos en las cosechas, obtener menos pérdidas y lograr que los cultivos cumplan con altos estándares de calidad. Por otra parte, estudios centralizados en la funcionalidad de las redes WSN en aplicación a la Agricultura.

Según el centro de documentación de la FEC (Facultad de electrotecnia y Computación), para la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones no se encuentran estudios realizados con fines similares acerca del marco de investigación, dado por ser unas de las carreras más jóvenes en la universidad, sin embargo, en la carrera de electrónica ya se han hechos defensas similares.

A nivel internacional se encuentran diversas investigaciones con una objetividad similar a nuestro tema de investigación y que se detallan a continuación:

Diseño e implementación utilizando Arduino y ZigBee con un sensor ultrasónico para el control de nivel de llenado (Dario, 2015)

Diseño de una red de sensores (WSN) con tecnología 802.15.4, basado en el concepto agricultura de precisión para el control y monitoreo de cultivos de hortalizas bajo invernadero en la granja la pradera de la Universidad Técnica del Norte (ponce, 2015) en este proyecto se realiza el Diseño de una Red de Sensores (WSN) basada en agricultura de precisión; para controlar el riego, monitorear los agentes ambientales que participan, y poseer un registro automático de datos de la labranza, de los cultivos de hortalizas de un invernadero en la granja “La Pradera”

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SENSORES WSN PARA AGRICULTURA DE PRECISION UTILIZANDO DIGIMESH Y MODO API (Hidalgo Lupera & Valarezo Varela, 2017) el proyecto consiste en la construcción de un prototipo con dos nodos conectados a sensores de temperatura, humedad relativa, luminosidad, presión y radiación UV, un nodo que actúa como enrutador y un nodo coordinador que recibirá información de los sensores y enviará información a una computadora para que se pueda ver y luego se pueda guardar en una base de datos. Un aspecto importante es que los nodos funcionan como una red de malla para proporcionar la tolerancia a fallos del sistema

A diferencia de los temas mencionados anteriormente, nuestro trabajo monográfico será un sistema adaptable al entorno del invernadero de la UNI tomando en cuenta el cultivo de rábano, haciendo las mediciones de los parámetros como Temperatura, Humedad, Luminosidad y Riego para transmitirlos de forma inalámbrica a través de una red sensorial y presentarlos de forma visual al responsable mediante intervalos de tiempo o graficas estadísticas.

Capítulo 1: Marco teórico

1.1. Origen del rábano

“El origen del rábano se ha situado en China, aunque se considera que han sido los antiguos egipcios y babilónicos los primeros que supieron aprovechar sus virtudes, a tenor de los registros que se conservan de la época. Posteriormente, el rábano también fue muy valorado en las culturas griega y romana, siendo estos últimos los responsables de la difusión de su consumo por toda Europa gracias a su política de expansión territorial. En el siglo XII, el médico italiano Matthaeus Platerius destacó por escrito las virtudes medicinales del rábano: cuando se come rábano negro cocido es eficaz contra la tos provocada por grandes humores”. (EcuRed, 2006)

Actualmente, su consumo está bastante denostado en occidente, solo hay que pensar en la expresión Me importa un rábano, para valorar el papel que en nuestro subconsciente colectivo le concedemos a esta maravillosa hortaliza, aunque en las tierras del lejano oriente, el rábano goza de una alta valoración.

1.1.1. Propiedades y beneficios para la salud

Los rábanos también poseen ciertas propiedades antibióticas y antivíricas gracias a la presencia en su composición de compuestos orgánicos azufrados como el rafanol y la rafanina (este último en el rábano negro).

Las Brasicáceas destacan, en especial el rábano negro, por su riqueza en glucosinolatos, isotiocianatos, que ejercen una poderosa función como antioxidantes frente a los radicales libres, estimulando así el sistema inmunitario. Los glucosinolatos e isotiocianatos también facilitan la eliminación de toxinas y con ello la depuración del organismo protegiendo a nuestro organismo. Se evita con ello

la aparición de diversas enfermedades degenerativas al evitar los daños celulares, y reduce el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares.

A nivel inmunológico, el rábano también actúa como un potente antimicrobiano, con capacidad para neutralizar bacterias, virus y hongos, que puedan aparecer en nuestro organismo. Tradicionalmente se ha utilizado el zumo de rábano en las estaciones frías del año (otoño e invierno) para evitar infecciones respiratorias

1.1.2. Fechas recomendadas para la siembra

Se recomienda la siembra en invierno: julio, agosto, septiembre. En estos meses los compradores se bastecen para atender la demanda de octubre, noviembre y diciembre. (infoAgro, 2015)

1.1.3. Suelos Recomendados

El suelo para el cultivo de rábano debe ser suelo arenoso pero con suficiente material orgánico, requiere abundante humedad para un crecimiento rápido, los suelos parejos que permiten siembras a profundidades uniformes resultan en mayor proporción de rábanos bien formados. En este caso hicimos la siembra en maceteros por lo que el tipo del suelo de que hay en la UNI es tipo pedregoso no retienen el agua y no son buenos para el cultivo no es apto para ningún tipo de cultivo, otro motivo es porque el invernadero lo viven cambiando de lugar; El Ingeniero agrónomo nos recomendó la siembra en maceteras⁰ para así dar una solución al inconveniente ya antes planteado.

1.1.4. Distancia de Siembra

Los rábanos se suelen sembrar en líneas a 50 cm, empleando unos 8 kg por hectárea. A los 15 o 20 días de la siembra es conveniente aclarar las plantas, dejando los rabanitos distanciados a 5 cm y los rábanos a 10 cm. Hay que aclarar

los plántones, en caso necesario, para permitir un buen desarrollo de las raíces, regar en abundancia y extraerlos en cuanto alcancen el tamaño justo.

1.1.5. Clima

Prefiere los climas templados, teniendo en cuenta que hay que proteger al cultivo durante las épocas elevadas de temperaturas. El ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, pudiendo encontrar desde 20 días a más de 70 días. El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6°C y los 30°C, para su germinación, y para su óptimo crecimiento se tiene que encontrar entre 18-22°C. A continuación se muestra la tabla 1 características del rábano según el clima para su desarrollo

Cultivo	Característica	Temperatura	Observación
Rábano	G	6-30°C	Requieren de un clima caliente para su Germinación. Tiene un rango más amplio de temperatura permitiendo Su facilidad de cultivo.
	C	18-22°C	
G: Germinación/Temperatura para su germinación.			
C : Crecimiento/ Temperatura óptima para su crecimiento			

Tabla 1 característica del rábano

1.1.6. Zonas del país recomendadas

Los principales departamentos para cultivar rábano son: Nueva Guinea (RAAS), Matagalpa y Sébaco, especialmente las zonas de climas frescos.

1.1.7. Ciclo Vegetativo

Su período vegetativo tiene una duración de 20 hasta 30 días

1.2. Invernadero

Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales. (agricola, 2000)

1.2.1. Tipos de Invernadero

- Invernadero Túnel
- Invernaderos Capilla
- Invernaderos Malla Sombra
- Invernaderos Góticos
- Invernadero Tropical o Asimétrico
- Invernaderos Automatizados e Inteligentes
- Invernadero Raspa y Amagado
- Invernaderos KIT para Alta Producción
- Invernaderos Chapa y Naves Agrícolas

1.2.2. Ventajas de los invernaderos

- Precocidad en los frutos.
- Aumento de la calidad y de rendimiento
- Producción fuera de época
- Ahorro de agua y fertilizantes.

- Mejora del control de insectos y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año

1.2.3 Desventaja de los invernaderos

- Alta inversión inicial
- Altos costos de operación

1.3. Método de riego por goteo

El riego por goteo se ha utilizado desde la antigüedad cuando se enterraban Vasijas de arcilla llenas de agua con el fin de que el agua se infiltrara Gradualmente en el suelo. El riego gota a gota moderno se desarrolló en Israel en una empresa llamada NETAFIM por Simcha Blass y su colega Kibbutz Hatzerim en el año 1965. (Federes, 2000)



Figura 1. Riego por goteo

1.3.1 Ventajas de emplear el riego por goteo

Los sistemas de riego por goteo son cada vez más avanzados y ofrecen una amplia variedad de beneficios que son:

- **Fácil instalación.** El sistema de riego por goteo se instala de manera sencilla en cualquier tipo de terreno, aunque requiere de un profesional especializado en la materia, que sepa de cómo instalarlo para un riego adecuado.
- **Ahorra tiempo y esfuerzo.** Una de las grandes ventajas es que no tendrás que ocuparte personalmente de realizar el riego ya que este método de riego lo hace de manera automática.
- **Presentan una mejor gestión** del uso del agua durante el riego y lo distribuyen de manera más uniforme. De hecho, los datos indican que gracias a este sistema se consigue una disminución en el consumo de agua del 30 al 40%.
- **Riego programado.** En estos sistemas, contarás con la integración de programadores que activarán o desactivarán de manera automática el sistema de riego, según los criterios que hayas seleccionado. De esta forma, podrás aprovechar momentos del día más óptimos, para realizar el riego.
- **Mantenimiento fácil.** Aunque son diversos los elementos que componen un sistema de riego automático, su mantenimiento es sencillo y no supone demasiados recursos de tiempo o económicos.

1.3.2 Sistemas de riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión es uno de los múltiples métodos de riego de cultivos que existen en la actualidad. Consiste en aplicar el agua imitando la lluvia, es decir, mediante un chorro de agua pulverizada en gotas. El mecanismo funciona a través de una red de tuberías que transporta el agua hasta los aspersores, los cuales utilizan presión para dispararla. El riego como tal es potenciado a través de un sistema de bombeo.



Figura 2. Riego por aspersión

Además, se compone de tomas de agua o hidrantes, ramales de aspersión y los La distribución de los aspersores debe realizarse de forma tal que todo el terreno esté cubierto de la forma más homogénea posible. Por lo general, las tuberías que componen el sistema van enterrados los aspersores como tal.

1.3.3. Ventajas de un sistema de riego por aspersión

Debido a que el sistema de riego por aspersión imita a la lluvia, la calidad de la entrega de agua a los cultivos es mucho mejor y con algunos de los otros sistemas de riego.

Ahorro en mano de obra. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención puesto que existen programadores activados por electroválvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activarán el sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente.

- Es bien sabido que los sistemas de riego por aspersión presentan un menor consumo de agua que, por ejemplo, los sistemas de riego por inundación.
- Adaptación al terreno. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados, no es necesario el allanamiento ni preparación de las tierras. Esto facilita la mecanización del sistema.
- Eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50% en los riegos por inundación tradicionales.

1.4. Redes de sensores inalámbrico (WSN)

Las redes de sensores inalámbricas (WSN), son una tendencia tecnológica que cada día cuenta con más aplicaciones, las características de sus nodos, los protocolos que utilizan y la versatilidad de sus configuraciones, las hacen como una opción importante dentro del mundo tecnológico.

1.4.1. Definición WSN

Una red de sensores inalámbrica, es un conjunto de nodos (sensores), que están interconectados entre sí, con el fin de transmitir señales de los eventos que hacen seguimiento o controlan y de la información relacionada con los aspectos técnicos de la misma, compartiendo uno o varios canales para la transmisión de datos, utilizando diferentes tecnologías y protocolos de tipo inalámbrico con un fin específico y definido por el usuario. Es importante mencionar también en la definición de este tipo de redes, el acrónimo que se utiliza para referirse a ellas y que viene de sus siglas en inglés, que corresponden a WSN, que significan: Wireless Sensor Network o red de sensores inalámbrica en español (inalámbricas, 2012)

1.4.2. Elementos de la red de sensores inalámbrico (WSN)

- **Sensores:** Toman del medio la información y la convierten en señales eléctricas
- **Nodos:** Toman los datos del sensor y envían la información a la estación base
- **Gateway:** Permite la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP
- **Estación Base:** Recolector de datos basados en un ordenador común o sistema embebido

1.4.3. Red inalámbrica

La comunicación se logra mediante el uso de un dispositivo inalámbrico que recibe y envía datos vía radio para comunicarse con otros dispositivos que se encuentren dentro del rango establecido. Los sensores usan la banda ISM¹, que son no

¹ Las bandas de radio industriales, científicas y médicas (ISM) son bandas de radio (partes del espectro de radio) reservadas internacionalmente para el uso de energía de radiofrecuencia (RF) para fines industriales, científicos y médicos distintos de las telecomunicaciones.

licenciadas y respetan reglas, utilizando las frecuencias desde 433MHz hasta 2.4GHz. (Merino, 2014)

1.5. Aplicación Web

Una aplicación web es un tipo especial de aplicación cliente/servidor, se denomina aplicación web a aquellas herramientas a las que los usuarios pueden acceder usando un servidor web a través de internet o una intranet mediante un navegador.

1.5.1. ThingSpeak

ThingSpeak es un servidor que almacena y grafica datos. Para hacer esto se crea un canal para el usuario, donde puede recibir los datos enviados por internet, ya sea de orden público o privado. Los datos pueden ser representados de manera gráfica, lo que permite interpretar los datos y el comportamiento de las magnitudes medidas en la estación de monitoreo climático de una manera más fácil, además se pueden descargar los datos en formato Excel o .txt, a un dispositivo electrónico. Esta plataforma está enfocada en IoT (Internet de las cosas). (Thingspeak, 2018)



Figura 3. Plataforma ThingSpeak

1.6. Protocolo 802.15.4 (ZigBee)

En el desarrollo del proyecto utilizaremos ZigBee como protocolo de comunicaciones para la implementación de los sensores inalámbricos que veremos más adelante. A continuación, se realizarán una serie de consideraciones relativas a este protocolo de comunicación.

En primer lugar, hay que decir que ZigBee es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación. Que se utiliza para la radiodifusión digital de datos buscando ahorrar lo máximo posible en energía. Una tecnología basada en el estándar de la IEEE, 802.15.4. (ARDUINO, 2016)

La técnica de modulación es Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), que tienen un máximo rango de velocidad de unos 250 kbit/s.

La tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee utiliza la banda ISM y por lo general, adopta la banda 2.4GHz para comunicarse con el resto de dispositivos ya que esta se adopta en todo el mundo. Las bajas tasas de transmisión de los dispositivos ZigBee permiten una mayor sensibilidad y cobertura, pero ofrece una menor velocidad en contra. Las principales ventajas de ZigBee son la habilidad de ofrecer baja potencia y una vida de batería extensa, ideales para las redes de sensores. (ZigBee, 2018)

Por lo tanto, a modo resumen podemos catalogar a ZigBee como un protocolo:

- Basado en el estándar 802.15.4.
- Con aplicaciones WPAN (Wireless Personal Area Network)
- Bajo costo y consumo
- Instalación fácil y barata
- redes flexibles y extensibles

1.6.1. ZigBee se define tres bandas de frecuencia distintas:

- 868-868.6 MHz (banda de 868 MHz)
- 902-928 MHz (banda de 915 MHz)
- 2400-2483.5 MHz (banda de 2.4 GHz)
- La banda de 2.4 GHz es usada en el mundo entero mientras que las de 868 MHz y 915 MHz se usan en Europa y América del Norte.

Seguidamente podemos ver tabla comparativa entre Wi-Fi, Bluetooth y ZigBee

Datos	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Velocidad	50 Mbps	1 Mbps	250 Kbps
Numero de nodos	32	8	255/65535
Duración de batería	Horas	Días	Años
Consumo de Tx	400 mA	40 mA	30 mA
Consumo de reposo	20 mA	0.2 mA	3 μ A
Precio	caro	Medio	Barato
Configuración	Compleja	Compleja	Simple
Aplicaciones	Internet y edificios	Móviles e informática	Domótica y monitorización

Tabla 2 Tabla comparativa entre Wi-Fi, Bluetooth y ZigBee.

1.6.2. Capas de ZigBee

Las capas del protocolo ZigBee están basada en el modelo OSI (Open Systems Interconnection). Aunque el modelo OSI especifica siete capas, ZigBee utiliza cuatro capas.

Las cuales son:

- Capa física.
- Capa de control de acceso al medio.
- Capa de red
- Capa de aplicación

La ventaja de dividir un protocolo en capas es que, si el protocolo cambia, es más fácil cambiar una capa que el protocolo entero.

1.6.3 Dispositivos de una red ZigBee

- **ZigBee Coordinador:** Es el dispositivo más completo. Controla el ruteado y la administración de la red. Hay uno por red.
- **ZigBee Router:** Se encarga de interconectar los dispositivos mediante técnicas de encaminamiento y direccionamiento.
- **ZigBee End Device:** Es un elemento pasivo de la red ya que no transmite información de manera autónoma; simplemente dispone de la funcionalidad mínima para ser capaz de responder a peticiones de dispositivos superiores (coordinador o router).

1.7. Topologías de ZigBee

En ZigBee existen tres tipos de topologías (ver figura: 4,5 y 6) las cuales pueden observarse que siempre hay un nodo de red que asume el papel de coordinador central encargado de centralizar la adquisición y las rutas de comunicación entre

dispositivos. Además, si se aplica el concepto de Mesh Network, pueden existir coordinadores o routers, alimentados permanentemente en espera de recibir/repetir las tramas de los dispositivos o sensores.

A continuación, una de las mayores aportaciones del ZigBee y el que mayor interés está despertando a las empresas desarrolladoras de productos, es el concepto de Mesh Network por el que cualquier dispositivo ZigBee puede conectarse con otro dispositivo usando a varios de sus compañeros como repetidores. A este se le conoce como enrutador, primero hace llegar la información al nodo ZigBee vecino, el cual puede además ser coordinador de la red, para así llegar al nodo destino, pasando por todos los que sean necesarios. De esta manera cualquier nodo ZigBee puede hacer llegar los datos a cualquier parte de la red inalámbrica siempre y cuando todos los dispositivos tengan un vecino dentro de su rango de cobertura. (INFORMATICAS, 2018)

1.7.1. Punto a punto (Pair).

Una red punto a punto los ordenadores funcionan tanto como receptores como emisores de información. Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones. (DIGITAL, 2018)



Figura 4. Topología punto a punto

1.7.2 Estrella (Star)

Una radio coordinadora se sitúa en el centro de la topología en estrella y conecta con un círculo de dispositivos finales. Todos los mensajes en este sistema pasan por el coordinador, que encaminará estos mensajes según las necesidades entre los dispositivos, por lo tanto, los dispositivos finales no se comunican directamente entre ellos.

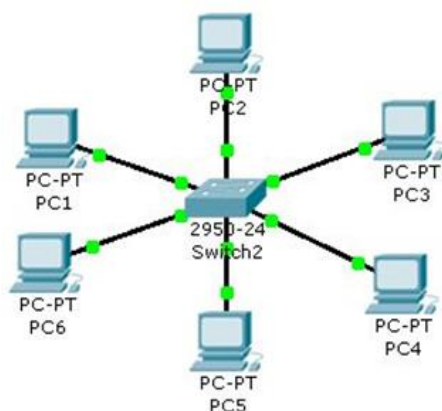


Figura 5. Topología estrella

1.7.3 Malla (Mesh)

La configuración en malla emplea nodos enrutadores (routers) como complemento de la radio coordinadora. Estas radios pueden pasar los mensajes a otros enrutadores y dispositivos finales según la necesidad.

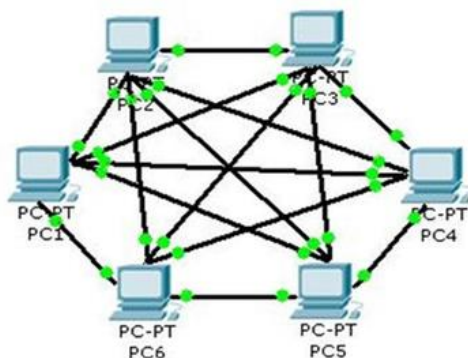


Figura 6. Topología malla

1.8. Pantalla LCD 20X4

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo Microcontrolador de visualización gráfica para la representación de caracteres, símbolos o incluso dibujos.

1.9. Modulo Rele

Los módulos de Relay fueron diseñados para controlar altas corrientes o voltajes que los Arduino no podrían, debido a su poco manejo de corriente. Es así que elementos como lo son bombillas, ventiladores, bombas de agua, son controlados por módulos de Relays o Reles, ya que estos dispositivos manejan cargas de alta corriente/voltaje con una pequeña señal de control en su entrada.

Entre las cargas que se pueden manejar tenemos: bombillas de luz, luminarias, motores AC (220V), motores DC, solenoides, electroválvulas, calentadores de agua y una gran variedad de actuadores más.

1.10. DS1307 módulo tiny RTC reloj en tiempo real

El módulo Tiny RTC, además de todo el circuito de soporte para el DS1307 (incluida la base para batería), incluye también una memoria EEPROM 24C32 para almacenar datos en ella.

Características de DS1307 Módulo tiny RTC reloj en tiempo real

- El chip DS1307 maneja todas las funciones de reloj-calendario
- Interfaz con la mayoría de los microcontroladores a través de I2C
- Compatible con Arduino, hay variedad de librerías para acceder al RTC
- Batería de respaldo para el RTC incluida en el módulo

CAPITULO 2: REQUERIMIENTO DEL SISTEMA

2.1. Tipo de invernadero a utilizar

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) cuenta con un invernadero tipo capilla esta estructura permite que sea tecnológicamente eficientes, modernas, y funcionales, es adecuada para la agricultura el invernadero tiene una construcción de 1x6 metros (6 m²).



Figura 7. Invernadero de la Universidad Nacional de Ingeniería

2.1.1 *Ventajas de los invernaderos tipo Capilla*

- Pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital, así como ventilación perimetral
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación

2.2. Tipo de riegos

Los sistemas de riego que se estará utilizando son de 2 tipos, el primero con el que cuenta el invernadero es por **goteo** o también llamado **Riego localizado**, el tipo de Gotoero que se cuenta en el invernadero es el Gotoero Autocompensante ya que ofrece un caudal fijo dentro de un rango más o menos amplio de presión, este tiene mucho beneficios como ya lo hemos mencionado en el capítulo 1 Sección 1.3 y el segundo es por **Humificación** que cuenta con la finalidad de enfriar o bajar la temperatura en el invernadero, este es un equipo desnebulización de baja presión que permite la aplicación de bajos caudales de agua a una presión relativamente baja, con un tamaño de gotas lo suficientemente pequeñas para favorecer su evaporación en el aire.

2.3. Tipo de Cultivo

El rábano es una de las hortalizas que crecen más rápido y en pequeños espacios que se puede cultivar en cualquier temporada del año, su siembra como su cosecha, es de aproximadamente de 3-6 semanas, dependiendo del tipo de semilla. Por tal razón seleccionamos, este vegetal debido a su fácil siembra y cosecha.



Figura 8. Rábano

2.4. Criterio de selección de sensores

2.4.1. Sensor de temperatura y humedad DHT22

El sensor que se acoplaba a las necesidades de nuestra tesis es el DHT22 el cual nos permitió monitorear temperatura, humedad relativa de forma precisa y sencilla a un bajo costo. La salida suministrada es de tipo digital, no requirió utilizar entradas analógicas.



Figura 9. Sensor DHT22

El DHT22 comparados con diferentes sensores posee una mejor resolución, un buen rango de medición de temperatura y humedad, se puede solicitar lecturas en un intervalo de 2 segundos y un empaque más robusto con respecto al sensor DHT11. Existen otros sensores barométricos como el BME280 y BMP180, lo que significa que leen la presión atmosférica. Estos sensores su costo es más elevado y su precisión se mantiene siempre y cuando se mantenga a temperatura de 25 °C. A continuación, se aprecia una tabla comparativa entre los sensores mencionados

SENSORES	DHT11	DHT22	BME280	BMP180
Medidas	Temperatura humedad	Temperatura humedad	Temperatura humedad presión	Presión de temperatura
Protocolo de comunicación	Un hilo	Un hilo	I2C SPI	I2C
Tensión de alimentación	3 a 5,5 V CC	3 a 6 V CC	1,7 a 3,6 V (para el chip) 3,3 a 5 V para la placa	1.8 a 3.6V (para el chip) 3.3 a 5V para la placa
Rango de temperatura	-0 a 50°C	-40 a 80°C	-40 a 85°C	0 a 65°C
Calibración NaCl		25 ° C a 30 ° C 75.09 a 75,29		
Exactitud	+/- 2°C (de 0 a 50°C)	+/- 0.5°C (de -40 a 80°C)	+/- 0.5°C (a 25°C)	+/- 0.5°C (a 25°C)
Precio	US\$11	US\$11	US\$34	US\$ 22.69

Tabla 3 Comparación de los sensores de temperatura.

2.4.2. Módulo de sensor de luminosidad LM393

Sensor de luz (LDR) con módulo LM393 que permite regular mediante potenciómetro la sensibilidad a la que queremos que se active el pin digital. Este módulo es tanto analógico como digital, por lo tanto, en función de la cantidad de luz que se expone la resistencia del sensor varía, originando cambios en el voltaje de su salida ajustable, siendo ésta análoga como digital según se desee.



Figura 10. Módulo LDR LM393

El valor de resistencia eléctrica de una LDR, baja a medida que aumenta la cantidad de luz que incide sobre ella. En plena oscuridad su valor puede llegar a aumentar. Como se muestra en la tabla 4, las variaciones que hay según el estado de luminosidad.

Rango de Luminosidad	Unidad de Medida	Porcentaje	Estado
1	Mohm	0%	Oscuridad Total
4	Mohm	10%	
5	Mohm	20%	
10	Mohm	30%	Luz Tenue
20	Mohm	40%	
30	Ohm	50%	Luz Media
40	Ohm	60%	
50	Ohm	70%	Luz Brillante
60	Ohm	80%	
80	Ohm	90%	
100	Ohm	100%	

Tabla 4 Rango de luminosidad

El BH1750 es uno de los sensores que se pueden utilizar en robótica para medir la luz. El sensor tiene salida de señal digital y es compatible con la interfaz de bus Arduino I2C. La salida es el valor de la luz en Lux (Lx).

Como se puede observar en la siguiente tabla las diferencias que hay entre los dos sensores no es mucha, pero el costo que tiene el LM393 es más económico que el BH1750 por al no tener muchas diferencias se escogió el sensor LM393

Sensores	BH1750	LM393
Voltaje de operación:	2.4 VDC – 3.6 VDC.	3.5 – 5 VCD
Interfaz	I2C	3 pines
Sensibilidad		Ajustable, mediante potenciómetro.
Precio	US\$ 28	US\$ 10.99

Tabla 5 Comparación de los sensores de luminosidad

2.4.3. Sensor de humedad del suelo YL-69

Es un tipo de sensor resistivo, que utiliza dos sondas para medir la corriente que circula en el medio. Esta corriente determina la resistencia, con la cual se calcula la humedad del terreno y se conecta al ARDUINO mediante un módulo YI-38 este sensor cuenta con una salida digital y una analógica.



Figura 11. Sensor YL-69

La señal analógica evidentemente nos resultará más precisa, ya que emite un valor proporcional a la resistencia, e inversamente proporcional a la conductividad y humedad, del suelo. (CALDAS, 2017).

La humedad por medio del sensor YL-69 se realiza en tiempo real con un nivel de detección que va desde el 0 hasta 1023 en la tabla 6 se detalla los valores obtenidos por el sensor según el estado del suelo.

<i>Rango de Humedad</i>	<i>Conductividad</i>	<i>Porcentaje de Humedad</i>	<i>Estado del Suelo</i>
1001-1023	0 V	0%	Tierra Demasiado Seca
901-1000	0.5 V	10%	
801-900	1 V	20%	Tierra Seca
701-800	1.5 V	30%	
601-700	2 V	40%	
501-600	2.5 V	50%	Tierra Húmeda
401-500	3 V	60%	
351-400	3.5 V	70%	
201-350	4 V	80%	Tierra Muy Mojada
101-200	4.5 V	90%	
0-100	5 V	100%	

Tabla 6 Rango de porcentaje de la humedad del suelo

Según las investigaciones realizadas con anterioridad, el sensor que satisface los parámetros requeridos para el invernadero es el YI-69 por lo que proporciona mayor conductividad, más precisión por sus sondas analógicas y su precio es más accesible en el mercado comparado con el ECH20.10HS .como se puede observar en la siguiente tabla.

SENSORES	YI-69	ECH2O 10HS
Voltaje	3.3-5VCD	3-15 VCD
Tamaño	60X30 mm	14.5x3.3x0.7 cm
Corriente	35 mA	12-15mA
Peso	7.0 g	15 g
Precio	\$7	\$25

Tabla 7 Comparación de los sensores de humedad del suelo

2.5. Hardware para el sistema de control

2.5.1. Arduino UNO

Es una placa electrónica que cuenta con 14 puertos de entradas/salidas en donde 6 son salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos), 6 entradas analógicas, un cristal con frecuencia de 16MHz, posee conexión USB para la conexión al ordenador, conector de alimentación mediante un adaptador de corriente alterna o alimentación mediante baterías que brindan corriente continua de esto 14 pines solo utilizaremos 2 pines análogos que son A0 y A1 un digital que es el pin 8 y los pines que tienen funciones especializadas que son: pin 0(RX) y 1 (TX). Usados para recibir RX y transmitir Tx datos. (UNO, 2010)

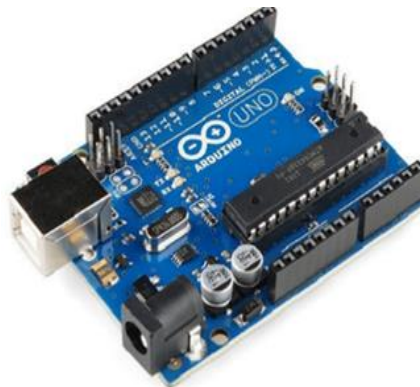


Figura 12. Arduino Uno

Característica más importante son:

- Velocidad de alto procedimiento superior a un micro controlador
- Bajo costo
- Multiplataforma trabaja en todos los sistemas operativos
- Entorno de programación simple y directo

2.5.2. NodeMCU Esp8266

El módulo NodeMCU es una pequeña placa Wi-fi lista para usar en cualquier proyecto IoT. Está montada alrededor del conocido chip ESP8266 (el cual ofrece una solución completa y autónoma de redes Wi-Fi, lo que le permite alojar la aplicación o servir como puente entre Internet y un micro controlador) y expone todos sus pines en los laterales. Además, ofrece más ventajas como la incorporación de un regulador de tensión integrado, así como un puerto USB de programación. Se puede programar con LUA o mediante el IDE de Arduino

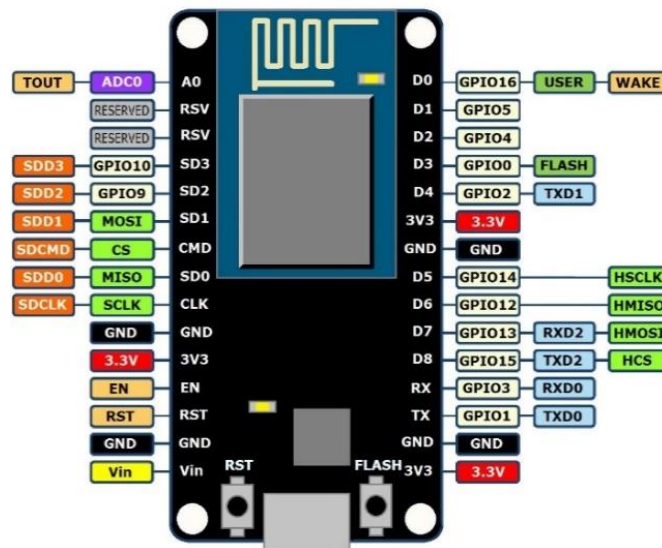


Figura 13. NodeMCU Esp8266

2.6. Hardware para WSN

2.6.1. Módulo XBee

Los módulos XBee S2C son módulos de radiofrecuencia (RF) de bajo costo que proporcionan comunicación rápida y robusta en configuraciones multipunto y punto a punto. Este modelo posee un alcance de hasta 60 metros en lugares cerrados y hasta 1200 metros en lugares exteriores, línea vista y en las mejores condiciones. (DIGI, 2016).

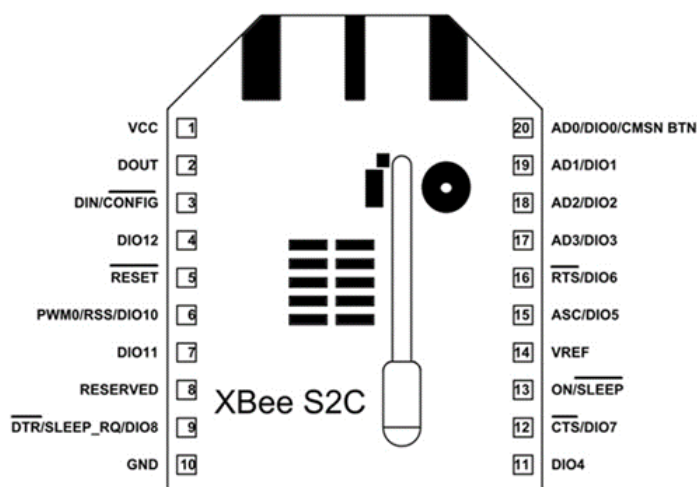


Figura 14. Módulo XBee S2c

Construidos y respaldados por la empresa Digi's International, que cuenta con toda la documentación en línea y también con el software gratuito compatible con Windows, para la configuración de sus parámetros.

Estos módulos tienen las siguientes ventajas:

- Comunicaciones RF simple y lista que no requiere configuración.
- Topología de red punto a multipunto.
- 2.4 GHz para uso a nivel mundial.
- Espacio en placa XBee común para una variedad de módulos de RF.
- Corriente en reposo inferior a 1 μ A

Hay básicamente 3 modos de operación de XBee:

- Modo Transparente
- Modo Comando
- Modo API

2.6.2. Modo transparente

En modo transparente el módulo XBee funciona de forma que todo lo recibido por el puerto serie es enviado inmediatamente al aire y todo lo recibido por la radio es se manda tal cual al puerto serie. (XBEE Z. , 2015)

2.6.3. Modo comando.

Este modo permite ingresar comandos AT al módulo Xbee, para configurar, ajustar o Modificar parámetros. Permite ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino, así como su modo de operación entre otras cosas. Para poder ingresar los comandos AT es necesario utilizar el Hyperterminal de Windows, el programa XCTU o algún micro controlador que maneje UART y tenga los comandos guardados en memoria o los adquiera de alguna otra forma. (XBEE, 2016)

2.6.4. Modo Api

El modo API ofrece un interfaz estructurado donde los datos son comunicados a través del interfaz serie en paquetes organizados y en un determinado orden. Esto permite establecer una comunicación compleja entre módulos sin tener que definir un protocolo propio.

Por defectos los módulos XBee trabajan en modo transparente, pero esto tiene unas limitaciones Si un módulo necesita transmitir mensajes a módulos diferentes debe cambiar la configuración para establecer el nuevo destino y distinguir el origen de la comunicación (ZIGBEE, 2016)

2.7. Electroválvula

Las electroválvulas son, como su nombre indica, válvulas cuyo accionamiento es debido a un dispositivo eléctrico que está conectado. El objeto de su diseño radica en el control del flujo de agua a través de la tubería. Una electroválvula está formada por dos elementos:



Figura 15. Electroválvula

El solenoide: es una bobina de cobre, normalmente con la forma de un cilindro largo, que al transportar una corriente se asemeja a un imán de modo que un núcleo móvil de material ferromagnético es atraído a la bobina cuando fluye una corriente.

La válvula: es el elemento que permite o restringe el paso del agua debido al accionamiento del solenoide. (ELECTROVALVULA, 2012)

2.7.1. Tipos de Electroválvulas:

Las electroválvulas pueden ser de dos tipos:

- **Normalmente cerradas:** cuando no hay la alimentación eléctrica quedan cerradas. Estas son las de uso común en riego.
- **Normalmente abiertas:** quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Funcionamiento de las Electroválvulas de Riego:

Capítulo 3: Diseño del sistema de adquisición

3.1. Diagrama del sistema de adquisición

El diseño que se realizó para el sistema de adquisición está formado por 5 módulos: adquisición, transmisión, recepción, procesamiento y visualización.

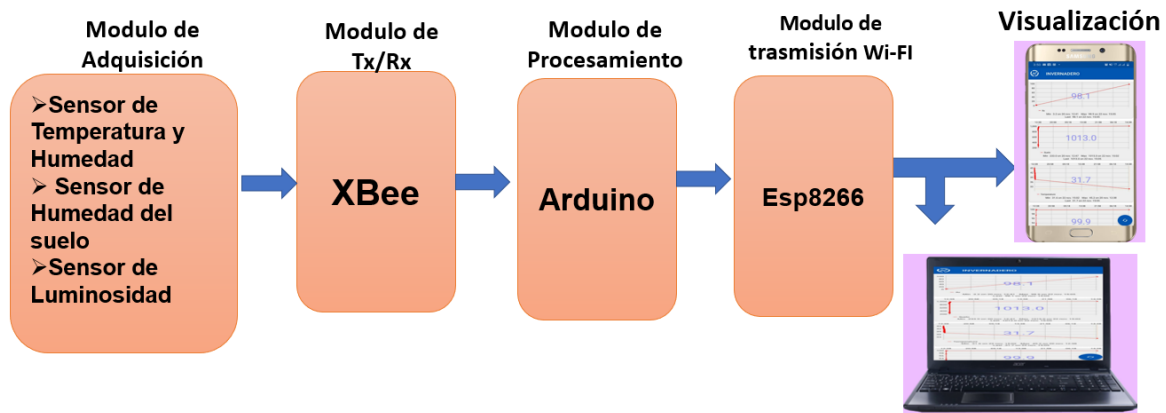


Figura 16. Diagrama del sistema de adquisición

3.1.1. Funcionamiento del diagrama

3.1.2. Módulo de adquisición

Sensor de temperatura y humedad

Está conformado por un solo encapsulado, permitiendo medir dos variables simultáneamente para esta medición es necesario el control de un módulo Arduino el cual recibe del sensor una trama de datos de 40 bits. Este procedimiento sobre el bus de datos es realizado por la librería dht que nos entrega los valores de la temperatura y humedad en una trama del puerto serial del Arduino hacia el XBee

Sensor de Humedad del Suelo

El módulo de sensor de humedad del suelo detecta la humedad en la tierra o arena o cualquier sustrato permeable a la humedad y que se pueda enterrar. Por lo tanto, es perfecto para construir un sistema de riego automático o para controlar la humedad de tus plantas para esta medición es necesario el control de un módulo Arduino el cual recibe un valor entregado por Arduino (entre 0 y 1023) del puerto serial del Arduino hacia el XBee

Sensor de iluminación

Es capaz de detectar la intensidad de la luz emitida sobre su superficie de panel, este dispositivo nos permite medir intensidad de luz de día, de una lámpara, foco e incluso algún Diodo Emisor de Luz (LED). Este módulo es tanto analógico, como digital, por lo cual en función de la cantidad de luz que se expone la resistencia del sensor varía, originando cambios en el voltaje de su salida ajustable siendo ésta analógica como digital según se desee esta medición es necesario el control de un módulo Arduino el cual recibe un valor entregado por Arduino (entre 0 y 1023) del puerto serial del Arduino hacia el XBee.

3.1.3. Módulo de transmisión / recepción

El módulo de transmisión/ recepción está constituido por un XBee y un arduino que funcionan como Access Point para los sensores enlazan todos los dispositivos finales a él y a su vez se conecta para el envío de los paquetes de datos con el módulo de recepción o coordinador. El envío se da mediante radio frecuencia en la banda de 2.4 GHz la dirección única de cada módulo identifica que paquete de trama proviene de cada módulo de adquisición.

3.1.4. Módulo de procesamiento

El procesamiento de datos lo realiza el Arduino en el cual se ha programado todo el procedimiento de las tramas del módulo de adquisición.

3.1.5. Módulo de recepción Wi-Fi

El módulo de recepción o coordinador está constituido por Esp8266 y un XBee. Que se encarga de recopilar las tramas que son enviados por el router, y dispositivo final. También se encarga de verificar que todos los módulos estén conectados al mismo PAN ID y una vez que recibe las tramas establecidas por cada módulo de adquisición las para envías al Esp8266 y este las envía a la aplicación web. por lo tanto, independientemente de la dirección de cada router o dispositivo final el coordinador recibe en orden la información si todos los datos llegan al mismo tiempo o existe alguna colisión este dispositivo él se encarga de poner los datos en cola identificarlos y recibir el orden de llegada para evitar que la información se pierda.

3.1.6. Interface gráfica por ThingSpeak.

La visualización de datos por medio de ThingSpeak es a través de una dirección IP establecida y El número de nuestro canal (Channel ID) y La clave de escritura (Write API Key) y Contraseña WiFi agregarlo a nuestro código esto permitirá al usuario a observar mediante graficas amigables las mediciones realizada por el sistema.

3.2. Programación de los nodos.

Una de las principales etapas para crear una red ZigBee es la programación de los sensores en este caso utilizamos IDE de ARDUINO para crear los nodos de adquisición lo primero que realizamos fue un código para cada dispositivo y hacer pruebas individuales con cada uno de ellos donde cada sensor lee y envía los datos de forma serial como se muestra a continuación:

DHT22_serial

```
#include <TroykaDHT.h>
DHT dht(8, DHT22);
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
}

void loop() {
    dht.read();
    // comprobar el estado de los datos
    switch(dht.getState()) {
        // todo esta bien
        case DHT_OK:
            // mostrar las lecturas de humedad y temperatura
            Serial.print("Temperature = ");
            Serial.print(dht.getTemperatureC());
            Serial.println(" C \t");
            Serial.print("Temperature = ");
            Serial.print(dht.getTemperatureK());
            Serial.println(" K \t");
            Serial.print("Temperature = ");
            Serial.print(dht.getTemperatureF());
            Serial.println(" F \t");
            Serial.print("Humidity = ");
            Serial.print(dht.getHumidity());
            Serial.println(" %");
        }
    }
```

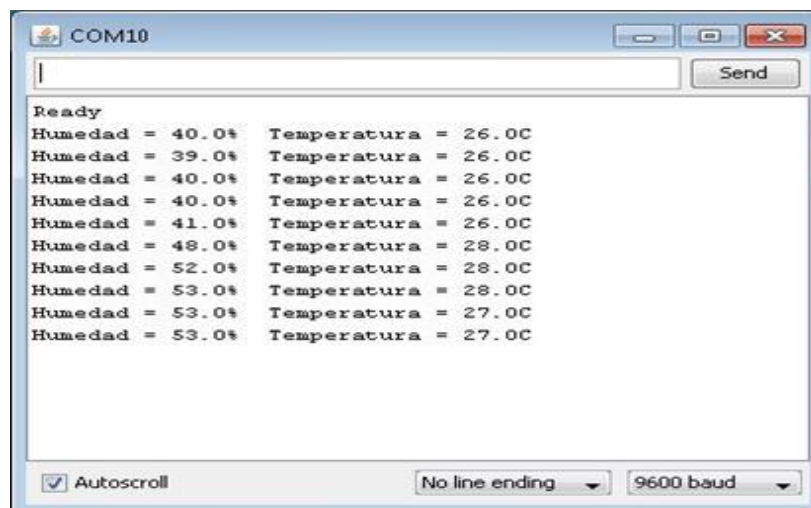


Figura 17. Realizando pruebas con el sensor de temperatura y humedad dht22

```

iluminosidad
// initialize the library with the numbers of the i
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
long cronometro_lecturas=0;
long tiempo_transcurrido;
unsigned int luminosidad;
float coeficiente_porcentaje=100.0/1023.0; // El va

void setup()
{
    lcd.begin(16, 2);
    // Print a message to the LCD.;
    lcd.print("Ldr out= ");
}

void loop() {

    tiempo_transcurrido=millis()-cronometro_lecturas;
    if(tiempo_transcurrido>ESPERA_LECTURAS)
    {
        cronometro_lecturas=millis();
        luminosidad=analogRead(PIN_ANALOGICO);
        lcd.print("La luminosidad es del ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print(luminosidad*coeficiente_porcentaje);
        delay(2000);

    }
}

```

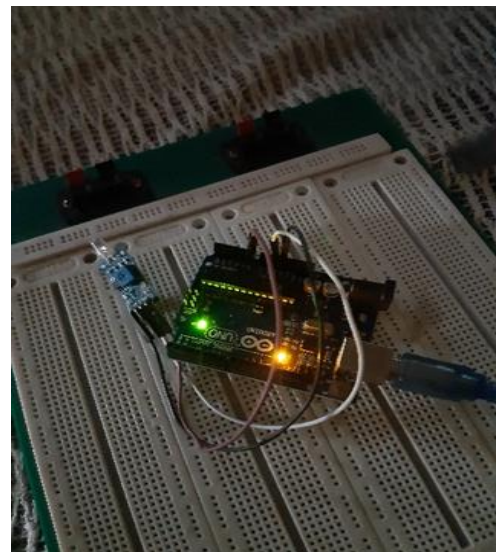
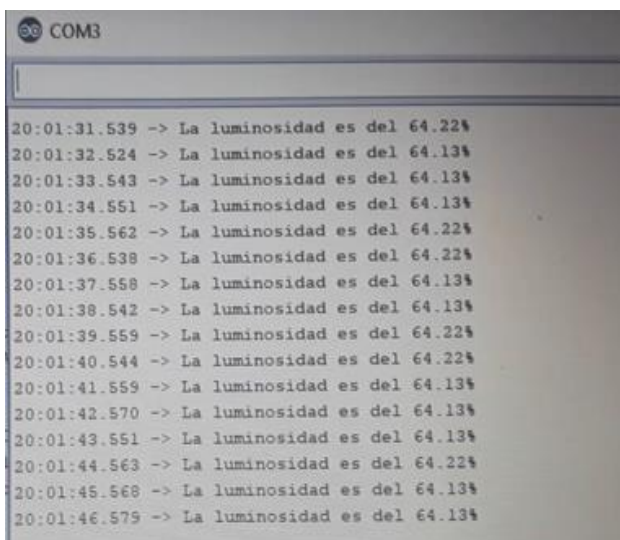


Figura 18. Realizando pruebas con el módulo Ldr, Sensor Detector De La Intensidad De Luz

```

    sensor_de_humedad

const int FOTOPIN = A1;
int valorSensor = 0;
const int LED = 3;
int valorMapeado = 0;
int HumSuelo = 0;

void setup() {
    pinMode(FOTOPIN, INPUT);
    pinMode(LED, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    valorMapeado = map(valorSensor, 900, 640, 0, 255);
    HumSuelo = analogRead(A0);

    if(HumSuelo >= 0 & HumSuelo <= 300){
        Serial.print(" humedo");
    } else if(HumSuelo > 301 & HumSuelo <= 500){
        Serial.print(" húmedo");
    } else if(HumSuelo >= 501 & HumSuelo <= 700){
        Serial.print("seco");
    } else if(HumSuelo >= 701 & HumSuelo <= 1023){
        Serial.print("muy seco");
    }
    delay(1000);
}

```

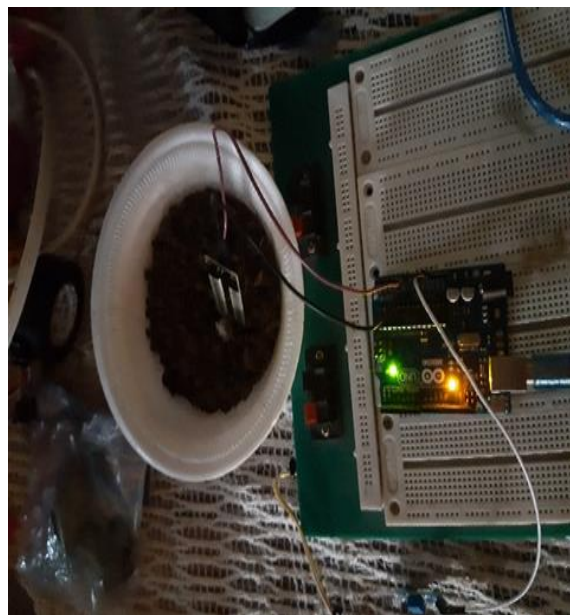
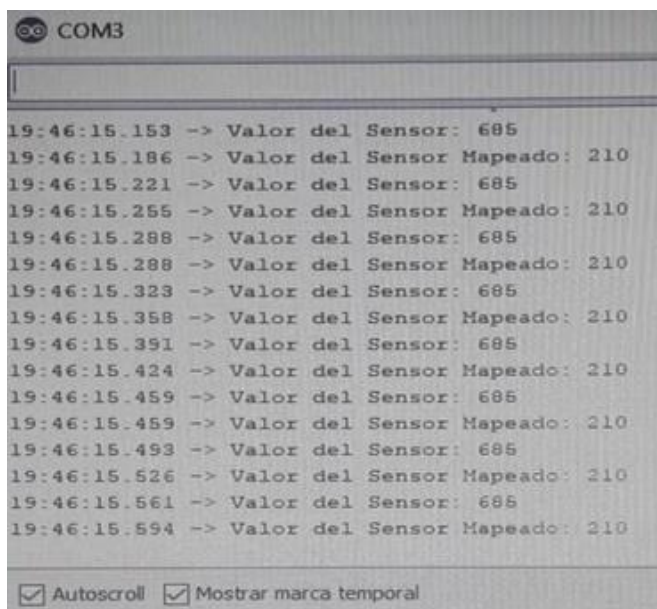


Figura 19. Realizando pruebas con el módulo de sensor del suelo yl-69

3.2.1. Programación nodo router y dispositivo final

Una vez terminada las pruebas con cada uno de los sensores se realizó a formar el código para el nodo router y dispositivo final ambos utilizan el mismo, con una pequeña diferencia que cada uno tiene una identificación única en este caso X es para el router y Y es para el dispositivo final esto es para que cuando se están enviando los datos al coordinador él logra detectar quien es él está mandando los datos.

```
Router_1

float coeficiente_porcentaje = 100.0 / 1023.0; // El valor de la entrada analógica va de 0 a 1023
float luminosidad;
float ilu;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  luz();
  temphum();
  ground();
  //Envio de datos con el ID
  Serial.print('X');
  Serial.print(';');
  Serial.print(ilu, 1);
  Serial.print(';');
  Serial.print(Temperature, 1);
  Serial.print(';');
  Serial.print(Humidity, 1);
  Serial.print(';');
  Serial.print(humidity_gnd, 1);
  Serial.print('a');
  delay(5000); //Tiempo de envio a modificar, en este caso esta cada 1 seg , por temas de prueba
```

Figura 20. Código nodo router

dispositivo_final

```
float coeficiente_porcentaje = 100.0 / 1023.0; // El valor de la
float luminosidad;
float ilu;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    luz();
    temphum();
    ground();
    //Envio de datos con el ID
    Serial.print('Y');
    Serial.print(';');
    Serial.print(ilu, 1);
    Serial.print(';');
    Serial.print(Temperature, 1);
    Serial.print(';');
    Serial.print(Humidity, 1);
    Serial.print(';');
    Serial.print(humidity_gnd, 1);
    Serial.print('b');
    delay(1000); //Tiempo de envio a modificar, en este caso esta
}
```

Figura 21.Código nodo dispositivo final

3.2.2. Programación nodo coordinador

Se encarga de la recepción y procedimiento de las tramas de los nodos: router y dispositivo final una vez que el procesa esta información se encarga de la apertura de la electroválvula, así como él envió de datos a la plataforma de ThingSpeak.

Coordinador §

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
#include "RTCLib.h"
RTC_DS1307 RTC;
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "ThingSpeak.h"
#define ip "184.106.153.149"
const char* ssid = "SANCHEZMATAMORO";
const char* password = "Citze1291310karen";
const char* server = "api.thingspeak.com";
unsigned long myChannelNumber = 4; // Thingspeak número de canal
const char * myWriteAPIKey = "J67S9RWEJH3KK1QA"; // ThingSpeak write API Key

// VARIABLES
WiFiClient client;
int rele = 14; // PIN donde va conectado el rele
int regarPin;

struct Datos
{
    float ilu;
    float Suelo;
    float Temperature;
    float Humidity;
```

Figura 22.Código coordinador

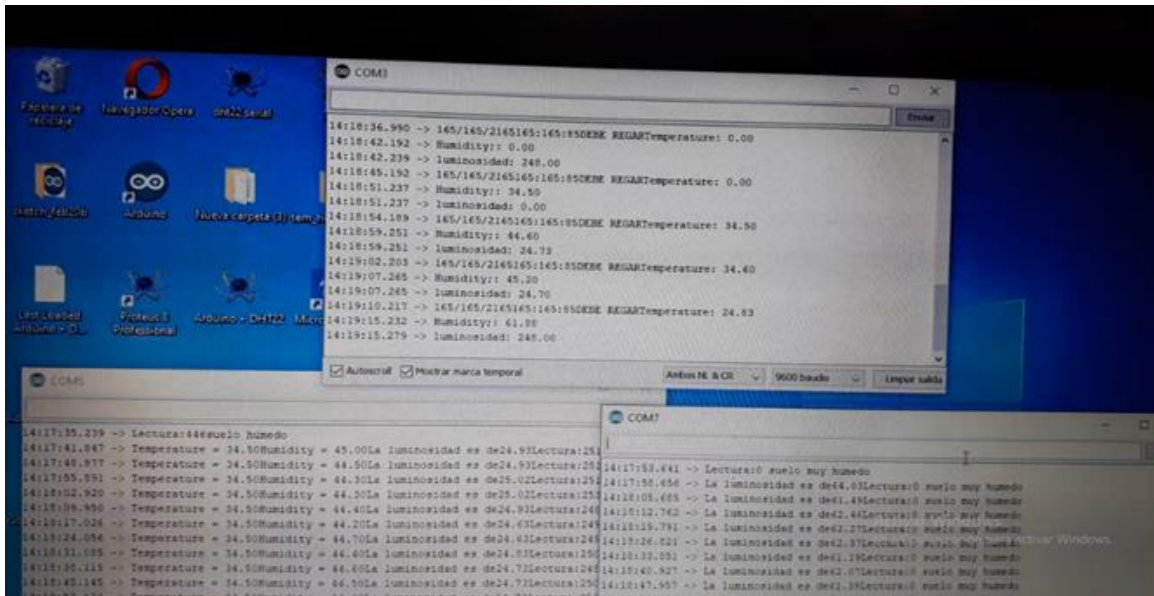


Figura 23. Compilando del código nodo router y dispositivo final y nodo coordinador

Para la elaboración de los nodos ocupamos tarjeta electrónica para hacer las pistas de los circuitos una caja impermeable y unos power bank que son con lo que proveen la alimentación del Arduino y los sensores y xbee, así como se muestra en la figura 23

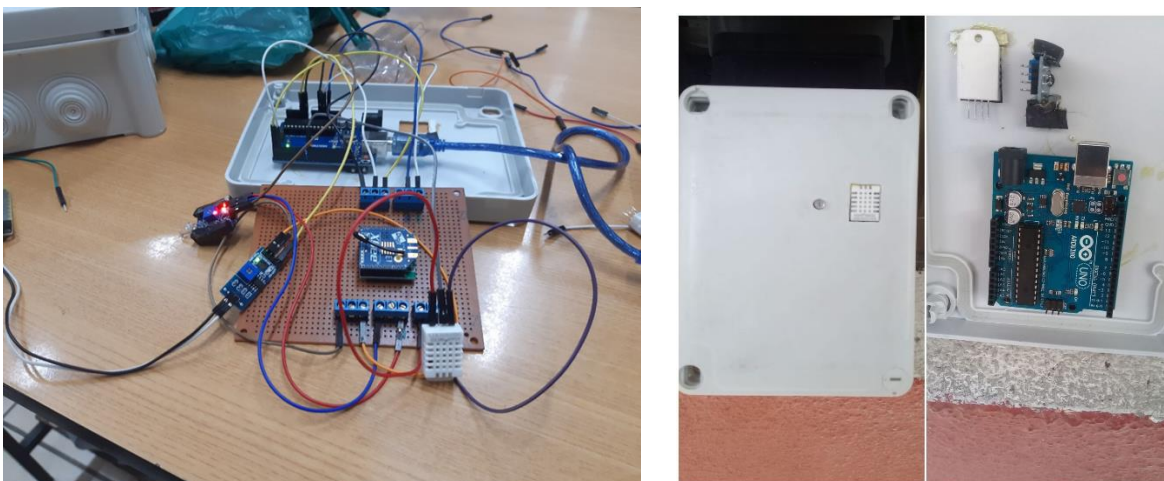


Figura 24. Elaboración de los nodos

3.3. Software de simulación Proteus

Utilizamos software de simulación para la parte de la lectura de los sensores como se muestra en la imagen.

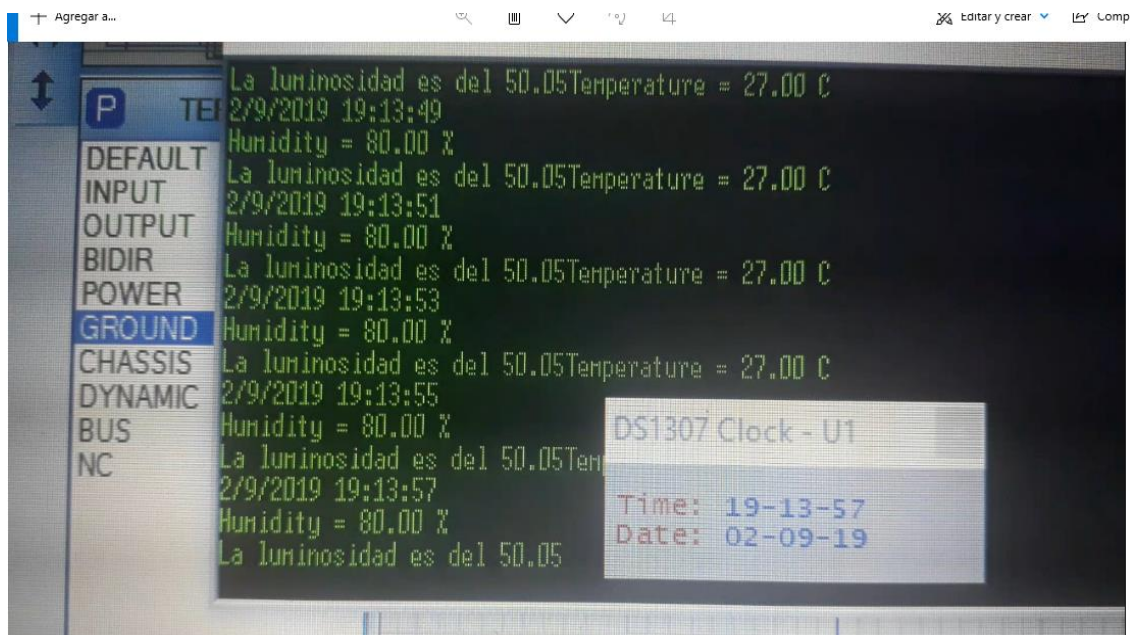
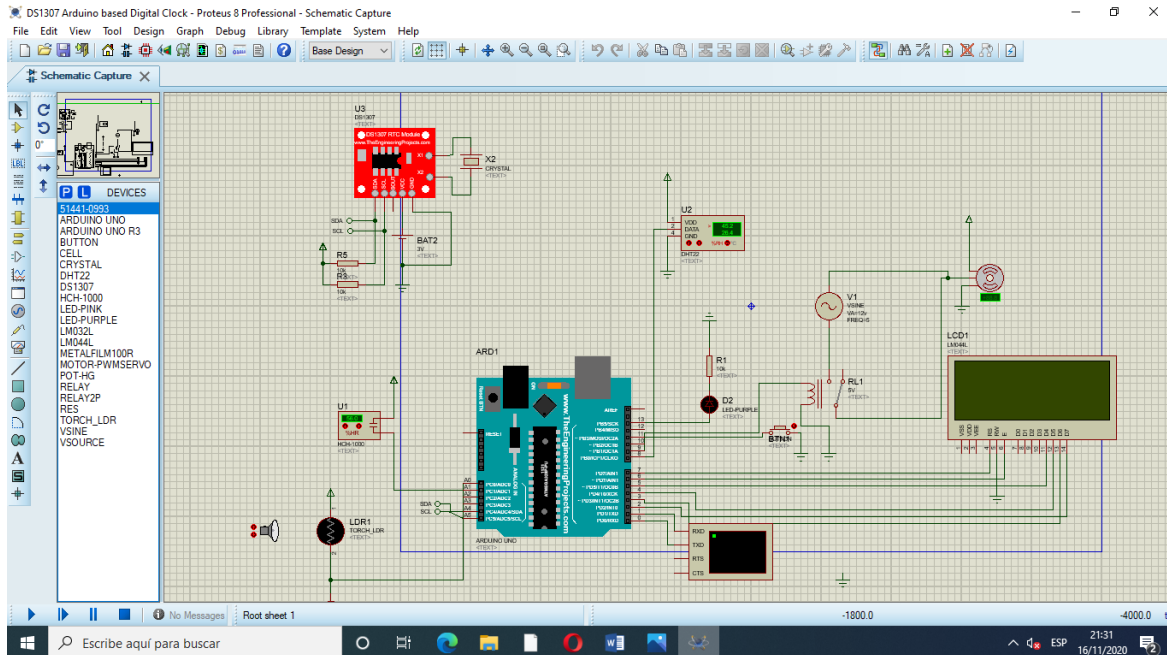


Figura 25. Simulación en Proteus

CAPITULO 4: DISEÑO DE LA WSN.

4.1. Diagrama de topología

Una de las principales características de una red ZigBee es que nos permite diseñar diferentes tipos de topología como son: punto a punto, punto multipunto, estrella, malla y todos se comunican en la banda libre de 2.4 GHz.

Debido a las dimensiones y características del sitio, la topología escogida fue el punto multipunto, la cual está formada por 3 nodos que son: el nodo coordinador, nodo router y dispositivo final.

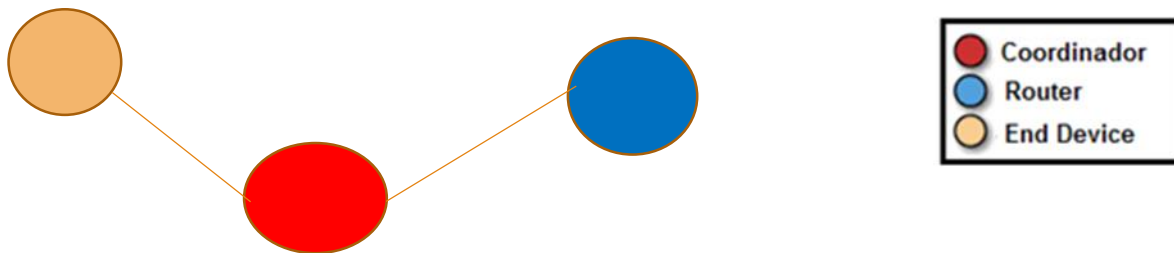


Figura 26. Topología punto multipunto



Figura 27. Diseño de la red inalámbrica WSN punto multipunto

4.1.1. Ubicación de nodos

La red de sensores punto multipunto se implementó en un invernadero tipo capilla, las características de este escenario se describen en el capítulo 2 sección 2.1. De acuerdo a las dimensiones del invernadero y al diseño de la red y la ubicación de los nodos sensores a lo largo del invernadero se muestran en la figura donde se hizo dos filas el lado izquierdo es donde están el cultivo de modo automatizado y el derecho en modo tradicional.

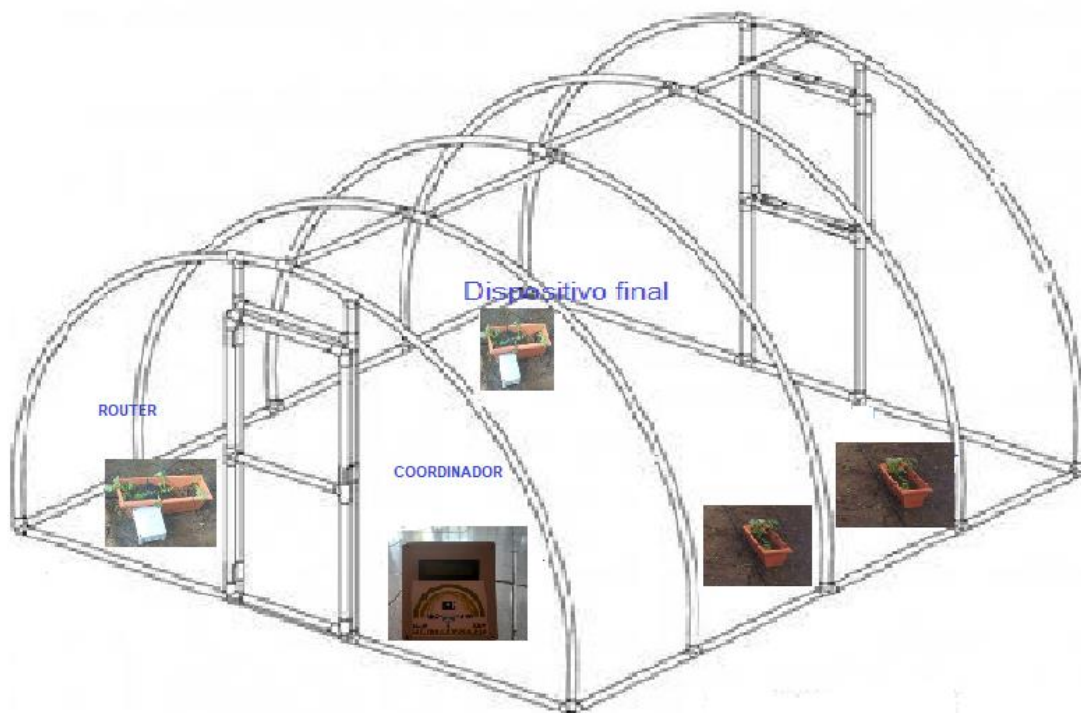


Figura 28. Ubicación de los nodos

4.2. Configuración de los módulos XBee S2C

Para conectar de forma inalámbrica ambos XBee S2C es necesario configurar uno como Coordinador y el otro como Dispositivo final y otro como Router. Esto se hace usando el software XCTU.

4.2.1. Software XCTU

El software XCTU está disponible para Windows, MacOS y Linux en el sitio web de Digi. Se usó la versión 6.3.11 para Windows, al iniciar el programa XCTU en la computadora, verá una ventana como se muestra en la imagen siguiente:

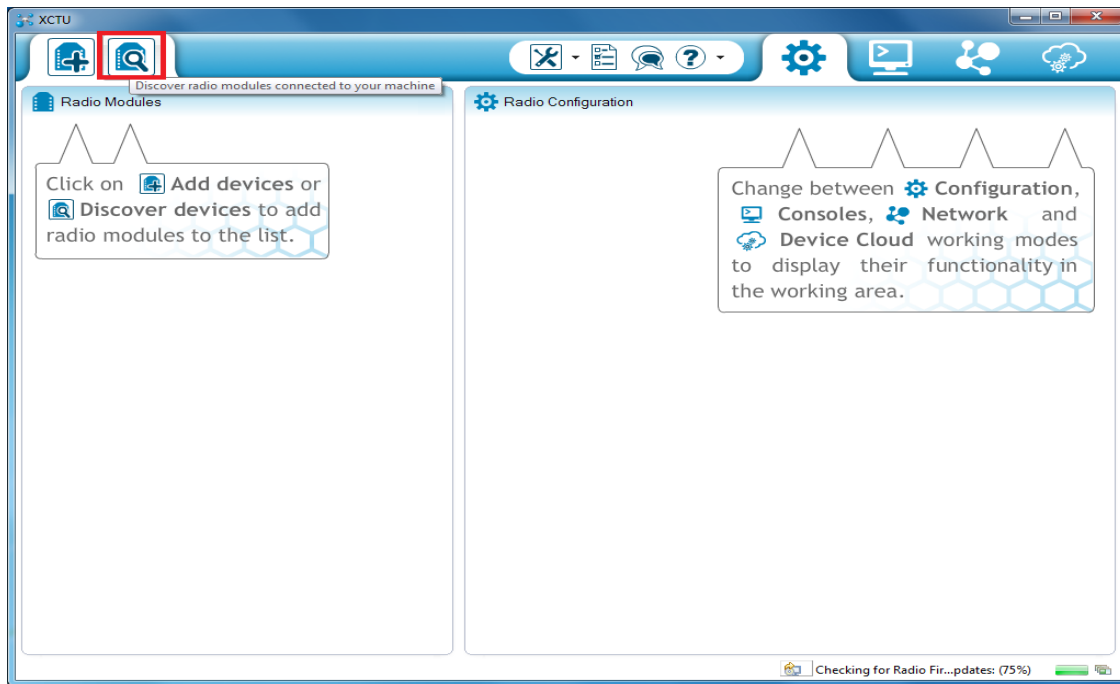
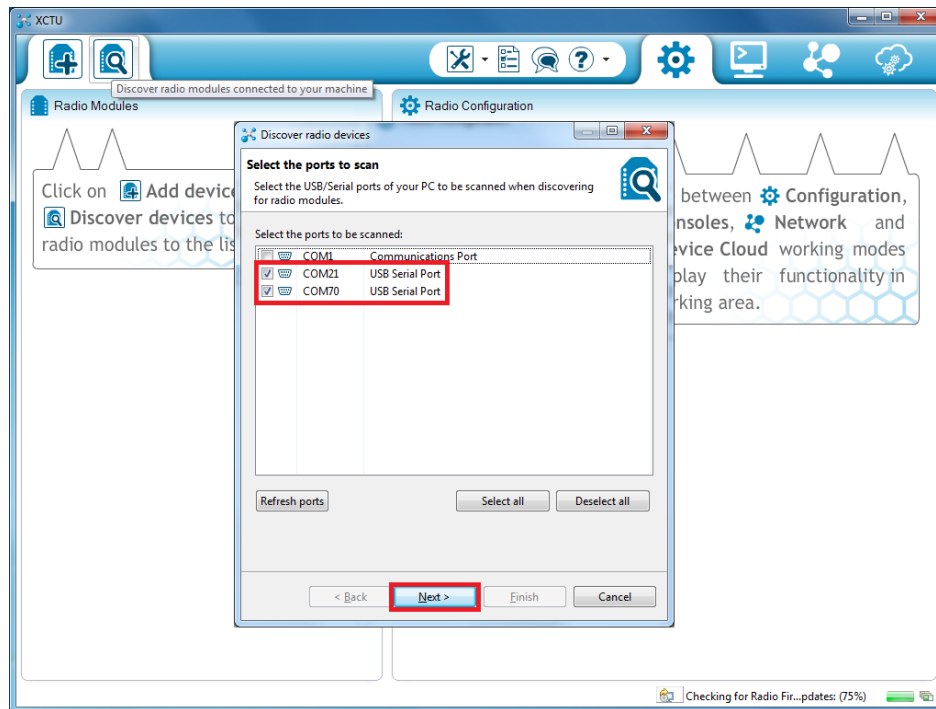


Figura 29. Paso 1 para la configuración de los XBee

Conecte ambos XBee S2C a la misma computadora y oprima el botón de la lupa en el software XCTU para descubrir dispositivos. Después de un momento de buscar los dispositivos conectados a los puertos USB, se mostrará un cuadro de diálogo con los dispositivos encontrados:(nos generó el puerto 21 y 70).



Oprima el botón Next, con lo cual, se mostrará el cuadro de diálogo para establecer los parámetros de configuración de los puertos Serial/USB:

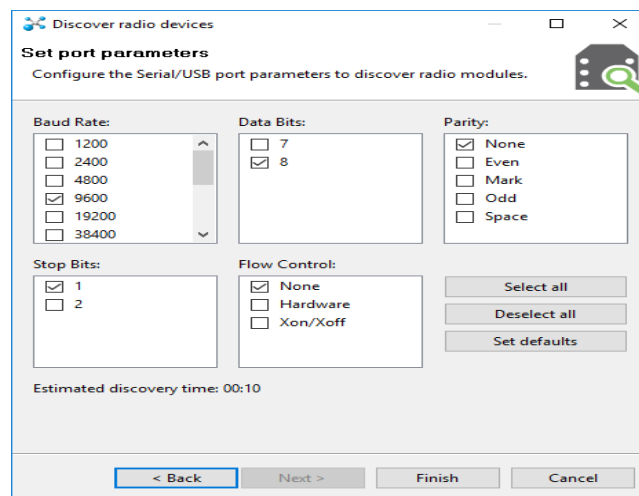


Figura 30. Paso 2 para la configuración de XBee

Oprima el botón Finish. Esto iniciará la búsqueda de dispositivos XBee en los puertos seleccionados

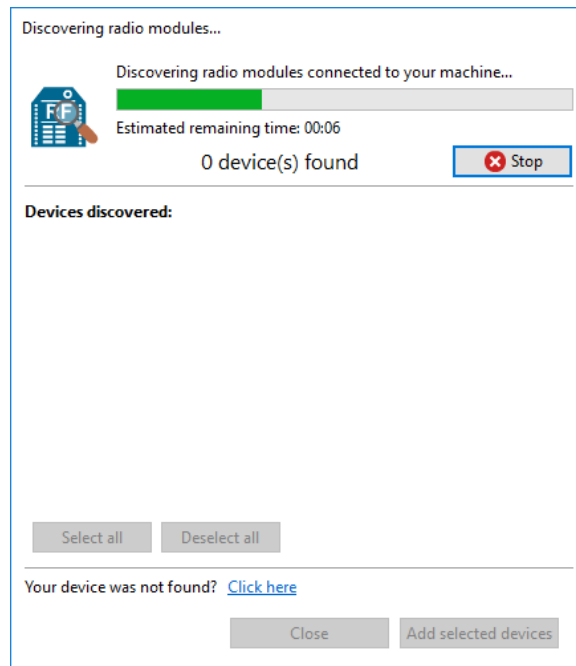


Figura 31. Paso 3 para buscar los XBee

Al terminar la búsqueda, se deberá mostrar el mensaje 2 device(s) found (2 dispositivos encontrados).

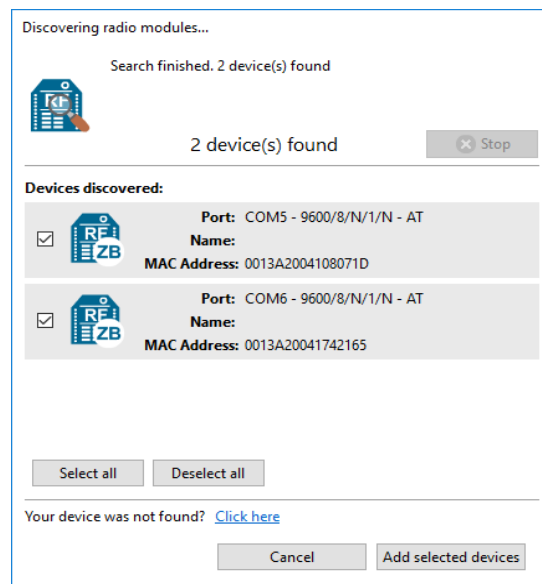


Figura 32. XBee encontrados

Del panel Radio Modules, seleccione el primer ZigBee y oprima el botón configuración (engrane) que está arriba del panel derecho. Esto mostrará las

opciones de configuración del ZigBee seleccionado, como se muestra a continuación:

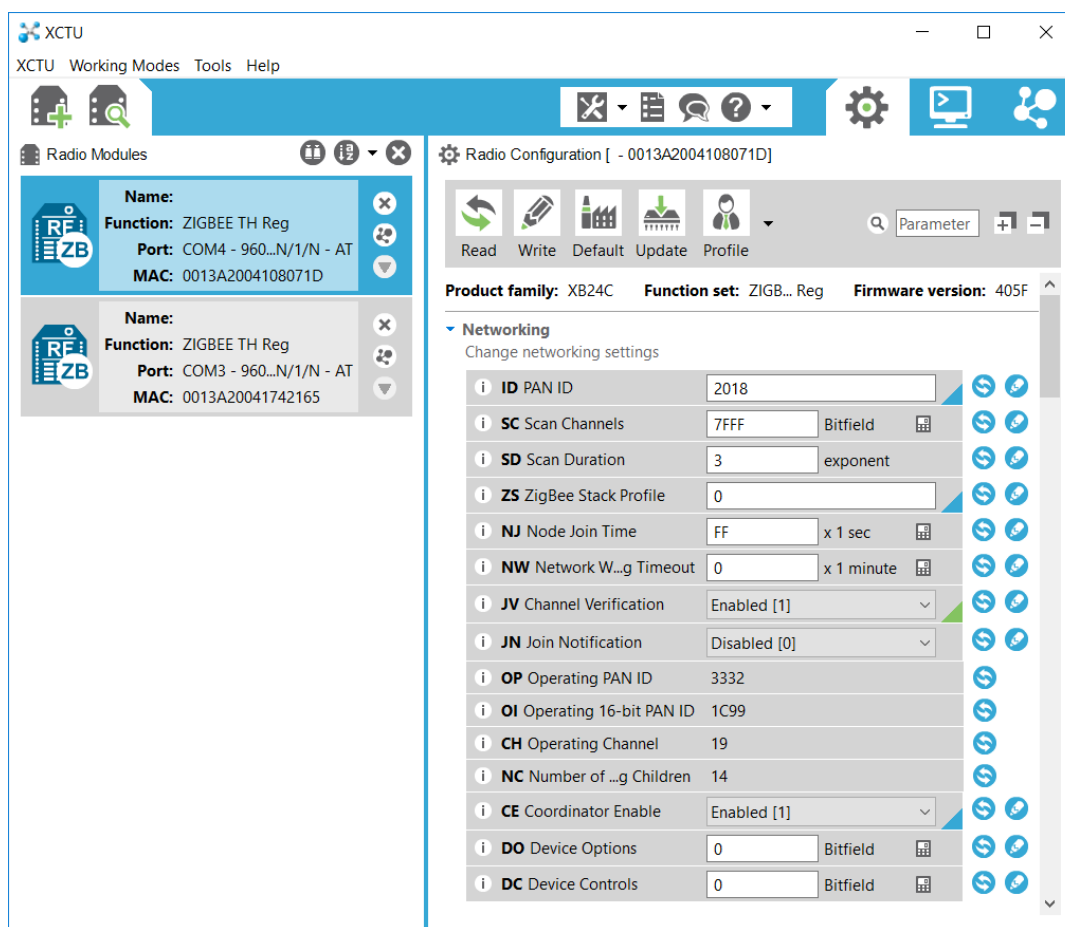


Figura 33. Configuración de XBee

4.2.2 Pruebas de conectividad

Una vez configurados los parámetros de ambos XBee se debe oprimir el botón, para cambiar al modo Consola, con lo que se abrirá en el panel derecho una Consola de comandos como se muestra en la siguiente imagen:

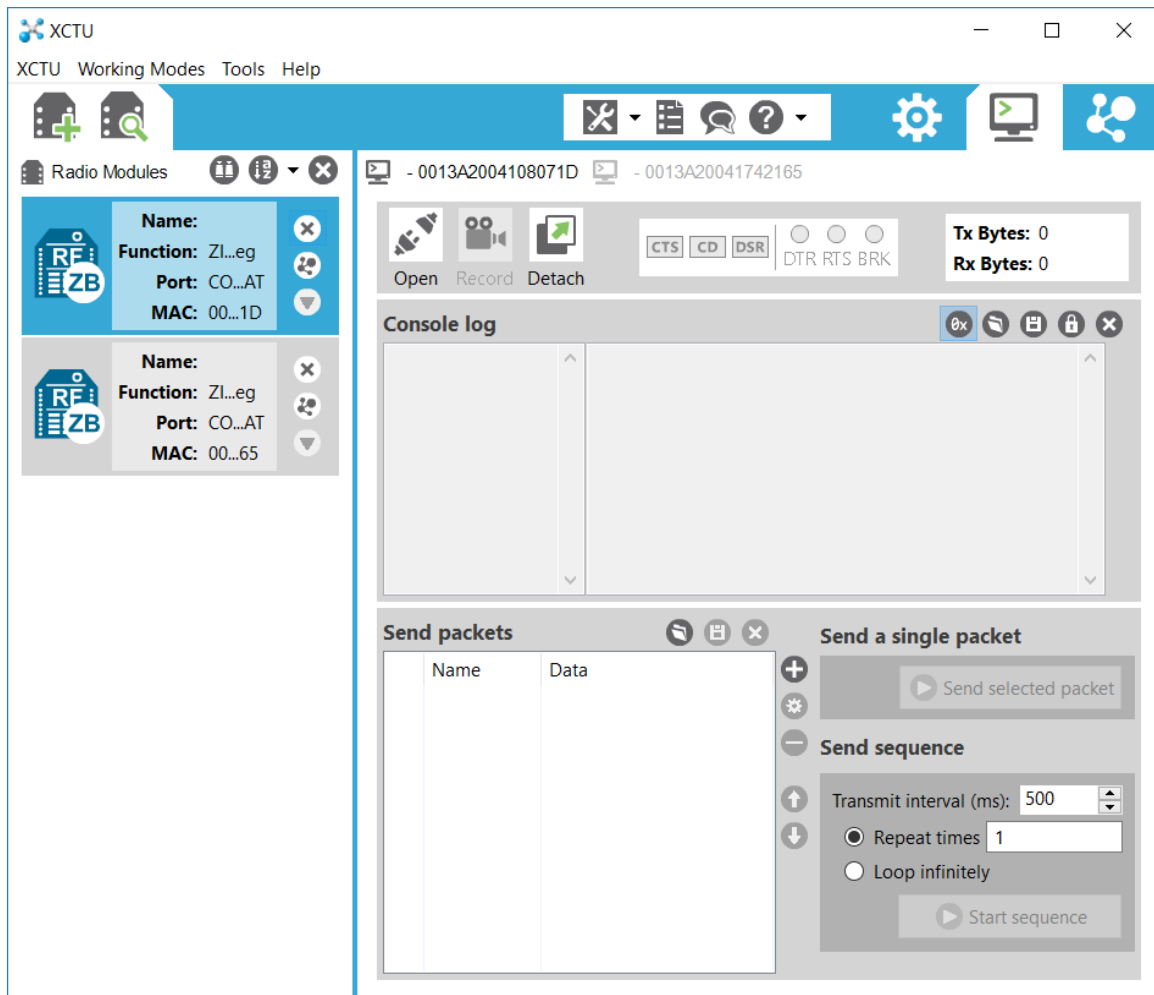


Figura 34. Realizando la primera prueba

Teniendo seleccionado el primer ZigBee, en el panel derecho se oprime el botón Open, el cual abre o inicia la conexión inalámbrica del ZigBee seleccionado del lado izquierdo. Se debe hacer lo mismo con el segundo ZigBee, de modo que para ambos dispositivos el botón Open.

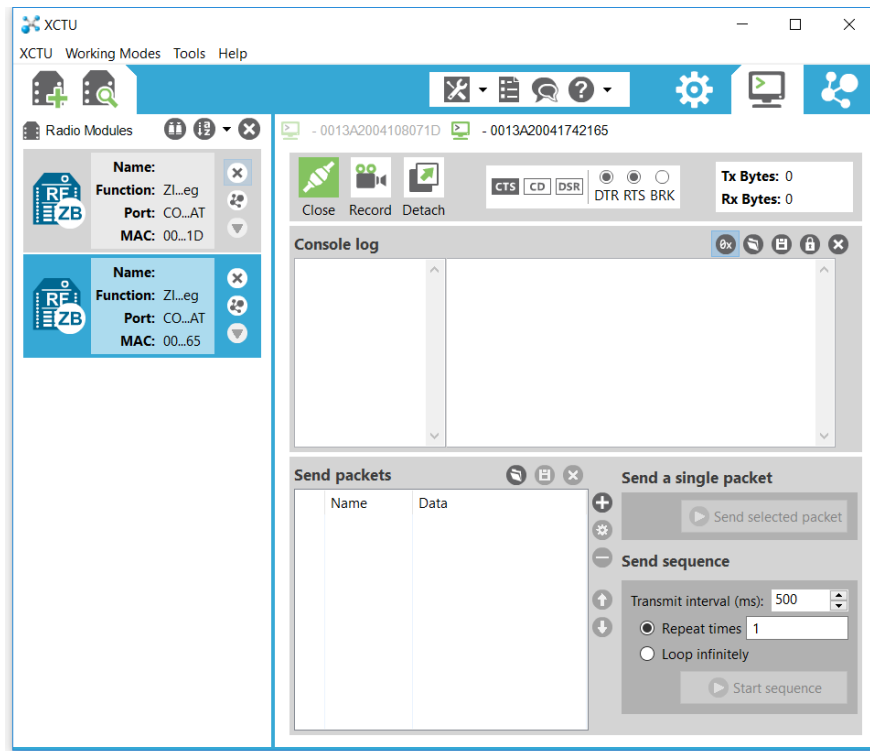


Figura 35. Abriendo el puerto COM

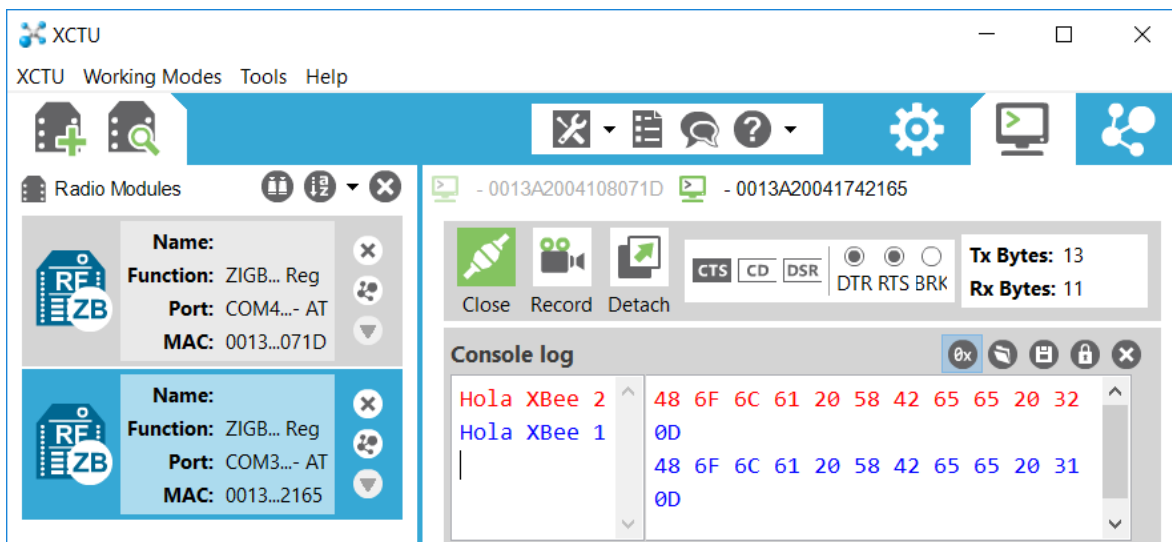


Figura 36. Enviando los datos

En el software XCTU, los mensajes enviados están en **azul** y los recibidos en **rojo**.

4.3. Prueba de la WSN

4.3.1. Pruebas locales

Se realizaron 2 tipos de prueba la primera fue a nivel local de un entorno controlado y la siguientes se realizaron en el invernadero como se muestran en las siguientes imágenes.

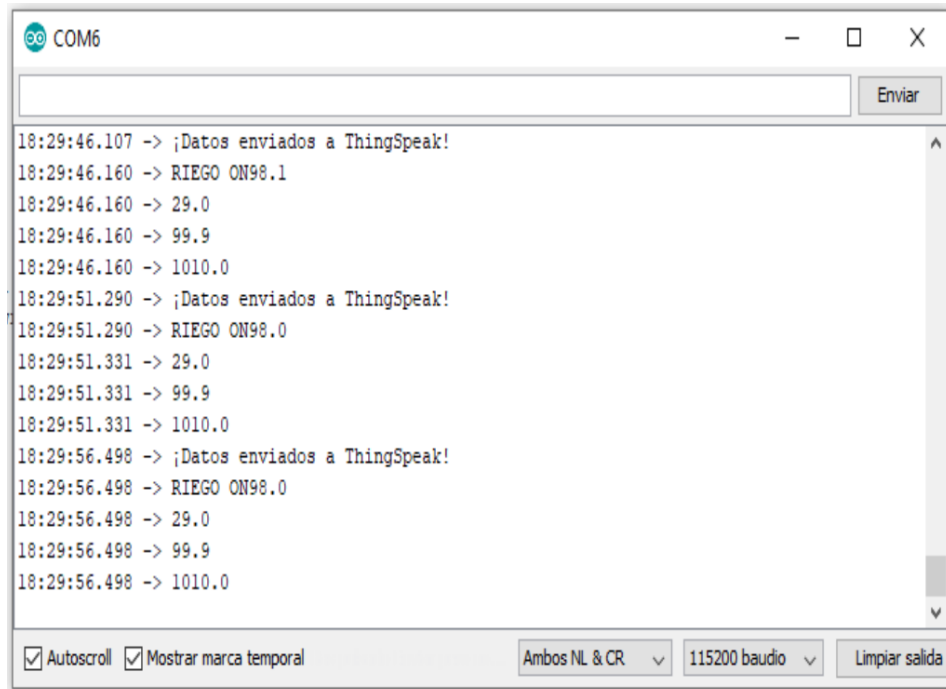


Figura 37. Riego OFF cuando la tierra está muy humedad

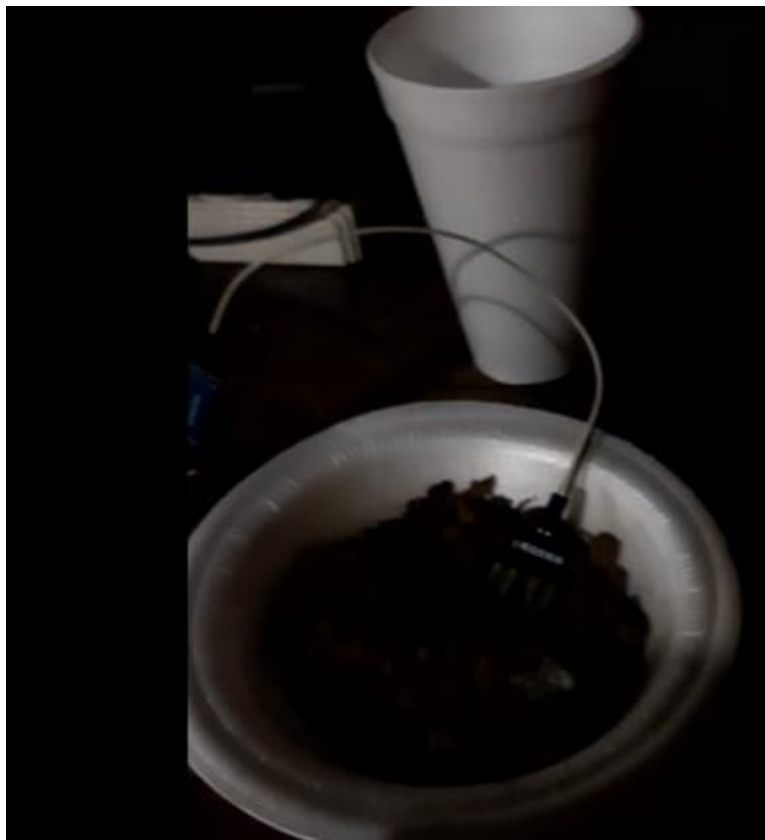
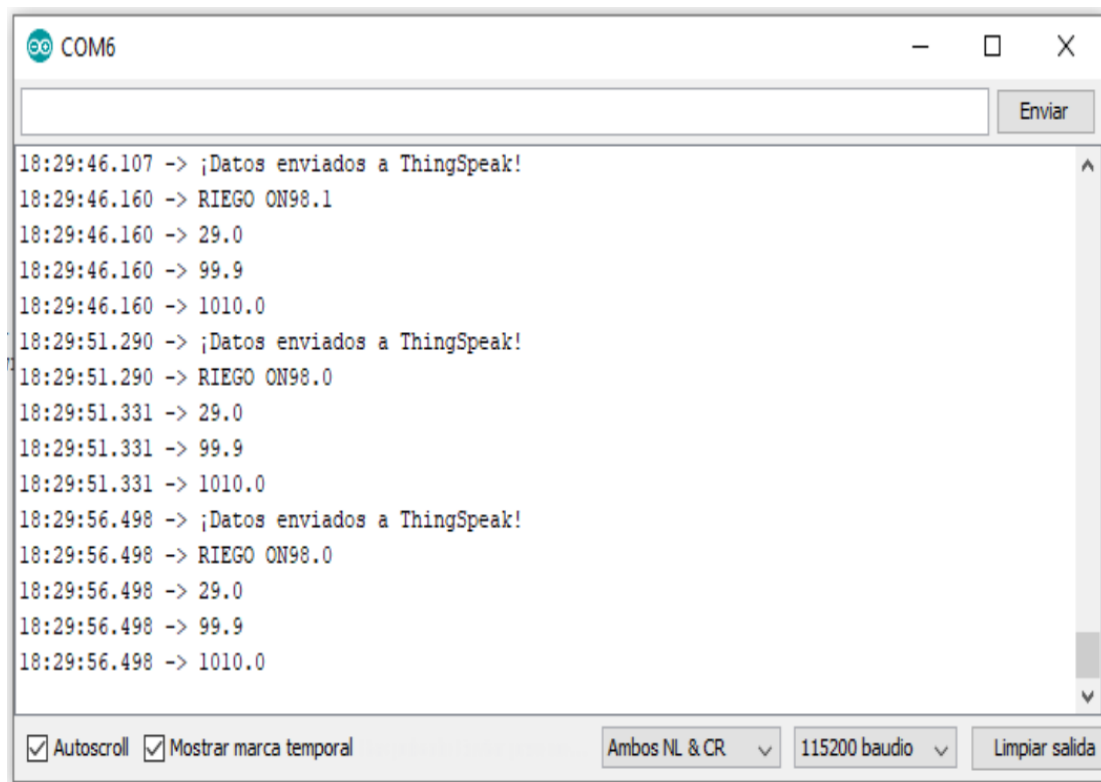


Figura 38. Riego ON cuando la tierra está seca

Primera prueba en el invernadero



Figura 39. Probando el funcionamiento del sistema de riego

4.4. Instalación del sistema de riego

Para la instalación de este proyecto se llevó a cabo varios procesos: Diseño de tarjetas electrónicas, diseño de cada caja coordinador, router, deposito final, Programación de sensores, configuración de XBee, instalación de la electroválvula y pruebas.

Para la activación del sistema de riego se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: el primero es para encender la electroválvula se va a tomar en cuenta las siguientes mediciones si la humedad del suelo es mayor a 605 la iluminación es mayor que 4 la temperatura mayor que 26 y la humedad del ambiente mayor a 70 se enciende en caso contrario permanecerá apagado; el segundo parámetro es que todos los días a la 8 pm se encenderá.

4.4.1. Instalación de electroválvula



Figura 40. Instalando la electroválvula

4.5. Comunicación a la plataforma ThingSpeak

ThingSpeak es una plataforma online que admite el intercambio de datos IOT. Esto nos permite almacenar, graficar y visualizar datos procedentes de Arduino.

Para trabajar en la plataforma es necesario que tengamos:

- Una cuenta en ThingSpeak.
- Un canal.
- Campo (tema) en ese canal es donde se almacenarán los datos de temperatura, humedad, humedad del suelo e iluminación.
- Visualizador grafica para mostrar la información enviada al tema creado en este canal.

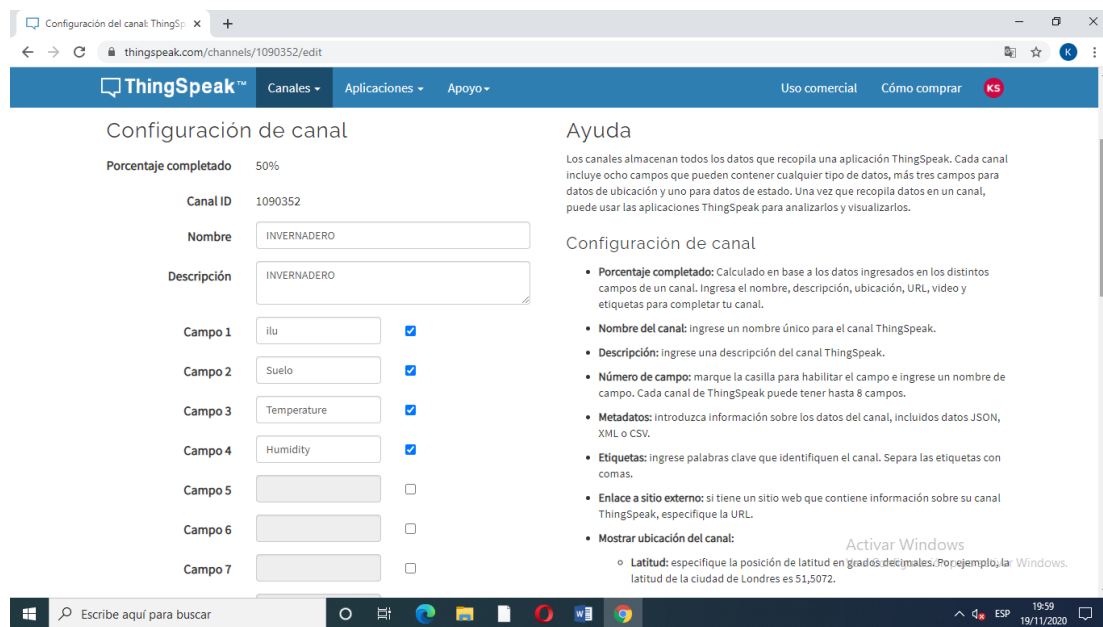


Figura 41. Configuración de canales

Una vez que terminemos de realizar los pasos mencionados nos muestran los datos enviados desde el Arduino al esp8266 a través de graficas donde los datos se están actualizando cada 15 segundos como se muestra en la siguiente imagen.

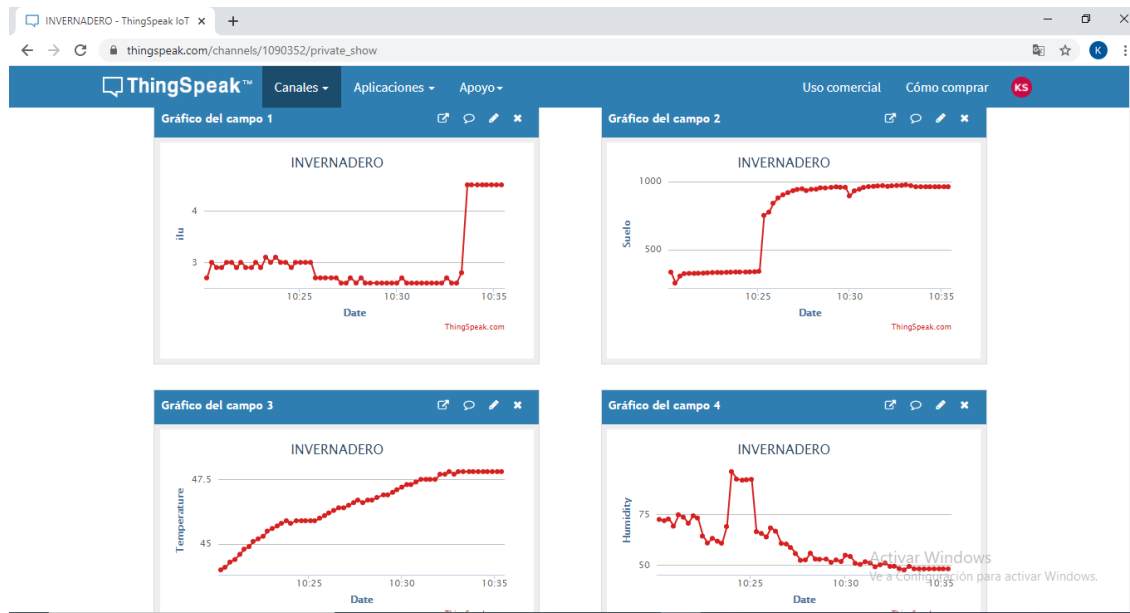


Figura 42. Visualización de los datos en la página web

Para configurarlo en nuestro celular es muy sencillo descargamos en play store la aplicación ThingView después nos vamos a la parte que dice add channel y ponemos un código id que nos proporciona la plataforma hace una pequeña búsqueda y nos vincula nuestros canales.

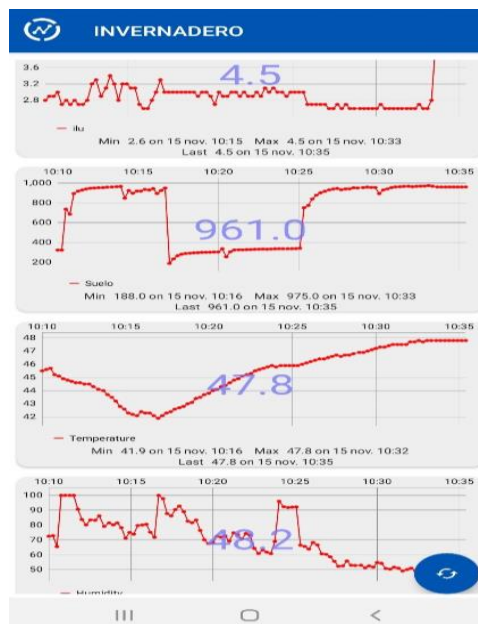


Figura 43. Visualización de datos en el celular

CAPITULO 5. RESULTADOS

Realizamos una comparativa de dos escenarios el primero está completamente controlado y monitoreado y el segundo esta de forma tradicional. A continuación se detallan los beneficios que obtuvimos al tener nuestro cultivo monitoreado

- **Intensificación de la producción:** El cultivo en el invernadero nos permitió establecer las condiciones ideales para el buen desarrollo de la producción, al hacer uso de un control climático se mejora notablemente el cultivo.
- **Aumento del Tamaño del Cultivo:** Se consigue una proporción de hasta tres veces mayor comparado con la forma tradicional.
- **Menor riesgo de producción:** Los daños causados por el cambio climático no se pueden evitar, pero si reducir.
- **Uso eficiente de los productos:** El uso de agua es un factor esencial por lo que con un sistema de riego hace eficiente el ahorro de agua como costos.
- **Mayor control de plagas y enfermedades:** Al tener un Sistema Controlado en este caso un invernadero tipo Carpa nos permite el control de plagas como son los pulgones y mildes, al igual las babosas, hormigas, grillos y caracoles que consume el cultivo por la cantidad de humedad que contiene el Rábano en la figura 44 se puede observar el cultivo de rábano monitoreado.



Figura 44.Cultivo de rábano monitoreado

El segundo escenario nos dimos cuenta de las carencias que se presenta al no tener un entorno controlado. A continuación se detallan los problemas que tuvimos al tener nuestro cultivo de manera tradicional.

- **El primer problema:** que se presentó fue que el cultivo reventó dentro de la tierra debido a un riego inapropiado, es decir que alcanzó una exposición extensa al sol de (33°C) la tierra se secó y luego se regó en abundancia por ende el cultivo sufrió sobre hidratación en un periodo corto de tiempo denominado estrés hídrico como consecuencia hizo que fuera duro, seco y con ahuecamiento del tubérculo
- **El segundo problema:** que ocurrió fue que el cultivo recibió demasiada agua hasta volver la tierra encharcada por lo que hizo que el rábano se volviera amargo tal es el caso que no era apto para consumir. Se tiene que mantener el tubérculo constantemente húmedo a un porcentaje del 50%.

- **Tercer problema:** fue que el rábano crecía a simple vista correctamente, por lo cual tenía muchísimas hojas, pero jamás engordó su raíz dado que quedo delgada y esto fue provocado por falta del sol en la figura 45 se puede observar el cultivo de forma tradicional



Figura 45. Cultivo de rábano de forma tradicional



Figura 46. Comparación de escenarios

Comparativa de los dos escenarios.

A continuación, se presenta una tabla comparativa, de los dos escenarios que tuvimos para el cultivo de rábano donde se puede observar La diferencia que se tuvo gracias al monitoreo continuo de las variables, que facilitó conocer la necesidad que se requería al momento de la siembra, al igual del buen uso del agua en la siguiente tabla se puede ver más detalle de ambos escenario respecto a la cosecha que se obtuvo.

Tabla Comparativa		
Características	Automatizado	Tradicional
Total, de siembra	20	20
Total, de cosecha	20	15
Cultivo Sanos	17	10
Cultivo Defectuoso	3	5
Ancho	16/14 cm	11/12cm
Longitud	7/6 cm	5/3 cm
Tamaño del tallo	11/9 cm	7/5cm
Tamaño de la hoja	17x8 cm/11x6cm	10x4.5cm
Tamaño de Raíz	10 cm	5 cm

Tabla 8 Comparativa de dos escenarios

Resultados estadísticos del cultivo monitoreado

Mediciones de temperatura

En estos resultados obtenidos del sistema de monitoreo se ha realizado mediciones durante un tiempo de 30 días, donde se puede observar en la figura 47 que la temperatura empieza con 23.6 grado y continua creciendo constantemente, dentro del crecimiento se puede observar que el rango más alto de temperatura que existe dentro del invernadero es desde las 12:00 hasta las 15:00 como se observa en la gráfica existen algunos cambios acelerados en el crecimiento y decrecimiento de la temperatura a lo largo del día. Debido a esto se realizó un promedio con la temperatura obtenida, que se observa en la figura 48 evidenciando que las máximas y mínimas son (4:00,12:00 y 21:00 pm) este resultado de dichas mediciones nos permitió analizar cómo afecta, la temperatura a la producción de rábano cuando no es monitoreada.

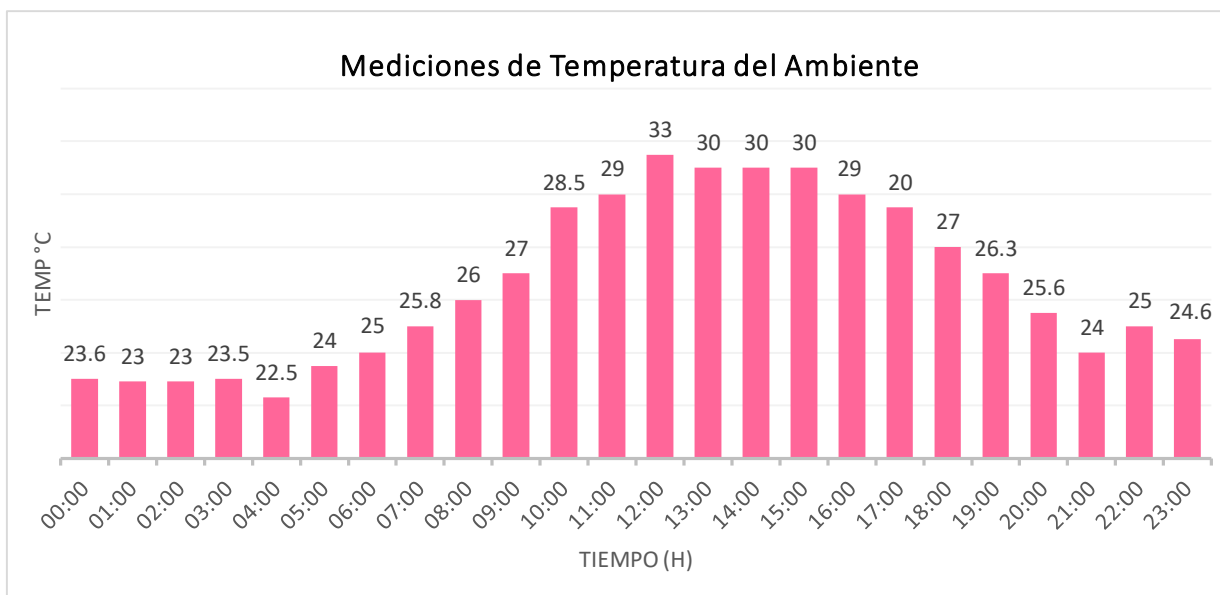


Figura 47. Mediciones de temperatura del ambiente

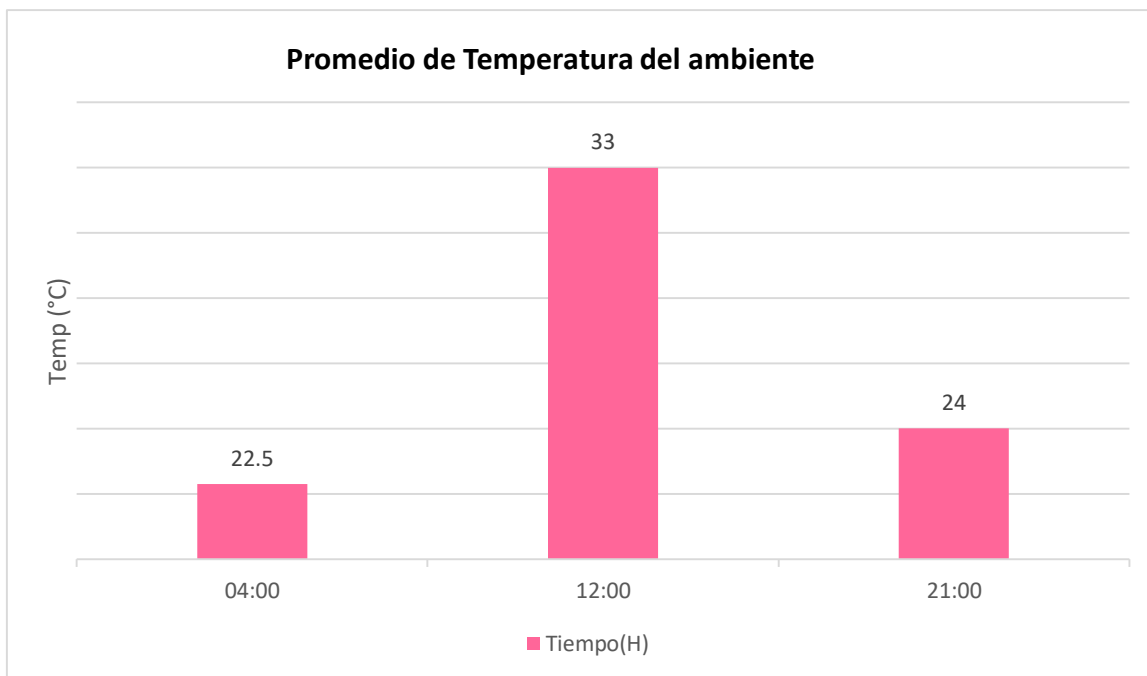


Figura 48.Promedio de temperatura del ambiente

Mediciones de humedad relativa

En estos resultados obtenidos del sistema de monitoreo se ha realizado mediciones durante un tiempo de 30 días como se observa en la figura 49 las mediciones indican que la humedad relativa a lo largo del día es de 95% a 48% el comportamiento de esta variable dependerá de la temperatura que tenga el invernadero el máximo valor de humedad relativa es de 95% y el mínimo valor es de 48% podemos apreciar que mientras la temperatura aumenta la humedad relativa del ambiente disminuye y viceversa por lo tanto esto dos factores son correspondiente entre sí.

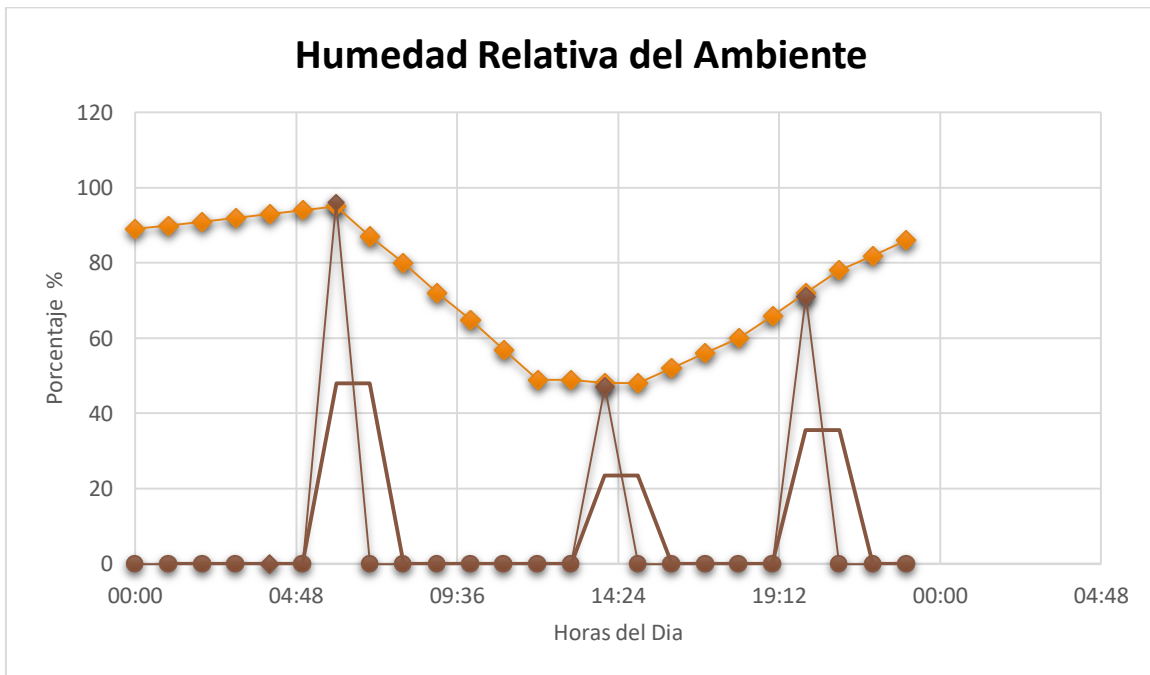
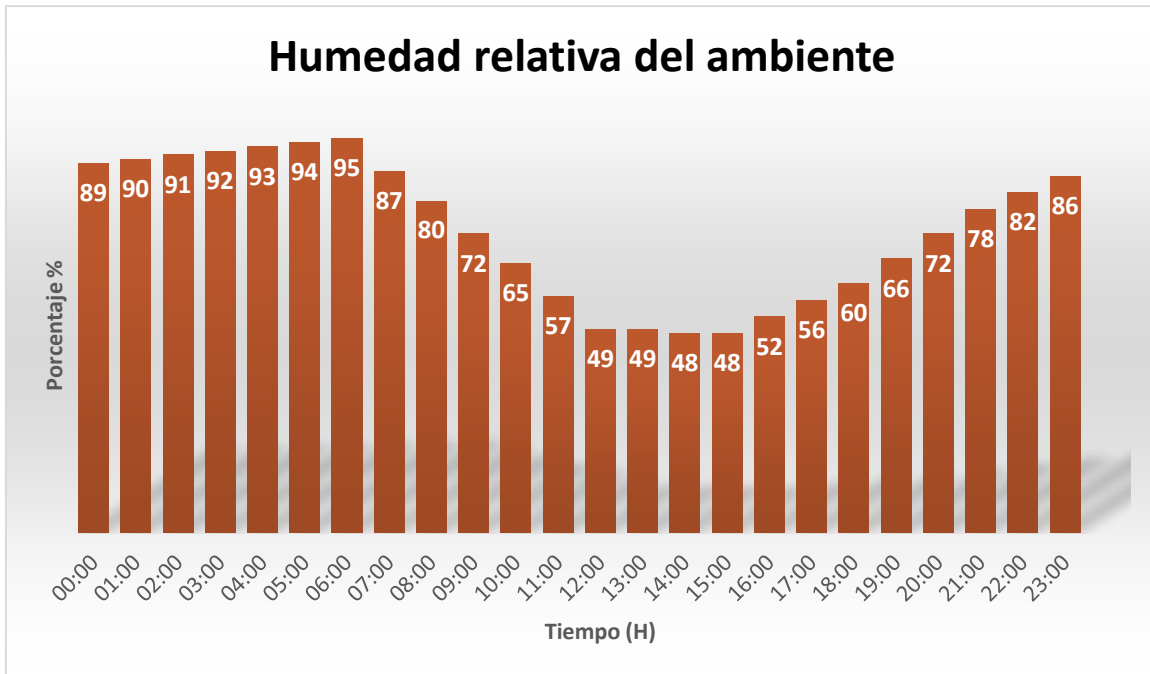


Figura 49.Humedad relativa

Humedad del suelo

Según los seguimientos obtenidos del sistema de monitoreo se ha realizado mediciones durante un lapso de 30 días. Donde se puede apreciar que durante la mañana se mantiene un nivel del 60% hasta el mediodía se produce un decrecimiento durante la tarde hasta un 40%. A como se puede observar en la gráfica 50

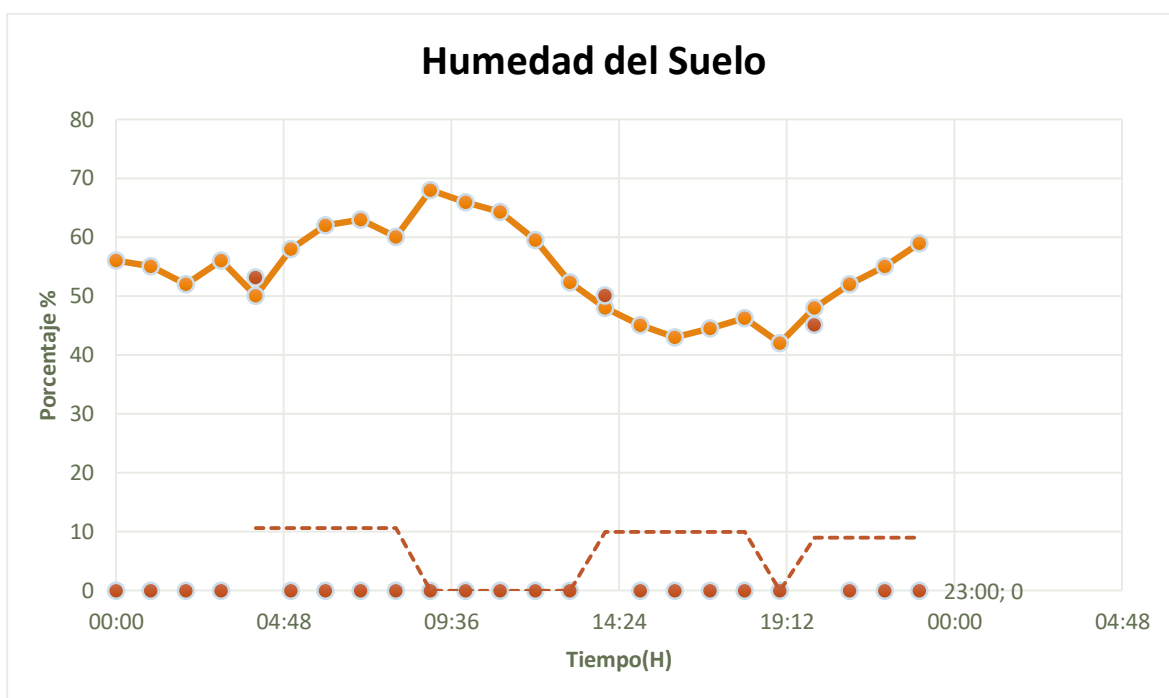


Figura 50. Humedad del suelo

Medición de luminosidad

En estos resultados obtenidos del sistema de monitoreo se realizó mediciones durante un lapso de 30 días , donde se pudo reflejar que la intensidad lumínica influye directamente en la fase de desarrollo del rábano esto es uno de las variables que influyen en el crecimiento del cultivo y uno donde no se puede cambiar pero si reducir su impacto , según los datos que se muestran en la figura 51 podemos notar las horas donde tiene mayores y menores valores como son las 2,13 y 22 esto bajo la unidad de medida Lumen (Lm)

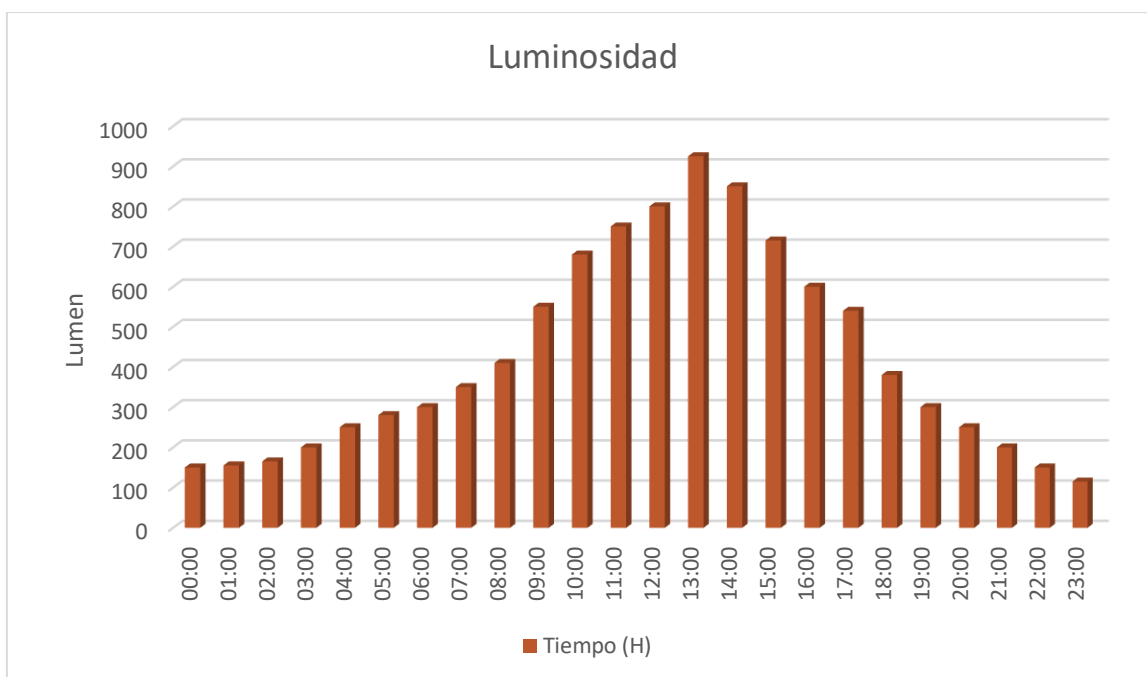


Figura 51. Medición de la luminosidad

Presupuesto de materiales utilizados

Componentes	Material	Cantidad	Precio c/u	Total
	Arduino Uno R3	3	\$34.37	\$103.11
	Módulo XBee S2C	3	\$26.95	\$80.85
	XBee Shield	1	\$31	\$31
	Pantalla LCD 20x4	1	\$7.79	\$7.79
	Electroválvula	1	\$12.95	12.95
	Modulo Relé	1	\$1.67	\$1.67
	Sensor de temperatura y humedad DHT22	3	\$11.55	\$34.65
	Sensor de luz LDR	3	\$10.99	\$32.97
	NodeMCU	1	\$20	
	Sensor de humedad de suelo YL 69	3	\$7	\$21
	Caja para exteriores	3	\$16	\$48
	Power Bank	3	\$3	\$9
	Cables de conexión	3	\$3.81	\$11.43
	TOTAL			\$414.42

Tabla 9 Presupuesto de componentes

Presupuesto de Servicios Profesionales

Fontanero	\$24
Costo de Hora Programador	\$350
Total	374

Tabla 10. Presupuesto de servicios profesionales

Presupuesto del Coordinador

Coordinador	Material	Cantidad	Precio c/u	Total
	Módulo XBee S2C	1	\$26.95	\$26.95
	Pantalla LCD 20x4	1	\$7.79	\$7.79
	Electroválvula	1	\$12.95	12.95
	Modulo Relé	1	\$1.67	\$1.67
	NodeMCU	1	\$20	\$20
	Caja para exteriores	1	\$16	\$16
	Power Bank	1	\$3	\$3
	Cables de conexión	1	\$3.81	\$3.81
	Total		\$91.22	

Tabla 11 presupuesto del nodo coordinador

Presupuesto del nodo Router/End device

Router/End device	Material	Cantidad	Precio c/u	Total
	Arduino Uno R3	1	\$34.37	\$34.37
	Módulo XBee S2C	1	\$26.95	\$26.95
	Sensor de temperatura y humedad DHT22	1	\$11.55	\$11.55
	Sensor de luz LDR	1	\$10.99	\$10.99
	Sensor de humedad de suelo YL 69	1	\$7	\$7
	Caja para exteriores	1	\$16	\$16
	Power Bank	1	\$3	\$3
	Cables de conexión	1	\$3.81	\$3.81
				TOTAL \$ 113.67

Tabla 12. Presupuesto del nodo router y end device

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se logró diseñar y desarrollar una red de sensores que nos permitió el monitoreo de las variables de temperatura, humedad del ambiente, iluminación y humedad del suelo en el invernadero para el cultivo de rábano, basado en un software y hardware libre que nos permite captar, enviar, almacenar y visualizar el valor de las variables en la plataforma web de ThingSpeak desde cualquier dispositivo Android, IOS, Windows.

Con la implementación del sistema de monitoreo se logró mantener los valores de las variables dentro de los márgenes requeridos para el óptimo crecimiento del rábano, el sistema de riego respondió a los requerimientos planteados.

Los resultados obtenidos permitieron comprobar la ventaja que presenta el cultivo al ser monitoreado tecnológicamente los rábanos crecieron mucho más rápidos y se pudo evitar la proliferación de placas y deshidratación en comparación del modo tradicional.

La transmisión de los datos brindados por los diferentes sensores, mediante la tecnología inalámbrica ZigBee resulto ser una de las más adecuadas para la instalación de redes como la propuesta en este documento, ya que este estándar se posiciona por encima de otras tecnologías de su categoría, en aspectos de instalación de redes de monitoreo y control de sistemas.

Arduino es una herramienta de desarrollo que posee características similares a ZigBee en términos de facilidad de programación e implementación de múltiples

sistemas, es por esta razón que la unión de estos es comúnmente utilizada en la industria para aplicaciones de control y monitoreo. En este proyecto se utilizó la tarjeta Arduino para realizar la recolección de la información análoga brindada por los sensores ya mencionado y realizar una conversión de estos datos a formato digital para poder enviarlos al XBee y efectuar la transmisión de la información en la totalidad de la red.

6.2. RECOMENDACIONES

- El proyecto se implementó en un invernadero obteniendo un funcionamiento satisfactorio en cuanto a comunicación y medición de las variables, abarcando la mayor área posible. Si dicha aplicación es implementada en plantaciones de mayor tamaño es necesario incorporar mayor número de nodos y Gateway para seguir obteniendo los mismos resultados satisfactorios, contrarrestando así las desventajas que la distancia presenta entre dispositivos como interferencia.
- El invernadero debería contar con un sistema eléctrico.
- Colocar los nodos de la red WSN específicamente la etapa de comunicación, al mismo nivel o por encima del tamaño de la planta, para evitar interferencias en la comunicación entre dispositivos, esto en el caso de contar con un cultivo demasiado denso y abultado como cacao, rosa, etc.
- Si el sistema de control requiere de la obtención de datos de manera continua, es necesario la utilización de baterías y paneles solares, con el fin de que se recarguen automáticamente y los equipos permanezcan siempre en funcionamiento.

- Realizar un estudio previo del ambiente donde la red será implementada, con el fin de determinar los puntos críticos (mayor variación climática, mayor volumen de cultivo, zonas más húmedas, etc.), para ubicar los nodos sensores y controlar el ambiente de dichos espacios y todo el cultivo se mantenga bajo las mismas condiciones.
- El sistema requiere de una fuente de conexión a internet (actualmente datos móviles) constante para la transferencia de datos a la plataforma, por lo que se recomienda una conexión fija al nodo coordinador.

2. Bibliografía

Inalámbricas, R. d. (15 de Julio de 2012). REDES DE SENSORES. Obtenido de <http://redesdesensoreswsn.blogspot.com/>

infoAgro. (22 de octubre de 2015). infoAgro. (infoAgro) Obtenido de <https://www.infoagro.com>

INFORMATICAS, R. (11 de JULIO de 2018). REDES. (REDES) Obtenido de <https://www.locurainformaticadigital.com/>

LDR. (20 de AGOSTO de 2016). SENSOR LDR. (SENSOR LDR) Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/>

Merino, J. P. (2014). Definición de red inalámbrica. (Definición de red inalámbrica) Obtenido de <https://definicion.de/red-inalambrica>

Palacios Echeverría, J. A. (04 de 2017). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6699>

ponce, K. (29 de noviembre de 2015). MASKANA. (MASKANA) Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1456>

PRENSA, L. (28 de FEBRERO de 2018). PRENSA. (PRENSA) Obtenido de www.laprensa.com.ni

Thingspeak. (23 de nOVIEMBRE de 2018). aprendiendoarduino. (aprendiendoarduino) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

UNO, A. (18 de ABRIL de 2010). XATAKA . (XATAKA) Obtenido de <https://www.xataka.com/>

XBEE. (12 de NOVIEMBRE de 2016). ZIGBEE. (ZIGBEE) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

XBEE, Z. (7 de MARZO de 2015). ZIGBEE XBEE. (ZIGBEE XBEE) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

ZIGBEE. (26 de NOVIEMBRE de 2016). XBEE. (XBEE) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

Zigbee, P. (octubre de 10 de 2018). Zigbee. (Zigbee) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

agricola, i. (25 de junio de 2000). inovaccion agricola . (inovaccion agricola) Obtenido de <https://www.hydroenv.com.mx/>

ARDUINO, A. (23 de NOVIEMBRE de 2016). APRENDIENDO ARDUINO. (APRENDIENDO ARDUINO) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

CALDAS, E. (18 de FEBRERO de 2017). ELECTRONICOS CALDAS. (ELECTRONICOS CALDAS) Obtenido de <https://desensores.com/>

CCAFS. (s.f.). La agricultura de Nicaragua. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/45944/PB%20Nicaragua.pdf>

Dario, J. (2015). Repositorio Dspace. (Repositorio Dspace) Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10067>

DIGI. (4 de FEBRERO de 2016). XBEE. (XBEE) Obtenido de <https://xbee.cl/xbee-zb-s2c-th/>

DIGITAL, I. (17 de JULIO de 2018). IMFORMATICA DIGITAL. (IMFORMATICA DIGITAL) Obtenido de <https://www.locurainformaticadigital.com/>

EcuRed. (24 de Marzo de 2006). Rabono. Obtenido de <https://www.ecured.cu/R%C3%A1bano>

ELECTROVALVULA. (27 de JUNIO de 2012). ELECTROVALVULA. (ELECTROVALVULA) Obtenido de <https://www.distribtec.com.ar/>

FACIL, P. (20 de FEBRERO de 2017). PROGRAMACION FACIL. (PROGRAMACION FACIL) Obtenido de <https://programarfácil.com/>

Federes. (3 de enero de 2000). Avances recientes en la programación de los riegos. (Avances recientes en la programación de los riegos.) Obtenido de www.Avancesrecientesenlaprogramaciondelosriegos.com

GOMES, A. (19 de JULIO de 2016). DHT22. (DHT22) Obtenido de <https://sites.google.com/>

Zigbee, P. (octubre de 10 de 2018). Zigbee. (Zigbee) Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

ANEXOS

DATASHEET DE LOS SENSORES:

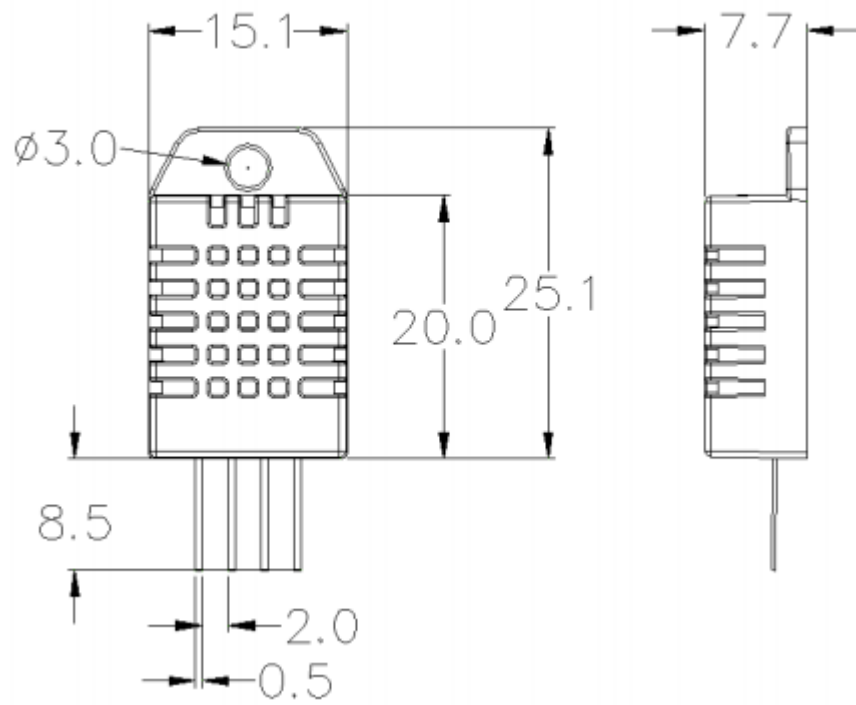
Sensor de temperatura y humedad relativa

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302)

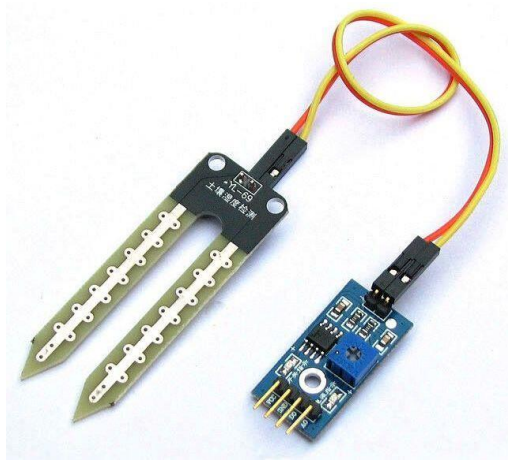


Technical Specification:

Model	DHT22
<i>Power Supply</i>	3.3-6V DC
<i>Output Signal</i>	Digital Signal Via single-bus
<i>Sensing Element</i>	Polymer capacitor
<i>Operating Range</i>	Humidity 0-100%RH Temperature 40-80Celsius
<i>Accuracy</i>	Humidity $\pm 2\%RH$ (Max $\pm 5\%RH$) Temperature $< \pm 0.5$ Celsius
<i>Resolution or sensitivity</i>	Humidity 0.1%RH Temperature 0.1Celsius
<i>Repeatability</i>	Humidity-0.1%RH Temperature 0.2Celsius
<i>Humidity Hysteresis</i>	$\pm 0.3\%RH$
<i>Long-tem Stability</i>	$\pm 0.5\%RH/Year$
<i>Sensing period</i>	Average 2s
<i>Interchangeability</i>	Fully interchangeable
<i>Dimensions</i>	Small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm



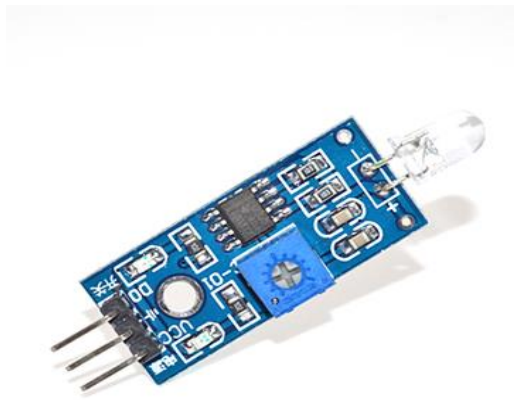
Hoja de dato del sensor de humedad YI-69



Specification

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Voltage	-	3.3	/	5	V
Current	-	0	/	35	mA
Output Voltage	<i>Supply Voltage 5V</i>	0	~	4.2	V
Output Value	<i>Sensor in dry soil</i>	0	~	300	/
	<i>Sensor in humid soil</i>	300	~	700	/
	<i>Sensor in wáter</i>	700	~	950	/

Hoja de dato módulo Idr



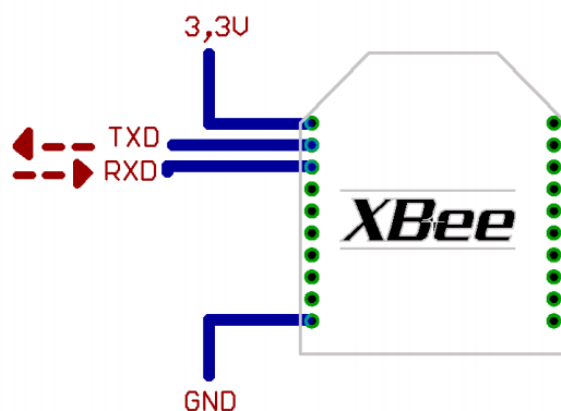
Specifications

characteristics			Min	Max	Unit
Differential Input Voltage				36	V
Input Current (Vin<-0.3V)			-0.3	50	Ma
Power Dissipation	PDIP			780	mW
	TO-99			660	mW
	SOIC			510	mW
	DSBGA			568	mW
Output Short-Circuit to Ground				Continuous	
Lead Temperature (Soldering 10 seconds)				260	°C
Soldering Information	PDIP Package Soldering (10 Seconds)			260	°C
	SOIC Package	Vapor Phase (60 Seconds)		215	°C
		Infrared(15 Seconds)		220	°C
Storage Temperature			-65	150	°C

Hoja de dato de Arduino UNO

Microcontroller	AT mega328
Operationg Voltage	5V
Input Voltage(recommended)	7-9V
Input Voltage (Limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14(of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40mA
DC Current for 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32KB(ATmega328)(0.5KB used by bootlader)
SPRAM	2KB(ATmega328)
EEPROM	1KB(ATmega328)
Clock Speed	16MHz





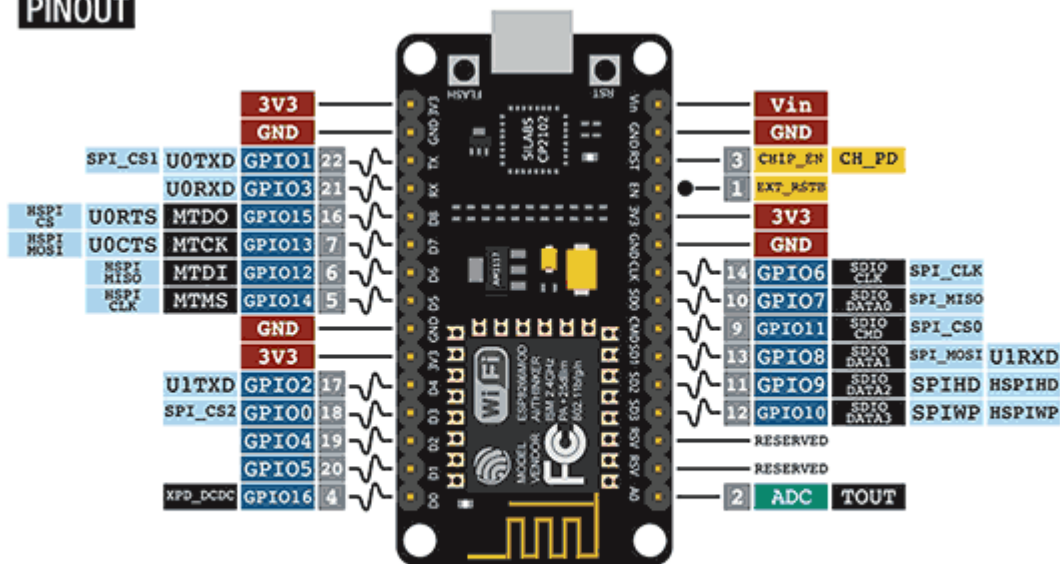
Pin#	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN/CONFIG	Input	UART Data In
4	DOB''	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be a least 200 ns)
6	PWM0/RSSI	Output	PWM Output 0/RX Signal Strenght Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output1
8	[Reserved]	-	Do not connect
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4/DIO4	Ether	Analog Input 4 or Digital I/O4
12	CTS/DIO7	Ether	Clear -to-Send Flow Control or Digital I/O7
13	ON/SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs

15	Associate/AD5/DIO5	Ether	Associated Indicator ,Analog Input 5 or Digital I/O6
16	RTS/AD6/DIO6	Ether	Rquest-to-Send Flow Control,Analog Input 6 or Digital I/O6
17	AD3/DIO6	Ether	Analog Input 3 or Digital I/O3
18	AD2/DIO2	Ether	Analog Input 2 or Digital I/O2
19	AD1/DIO1	Ether	Analog Input 2 or Digital I/O1
20	AD0/DIO0	Ether	Analog Input 2 or Digital I/O0

Hoja de dato del Esp8266

NODEMCU V2

PINOUT



POWER	SP. FUNCTION(S)
I/O	COMM. INTERFACE
ADC	PIN NUMBER
CONTROL	PWM
N/C	

NOTES:

- ▲ Typ. pin current 6mA (Max. 12mA)
- ▲ For sleep mode, connect GPIO16 and EXT_RSTB. On wakeup, GPIO16 will output LOW for system reset.
- ▲ On boot/reset/wakeup, keep GPIO15 LOW and GPIO2 HIGH.

<i>Pin</i>	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 3.0~3.6V
2	LNA	I/O	RF Antenna Interface Chip Output Impedance =50Ω No matching required but we recomed that the n-type matching network is retained
3	VDD3P3	P	Amplifer Power 3.0~3.6V
4	VDD3P3	P	Amplifer Power 3.0~3.6V
5	VDD_RTC	P	NC(1.1V)

CODIGO DEL NODO ROUTER

```
#define PIN_Ground A1
#define PIN_LDR A0
#define ESPERA_LECTURAS 1000
#include <TroykaDHT.h>
DHT dht(8, DHT22);
#include <SoftwareSerial.h>
float coeficiente_porcentaje = 100.0 / 1023.0; // El valor de la entrada analógica va
de 0 a 1023 y se quiere convertir a porcentaje que va de cero a 100
float luminosidad;
float ilu;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {

    luz();
    temphum();
    ground();
    //Envio de datos con el ID
    Serial.print('X');
    Serial.print(';');
    Serial.print(ilu, 1);
    Serial.print(';');
    Serial.print(Temperature, 1);
    Serial.print(';');
    Serial.print(Humidity, 1);
```

```

Serial.print(';');
Serial.print(humidity_gnd, 1);
Serial.print('a');
delay(5000);//
}

void luz()
{
  luminosidad = analogRead(PIN_LDR);
  ilu = luminosidad * coeficiente_porcentaje;
}

<
Humidity = dht.getHumidity();
//switch (dht.getState())
//{
// case DHT_OK:
// Serial.print("Temperature = ");
// Serial.print(Temperature);
// Serial.print("");
// Serial.println("");
// Serial.print("Humidity = ");
// Serial.print(Humidity);
// Serial.print("");
// Serial.println("");
//}
}

void ground(void) {
  humidity_gnd = analogRead(PIN_Ground);
}

```

CODIGO DEL NODO DISPOSITIVO FINAL

```
#define PIN_Ground A1
#define PIN_LDR A0
#define ESPERA_LECTURAS
#include <TroykaDHT.h>
DHT dht(8, DHT22);
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
float coeficiente_porcentaje
float luminosidad;
float ilu;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  luz();
  temphum();
  ground();
  //Envio de datos con el ID
  Serial.print('Y');
  Serial.print(';');
  Serial.print(ilu, 1);
  Serial.print(';');
  Serial.print(Temperature, 1);
  Serial.print(';');
  Serial.print(Humidity, 1);
  Serial.print(';');
```

```

    Serial.print(humidity_gnd, 1);
    Serial.print('a');
    delay(5000);
}

void luz()
{
    luminosidad = analogRead(PIN_LDR);
    ilu = luminosidad * coeficiente_porcentaje;
}
<
    Humidity = dht.getHumidity();
    //switch (dht.getState())
    //{
    // case DHT_OK:
    // Serial.print("Temperature = ");
    // Serial.print(Temperature);
    // Serial.print("");
    // Serial.println("");
    // Serial.print("Humidity = ");
    // Serial.print(Humidity);
    // Serial.print("");
    // Serial.println("");
    //}
}

void ground(void) {
    humidity_gnd = analogRead(PIN_Ground);
}

```

NODO COORDINADOR

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
#include "RTCLib.h"
RTC_DS1307 RTC;
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
// VARIABLES
```

```
int regarPin = 2;
```

```
struct Datos
```

```
{
    float ilu;
    float Suelo;
    float Temperature;
    float Humidity;
```

```
} Sensor_X, Sensor_Y;
```

```
int Hora, Minuto, Segundo;
```

```
/******
```

```
char c = ' ';
```

```
String I_1;
```

```
String T_1;
```

```
String H_1;
```

```
String G_1;
```

```
String I_2;
```

```
String T_2;
```

```
String H_2;
```

```
String G_2;
```

```

/*****/
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin(); //configura el bus I2C estableciendo Arduino como MASTER

/*****
*****/

  //RTC
  RTC.begin();
  if (! RTC.isrunning()) // se verifica si el modulo rtc esta en funcionamiento, de lo
contrario, se imprime: RTC is NOT running!
  {
    lcd.println("RTC is NOT running!");
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    delay(1000);
  }
  RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); //esta funcion establecera en el
modulo la fecha de creación del archivo

/*****/

  //LCD
  lcd.init();           // initialize the lcd
  lcd.clear();
  Serial.print("Sistema de riego");
  // Ubicamos el cursor en la primera posición(columna:0) de la segunda
línea(fila:1)
  // Serial.setCursor(0, 1);
  Serial.print("UNI");

/*****/

  //Rele salida
  pinMode(regarPin, OUTPUT);
  delay(1000);

```



```

    lcd.clear();
}
void loop() {
    reloj();
    recibiendo();
    delay(1000);
}
void recibiendo() {
    //comunicacion con el dspic master
    //Algoritmo de identificacion de datos de cada router
    while (Serial.available()) {
        char firsddata = Serial.read();
        if (firsddata == 'X') { //Router 1
            String trama = "";
            trama = Serial.readStringUntil('a');
            /*ADD*****/
            I_1 = getValue(trama, ';', 1);
            T_1 = getValue(trama, ';', 2);
            H_1 = getValue(trama, ';', 3);
            G_1 = getValue(trama, ';', 4);
        }
        if (firsddata == 'Y') { //Router 2
            String trama = "";
            trama = Serial.readStringUntil('b');
            /*ADD*****/
            I_2 = getValue(trama, ';', 1);
            T_2 = getValue(trama, ';', 2);
            H_2 = getValue(trama, ';', 3);
            G_2 = getValue(trama, ';', 4);
        }
    }
}

```

```
}
```

```
//Envio de prueba de verificacion de datos , que han llegado de manera exitosa
```

```
Serial.print(I_1);
```

```
Serial.print(T_1);
```

```
Serial.print(H_1);
```

```
Serial.print(G_1);
```

```
Serial.print("*****");
```

```
Serial.print(I_2);
```

```
Serial.print(T_2);
```

```
Serial.print(H_2);
```

```
Serial.print(G_2);
```

```
//Serial.println("*****");
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print(I_1);
```

```
lcd.setCursor(5, 0);
```

```
lcd.print(T_1);
```

```
lcd.setCursor(10, 0);
```

```
lcd.print(H_1);
```

```
//
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print(I_2);
```

```
lcd.setCursor(5, 1);
```

```
lcd.print(T_2);
```

```
lcd.setCursor(10, 1);
```

```
lcd.print(H_2);
```

```
/*
```

```
//Datos guardados en sus respectivas variables float
```

```
*/
```

```
Sensor_X.ilu = I_1.toFloat();
```

```
Sensor_X.Temperature = T_1.toFloat();
```

```

Sensor_X.Humidity = H_1.toFloat();
Sensor_X.Suelo = G_1.toFloat();

Sensor_Y.ilu = I_2.toFloat();
Sensor_Y.Temperature = T_2.toFloat();
Sensor_Y.Humidity = H_2.toFloat();
Sensor_Y.Suelo = G_2.toFloat();
/////////*****
//Condicion de apertura de electrovalvula
//Logica para recepcion de Router
if (Sensor_X.Humidity <= 50 && Sensor_X.ilu < 30 && Sensor_X.Temperature >
50) {
    digitalWrite(regarPin, HIGH);
    //lcd.setCursor(4, 1);
    Serial.print("RIEGO ON");
}
else if (Hora == 8 && Minuto == 00) { //Considerar que tiene que ser mayor que 8
y no igual
    digitalWrite(regarPin, HIGH);
    //lcd.setCursor(4, 1);
    Serial.print("RIEGO ON");
}
else {
    digitalWrite(regarPin, LOW);
    //lcd.setCursor(4, 1);
    Serial.print("RIEGO OFF");
}

}

void reloj() {

```

```

DateTime now = RTC.now(); //obtiene datos del modulo RTC
lcd.clear();
lcd.setCursor(4, 0);
//if (now.day() < 10)
//{
// lcd.print("0");
// }
//lcd.print(now.day(), DEC); //imprime dia
//lcd.print('/');
//if (now.month() < 10)
//{
//lcd.print("0");
//}
// lcd.print(now.month(), DEC); //imprime mes
// lcd.print('/');
// lcd.print(now.year(), DEC); //imprime el año
// lcd.setCursor(4, 1);
if (now.hour() < 10)
{
    lcd.print("0");

}

lcd.print(now.hour(), DEC); //imprime hora
lcd.print(':');
//Serial.print(now.hour(), DEC); //imprime hora
// Serial.print(':');
Hora = (int)now.hour();
if (now.minute() < 10)
{
    lcd.print("0");
}

```

```

lcd.print(now.minute(), DEC); //imprime minutos
lcd.print(':');
// Serial.print(now.minute(),DEC); //imprime hora
Minuto = (int)now.minute();
if (now.second() < 10)
{
    lcd.print("0");
}
lcd.print(now.second(), DEC); //imprime segundos
//Serial.print(now.second(), DEC); //imprime hora
Segundo = (int)now.second();
}
String getValue(String data, char separator, int index)
{
    int found = 0;
    int strIndex[] = { 0, -1 };
    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i + 1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

```

ENVIANDO LOS DATOS

```
#define PIN_Ground A1
#define PIN_LDR_A0 // La patilla de Arduino a la que conectamos la entrada (LDR)
#define ESPERA_LECTURAS 1000 // tiempo en milisegundos entre lecturas de la intensidad de la luz
#include <TroykaDHT.h>
DHT dht(5, DHT22);
#include <SoftwareSerial.h>

float coeficiente_porcentaje = 100.0 / 1023.0; // El valor de la entrada analógica va de 0 a 1023
float luminosidad;
float ilux;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    lux();
    tempHum();
    ground();
    //Envío de datos con el ID
    Serial.print('Y');
    Serial.print('\n');
    Serial.print(ilux, 1);
    Serial.print('I');
    Serial.print(Temperature, 1);
}
```

```
#define PIN_GROUND_A1
#define PIN_LCD_A0 // La patilla de Arduino a la que conectamos la entrada (LDR)
#define ESPERA_LECTURAS 1000 // tiempo en milisegundos entre lecturas de la intensidad de la luz
#include <TroykaDHT.h>
DHT dht(8, DHT22);
#include <SoftwareSerial.h>

float coeficiente_porcentaje = 100.0 / 1023.0; // El valor de la entrada analógica va de 0 a 1023
float luminosiadad;
float ltu;
float Temperature;
float Humidity;
float humidity_gnd;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  ltu();
  tempHum();
  ground();
  //Envío de datos con el ID
  Serial.print("Y");
  Serial.print("\n");
  Serial.print(ltu, 1);
  Serial.print("\n");
  Serial.print(Temperature, 1);
}
```

COORDINADOR RECICBIENDO

The screenshot shows the Arduino IDE with the following code in the main editor:

```

Coordinador
digitalWrite(rele, HIGH);
}
else if (Hora == 17 && Minuto == 01) { //Considerar que tiene que ser mayor que 8 y no igual
//digitalWrite(rezarPin, HIGH);
// lcd.setCursor(4, 1);
// lcd.clear();
// lcd.print("RIEGO ON2");
// Serial.print("RIEGO ON2");
digitalWrite(rele, HIGH);
}
else if ((Sensor_X_Suelo < 400){ //44 Sensor_X.ilu < 3 || Sensor_X.Temperature < 20|| Sensor_X.Humid
//digitalWrite(rezarPin, LOW);
// lcd.setCursor(4, 1);
// lcd.clear();
// lcd.print("RIEGO OFF");
// Serial.print("RIEGO OFF");
digitalWrite(rele, LOW);
}
}

void reloj() {
  DateTime now = RTC.now(); //obtiene datos del modulo RTC
  // lcd.clear();
  //lcd.setCursor(4, 0);
  //if (now.day() < 10)
  //}

```

The Serial Monitor window is open, showing the following output:

```

15:03:47.525 -> ¡Datos enviados a ThingSpeak!
15:03:47.572 -> RIEGO ON97.8
15:03:47.572 -> 31.7
15:03:47.572 -> 99.9
15:03:47.572 -> 1013.0
15:03:48.088 -> ¡Datos enviados a ThingSpeak!
15:03:48.088 -> RIEGO ON97.8
15:03:48.088 -> 31.7
15:03:48.088 -> 99.9
15:03:48.088 -> 1013.0
15:03:48.510 -> ¡Datos enviados a ThingSpeak!
15:03:48.510 -> RIEGO ON97.8
15:03:48.510 -> 31.7
15:03:48.510 -> 99.9
15:03:48.510 -> 1013.0

```

At the bottom of the IDE, an error message is visible:

```

librería inválida encontrada en C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\HewiliquidCrystal_1.3.4: No encontrado archivos de encabezado (.h) en C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\HewiliquidC

```

PROCESO DE INSTALACION Y PRUEBAS











CRECIMIENTO DEL RABANO



