



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES MENCIÓN: GESTIÓN DE LA TELECOMUNICACIÓN

Resolución: RPC-SE-01-No.016-2020

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)
Autor/a:
Darwin Javier Bahamonde Chicaiza
Tutor/a:
Mg. Albarracín Guarochico Wilmer Fabian

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Albarracín Guarochico Wilmer Fabian con C.I 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT.

Elaborado por: Bahamonde Chicaiza Darwin Javier, de C.I: 1724161615, estudiante de la Maestría: Telecomunicaciones, mención: Gestión de Redes de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 29 septiembre de 2022

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Bahamonde Chicaiza Darwin Javier con C.I: 1724161615, autor/a del proyecto de titulación denominado: Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT. Previo a la obtención del título de Magister en Telecomunicaciones, mención en gestión de Redes.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M, 29 septiembre de 2022

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
1.1. Contextualización general del estado del arte	4
1.2. Proceso investigativo metodológico	11
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	13
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	13
2.2 Descripción de la propuesta	17
1.1. Validación de la propuesta.....	36
1.2. Matriz de articulación de la propuesta	40
2.3 Análisis de resultados. Presentación y discusión.....	41
2.3.1 Las pruebas de campo	41
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS 1	56
ANEXOS 2	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 3	58
Registro SENESCYT 1079-15-86066386	58

Índice de tablas

Tabla 1: Características de los Tipos de redes	6
Tabla 2. Características de las diferentes series de ZegBee	14
Tabla 3 Especificaciones de Actuadores	23
Tabla 4 Condiciones de Cultivo	26
Tabla 5 Configuración de los módulos Xbee S2	31
Tabla 6 transmisión Xbee.....	33
Tabla 7 Matriz de Articulación	40
Tabla 8 Comparación de transmisión de datos	43
Tabla 9 Análisis de diseños de sistema de hidropónicos.....	50

Índice de figuras

Figura 1: Topología de redes inalámbricas más usadas. (Pérez Juan, 2014)	7
Figura 2 Técnicas hidropónicas.....	10
Figura 3 Cultivo NFT.....	11
Figura 4 Transmisión de Datos ZigBee.....	13
Figura 5 Arquitectura IoT.....	16
Figura 6 Diagrama de diseño	17
Figura 7 Modulo Xbee S2.....	18
Figura 8 Arduino Mega	19
Figura 9 Modulo ESP8266.....	19
Figura 10 Cuadro comparativo de Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee	20
Figura 11 Sensor DHT22.....	20
Figura 12 Sensor Ultrasónico	21
Figura 13 RTC	22
Figura 14 Sensor pH E201-BNC.....	22
Figura 15 Modulo de relés	23
Figura 16 Esquema de conexión de circuito utilizando "FRITZING"	25
Figura 17 Dimensiones de Prototipo	25
Figura 18 Prototipo de invernadero	27
Figura 19 Sistema de Riego.....	27
Figura 20 Implementación de las plántulas en el prototipo.....	28
Figura 21 Diagrama de flujo de la automatización	29
Figura 22 Software X-CTU	30
Figura 23 Configuración de módulos Xbee	31
Figura 24 Código en software Arduino	32
Figura 25 interfaz gráfica ThingSpeak.....	34
Figura 26 Invernadero.....	34
Figura 27 Instalación de sensores.....	35
Figura 28 Datos entregados por los Sensores.....	41
Figura 29 Pruebas de comunicación	42
Figura 30 Muestra de Datos.....	43
Figura 31 Test radio range	44
Figura 32 Línea de código Arduino	45
Figura 33 Comportamiento del flujo de los nutrientes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 34 Comportamiento humedad y temperatura	46
Figura 35 Comportamiento pH	47
Figura 36 Configuración Módulos Xbee S2	56
Figura 37 Pruebas de comunicación Xbee S2	57

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

La agricultura es uno de las principales actividades económicas a nivel mundial que tiene una relación con el tratamiento del suelo, donde la calidad del suelo y el clima dan un buen producto por ello las consecuencias como la erosión y el deterioro de la tierra es uno de los principales problemas que tiene la agricultura, las principales consecuencias de la degradación del suelo son por las actividades humanas por diferentes prácticas inadecuadas o insostenibles del uso de la tierra que reduce la capacidad del ecosistema de recomponerse y poder mantener una mejor calidad del aire y agua (FAO, 2022, 2018)

Una de las alternativas que se utiliza para cultivar las plantas es la hidroponía que es un sistema que no utiliza el suelo pero el crecimiento y la nutrición de los cultivos se los hace a través del agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, esta técnica de cultivo sin suelo permite controlar los factores que afectan el desarrollo de la planta como la humedad nutrición y la oxigenación del medio ambiente, esta técnica es recomendable cuando no hay suelos con capacidades agrícolas. (José Beltrano, 2015)

Varias comunidades han implementado cultivos hidropónicos en sus hogares dando buenos resultados ya que estos cultivos no les afectan plagas solo necesitan una buena fuente y un buen ambiente, pero la falta de conocimientos no tecnificados ha llevado a la búsqueda de más información dando un mayor desempeño de esta técnica además del uso del control y automatización. (José Beltrano, 2015)

Pero existen desventajas para utilizar esta técnica, una de las principales desventajas es la alta inversión que requiere en comparación con los cultivos de tierra, los cuidados son indispensables de la planta y no se puede utilizar para todos tipos de plantas.

En la actualidad la actividad de producción de la agricultura aumentado considerablemente en algunas urbanizaciones no cuentan con tecnologías y técnicas necesarias para el desarrollo de la agricultura aumentando su productividad, también se tiene una gran desconocimiento del estado del

cultivo como las principales variables ambientales como humedad, temperatura entre otras variables por lo que el monitoreo permitiría tener fácil acceso a visualizaciones y tomar mejores decisiones para una mejor calidad del cultivo.

Problema de investigación

¿De qué manera es viable y factible el diseño de una red IoT con tecnologías más eficientes sobre un sistema hidropónico para mejorar la calidad de la verdura siendo más rentable en el mercado?

Actualmente, en el Ecuador el sector de la agricultura es importante ya que representa un 9% de la Producción Interna Bruto (PIB), Ecuador es autosuficiente en la demanda de alimentación, se importa el 2,7% total de alimentos, En los últimos años la población que se dedica a la agricultura descendido recurriendo al comercio, dejando la agricultura en búsqueda de mejores oportunidades, en los últimos años se tiene una gran demanda de comida y agua por el rápido crecimiento de población mundial que ha provocado mayores influencias del hombre sobre el suelo. (Sanchez, 2019), bajo estas problemáticas de mantener y aumentar la actividad de agricultura ha llevado a buscar nuevas formas de cultivar los alimentos.

En las últimas décadas, la hidroponía a evolucionado ampliamente en todo el mundo y ahora es muy utilizada en la agricultura extensiva. Debido a este desarrollo, existen muchos instrumentos y conocimientos para utilizar la hidroponía en casa. Una de las mayores ventajas de la hidroponía es que las raíces obtienen la mejor nutrición, por lo que las plantas necesitan menos espacio para crecer y nos dan un cultivo de mejor calidad.

Objetivo general

Desarrollar un hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación ZigBee y aplicación IoT.

Objetivos específicos

Recopilar información sobre los métodos de producción de los cultivos hidropónicos y las diferentes tecnologías utilizando IoT

Diseñar e implementar un sistema adecuado de monitoreo usando tecnología Zigbee para el cultivo hidropónico

Analizar el desempeño del prototipo mediante pruebas de conectividad para la validación del sistema de cultivo implementado

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

A través de la investigación y las vulnerabilidades que se tiene en el sector agrícola se vio necesario de una aplicación de tecnologías que puedan ayudar al control de un sistema agrónomo, el sistema de cultivo hidropónico es muy beneficioso ya que no necesita del suelo para cultivar si no solo de agua y nutrientes que permitan desarrollar a la planta, con la tecnología IoT y una red de sensores se puede tener un mejor control de la producción.

Los cultivos hidropónicos han ganado mucha popularidad debido a que permite controlar las soluciones hidropónicas mejorando el control de plagas y malezas, benefician a la agricultura permitiendo mayor eficiencia

Para el desarrollo de este sistema se hará uso de recursos tecnológicos como el Zigbee y económicos con los cuales se cuenta como algunos sensores, la computadora y así poder terminar en el tiempo estimado. (Solis Gonzalez, 2017)

Los principales beneficiarios del proyecto serán los ingenieros agrónomos debido a la información presentada en este proyecto ya que ellos tienen el conocimiento para utilizar e implementar el prototipo, también determinar las variables necesarias para un mejor desempeño en el sector agrónomo

Los beneficiarios directos serán agricultores, ya que pueden elegir los diferentes formas de cultivar y utilizar las nuevas tecnologías que permiten optimizar y mejorar la calidad del producto a su

vez en el área de la salud al tener buenos productos para el consumo humano se puede evitar las enfermedades

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Agromática es una innovación en el campo de la agricultura de precisión, consiste en aplicar técnicas y principios electrónicos en las prácticas agrícolas, según (Grenón, 2008) nos dice que es una aplicación de los proyectos de informática a las leyes de un mejor funcionamiento al construcción de los sistemas agropecuarios, se han desarrollado sistemas de agromática donde se implementó un sistema que controle varias variables como la temperatura, humedad, luminosidad y pH implementándole en un sistema hidropónico que asegure el desarrollo del cultivo (CAMILO, 2016)

Por otra parte, se tiene referencias a otras investigaciones que están basados en IoT que ayuda con el monitoreo de las diferentes variables ambientales esto nos permite ver las condiciones más favorables para la producción del cultivo, la investigación permite reconocer e incorporar los diferentes tipos de sensores adecuados para estas lecturas de igual manera se establecer la mejor plataforma IoT.

El prototipo para el sembrado hidropónico tiene ventajas de tener un diseño compacto así que no ocupa mucho espacio además de incorporar varios sensores que controlan las diferentes variables ambientales, el proyecto “Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT” nos da opción de cultivo agromática, se utiliza aplicaciones con interfaces gráficas para su fácil comprensión de las lecturas de los sensores que se actualizan los datos en tiempo real.

1.1.1 Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas utilizan las ondas de radio para conectar los dispositivos utilizando el aire como medio físico, (Salazar, 2019), menciona que las redes inalámbricas varía respecto a su frecuencia y utiliza protocolos, normas que garanticen la velocidad, calidad y seguridad de

transmisión, una de sus principales propósitos es la sustitución de redes cableadas ya que su funcionamiento es similar a la de redes alámbricas

En comparación en infraestructura en costo de construcción es mucho más bajo con las redes alámbricas, lo que se traduce hacer más trabajo en menos tiempo y menos esfuerzo

La velocidad y el alcance de transmisión puede variar ya que existen varias tecnologías con diferentes frecuencias de transmisión, pero los dispositivos remotos si son compatibles pueden conectarse independientemente de la distancia o algún medio que se interponga entre ellos permitiendo que los dispositivos conectados pueden proporcionar información desde ubicaciones remotas

Hoy en día existen muchas aplicaciones tecnológicas para redes inalámbricas que a revolucionado a la industria permitiendo monitorear y procesar la información que se obtiene a través del ambiente, esto podemos ver en la Industria 4.0 con tecnología IoT donde se utiliza sensores y actuadores autónomos reemplazando a viejas tecnologías. (Salazar, 2019)

Tabla 1:

Características de los Tipos de redes (Salazar, 2019)

Tipo de red	Nombre	Estándar	Banda de frecuencia	Rango nominal		Máxima Velocidad. Transmis.
WPAN	Bluetooth	IEEE 802.15.1	2.4 GHz	10 m:		720 Kbps
	IrDA	IrDA	Ventana Infrarrojo 850-900 nm longitud de onda	1 m		16 Mbps
	ZigBee	IEEE 802.15.4	868 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	10 m		250 Kbps
	UWB	IEEE 802.15.3	3.1-10.6 GHz (USA) 3.4-4.8 GHz & 6-8.5 GHz (Europa)	10 m		480 Mbps
WLAN	Wi-Fi	IEEE 802.11	2.4 / 5 GHz	100 m		1 Mbps
		IEEE 802.11 ^a	5 GHz	100 m		48 Mbps
		IEEE 802.11b	2.4 GHz	100 m		11 Mbps
		IEEE 802.11g	2.4 GHz	100 m		54 Mbps
		IEEE 802.11n	2.4 / 5 GHz	250 m		600 Mbps
		IEEE 802.11ac	5 GHz	250 m		1.3 Gbps
WMAN	WiMAX	IEEE 802.16	2-11 GHz y 10-66 GHz	50 km		70 Mbps
WWAN	Móvil	AMPS, GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, LTE	700 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz	> 50 km		1 Gbps
	Satélite	DVB-S2	3-30 GHz	> 50 km		60 Mbps

Nota, Se muestra una tabla con las principales características de los diferentes tipos de redes

1.1.2 WSN (Wireless Local Area Network)

Las redes de sensores inalámbricos han sido un tema de estudio ya que tiene muchas aplicaciones siendo responsable de recopilar, procesar y distribuir datos inalámbricos al centro de almacenamiento de datos, la recolección de datos se lo hace generalmente por sensores que son instalados en lugares remotos a pesar del avance tecnológico en las WSN sus aplicaciones que son utilizados enfrentan desafíos importantes como la seguridad de la red, la arquitectura de la red, la recopilación de datos, el despliegue y la cobertura de la red surgen como las principales preocupaciones, esta tecnología es muy importante para la implementación de Internet de las cosas (IoT). (Yasaroglu Pinar, 2016)

WSN son redes inteligentes trabajan sin supervisión son auto configurables e inteligentes donde realizan procesos de diagnóstico de red entre fallas

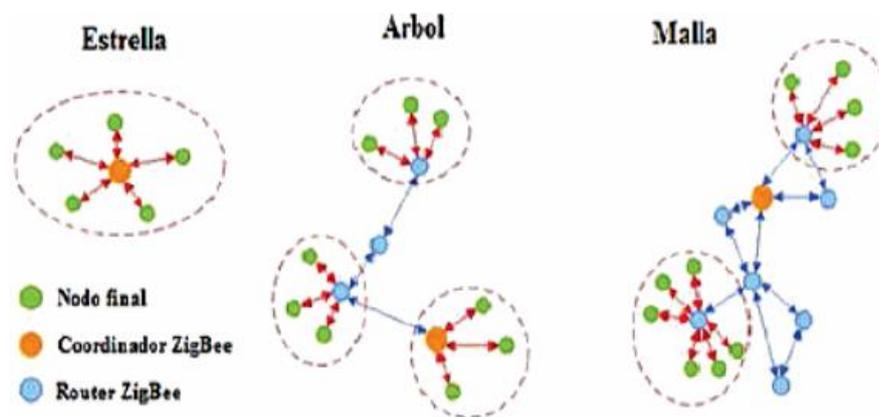
1.1.3 Topología en redes inalámbricas

La implementación de una gran cantidad de nodos requiere mantenimiento y administración de la topología aplicada. Las tareas de mantenimiento y modificación de topología se pueden dividir en tres fases:

- Pre-despliegue y despliegue: Los nodos de sensores inalámbricos pueden colocarse juntos o colocarse individualmente en el campo.
- Post-despliegue: Los cambios de topología posteriores a la implementación se deben a cambios en las ubicaciones de los nodos sensores, la accesibilidad debido a interferencias, ruido, obstáculos en movimiento, la energía disponible, el mal funcionamiento y los detalles de las tareas delegadas. (Pérez Juan, 2014)

Figura 1:

Topología de redes inalámbricas más usadas. (Pérez Juan, 2014)



Nota, la gráfica muestra los diferentes diagramas de comunicación.

1.1.4 ZigBee

Es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para la utilización con radio fusión digital de bajo consumo basados en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal

La estructura de una red ZigBee permite trabajar con una topología de red tipo malla donde existe un coordinador, un router y un end device, dentro de estas tecnologías inalámbricas ZigBee tiene un mayor alcance

ZigBee es un protocolo inteligente que permite conectar dispositivos a su red doméstica. ZigBee es similar a otros protocolos como Z-Wave, Wi-Fi y Bluetooth, la compatibilidad de los dispositivos es una de sus desventajas, trabaja más con luces inteligentes.

1.1.5 Estructura de una red ZigBee

La estructura de una red ZigBee permite trabajar con topología de tipo malla, con esta topología permite que los nodos se actualizan de forma dinámica, lo que aporta robustez a la red los nodos en una red ZigBee puede tener los siguientes roles:

Coordinador: en la red es un nodo único y es encargado de crear la red de enrutar los paquetes y permitir las conexiones entrantes del resto de nodos de la red.

Router: De manera parecida al coordinador donde los nodos actúan como router, la red tiene la capacidad de enrutar paquetes, pero no pueden aceptar conexiones.

End Device: Estos nodos son capaces de enviar o recibir paquetes de la red, pero no tienen capacidad de enrutar.

1.1.6 Sistemas Automatizados

El cultivo en invernadero siempre permite cultivar en cualquier época del año y se obtiene productos de alta calidad dando los mejores precios.

El mayor valor de este producto permite a los agricultores invertir en técnicas en sus fincas para mejorar la estructura de sus invernaderos, esto se ve reflejado en un mejor rendimiento de la producción.

Actualmente en el mercado existen numerosos sistemas automatizados para el control de los parámetros climáticos de los invernaderos, esto incluyen la automatización de respiraderos, la instalación de radiómetros que indican el grado de luz en el invernadero y la instalación de sistemas de calefacción los principales parámetros de control en los invernaderos es el clima, riego, CO₂, humedad, etc.

1.1.7 Hidropónico

¿Qué es un sistema Hidropónico? (Beltrano, 2014) Es un sistema de cultivo que no necesita suelo, que permite el desarrollo de los cultivos a través de sustancias nutritivas para las plantas, este sistema de cultivo permite una eficiencia de los recursos y un mejor manejo de la calidad del producto, como menciona hay varias sustancias nutritivas como la macronutrientes y micronutrientes estas sustancias deben ser bajas en iones para un mejor desarrollo de la planta

En el cultivo hidropónico es necesario tomar en cuenta del PH, una gran cantidad de plantas necesitan ligeramente condiciones acidas en un rango de pH entre 5,8 y 6,5 para que no presenten deficiencias de crecimiento

Según (Beltrano, 2014) plantea que la conductividad eléctrica es la capacidad de que tiene una sustancia en guiar la electricidad, se la mide CE en S/m² (S = Siemens la capacidad de conducción) esta nos da una idea de cómo se debe mantener el rango entre 1.8 – 2.3 que se debe mantener al no tener este rango puede afectar la disponibilidad de los nutrientes, en la Figura 2 se puede ver una técnica de cultivo hidropónico.

Figura 2.

Técnicas hidropónicas (Beltrano, 2014)



Nota, Se muestra una técnica de cultivo hidropónico

Los cultivos tradicionales se ven afectados por múltiples factores que afectan a la tierra, la contaminación, el cambio climático entre otros.

Los beneficios que se tiene en la instalación de los cultivos hidropónico es la optimización del espacio, el aprovechamiento de los líquidos y el manejo de los nutrientes hacen a la hidroponía una gran alternativa para la producción de la agricultura.

1.1.8 Técnica hidropónica NFT

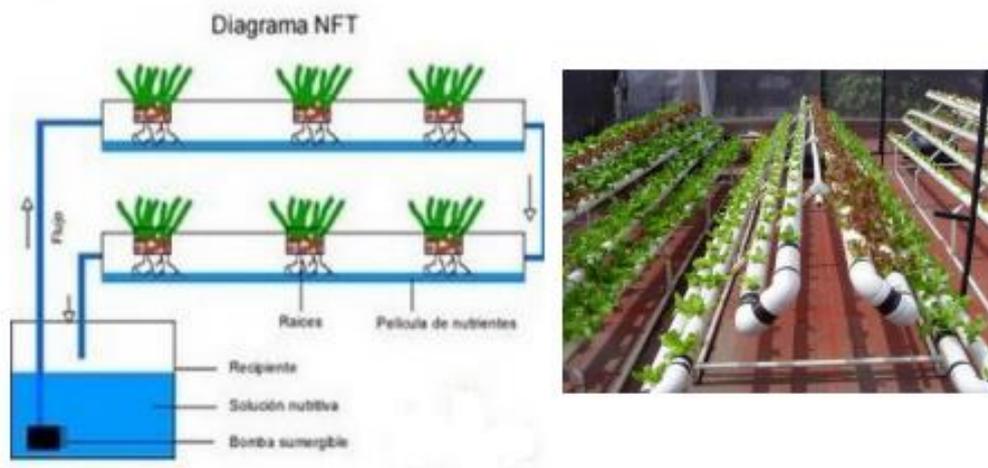
La técnica a utilizar es la de cultivar plantas en tubos de PVC donde fluirá agua con nutrientes, donde la planta dispondrá directamente de los nutrientes que necesita para su crecimiento, la solución nutritiva es bombeada en los tubos PVC a través de un sistema de riego donde las raíces de las plantas absorberán los nutrientes (Concha, 2014)

Elementos para sistema NFT

- Canales de cultivo PVC
- Sistema de bombeo
- Tanque
- Sustancia nutritiva

Figura 3.

Cultivo NFT (Concha, 2014)



Nota, Ejemplos de cultivos hidropónicos

1.2. Proceso investigativo metodológico

1.2.1. Enfoque de la investigación

Se realiza un enfoque cuantitativo descriptivo, puesto que las variables que se utilizan en el cultivo hidropónico (temperatura, humedad y PH) son medibles mostrando como se presenta el comportamiento de crecimiento de las plantas

1.2.2. Tipo de Investigación

La investigación planteada presentara un diseño experimental puesto que manipulara las variables guardadas en una base de datos se podrán visualizar, para obtener mejores decisiones para el cultivo

1.2.3. Métodos, técnicas e instrumentos

Método inductivo: Mediante la recolección de información acerca del diseño y tecnologías de una red sensores IoT se podrá diseñar un sistema de cultivo hidropónico automatizado

Método analítico: Se analizarán los diferentes dispositivos de comunicación Zigbee, así como todo lo que este método permite el diseño y la implementación

Método deductivo: Por medio del diseño propuesto que toma en cuenta el comportamiento de diferentes dispositivos diseñados para el diseño de un cultivo hidropónico automatizado

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

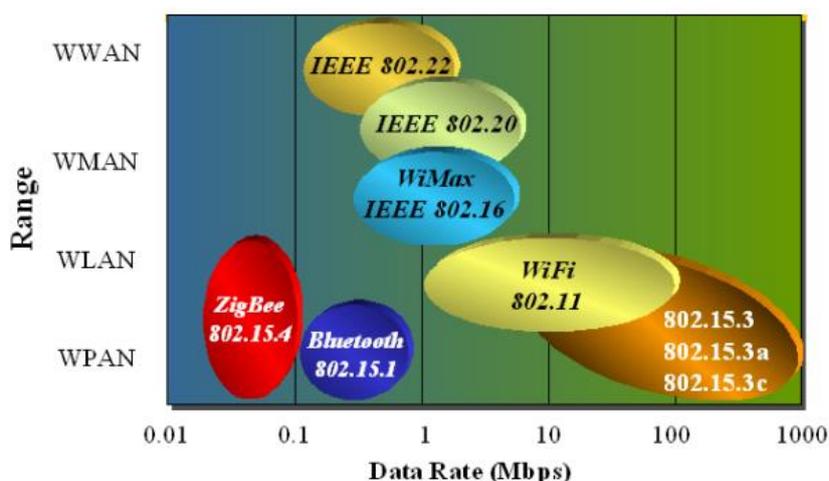
En el siguiente capítulo se estructura las características de topología y las arquitecturas del uso de la tecnología Zigbee utilizando el diseño de una red WSN.

2.1.1 ZigBee

Es una nueva tecnología inalámbrica de un alcance cierto comparado con otras tecnologías inalámbricas y un bajo consumo, la tecnología ZigBee opera en bandas libres de 2.4 GHz se puede ver en la figura 4 las bandas de protocolo que opera en protocolos de 802 (Stanislav Safaric, 2006)

Figura 4

Transmisión de Datos ZigBee (Stanislav Safaric, 2006)



Nota, la figura muestra una comparación de la transmisión de datos

A velocidades de transmisiones de 250Kbps y una potencia de 1mW cubre aproximadamente 13 metros de radio

La Red ZigBee pueden conformar de Nodos y topologías como estrella, en malla o en grupos de árboles, hay tres tipos de dispositivos: coordinador, router y dispositivo final

El protocolo Zigbee 3.0 fue diseñado para dar una solución a la transmisión de datos inalámbricos que sean seguras y fiables, permitiendo un amplio despliegue de redes inalámbricas con un bajo consumo, permitiendo funcionar durante años con batería de bajo costo.

2.1.2 Tecnología ZigBee

La tecnología ZigBee es de estándar abierto donde cualquier fabricante puede utilizar sin tener que pagar, su diseño es más barato y simple que otras tecnologías que utilizan WPAN

Los dispositivos IoT pueden utilizar este tipo de tecnología de monitoreo que se compone en nodos e interactúan en el medio ambiente utilizando sensores que se encargan de recoger los datos en tiempo real y transmitirlos, el sistema este compuesto de dos estaciones la estación base y la estación que recolecta todos los datos de los cultivos.

El rango de alcance de comunicación depende de la línea de vista y las condiciones ambientales, en la siguiente tabla 2 se ve los rangos de comunicación que tiene las diferentes series de ZigBee que existen en el mercado. (Jonathan, 2020)

Tabla 2.

Características de las diferentes series de ZigBee (Jonathan, 2020)

ZigBee	Velocidad de transferencia	Frecuencia de banda	Potencia de transferencia	Antena	Pines Digitales	Entradas analógicas	Rango exterior
XBee ZB S2C TH	250 kbps	2,4 GHz	6,3mW	Wire	15	(4) 10-bit	1200m
XBee PRO ZB S2C TH	250kbps	2.4GHz	63Mw	Wire	15	(4) 10-bit	3200m
XBee PRO S3B XSC	10kbps	900MHz	250mW	RP-SMA	15	(4) 10-bit	45km
Digi XBee3 ZigBee 3.0	250kbps	2.4GHz	6.3mW	PCB	15	(4) 10-bit	1200m
Digi XBee3 ZigBee 3.0 PRO	250kbps	2.4GHz	79mW	PCB	15	(4) 10-bit	3200m
XBee 2mW Wire Antenna Series 2 (Mesh)	250kbps	2.4GHz	6 mW	Chip	15	(4) 10-bit	1200m

Nota, Se tiene diferentes series de módulos Xbee y cada uno tiene diferentes características

2.1.3 WLAN

Red de área local Inalámbrica es una red de tipo LAN, donde los dispositivos no necesitan estar conectados a través de cables, la comunicación se realiza utilizando las ondas de radiofrecuencia, una de las características es que las personas tienen una movilidad ya que al no depender de cables, un ejemplo de una red inalámbrica muy utilizada es la tecnología WIFI

Las dos principales desventajas que se tiene es la seguridad que es muy vulnerable para otras redes y la velocidad ya que algunas a mayores distancias pueden fallar la comunicación o no tener una buena línea de vista, pero su instalación es de manera más rápida y sencilla, aunque su costo de instalación es más alto, esta inversión a la larga es mucho más rentable.

2.1.4 Sensores electrónicos para la agricultura

La producción de cultivos ya sea de manera tradicional es muy importante conocer las diferentes variables que afectan al crecimiento de los cultivos, en el mercado se puede ver diferentes tipos de sensores que pueden controlar estas variables, se encuentran sensores que ayudan a conocer los datos de humedad, temperatura, Ph, CO2 entre otros.

Los sensores se utilizan para ver las variables físicas y químicas que se exponen en el medio ambiente, estos responden a las variaciones de cargas eléctricas o de estímulos mecánicos al ser expuestos a la carga, cada sensor varía su funcionamiento dependiendo de la industria que los construye.

2.1.5 Protocolos de comunicación

La conexión de dispositivos con tecnologías de comunicación y plataformas IoT es un tema muy extenso. Hay varios protocolos para complementar el estudio de esta tecnología de comunicación. Algunos son propietarios, otros son estándares abiertos. Todos buscan la conexión a través de un protocolo de IoT, pero está claro que esto nunca sucederá. Cada uno de estos protocolos tiene su propio funcionamiento y desventajas, esto debe comprender cuándo y dónde se usan.

Estos protocolos tienen aptitud para conectar dispositivos en una plataforma IoT, a continuación, una breve lista:

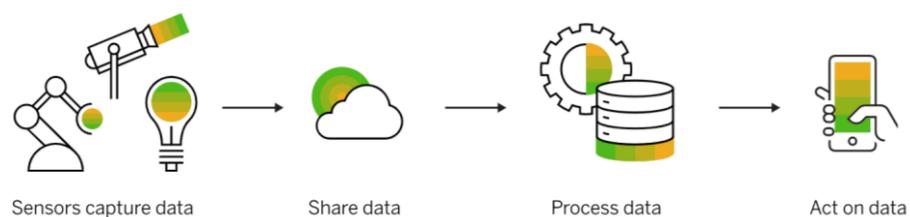
- OPC UA
- HTTP (REST/JSON)
- MQTT
- CoAP
- DDS
- AMQP

2.1.6 IoT

Internet de las cosas según (Vanessa Alvear, 2017), se origina por la necesidad de comunicar los dispositivos por medio del internet, los dispositivos IoT son nuestros ojos y oídos cuando no se puede estar físicamente, llevando cualquier dato en tiempo real, estos datos se recopilan y analizan ayudando a informar y automatizar si fuera necesario, en la figura 5 se puede ver cuatro etapas de comunicación IoT (captura de datos, comparte datos, proceso de datos y la actuación a partir de los datos) existen varias arquitecturas de IoT depende de la necesidad de los investigadores o la industria.

Figura 5

Arquitectura IoT



Nota, se muestra un diagrama de bloques de una arquitectura IoT

Tiene varias ventajas una de las principales es de facilitar la conexión remota de los dispositivos IoT y presentar los datos de una forma a través de plataformas interactivas

2.1.7 ThingSpeak Internet of Things

ThingSpeak es una plataforma IoT, diseñado para que las personas se conecten con las cosas. La característica principal es ser una plataforma de código abierto con una API que permite almacenar datos a través de la nube. La plataforma ThingSpeak almacena datos de dispositivos en canales, estos pueden ser configurados como visibles para cualquier persona.

2.2 Descripción de la propuesta

La red inalámbrica WSN es la base de comunicación de dispositivos autónomos que se extienden en el área interesada cuyo objetivo es tener un buen rendimiento de comunicación y la eficiencia de monitorear variables ambientales,

La propuesta del prototipo de un cultivo hidropónico se pretende dar una solución a los problemas que se tiene en la actualidad de la agricultura, dando un método de cultivo que sea más eficiente contemplando todos los aspectos desde un diseño de prototipo la automatización y la organización para la implementación. En la figura 6 Se muestra un diagrama de un sistema de vigilancia para medir las diferentes variables ambientales en un cultivo hidroponía usando tecnología inalámbrica ZigBee. Las variables que se van a medir esta de temperatura y humedad utilizando el sensor dht22. La comunicación es a través de la tecnología de radio ZigBee utilizando módulos Xbee S2 configurados como nodos y enrutadores, lo que les permite comunicarse mediante el envío y la recepción de datos. El Arduino Mega recibe, procesa y transmite los datos de los sensores medidos en el prototipo de hidroponía.

2.2.1 Estructura general

Figura 6

Diagrama de diseño



Nota, la figura muestra los elementos de comunicación del prototipo

2.2.2 Explicación del aporte

El sistema hidropónico se basa en tres etapas el diseño del hidropónico, la de comunicación inalámbrica y la de protocolo HTTP utilizando una plataforma IoT a continuación se muestra los equipos a utilizar y el funcionamiento que desempeñan en el prototipo

Se diseñó el prototipo con un sistema de comunicación utilizando protocolos Zigbee y poder sacar los datos a la nube a continuación se utiliza los siguientes módulos.

Xbee S2

El uso del protocolo Zigbee facilita el uso de una comunicación inalámbrica, para esta comunicación se utiliza módulos Xbee S2 que son pequeños radios que pueden comunicarse entre sí y entrega los datos para ser enviados a través de la red como se muestra en la Figura 7. (ijorquera, s.f.)

Figura 7.

Modulo Xbee S2 (ijorquera, s.f.)



Especificaciones:

- Frecuencia de trabajo: 2.4 GHz.
- Velocidad de datos (máx): 250.000b/s.
- Técnica de modulación: DSSS.
- Rango de alcance: Hasta 3200 metros.
- Sensibilidad: -101 dBm.
- Voltaje de la fuente: 2.7 V ~ 3.6 V.
- Corriente – Recepción: 31 mA.
- Corriente – Transmisión: 120 mA.

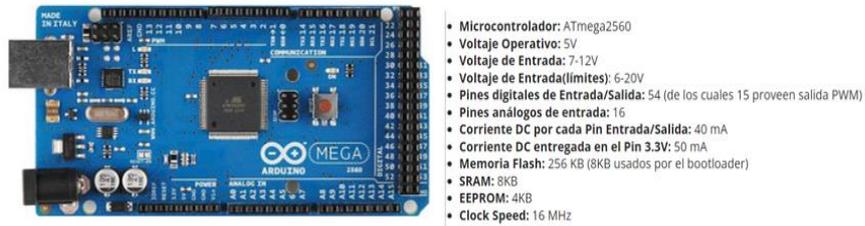
Nota, Características modulo Xbee

ARDUINO MEGA 2560

Arduino Mega 2560 (Escola, 2018), es una placa electrónica desarrollada en open-source, está constituido con pines digitales de entrada / salida analógicos y digitales, se puede conectar a un pc por un cable USB o a una fuente de CA a CC, su oscilación trabaja a 16MHz, un conector de alimentación, conexión USB y un conector ICSP.

Figura 8.

Arduino Mega (Escola, 2018)



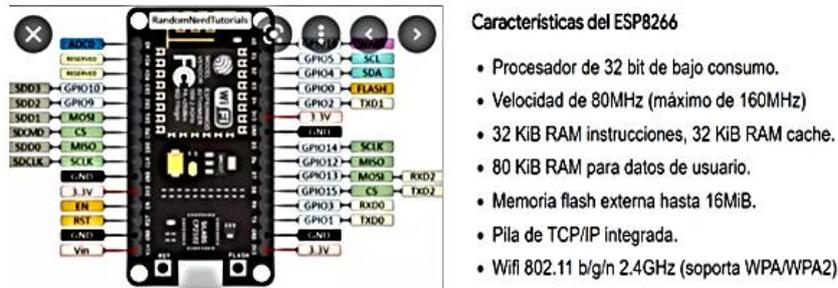
Nota, Características del Arduino Mega

ESP8266

ESP8266 es un módulo integrado que se conecta con WiFi y trabaja con el protocolo TCP/IP el objetivo principal es dar acceso a cualquier microcontrolador a una red. (LLAMAS, 2018)

Figura 9

Modulo ESP8266 (LLAMAS, 2018)



Nota, Características Modulo ESP8266

Como se puede ver en la figura 9 se realizara un sistema de monitoreo de mediciones de variables ambientales de un cultivo hidropónico utilizando tecnología ZigBee, el cual tendremos dos módulos Xbee S2C que serán configurados con el programa XCTU de modo punto a punto, el microcontrolador Arduino MEGA 2560 transmite los datos al módulo Xbee S2 configurado como maestro al otro modulo Xbee configurado como esclavo, a partir del módulo Xbee esclavo será conectado al ESP8266 para tener una salida al internet, transmitiendo los datos en una plataforma IoT (ThingSpeak).

Figura 10

Cuadro comparativo de Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee (Vanessa Alvear, 2017)

	 Wi-Fi	 Bluetooth	 ZigBee
Velocidad	<50 Mbps	1 Mbps	<250 kbps
Núm. nodos	32	8	255 / 65535
Duración batería	Horas	Días	Años
Consumo transm.	400 ma	40 ma	30 ma
Consumo reposo	20 ma	0.2 ma	3 µa
Precio	Caro	Medio	Barato
Configuración	Compleja	Compleja	Simple
Aplicaciones	Internet en edificios	Informática y móviles	Domótica y monitorización

NOTA, Se tiene las principales características de las tecnologías inalámbricas

Hay varios tipos de sistema de comunicación inalámbricos en la figura 10 se tiene un breve resumen de las características principales de las diferentes tecnologías, el protocolo de comunicación que se ve más conveniente sería el ZigBee por costo y implementación con una larga vida útil.

Para poder recolectar los datos de las variables ambientales se utiliza los siguientes sensores

Sensor DHT22

Sensor digital que mide la temperatura y humedad son fáciles de implementar con cualquier microcontrolador está construido con un capacitor de humedad y un transistor para medir el aire(NAYLAMP, 2020)

Figura 11

Sensor DHT22 (NAYLAMP, 2020)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3V - 6V DC.
- Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C.
- Precisión de medición de temperatura: ± 0.5 °C.
- Resolución Temperatura: 0.1°C.
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH.
- Precisión de medición de humedad: 2% RH.
- Resolución Humedad: 0.1%RH.
- Tiempo de sensado: 2s.

Nota, Características del sensor DHT22

Sensor Ultrasónico

Sensor ultrasónico mide distancias utilizando ondas ultrasónicas, la distancia se mide con el tiempo que demora en hacer contacto las ondas con el emisor y receptor, se calcula con la siguiente formula. (HETPRO, 2021)

$$\text{Distancia } L = 1/2 \times T \times C$$

L es la distancia.

T es el tiempo entre la emisión y la recepción.

C es la velocidad del sonido.

T es el tiempo de recorrido de ida y vuelta.

Figura 12

Sensor Ultrasónico (HETPRO, 2021)



- Alimentación de 5 volts.
- Interfaz de cuatro hilos (vcc, trigger, echo, GND).
- Rango de medición: 2 cm a 400cm.
- Corriente de alimentación: 1.5mA.
- Frecuencia de pulso: 40Khz.
- Apertura del pulso ultrasónico: 15°.
- Señal de disparo: 10us.
- Dimensiones del módulo: 45x20x15mm.

Nota, Características del sensor ultrasónico

Reloj de Precisión

RTC es un medidor de tiempo que se sincroniza con el tiempo de la computadora para poder ser utilizado en algún programa, las características técnicas consumen un máximo de 650 μ A y un mínimo de 100 μ A, dependiendo de su programación.

Figura 13

RTC (HETPRO, 2021)



Especificaciones técnicas

- Referencia: RTC DS3231.
- Chip principal: DS3231.
- Interface: I2C /IIC.
- Memoria de almacenamiento: AT24C32 EEPROM (32KB)
- Voltaje de operación: 3.3V ~ 5.5V.
- Temperatura de operación: 0°C ~ 40°C.
- Resolución: horas : minutos : segundos : AM/PM.
- Calendario: día, mes, año.

Nota, Características del sensor RTC

Sensor Electrodo pH E201-BNC

Sensor PH su funcionamiento es parecido al de las baterías, que puede medir el PH del agua su medición esta entre 0.00 ~ 14.00 PH Punto cero: 7 + - 0.5PH Error de álcali, un tiempo de respuesta de 1 min Longitud del cable: aprox. 70cm. (Instruments, 2022)

Figura 14

Sensor pH E201-BNC (FAO, 2022, 2018)



Electrodo E201-BNC

- Tipo de sonda: Grado de laboratorio.
- Tiempo de Respuesta: 5 seg.
- Rango de detección: 0 ~ 14.(ácido /base)
- Rango de temperatura: 0 – 80°C.
- Temperatura de trabajo: 10~50°C.
- Humedad de trabajo: 95 RH sin condensación.

Nota, Características Sensor pH

Módulos de 4 relés para Arduino

El módulo relé es un dispositivo electromagnético que funciona como un switch de on/off se tiene 4 relés, capaces de cargar hasta 10 Amperes son muy prácticos para hacer proyectos electrónicos. (NAYLAMP, NAYLAMP, 2021)

Figura 15

Módulo de relés (NAYLAMP, NAYLAMP, 2020)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V)
- N° de Relays (canales): 4 CH
- Modelo Relay: SRD-05VDC-SL-C
- Capacidad máx: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- Corriente máx: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Entradas Optoacopladas
- Indicadores LED de activación

Nota, Características de modulo de relés

En la siguiente tabla 3 se puede ver los actuadores que se utilizarán para el proyecto, se verán las principales características.

Tabla 3

Especificaciones de Actuadores

Nombres	Actuadores	Especificaciones
BOMBA DE AGUA 12V RS-385		<ul style="list-style-type: none"> • Máximo rango de bombeo de 2m. • Máxima cabeza de 3m. • Maneja líquidos con temperaturas de hasta 80°C • Flujo máximo entre 1 - 3 L/min. • Voltaje de trabajo 6V - 12V DC • Corriente: 0.5A - 0.7A • Horas de servicio: 2500h
Electroválvula Solenoide Válvula		<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 12 V DC. • Potencia nominal: 5 W. • Presión: 0.02-0.8Mpa. • Modelo de funcionamiento: Normalmente cerrado. • Conexión: 1/2 " • Tipo de rosca: 1/2" en la entrada y en la salida. • Temperatura del fluido: 0-100grados Celsius. • Uso: agua y fluidos de baja viscosidad.
Ventilador 12v		<p>Ventilador Cooler Master Blade Master -12V - 92 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura): 92 x 92 x 25 mm. • Peso: 91 g. • Consumo energético: 3.12 W. • Requisitos de energía: 12 V. • Conector: 4-pin.

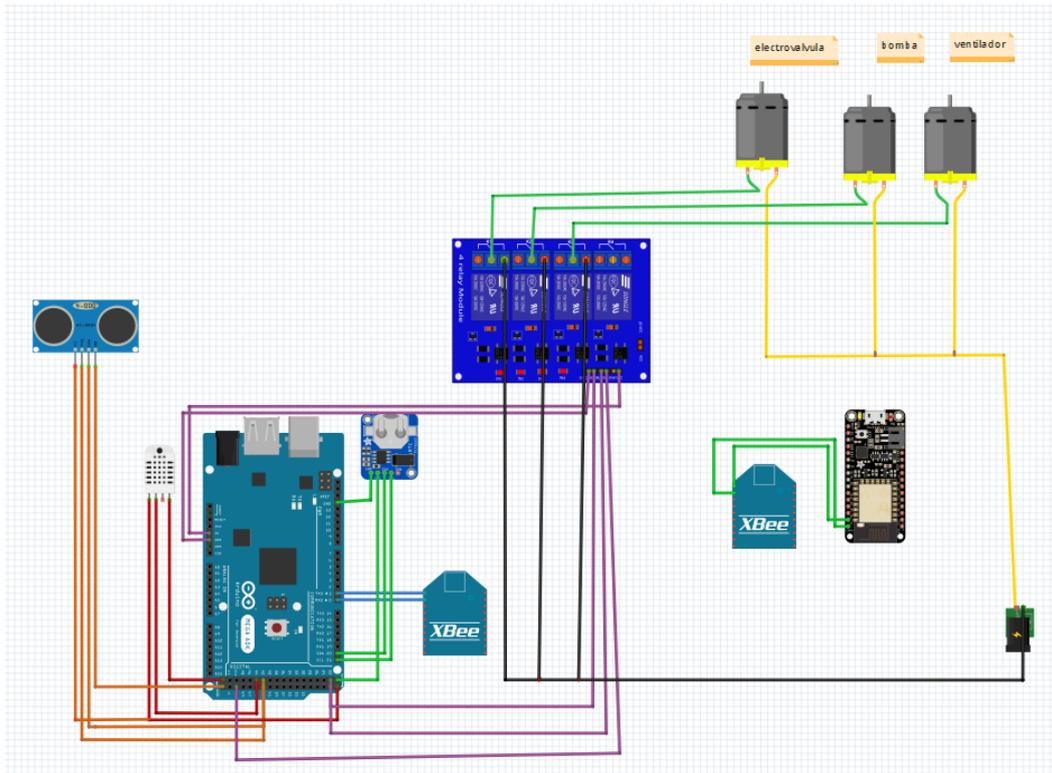
Nota, Características principales de los actuadores

Las mediciones que se realizan con los diferentes sensores vistos anteriormente que se programa con el Arduino Mega 2560, se realiza un sistema de riego que se activa cada cierto tiempo del día, se utiliza un reloj de precisión como se ve en la figura 13, se tiene provisto hacer cuatro horarios de riego que va partir en la mañana 8H00 AM, en la tarde 13H00 PM, 5h00 PM y en la noche 11H00 PM en un tiempo de 25 min donde será controlado por un relé que hará el encendido y apagado de la bomba, si existiera un desbordamiento de los nutrientes en los tubos PVC, será controlado por el sensor ultrasónico HCSR04 como se puede ser en la figura 12, el sensor mide el llenado del líquido hasta que pueda ser cubierto las raíces de las plantas se tiene configurado que no sobrepase los 10 cm, al exceder esta distancia activara una electroválvula KTO 309-243 abriendo el paso de los nutrientes el tiempo necesario

Se configura el sensor DHT22 que inspecciona las condiciones adecuadas de la temperatura y la humedad para el sistema hidropónico está en un intervalo de los 15°C a 23°C, al variar estas condiciones fuera del rango establecido se activara un ventilador quien controlara que la temperatura disminuya y entre en los límites configurados, también se tendrá un medidor de pH que mediante el macro nutrientes se mantendrá el crecimiento del cultivo de 6.5pH que es un nivel óptimo para el crecimiento del cultivo si baja su pH se tendrá un indicador para nivelar el pH de modo manual, como se puede ver en la figura 16 se tiene las conexiones de la parte automatizada y la comunicación mediante Xbee.

Figura 16.

Esquema de conexión de circuito utilizando "FRITZING"



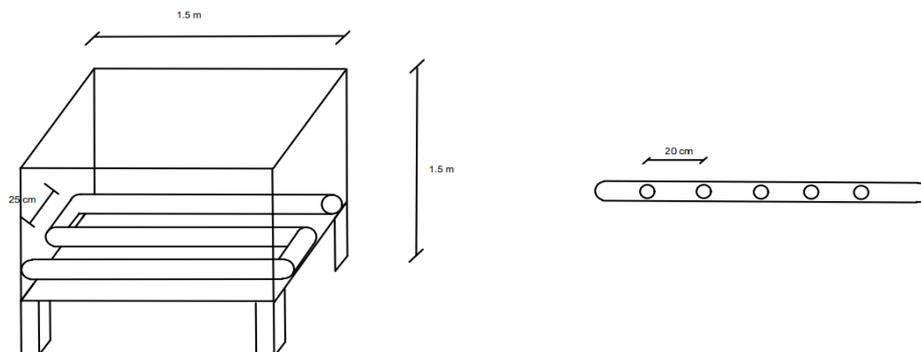
Nota, Circuito de conexión del sistema de automatización de un hidropónico.

2.2.3 Sistema Hidropónico

Para la construcción del sistema de cultivo hidropónico se elabora en una base de madera donde reposaran los tubos PVC el cual esta dimensionado como se puede ver en la figura 17.

Figura 17

Dimensiones de Prototipo



Nota, Dimensiones del prototipo echo de madera

El prototipo estará recubierto por mica con dimensiones de 1.5m x 1.5m, se implementará tres tubos de PVC de 1m de largo, se perfora huecos de 2cm de diámetro donde se ubicará las plantas en este caso haremos las pruebas con un cultivo de lechuga.

2.2.4 Estrategias y/o técnicas

El desarrollo del proyecto se basa en la utilización de redes inalámbricas de sensores en un cultivo hidropónico de lechuga donde se captura, procesa y visualiza los datos de dicho estudio permitiendo un sistema de monitoreo, en este caso las variables que se estudian será el control del sistema climático dentro del prototipo, como la humedad y temperatura que si no es controlada puede llegar afectar al crecimiento del cultivo.

Por lo que se instalan sensores adecuados que den lectura de estas variables, también se realiza un control del pH del agua y el nutriente que alimentaran a la planta, en la tabla 4 se puede ver las condiciones que debe tener el cultivo.

Tabla 4
Condiciones de Cultivo

Requerimiento	Rango
Temperatura	16°C en el día y 6° en la noche.
Humedad	60% y 80%
pH	6.4 y 7.4
Riego	200 a 400 ml

Nota, se tiene una tabla con las condiciones ideales para el cultivo

Para la implantación de las plántulas se cuenta con el prototipo del invernadero donde se tiene incorporado el sistema de riego, se implementa en el invernadero 25 plántulas de lechuga cressa el cual se tomaron en cuenta la dimensión y la densidad de la siembra.

Figura 18

Prototipo de invernadero

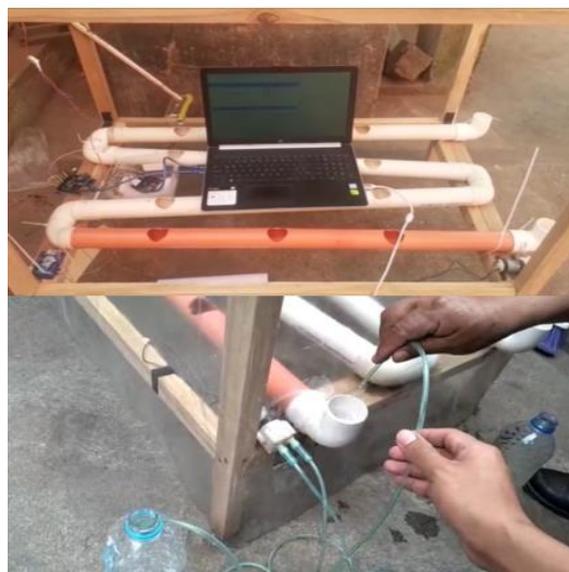


Nota: Se arma la estructura de madera del cultivo Hidropónico

El sistema de riego presenta las siguientes características, está controlado por tiempos según las condiciones vistas en la tabla 4, se elabora un circuito con una bomba de agua que se activa cada cierto tiempo controlado por un módulo RTC, las mangueras estarán conectadas a los tubos PVC ¼ pulgada donde circula el agua y cae en el tanque.

Figura 19

Sistema de Riego



Nota, Implementación de un sistema de riego

Se escoge las plántulas que se pondrán en el prototipo hay que tener mucho cuidado con las raíces son muy delicadas evitando romperlas como se puede ver en la figura 20, se colocan en vasos plásticos ya perforados cuidando el crecimiento del cultivo.

Figura 20

Implementación de las plántulas en el prototipo



Nota, Se implementa las plántulas en el prototipo

2.2.5 Diseño de la red de sensores

En esta etapa se presentará el diseño de red inalámbricas de sensores que tomaran los datos del medio ambiente en tiempo real y la transmisión de la información del sistema se enviara por un microcontrolador

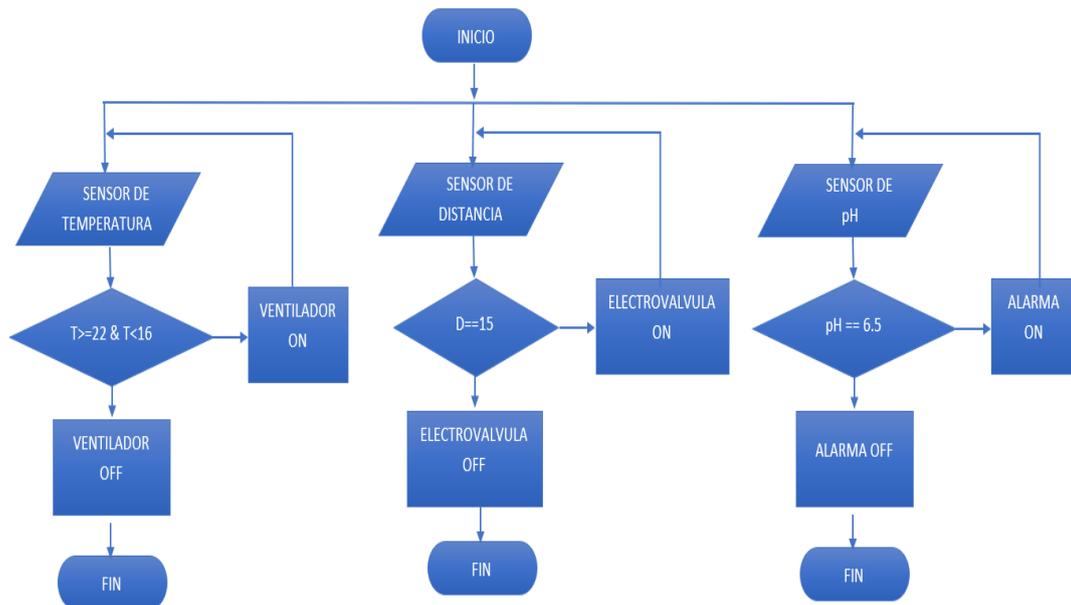
El modelo elaborado para la red de sensores se realizará la topología de árbol la que permite que el sistema envíe la información en un solo salto, donde todos los nodos de sensores están conectados directo con el coordinador, debido a que el nodo final no intercambia información si no utiliza la puerta de enlace para sacar los datos a la nube

Debido al requerimiento planteados en el sistema en forma general debe cumplir varias condiciones el tiempo riego, humedad, el pH y la temperatura a continuación se detallará el proceso que debe cumplir el prototipo, como se puede ver en la figura 17 se detalla en un diagrama de flujo la programación de los sensores y actuadores.

La bomba que riega a los cultivos se activara cada cierto tiempo del día dicho anterior mente

Figura 21

Diagrama de flujo de la automatización



Note, se hace un diagrama de flujo de la automatización del prototipo

En la figura 21 se puede ver el algoritmo del sistema de control del cultivo hidropónico, donde ciclo de instrucciones parte de la valoración de los sensores que miden las diferentes variables del medio ambiente, mediante la investigación bibliográfica se dispone los valores óptimos para el desarrollos de la planta deben estar en el rango mencionado en la tabla 4 (José Beltrano, 2015), la teoría nos dice que la programación en el microcontrolador para el control de las válvulas y actuadores estarán encargados que el cultivo estén en el mejor ambiente para su desarrollo.

El programa del microcontrolador se encuentra seccionado en tres partes la primera se encuentra la definición de variables, la segunda parte es la función de void setup() donde se encuentra declarado la funcionalidad de los pines del microcontrolador definiendo lo que actúan como entrada y salida, el comando para configurar la velocidad de comunicación del puerto es Serial.begin(1900), la tercera sección contiene el bloque de instrucciones aquí se gestiona mediante condiciones la valoración de los sensores de temperatura y humedad, la distancia entre otros se trata de un bucle de repetición void loop()

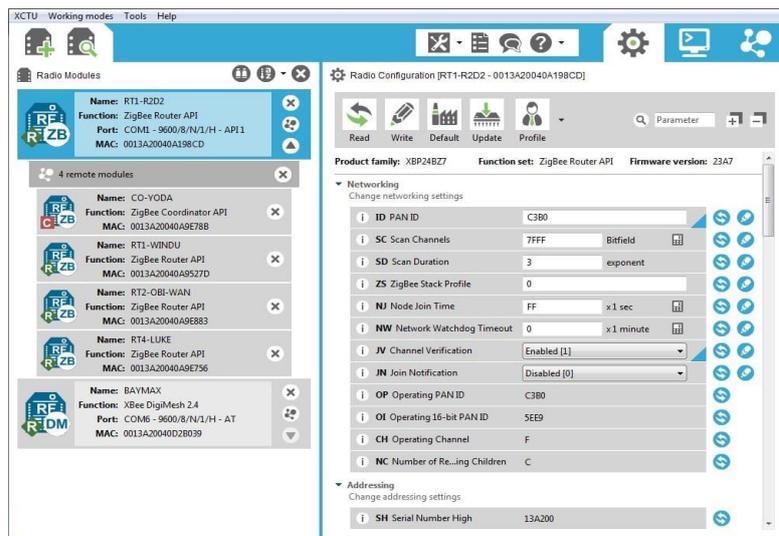
En la parte de configuración de la comunicación se maneja la WSN, para realizar las configuraciones se toma en cuenta algunos criterios como la distancia del cultivo, el número de nodos en la red y la cobertura de los módulos en este caso utilizaremos módulos Xbee S2, la topología ideal es del árbol con cuatro nodos, con un solo coordinador y cada nodo estará ubicado en un lugar asignado enlazado a un router donde el radio de transmisión de los Xbee es de unos 20 metros que es la distancia entre el cultivo y el cuarto de monitoreo.

2.2.6 Requerimientos de funcionalidad

De acuerdo a la necesidad del proyecto se toma en cuenta la configuración de los módulos Xbee se utiliza el software X-CTU la conexión se realiza punto a punto.

Figura 22

Software X-CTU



Nota, Captura de la pantalla del software X-CTU

El software X-CTU de la compañía Digi es un programa que permite la configuración de los módulos inalámbricos a cada módulo se establece la velocidad de transmisión, la frecuencia en la que trabaja, para ello se siguen los siguientes pasos

- Instalar el Software X-CTU
- Se conecta los módulos Xbee al Xbee Explorer usb

- Se conecta el Xbee explorer usb al pc, permitiendo la configuración de los módulos
- Se verifica la conexión por medio del botón Test/Query

En la tabla 5 se puede ver la configuración que se realiza a los Xbee S2

Tabla 5

Configuración de los módulos Xbee S2

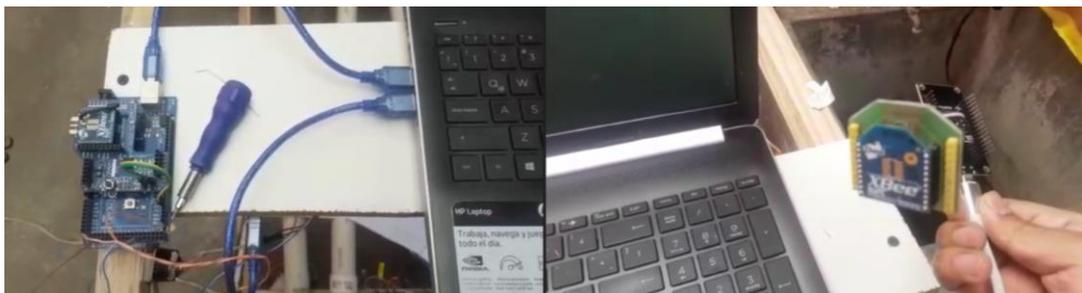
Descripción	Parámetros	Maestro	Esclavo
Identificador de Red	PAN ID	17	17
Verificación de Canal	JV	-	1
Dirección de Destino	DH	0	0
Dirección de Destino	DL	FFFF	0
Velocidad de Transmisión	BD	115200bps	115200bps
Modo Dormido	SM	-	4(Cyclic Sleep)
Frecuencia de Muestreo	IR	800	1000
Periodo Cíclico Dormido	Sp	1F4	1F4
Tiempo antes de Dormir	St	-	157C
I/O Digitales - ADC	DIO-ADC	ADC-3	DIO-4

Nota, se tiene una tabla de las configuraciones que se implementan en los módulos Xbee

En la primera etapa se configura Xbee el cual está encargada de transmitir los datos que emiten los sensores a través del Arduino mega 2560, la segunda etapa de la red se configura el segundo modulo Xbee como se puede ver en la tabla 5 el cual recibe los datos y transmite al ordenador para poder visualizar en la plataforma IoT thingspeak, esta topología se puede ver en la figura 5.

Figura 23

Configuración de módulos Xbee

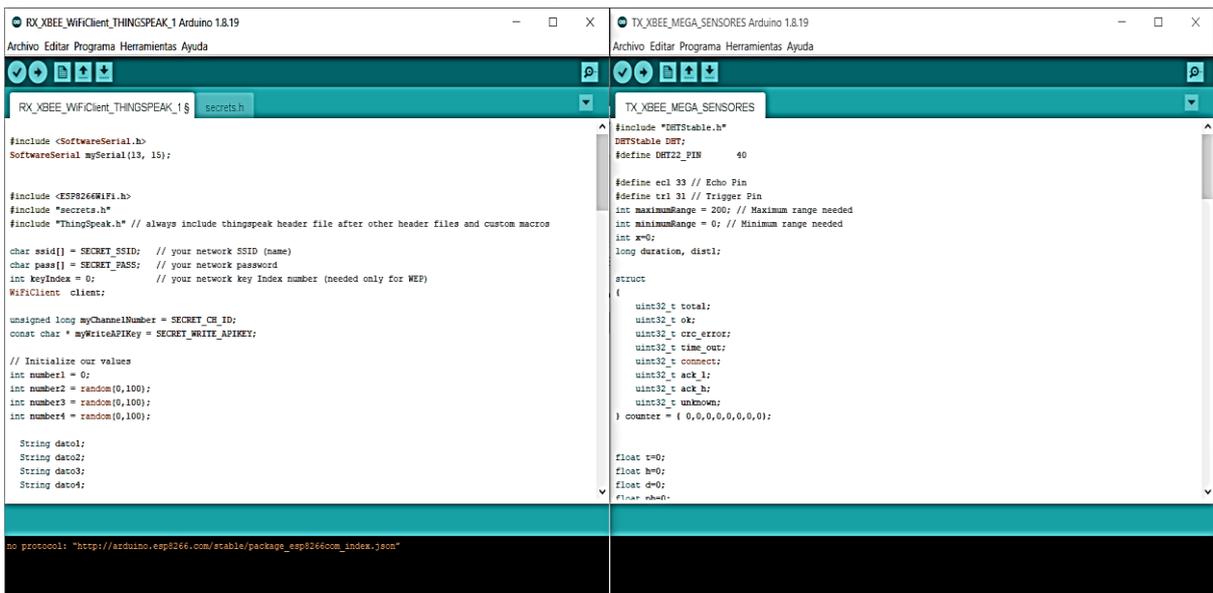


Nota, Prueba de Comunicación de los módulos a una corta distancia

Además de la configuración de los módulos Xbee se necesita otro componente el ESP8266 que se programara utilizando el software Arduino para los datos obtenidos sacar al internet y visualizar en la plataforma lot.

Figura 24

Código en software Arduino



Nota, Se tiene una captura de la pantalla de Tx y Rx de datos

Los códigos se cargan en la placa Arduino y en el módulo ESP8266 se ejecutan para que trabajen en forma autónoma, se debe tomar en cuenta que para poder cargar un sketch a la placa se comunica de forma serial con la PC mediante el puerto USB

La distancia de envío de datos desde el transmisor al receptor, se analiza la potencia que utiliza y se comprueba que mientras más distancia hay la potencia disminuye esto puede ser por fenómenos ambientales que afecten la comunicación

La potencia de transmisión depende del modelo de Xbee que se están utilizando, existen dos modelos el Xbee y los Xbee Pro que son más robustos en cuanto a la potencia de transmisión, en el proyecto se han utilizado modelos Xbee estándar, en la siguiente tabla 6 se puede ver las características de estos dos tipos de tecnologías y el alcance que pueden tener.

Tabla 6

transmisión Xbee

Características	XBee	XBee PRO
Alcance en interiores/contexto urbano (m)	30	100
Alcance en exteriores y línea recta (m)	100	1500
Potencia de transmisión(mW)-(dBm)	1-0	100-20
Velocidad de transmisión RF (Kbps)	250	250
Velocidad de datos de la interfaz (pbs)	1200-115200	1200-115200
Voltaje de alimentación (V)	2.8 – 3.4	2.8 – 3.4
Frecuencia de alimentación (GHz)	2.4	2.4

Nota, Se hace una tabla comparativa del alcance, potencia entre otros parámetros de los módulos Xbee y Xbee Pro

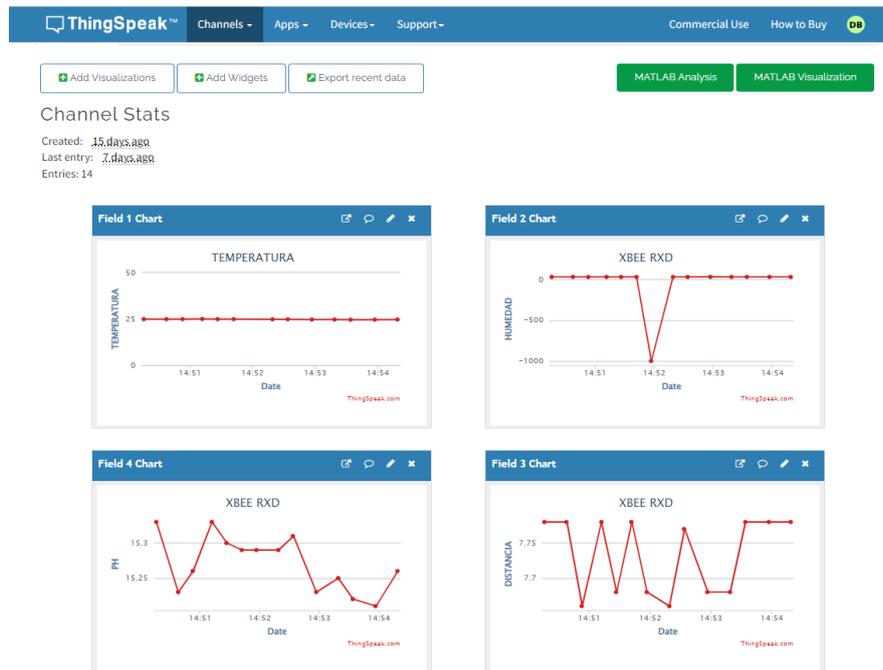
2.2.7 Diseño en la plataforma Thingspeak

En la plataforma Thingspeak se creó la interfaz para el monitoreo del prototipo del cultivo hidropónico de fácil interpretación, dentro de la plataforma se generó cuatro graficas que nos indica la temperatura, humedad, distancia y el pH, de tal manera que la interfaz de monitoreo exporta datos diariamente

El sistema se monitorea es en forma remota debido a la conexión a internet mediante un módulo esp8266 esta configuración se lo hace como cliente de un servidor web conocido como ThingSpeak que permite un acceso gratuita en una cuenta con una interfaz gráfica configurable la cual se va actualizando en tiempo real, se envía los datos al servidor como variables permitiendo hacer un análisis de datos, en la figura 22 se muestra los diferentes tipos de gráficos que es comparado en el eje vertical donde está la variables vs el eje horizontal donde está el tiempo de llegada de los datos.

Figura 25

interfaz gráfica ThingSpeak



Nota, Se hace una captura de pantalla de la plataforma ThingSpeak

2.2.8 Implementación de Prototipo

Para la implementación del prototipo se considera la ubicación de los sensores y el acceso a los dispositivos Xbee, que tenga una buena línea de vista y fácil de manipularlas si se deba cambiar de posición

Figura 26

Prototipo de Invernadero



Nota, Se forra el prototipo con mica para mantener las condiciones ambientales

Como se puede ver en la figura 24 se ve la construcción del invernadero con el sistema de circulación de agua y un telón plástico que rodea la maqueta para que pueda mantener las condiciones ambientales adecuadas para el cultivo, se controla los valores de temperatura y humedad que debe tener el invernadero activando los actuadores que sean necesario para tener un mejor desarrollo en el cultivo.

En la tubería de PVC se realiza agujeros para la colocación de las plántulas, teniendo en cuenta la dimensión de los vasos, en el cual se pone las semillas y los nutrientes para el crecimiento del cultivo.

Figura 27

Instalación de sensores



Nota, Instalación de sensores en e prototipo hidropónico

1.1. Validación de la propuesta

Presente la validación de la propuesta a través del método de criterios de especialistas.

Los objetivos perseguidos mediante la validación son los siguientes:

- Validar la metodología de trabajo aplicada en el desarrollo de la investigación.
- Aprobar los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas.
- Redefinir (si es necesario) el enfoque de los elementos desarrollados en la propuesta, considerando la experiencia de los especialistas.
- Constatar las posibilidades potenciales de aplicación del modelo de gestión propuesto.

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Víctor Hugo Benítez Bravo	5	Magister en Redes de la Información y Conectividad.	Profesor Universidad Israel

Escala de evaluación.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD			
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo Totalmente Acuerdo
Impacto				X
Aplicabilidad				X
Conceptualización				X
Actualidad				X
Calidad Técnica				X
Factibilidad				X
Pertinencia				X

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Flavio Davids Morales Arevalo	14	Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones	Docente Investigador

Escala de evaluación.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD			
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo Totalmente Acuerdo
Impacto				X
Aplicabilidad				X
Conceptualización				X
Actualidad				X
Calidad Técnica				X
Factibilidad				X
Pertinencia				x

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Jhonatan Alexander Casa Chicaiza	6	Ingeniero	Ingeniero Investigador de Proyectos

Escala de evaluación.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN REPRESENTATIVIDAD Y				IMPORTANCIA
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					x

1.2. Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 7

Matriz de Articulación

EJES O PARTES PRINCIPALES	SUSTENTO TEÓRICO	ESTRATEGIAS / TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS
Definición: elementos electrónicos, variables ambientales, actuadores, Plataformas IoT	Mediante la investigación se medirá las diferentes variables y se trabajará en conjunto con la tecnología IoT	Investigación y consultas de paper relacionados con el tema	Se encontró mucha información del tema propuesto y sensores aplicados a estas medidas de variables
Diseño: de prototipo, comunicación con tecnología ZigBee Servidores IoT	Programación de microcontrolador Módulos Xbee Aplicaciones de diseño de circuitos ThingSpeak	Construcción de prototipo para implementar los sensores Comunicación con módulos XbeeS2	se configuro los módulos y se programa los sensores dependiendo de las necesidades del cultivo hidropónico
Implementación en el prototipo Pruebas de comunicación Plataforma IoT	Mediante la configuración se implementó los sensores y los módulos Xbee S2	Se busco la mejor posición para implementar los sensores y los módulos Xbee s2	Se tubo que calibrar los sensores y se ubicó los módulos para que tengan una buena comunicación

Nota, Proceso de construcción de prototipo

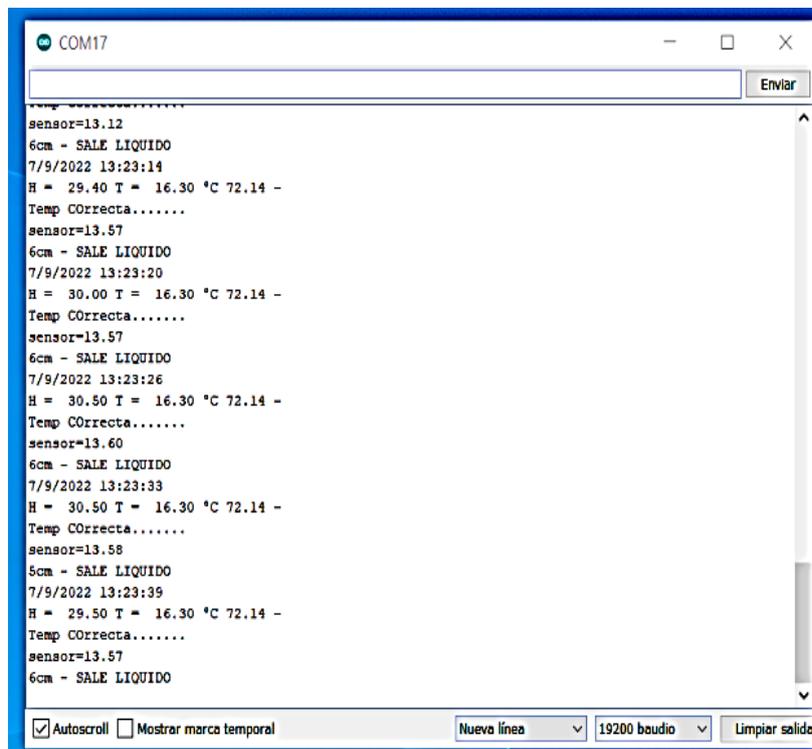
2.3 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

2.3.1 Las pruebas de campo

Se implemento un sistema de control con el que se lleva un manejo automatizado y de vigilancia del medio ambiente, se realiza las pruebas de comportamiento del sistema implementado que controla las variables de temperatura, humedad, distancia y del pH, se a conectado los sensores y actuadores como se muestra en la figura 13 se carga el programa al Arduino Mega 2560 y se realiza las pruebas de funcionamiento

Figura 28

Datos entregados por los Sensores



```
COM17
sensor=13.12
6cm - SALE LIQUIDO
7/9/2022 13:23:14
H = 29.40 T = 16.30 °C 72.14 -
Temp Correcta.....
sensor=13.57
6cm - SALE LIQUIDO
7/9/2022 13:23:20
H = 30.00 T = 16.30 °C 72.14 -
Temp Correcta.....
sensor=13.57
6cm - SALE LIQUIDO
7/9/2022 13:23:26
H = 30.50 T = 16.30 °C 72.14 -
Temp Correcta.....
sensor=13.60
6cm - SALE LIQUIDO
7/9/2022 13:23:33
H = 30.50 T = 16.30 °C 72.14 -
Temp Correcta.....
sensor=13.58
5cm - SALE LIQUIDO
7/9/2022 13:23:39
H = 29.50 T = 16.30 °C 72.14 -
Temp Correcta.....
sensor=13.57
6cm - SALE LIQUIDO
```

Autoscroll Mostrar marca temporal Nueva línea 19200 baudio Limpiar salida

Nota: Datos obtenidos por los sensores transmitidos a la tabla serial del Arduino

En la Figura 28 se puede ver el comportamiento que toma el invernadero que recibe datos cada medio segundo de todos los sensores, se observa que nos da cinco datos el del reloj, temperatura, humedad, distancia y pH el comportamiento de la temperatura y humedad tarda en estabilizarse dando datos variados, como se indica en la pantalla del monitor serial se tiene una temperatura de 16

°C, esta temperatura está dentro de los límites programados de igual manera nos da la señal del sensor ultrasónico de 5 cm indicando que no existe exceso de líquidos en el tubo PVC, el tiempo está sincronizado con el reloj de la pc y las lecturas de pH que está 6.2 que también está dentro del rango establecido, el sistema de control tiene un buen funcionamiento dándonos lectura de las variables que se quiere controlar

2.3.2 Pruebas de comunicación entre módulos Xbee

Para este tipo de pruebas se utilizó dos Xbee S2 previamente configurados y conectados en la PC, las pruebas se realizan a una distancia de unos 15 metros teniendo una línea de vista, aunque los módulos Xbee S2 se pueden comunicar distancias mayores, en la figura 29 se puede observar las pruebas que se realizan teniendo una buena comunicación entre módulos.

Figura 29

Pruebas de comunicación



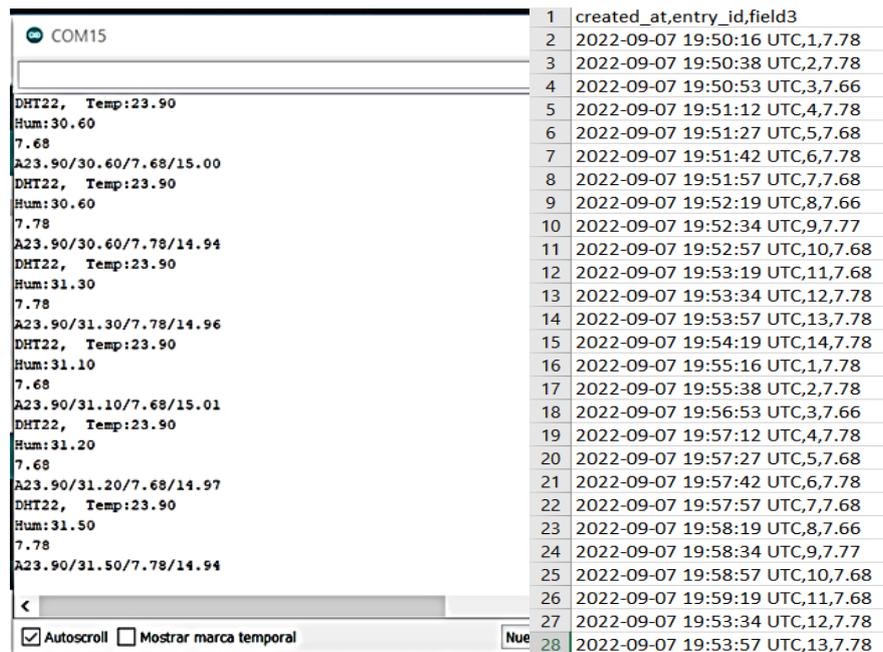
Nota, Se muestra una referencia de una comunicación Xbee a una distancia de 50 metros

En la figura 28 muestra que el Xbee S2 receptor recibe los paquetes enviados por el Xbee S2 transmisor con total satisfacción nos llega los datos de temperatura, humedad, distancia y el pH, se realizaron pruebas de comunicación en varias distancias no afectando la comunicación mientras exista una línea de vista de esta manera se comprueba que la red se encuentra operativa y con una buena comunicación.

Los datos que se transmiten de los módulos Xbee emisor y transmisor tardan en llegar en un tiempo de 15 a 20 segundos, esto se puede ver en la figura una muestra y el tiempo que tardan en llegar los datos.

Figura 30

Muestra de Datos



Nota, se tiene unas muestra de datos que se recolectan en un intervalo de tiempo

Los datos que se muestran en la figura 30 son los que se exportan desde el trasmisor, se puede ver el tiempo que tarda en llegar los datos en una linea de vista, a continuacion se puede ver una tabla 8 comparativa el tiempo de llegada de datos, tambien el RSSI (indicador de fuerza de la señal recibida) y el porcentaje de llegada de paquetes

Tabla 8

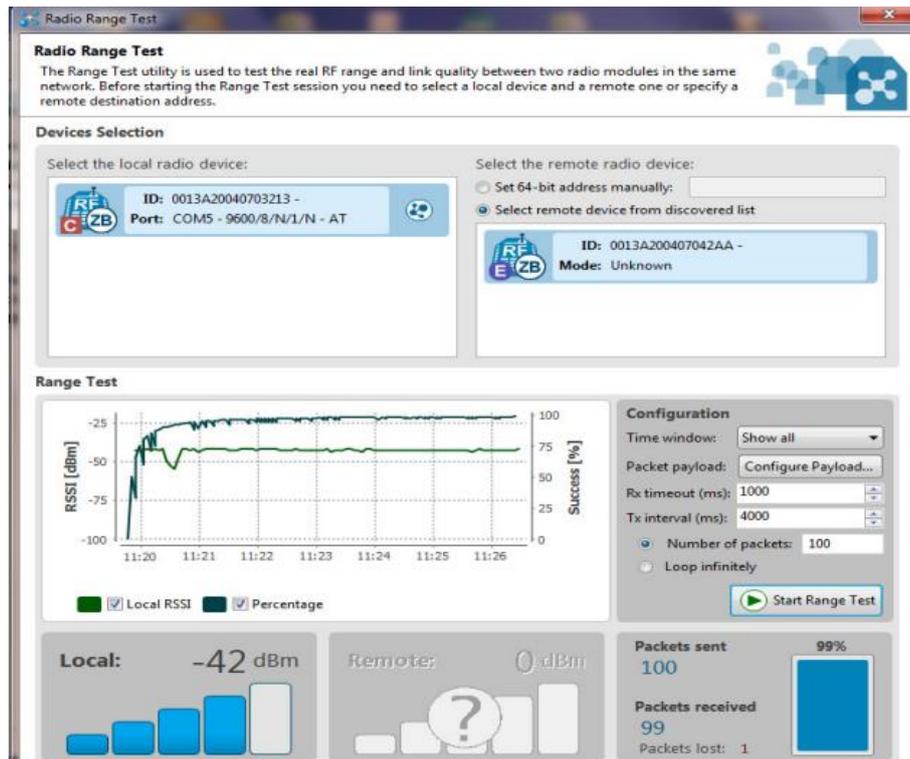
Comparación de transmisión de datos

Distancia (metros)	Tiempo de llegada	RSSI	Porcentaje
1	5 seg	-30 dBm	100%
15	5 seg	-42 dBm	100%
30	10 seg	-64 dBm	99%
60	10 seg	-80 dBm	98%
90	15 seg	-94 dBm	83%

Nota, los siguientes valores son recolectados de la transmision de los modulos Xbee

En el software XCTU nos da una aplicación donde se pueden recolectar estos datos el RSSI y el porcentaje de paquetes que llegan en la figura 31 se muestra un ejemplo de esta aplicación

Figura 31
Test radio range



Nota, se hace una captura del Software X-CTU a una distancia de 50 metros

Como se muestra en la tabla 8 se hace un análisis de transmisión de datos a diferentes distancias se puede ver a mayor distancia se requiere mas potencia a una distancia de 90 metros la potencia necesaria de transmisión es de -94dbm y el porcentaje de llegada de paquetes es de 83% teniendo ya una pérdida de paquetes de envío, se concluye que si se extiende la distancia de transmisión no llegara toda la información lo que nos muestra que los módulos Xbee tienen una comunicación limitada ya a grandes distancias

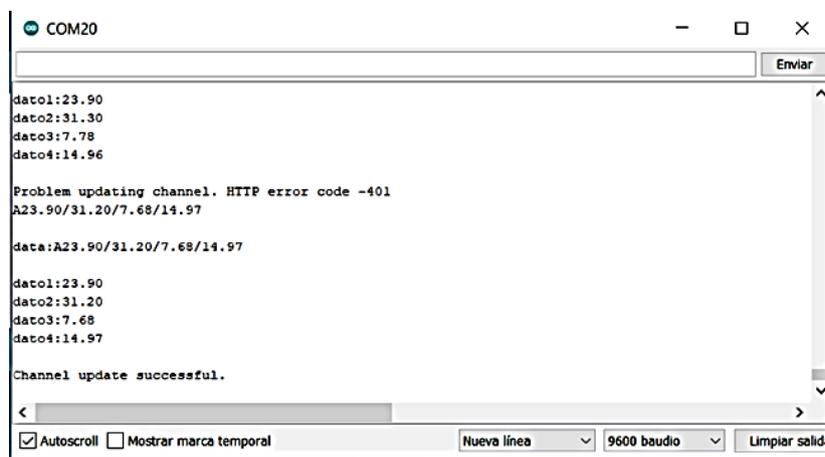
2.3.3 Pruebas de funcionamiento entre Xbee y modulo ESP8266

El Xbee S2 transmisor que recibe los datos correctamente prosiguiendo a subirlos al internet en una plataforma IoT en este caso el servidor ThingSpeak, el tiempo programado para actualizar datos es de medio segundo, el módulo ESP8266 se encarga de subir los datos a la nube los resultados que se van a subir se pueden ver en la ventana del monitor serial de software arduino.

Se envía mensajes cuando los datos se suben a la nube satisfactoriamente o fallen esto se puede ver en la figura 32, los datos se suben cada medio segundo, pero se tiene en ciertos tiempos fallos de subida de datos esto puede ser por una mala conexión a internet.

Figura 32

Línea de código Arduino



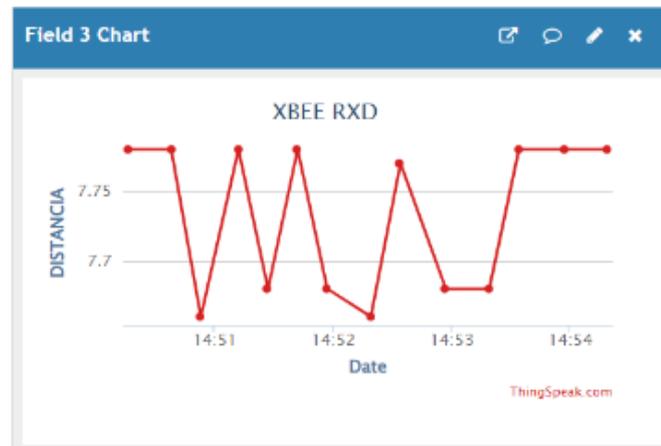
Nota, se tiene la comunicación cuando sube los datos a la red o falla

2.3.4 Pruebas de servidor ThingSpeak

El objetivo de esta prueba es de comprobar que los datos que se suben al servidor sean correctos y se puedan visualizar el estado del medio ambiente, en las siguientes graficas obtenidas en el servidor ThingSpeak se puede apreciar las condiciones ambientales del cultivo hidropónico y las diferentes variaciones que sufre.

Figura 33

Comportamiento del flujo de los nutrientes

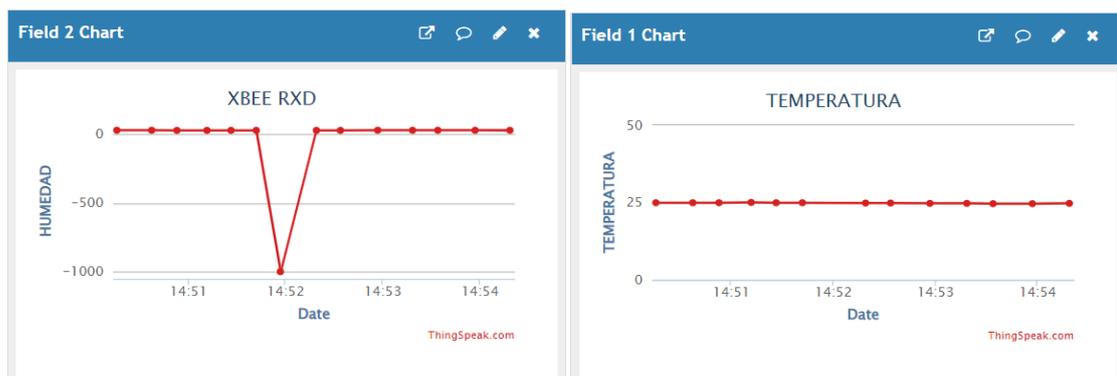


Nota, Comportamiento del sensor ultrasónico para ver la cantidad flujo del nutriente

Una de las variables a medirse es el comportamiento del sistema riego, en la figura 33 se puede ver una variación debido a la circulación de los nutrientes en los tubos PVC, pero pasado los 5 min el sistema se estabiliza.

Figura 34

Comportamiento humedad y temperatura



Nota: La Figuras muestran el comportamiento del sensor DHT22

Los datos obtenidos por el sensor DHT22 se muestran en la plataforma ThingSpeak, a continuación, se puede ver en la figura 34 que el sistema de temperatura y humedad son estables y así continuara hasta que haya cambios de clima dentro del invernadero.

Figura 35

Comportamiento pH



Nota: la variación de los datos es por obtener la medida pH necesaria para el cultivo

El sensor de pH nos monitorea el valor de la solución de los nutrientes a continuación se mezclan las sales existiendo un cambio brusco de datos como se puede ver en la figura 33, el sistema se estabiliza indicándonos que se tiene la mezcla ideal para el cultivo

Se puede ver en las figuras 31, 32 y 33 que hay muchas variaciones en las gráficas de datos estos cambios fuertes se hacen de manera intencional con el fin de comprobar el correcto estado de la lectura de los sensores, las gráficas de la plataforma ThingSpeak se actualizan cada minuto y se pueden ver en cualquier parte que tenga conexión a internet, las capturas realizadas son en un tiempo aleatorio sin tener problemas de funcionamiento de comunicación.

Existe muchos prototipos de cultivos hidropónicos, con base a la investigación se realiza un análisis de dos prototipos de cultivos hidropónicos con el propuesto, en la tabla 9 se puede ver las principales características y diferencias.

Figura 36

Prototipo Hidropónico



Nota, El sistema hidropónico en funcionamiento con las plántulas

2.3.5 Gestión de las telecomunicaciones

Mediante la investigación se puede ver los problemas y necesidades que tiene los agricultores, se realiza una implementación optimizando mejor el desempeño de la agronomía se modernizo el cuidado del cultivo mediante la automatización y la administración de los datos recopilados en un servidor IoT, dando una posible solución al problema de los agricultores

En conjunto a las estrategias de implementación de proyectos de gestión de las telecomunicaciones se va a hacer un proceso de planificación de diseño, implementación de prototipo, supervisión de funcionamiento.

Planificación de diseño es la capacidad de organizar y poder desplegar una implementación de una red, identificando las posibles técnicas de cultivos, los dispositivos existentes pudiendo solventar los objetivos planteados

Implementación de prototipo se escogió un posible modelo de cultivo hidropónico, se realiza las configuraciones de los sensores que se implementaran a través de un microcontrolador, para la

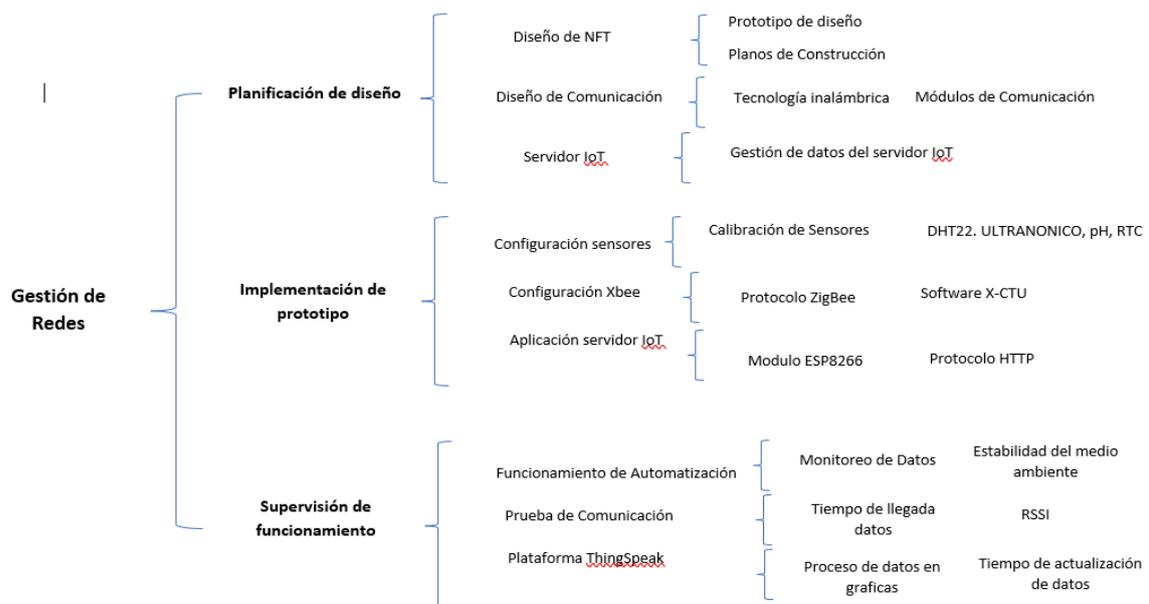
etapa de comunicación de red WSN también se configuraron los módulos Xbee S2 Tx y el Rx mediante software X-CTU, los datos que llegan al transmisor se subieron a nube haciendo una mejor gestión de la información.

Supervisión de funcionamiento para estas pruebas de funcionamiento se realizó por etapas primero la automatización, si los sensores estaban bien calibrados y la respuesta de los actuadores para restablecer un ambiente ideal, siguiente etapa fue la de comunicación se envió primero un dato en esta prueba se puede ver el tiempo que demora en llegar, el RSSI y el porcentaje de paquetes que llegan

Mediante las pruebas se demostró que el prototipo cumple con los objetivos propuestos, el envío de datos mostró que existe una buena comunicación, utilizando técnicas de investigación se vio que los módulos Xbee son seguros para el envío de datos por su baja latencia y consumo energético, se recomienda que el monitoreo sea constante para si detectar algún mal funcionamiento de algún sensor y mala comunicación

Figura 37

Gestión de Redes



Nota, se ve un diagrama de actividades para el proceso de implantación de prototipo de una red WSN

2.3.6 Análisis de diferentes diseños Hidropónicos

Tabla 9

Análisis de diseños de sistema de hidropónicos

Proyecto	Definición	Características	Ventajas	Desventajas
Diseño e implementación de un sistema de adquisición y registro de señales e imágenes con tecnología IoT para el seguimiento de las condiciones de cultivos hidropónicos de lechuga	Proyecto de Maestría, se implementa un monitoreo para un cultivo hidropónico enfocado en la recolección de datos e imágenes con tecnología IoT	Implementación de un diseño hidropónico Sistema mecánico que toma fotografías Raspberry Pi3 conectado los sensores Plataforma Ubidots	Control de condiciones ambientales del cultivo hidropónico Un monitoreo inalámbrico Control de variables ambientales y graficas en plataforma IoT	Una fuerte inversión en la implementación de sistema hidropónico Si no tendría conexión a internet los datos no pueden subir a la nube
“Sistema de monitoreo remoto para mediciones de variables ambientales en cultivos hidropónicos con tecnología inalámbrica zigbee”	Diseño de un sistema monitoreo para un cultivo hidropónico con un sistema de comunicación inalámbrico en tecnología Zigbee	Sistema de monitoreo para mediciones ambientales Comunicación con Tecnología inalámbrica ZigBee	Control de condiciones ambientales del cultivo hidropónico Comunicación inalámbrica Interfaz gráfica para mirar los datos en visual basic Un monitoreo inalámbrico	Una fuerte inversión en la implementación de sistema hidropónico Los datos solo se pueden ver en el cuarto de monitoreo no se suben a la nube
Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT	Prototipo de un sistema de monitoreo para cultivo hidropónico con sistema de comunicación ZigBee y una aplicación IoT	Un Sistema de monitoreo ambiental Comunicación con tecnología inalámbrica ZigBee Plataforma ThingSpeak	Control de condiciones ambientales del cultivo hidropónico Comunicación inalámbrica Interfaz visualización de datos por comunicación Xbee Visualización de datos subidos a la nube en plataforma IoT	Una fuerte inversión en la implementación de sistema hidropónico

Nota: Se hace un análisis de dos sistemas hidropónicos diferentes basándonos en la tecnología que utilizan como la comunicación con protocolos ZigBee (Viera, 2019) y la tecnología IoT (Cortés, 2021)

Se tiene dos diferentes tipos de sistemas hidropónicos los dos hacen un monitoreo de las condiciones ambientales manejando las mismas variables y el mismo control de cuidado del cultivo

Los sistemas funcionan con protocolos de comunicación diferentes como se puede ver en la tabla 7 se hace un análisis de las ventajas y desventajas de cada sistema hidropónico, haciendo una comparación con el sistema hidropónico propuesto

Se concluye que los sistemas manejan el mismo control para condiciones ambientales la diferencia es en la comunicación inalámbrica, en el sistema hidropónico propuesto la comunicación que se trabaja utiliza los dos tipos de protocolos HTTP y el protocolo ZigBee teniendo una mejor comunicación inalámbrica haciéndolo prototipo más robusto.

CONCLUSIONES

En el presente prototipo se implementó una red WSN con una conexión a un servidor IoT, se visualiza los datos recolectados por los sensores mediante graficas en la plataforma ThingSpeak satisfactoriamente, la plataforma permite crear un ambiente amigable para el usuario dando un mejor desempeño para el manejo de datos que interactúan en la nube.

Las pruebas de funcionamiento indican que la red WSN implantada con comunicación Zigbee funciona favorablemente en un entorno a prueba de fallos tiene una operatividad correcta, se consideró el tiempo de latencia de respuesta de los módulos dando un buen rendimiento de la red, el tiempo de respuesta de la red esta entre 5 segundos de igual manera con el tiempo de respuesta de envío de datos que se van a subir al servidor.

Por medio de la investigación se comprobó que los módulos Xbee S2 son adecuados para la implementación de una red inalámbrica teniendo un buen tiempo de respuesta, la velocidad de transmisión de datos y el rango de cobertura, aparte de esto son adaptables a cualquier tipo de topología física y por su baja tasa de envío de datos su comunicación es segura logrando satisfacer los objetivos propuestos

El diseño y la implementación de este prototipo contribuye a descubrir que se puede acceder a nuevos métodos de cultivos utilizando tecnologías eficaces que ayuden a la productividad teniendo en cuenta el factor de costos beneficios esta tecnología es necesaria incursionar en el campo agrónomo ayudando al agricultor a tener una mejor calidad de vida y a la gran demanda de alimentos que se tiene actualmente

RECOMENDACIONES

Se debe realizar estudios sobre los otros tipos de tecnologías que permitan la comunicación que existen en el mercado para ver si tiene un mejor resultado en una red WSN

Realizar un mantenimiento periódico del sistema de cultivo hidropónico así se mantendrá una vida más útil, además de considerar la compra de sensores y actuadores con características que se adapten al medio ambiente al que se le va incorporar debido a tener una mejor robustez del sistema

Mantener las fuentes de alimentación en estado óptimos para no tener errores de funcionamiento

Sistema diseñado puede mejorarse dependiendo de los requerimientos del cliente o la expansión que se le quiera dar al sistema

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrano, J. G. (2014). *Cultivo en hidroponía*. España: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- CAMILO, G. L. (2016). "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO EN UNA PLANTA PILOTO EN EL SECTOR DE SAN VICENTE-QUERO". Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Channels, S. (s.f.). *DIGILENT*. Obtenido de Sending Data from WaveForms SDK to ThingSpeak.com: <https://digilent.com/reference/software/waveforms/waveforms-sdk/thingspeak>
- Concha, M. A. (2014). *Estudio comparativo de sistemas de riego*. Universidad del Bio-Bio.
- Escola, L. M. (2018). *Sistema de Rastreo Vehicular con Tecnología GSM*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- FAO, 2022. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- Grenón, D. A. (2008). *AGROMÁTICA: Definición y aplicaciones en la empresa agropecuaria*. Argentina: Cátedra de Agromática, Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Obtenido de <https://www.fca.unl.edu.ar/agromatica/Agromatica-Definicion.pdf>
- HETPRO. (2021). Obtenido de HETPRO/TUTORIALES. : <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-hc-sr04/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20del%20sensor%20ultras%C3%B3nico%20HC%20DSR04&text=Rango%20de%20medici%C3%B3n%3A%202%20cm,del%20pulso%20ultras%C3%B3nico%3A%2015%C2%B0>.
- ijorquera. (s.f.). *XBee-PRO ZB S2C TH*. Obtenido de DIGI: <https://xbee.cl/xbee-pro-zb-s2c-th/>
- Instruments, B. (2022). *BANTE INSTRUMENTS*. Obtenido de E201-BNC pH Electrode: <http://www.bante-china.com/enproductsview/745.html>
- Jonathan, A. (2020). *DESARROLLO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS CON*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- José Beltrano, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía. En U. N. Plata, *Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales* (págs. 105 - 107). Buenos Aires: Edulp.
- LLAMAS, L. (24 de marzo de 2018). *Ingeniería, informática y diseño*. Obtenido de ESP8266, LA ALTERNATIVA A ARDUINO CON WIFI: <https://www.luisllamas.es/esp8266/>
- NAYLAMP. (2020). *NAYLAMP*. Obtenido de TUTORIAL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11 Y DHT22: https://naylampmechatronics.com/blog/40_tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22.html
- NAYLAMP. (2021). *NAYLAMP*. Obtenido de MÓDULO RELAY 4CH 5VDC: <https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>

- Pérez Juan, U. E. (2014). *Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos*. Obtenido de SciELO: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100002
- Salazar, J. (2019). Redes Inalambricas . En Č. v. Praze, *TECH PEDIA* (pág. 40). Erasmus.
- Sanchez, E. M. (2019). *Evolucion del Producto Interno Bruto - PIB, en el Ecuador*. Obtenido de Universidad Tecnica de Ambato: https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N60.pdf
- Solis Gonzalez, F. J. (2017). Evaluación del rendimiento en el cultivo de lechuga lactuca sativa en sistemas hidropónicos y aeropónicos automatizados. En R. D. UTMACH, *Trabajos de Titulación Facultad de Ciencias Agropecuarias* (pág. 62). Machala.
- Stanislav Safaric, K. M. (JUNE de 2006). ZigBee wireless standard. *IEEE*, pág. 20.
- Vanessa Alvear, P. R. (2017). *Internet de las Cosas y Visión Artificial*. Obtenido de Enfoque UTE: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v8s1/1390-6542-enfoqueute-8-s1-00244.pdf>
- Yasaroglu Pinar, A. Z. (2016). Wireless Sensor Networks (WSNs). *IEEE*, 338.

ANEXOS 1

Configuración de módulos Xbee

Para la configuración de los módulos Xbee se lo realiza con el software XCTU, se agrega los módulos Xbee seleccionando el USB Serial Port, el software empezará a buscar

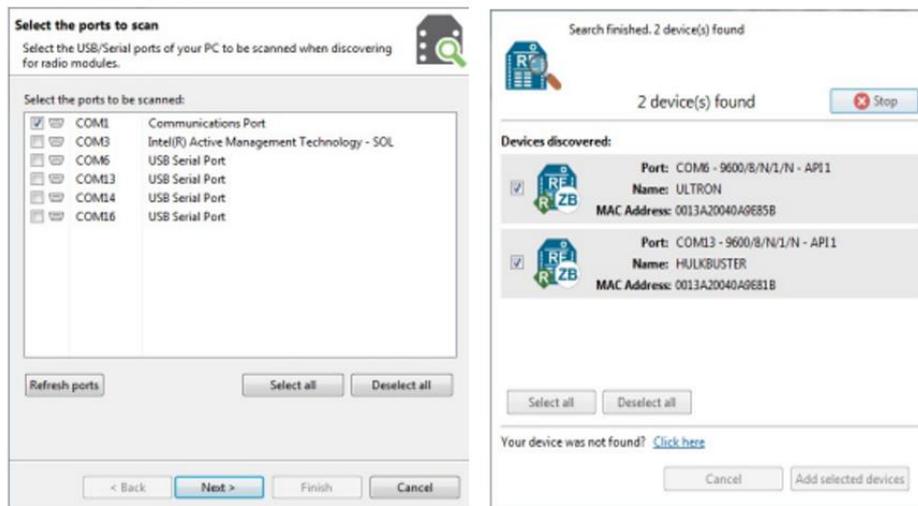


Figura 38 Configuración Módulos Xbee S2

Fuente Autor

Cuando encuentre a los módulos se selecciona y se selecciona “Add select devices”

Teniendo los dispositivos se puede ver los parámetros cual esta configurados los Xbee en la tabla 5 se pude ver los parámetros de configuración que se les dejo a los módulos Xbee, una ventaja es que a los módulos Xbee2 es que se puede configurar redes más completas ampliando la zona de comunicación mucho más amplias

Las pruebas de comunicación de envío y recepción entre módulos Xbee 2

Se realizan pruebas de comunicación una vez que ya estén configurados, el software XCTU nos da una opción en modo consola donde se ve la comunicación que hacen entre los dos módulos

Se comprueba que tanto el envío como la recepcion son exitosas existe una comunicación entre Xbee S2

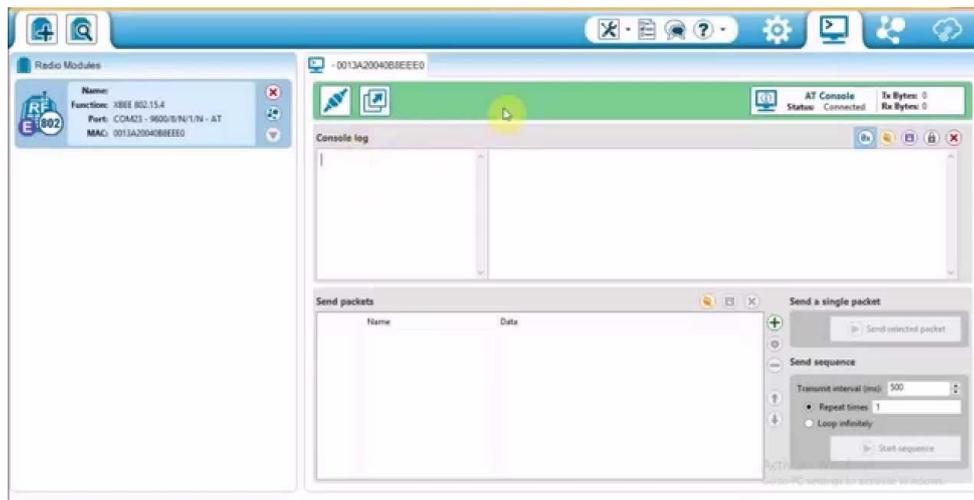


Figura 39 Pruebas de comunicación Xbee S2

Fuente Autor

ANEXOS 3



Yo, **Mgs. Benitez Bravo Victor Hugo**, con C.I **0602990699**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT**.

Elaborado por el Ing. **Bahamonde Chicaiza Darwin Javier**, con C.I **1724161615**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022

<

Víctor Hugo Benítez Bravo.

C.I. 0602990699

Registro SENESCYT 1079-15-86066386



Yo, Ing. **CASA CHICAIZA JONATHAN ALEXANDER**, con C.I **1723374094**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT**.

Elaborado por el Ing. **Bahamonde Chicaiza Darwin Javier**, con C.I **1724161615**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022

Casa Chicaiza Jhonatan Alexander.C.I.

1723374094

Registro SENESCYT 1 0 0 1 - 2 0 1 6 - 1 7 1 7 4 3 3



Yo, **Flavio David Morales Arévalo**, con C.I. **1712900214**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación Zigbee y aplicación IoT**.

Elaborado por el Ing. **Bahamonde Chicaiza Darwin Javier**, con C.I. **1724161615**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención Gestión de las Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 16 de septiembre de 2022

Flavio David Morales Arévalo

C.I. 1712900214

Registro SENESCYT 1004-13-86065295