INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

“DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AGROMETEOROLÓGICAS Y PARÁMETROS DE SUELO PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

ING. ROBERTO OLIVO DÍAZ

DIRECTOR: DR. GREGORIO FERNÁNDEZ LAMBERT
CODIRECTOR: DR. LUIS ENRIQUE GARCÍA SANTAMARÍA
CODIRECTOR: MII. EDUARDO FERNÁNDEZ ECHEVERRÍA

MISANTLA, VERACRUZ. **SEPTIEMBRE, 2024.**

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN MAESTRÍA

FECHA:
03 DE SEPTIEMBRE DE 2024

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN:**
TESIS PROFESIONAL

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que el (la) C:

ROBERTO OLIVO DÍAZ

Estudiante de la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL** con No. de Control **212T0447** ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Lineamiento de Posgrado para la obtención del grado de Maestría** mediante **TESIS PROFESIONAL**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del **Tema** titulado:

"DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE VARIABLES AGROMETEOROLÓGICAS Y PARÁMETROS DE SUELO PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS"

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del examen para la obtención del grado de maestría.

ATENTAMENTE

DR. GREGORIO FERNÁNDEZ LAMBERT
Presidente

SEP SEV
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

DR. LUIS ENRIQUE GARCÍA SANTAMARÍA
Secretario

M.I.I EDUARDO FERNÁNDEZ ECHEVERRÍA
Vocal

Archivo.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este logro en mi área profesional.

A mis padres, Pascual y Martha, por su aliento en todo momento y quienes me han enseñado salir adelante a pesar de las circunstancias que enfrentamos.

A mis dos hermanos, Mario y Rafaela quienes han sido parte importante en mi vida.

A mi esposa María Luisa, por sus consejos, su incondicional cariño y amor para compartir en un futuro un proyecto de vida.

AGRADECIMEINTO

Agradezco a Dios, nuestro creador, por brindarme una vida llena de aprendizajes en mi caminar, por haberme permitido terminar este trabajo de investigación en el área de mi vida profesional, por la fuerza y fe en mi vida.

Al Instituto Tecnológico Superior de Misantla que me brindo su apoyo en todo momento para cursar mis estudios de maestría.

De manera especial a mi amigo, maestro y director de Tesis, Dr. Gregorio Fernández Lambert, que me brindo su confianza en este proyecto, por compartir sus conocimientos y guiarme en el camino de la investigación, ya que con su ayuda y experiencia fue posible realizar este trabajo de investigación.

A MSC. Walter Ariel Silva Martínez, por su ayuda, colaboración y aporte de conocimiento en el área electrónica en este proyecto de investigación.

A la Universidad Autónoma del Carmen, por permitirme las facilidades para realizar mi estancia académica.

A Dr. Luis Enrique García Santamaría por brindarme la oportunidad, consejos, experiencias y conocimientos para la consolidación en este proyecto de investigación.

A MII. Eduardo Fernández Echeverría, por su atinada dirección, colaboración y apoyo para la realización de esta investigación.

A mis profesores que conforman el claustro de la Maestría en Ingeniería Industrial, por sus conocimientos, enseñanzas y aportaciones.

A mis compañeros.

AGRADECIMIENTO A CONAHCYT

Agradezco de forma especial al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo de la beca de estudios que me otorgó, para realizar mis estudios de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, con Número de CV. 1155407 durante el periodo del 01 de septiembre del año 2021 al 31 de agosto del 2023.

Ing: Roberto Olivo Díaz

Resumen

El desarrollo de la agricultura y su impacto en la economía familiar-agrícola podría ser beneficiada con la disposición de datos climáticos, los cuales en lo general son consultados en bases de datos que los organismos ponen a disposición de forma regional y NO local. Con este propósito, esta investigación propone entregar a agricultores de pequeña y mediana escala de comunidades vulnerables, una estación de monitoreo en tiempo real de variables agrometeorológicas para el registro fenológico de cultivos agrícolas, a través de la cual se concentrarán datos en una nube para estar a disposición local de los agricultores que así lo requieran, para la toma de decisiones temprana que ayude a mejorar sus prácticas agrícolas.

En la agricultura, el desarrollo adecuado de un cultivo está en función del comportamiento de diversos factores-e.g. pH, humedad, presión atmosférica, salinidad, potasio, fosforo, nitrógeno, por mencionar algunos. El valor de los factores anteriormente mencionados es requerido por el agricultor para decidir la adición o no del agua, nutrientes, cuidados entre otros. Algunas prácticas para conocer el desarrollo del cultivo son a) Ir al campo y directamente por experiencia determinar el estado de los factores de interés, b) y la otra es tomar una muestra por los agricultores y llevarlas a laboratorios para su análisis. Sin embargo, estas prácticas requieren alto conocimiento en la relación y los parámetros deseados para lo cual en la toma de decisiones es necesario que el agricultor tenga información lo más cercano en tiempo real para llevar a cabo el registro fenológico de sus cultivos y mejorar las cosechas.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es el diseño e implementación de un prototipo de estación agrometeorológica para el monitoreo de los cultivos agrícolas basado en la tecnología Arduino UNO R3, aplicando sensores y hardware de bajo costo como ESP32 capaz de medir las variables ambientales y los parámetros del suelo en tiempo real con almacenamiento en la nube con el fin de determinar las necesidades de nutrición de los cultivos agrícolas.

Palabras clave: Cultivos agrícolas, variables ambientales, parámetros del suelo, Arduino Uno- R3, agricultores, agrometeorología, fenología.

Abstract

The development of agriculture and its impact on the family-agricultural economy could benefit from the availability of climate data, which are generally consulted in databases that organizations make available regionally and not locally. With this purpose, this research proposes to deliver to small and medium-scale farmers from vulnerable communities, a real-time monitoring station of agrometeorological variables for the phenological record of agricultural crops, through which data will be concentrated in a cloud to be available locally to farmers who require it, for early decision-making that helps improve their agricultural practices.

In agriculture, the proper development of a crop is a function of the behavior of various factors-e.g. pH, humidity, atmospheric pressure, salinity, potassium, phosphorus, nitrogen, to name a few. The value of the aforementioned factors is required by the farmer to decide whether or not to add water, nutrients, care, among others. Some practices to know the development of the crop are a) Go to the field and directly by experience determine the state of the factors of interest, b) and the other is to take a sample by the farmers and take them to laboratories for analysis. However, these practices require high knowledge of the relationship and the desired parameters, for which in decision making it is necessary for the farmer to have information as close as possible in real time to carry out the phenological record of his crops and improve harvests.

The main objective of this research project is the design and implementation of a prototype agrometeorological station for monitoring agricultural crops based on Arduino UNO R3 technology, applying low-cost sensors and hardware such as ESP32 capable of measuring environmental variables and Soil parameters in real time with cloud storage in order to determine the nutrition needs of agricultural crops.

Keywords: Agricultural crops, environmental variables, soil parameters, Arduino Uno-R3, farmers, agrometeorology, phenology.

Introducción

En las regiones más vulnerables , la mala distribución de los recursos , la marginalidad, y la necesidad de alimentos, obliga a los agricultores a cultivar tierras semiáridas y sin los recursos adecuados, teniendo como consecuencia la degradación y erosión del suelo, sin embargo en áreas con nivel tecnológico de producción alto, las principales problemáticas surgen del mal uso de riego que produce la degradación de tierras por salinización y el uso de fertilizantes inmoderadamente, atentando con la inocuidad de los alimentos y una seria contaminación ambiental. (Andrade, 2011)

La meta es alcanzar una producción agrícola sustentable, que consiste en producir la cantidad de alimentos para satisfacer de manera continua y rentable las necesidades de la creciente población haciendo uso eficiente y seguro de los recursos naturales y de los insumos externos, lo cual implica disponer de técnicas para el uso más eficiente de los recursos e insumos (cultivos de mayor estabilidad con potencial de rendimiento, manejo adecuado de cultivos y agricultura de precisión. (JICA-INTA, 2004)

En este sentido la ampliación de la tecnología relacionado con el internet de las cosas es un campo de aplicación para la agricultura, puesto que facilita la obtención de información de manera detallada de las variables ambientales y parámetros del suelo de los cultivos agrícolas a grandes distancias empleando la menor cantidad de recursos, de manera regional la agricultura con los pequeños productores presenta limitaciones y carencias que limitan la producción agrícola.

Índice General

Resumen i
Abstract ii
Introducción iii
Índice General 1
Índice de Figuras 1
Índice de Tablas 1
Capítulo 1. Generalidades 1
1.1 Cultivos Agrícolas. 1
1.2 Planteamiento del problema. 2
1.3 Objetivo General: 3
1.4 Objetivos Específicos: 3
1.5 Justificación: 3
1.6 Hipótesis. 4
1.7 Preguntas de investigación. 4
1.8 Alcances. 5
1.9 Limitaciones. 5
1.10 Impacto Económico- Social. 5
1.11 Impacto Ambiental y sustentable. 5
1.12 Enfoque de la investigación. 5
1.13 Contribuciones esperadas de la investigación. 6
1.14 Metodología de la Investigación. 6
Capítulo 2. Preliminares 8
2.1 Agricultura rural. 8
2.2 Agricultura protegida. 13
2.3 Viabilidad de adopción por la agricultura familiar. 17
2.4. Estaciones meteorológicas. 20
2.4.1 Estaciones meteorológicas agrícolas. 20
2.4.2 Clasificación de las estaciones meteorológicas. 22
2.4.3 Datos de estaciones meteorológicas. 23
2.4.4 Importancia del monitoreo de variables ambientales. 24
2.5 Tecnologías de la Información en la agricultura de precisión. 25
2.6 Tecnología Arduino en la agricultura de precisión. 25
2.7 Fenología en los cultivos agrícolas. 28
2.8 Importancia del estudio en las plantas. 28
Capítulo 3. Exploración de trabajos relacionados con estaciones de monitoreo 31
3.1 Base de búsqueda y descripción de Artículos. 32
3.2 Base de búsqueda de Patentes. 40
3.3 Base de búsqueda de Reclamación de Patentes. 42
3.4 Descripción de Patentes. 51
Capítulo 4. Diseño de la estación de monitoreo 80
Diagrama de elementos que conforman la la estación de monitoreo. 81
Pruebas y validación 81
Metodología para la construcción del prototipo de monitoreo en Tinkercad 81
Componentes y descripción de los materiales. 81
Resultados 81
4.1 Componentes de la estación de monitoreo. 82
4.1.1 Descripción de materiales (Arduino Oficial https://www.arduino.cc/). 82
4.1.2 Descripción de materiales (Arduino Oficial https://www.arduino.cc/). 83
4.1.2.1 Arduino Uno R3. 84
4.1.2.2 Especificaciones Técnicas Placa Breakout. 86
4.1.2.3 Especificaciones Tecnicas Arduino Proto Escudo. 87

4.1.2.4 Especificaciones Técnicas Sensor de temperatura y humedad. 87
4.1.2.5 Especificaciones Técnicas Sensor de luz. 88
4.1.2.6 Especificaciones Técnicas Sensor Ultravioleta. 88
4.1.2.7 Especificaciones Técnicas Sensor Barómetro. 89
4.1.2.8 Especificaciones Técnicas Sensor Polvo. 89
4.1.2.9 Especificaciones Técnicas Resistencia 1 k ohm. 89
4.1.2.10 Especificaciones Técnicas Resistencia 10k Ohmios. 90
4.1.2.11 Especificaciones Técnicas Resistencia 4.75 k ohmios. 90
4.1.2.12 Especificaciones Técnicas Resistencia cables puente genéricos. 90
4.1.2.13 Especificaciones Sensor NPK. 91
4.2 Diagrama de elementos de la estación de monitoreo. 93
4.3 Diseño de la Estación en Tinkercad. 94
4.4 Lógica del funcionamiento del dispositivo. 96
4.5 Metodología para la construcción del prototipo de monitoreo. 98
4.6 Conexiones de sensores con Arduino. 99
4.7 Construcción y Armado. 102
4.8 Pruebas y validación. 105
4.9 Datos en Arduino IoT Cloud 106
4.9.1 Uso de datos históricos en Arduino Cloud. 106
4.9.2 Instrucciones/descarga de datos históricos. 107
4.9.3 Selección de variables para datos históricos. 109
Conclusiones 110
Anexos: 111
Referencias Bibliográficas 115

Índice de Figuras

Figura 1: Enfoque metodológico de la investigación. 6
Figura 2: Metodología de la investigación. 7
Figura 3: Esquema para la instalación de una estación meteorológica automática. 20
Figura 4: Diagrama de bloques en general. 81
Figura 5: Componentes básicos de Arduino. 85
Figura 6: Sensor NPK....91
Figura 7: Diagrama de conexiones Nutrientes. 91
Figura 8: Elaboración propia....93
Figura 9: Sensor de humedad del suelo. Elaboración propia en Tinkercad.....95
Figura 10: Lógica del funcionamiento del dispositivo 97
Figura 11: Conexión sensor de suelo con Arduino.....99
Figura 12: Conexión sensor de suelo con Arduino.....99
Figura 13: Conexión sensor NPK con Arduino. 100
Figura 14: Diagrama de conexión del sensor de luz con Arduino Uno R3.....100
Figura 15: Diagrama de integración completa del sistema de monitoreo. 101
Figura 16: Diagrama de sondas. 101
Figura 17: Armado del dispositivo 102
Figura 18: Conexiones de sellado con cables de sensores y Arduino. 102
Figura 19: Conexión de sondas y cerebro del dispositivo. 103
Figura 20: Sondas e integración del dispositivo. 103
Figura 21: Sensor NPK para prueba & Sensor de humedad de suelo.....103
Figura 22: Integración de los componentes del prototipo. 104
Figura 23: Prueba del sistema y visualización de los datos. 105
Figura 24: Validación del sensor NPK con tierra. 105
Figura 25: Panel de control en la nube de Arduino. 107
Figura 26: Ventana con datos históricos dentro del tablero. 108
Figura 27: Fuente de datos.....108
Figura 28: Datos de descarga. 109

Índice de Tablas

Tabla 1: Modelos de agricultura protegida desde la agricultura familiar**.**.....18
Tabla 2: Parámetros de las variables del cultivo: Caso caña de azúcar.....19
Tabla 3: Matriz de aplicación de la tecnología Arduino en la Agricultura de Precisión.....27
Tabla 4: Matriz de las Estaciones de Monitoreo 32
Tabla 5: Matriz de las Estaciones de Monitoreo Base de Patentes 2014- 2022. 40
Tabla 6: Matriz Base de Patentes Reclamaciones 2014- 2022. 42
Tabla 7: Listado de materiales. 83
Tabla 8: Especificaciones Tecnicas de Arduino. 84
Tabla 9: Sensor de luz.....88
Tabla 10: Especificaciones sensor NPK.....92

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Cultivos Agrícolas.

Los cultivos agrícolas son plantas que se cultivan y cosechan para su uso humano o animal. Se cultivan en todo el mundo para proporcionar alimentos, fibra, combustible y otros productos (Sánchez-Olarte, 2015). Los cultivos agrícolas más comunes incluyen:

Cereales: Los cereales son la fuente de alimento más importante del mundo. Se cultivan en casi todos los países del mundo y se utilizan para hacer pan, pasta, arroz, cereales y otros productos alimenticios. Algunos de los cereales más comunes incluyen trigo, maíz, arroz, cebada, avena y sorgo.

Leguminosas: Las leguminosas son una familia de plantas que incluye frijoles, guisantes, lentejas y soja. Son una buena fuente de proteínas y fibra, y también ayudan a fijar el nitrógeno en el suelo, lo que es esencial para la salud de las plantas.

Oleaginosas: Las oleaginosas son plantas que se cultivan por sus semillas, que se utilizan para producir aceite. Algunos de los cultivos oleaginosos más comunes incluyen soja, canola, girasol, palma aceitera y cacahuetes.

Hortalizas: Las hortalizas son plantas que se cultivan por sus hojas, tallos, raíces, flores o frutos. Son una buena fuente de vitaminas, minerales y fibra. Algunas de las hortalizas más comunes incluyen lechuga, tomates, papas, cebollas, zanahorias y brócoli.

Frutas: Las frutas son el fruto de las plantas con flores. Son una buena fuente de vitaminas, minerales y fibra. Algunas de las frutas más comunes incluyen manzanas, naranjas, plátanos, uvas, fresas y sandías.

Cultivos forrajeros: Los cultivos forrajeros son plantas que se cultivan para alimentar al ganado. Son una buena fuente de proteínas, fibra y energía. Algunos de los cultivos forrajeros más comunes incluyen alfalfa, hierba de trigo, trébol y maíz ensilado.

Los cultivos agrícolas son esenciales para la vida humana. Proporcionan alimentos, fibra, combustible y otros productos que son necesarios para nuestra supervivencia y bienestar.

La producción de cultivos agrícolas enfrenta una serie de desafíos, incluido el cambio climático, la escasez de agua y las plagas y enfermedades. Los agricultores están trabajando para desarrollar nuevas tecnologías y prácticas para superar estos desafíos y producir cultivos de manera más sostenible.

1.2 Planteamiento del problema.

Según la Organización de las Naciones Unidas (FAO), un tercio de la población global deriva su sustento de la agricultura, en la economía emergente representa el 30% del PIB.

Actualmente los rendimientos de los cultivos agrícolas por hectárea han disminuido por la gran demanda de nutrientes del suelo los cuales son removidos con el cultivo continuo (AGUILAR, 2012).

Los efectos negativos de la actividad agrícola sobre el ambiente son: la erosión, la degradación del suelo por deforestación, el laboreo excesivo , la perdida de los nutrientes del suelo, la contaminación con biocidas que afectan a los vertebrados e insectos benéficos , la pérdida de biodiversidad , la acumulación de nitratos y otros productos químicos sobre las capas del suelo , las pérdidas de tierras agrícolas por salinización, el agotamiento de las fuentes de agua (JICA-INTA, 2004).

El desarrollo y el rendimiento adecuado de los cultivos están en función del comportamiento de diversos factores —*e.g.*, pH, humedad, temperatura atmosférica, salinidad, potasio, fosforo, nitrógeno (nutrición) , por mencionar algunos. El valor de dichos factores es requerido por el agricultor para decidir la adición o no de agua, nutrientes, cuidados, entre otros. Algunas prácticas para conocer el estado del desarrollo del cultivo implican (*a*) ir a “campo” y directamente por experiencia determinar el estado de dichos factores de interés, (*b*) otra práctica comúnmente a la que recurren los agricultores es tomar una muestra y llevarla a un laboratorio para su análisis; sin embargo, estas prácticas requieren un alto conocimiento de la relación entre el cultivo y sus parámetros deseados, al mismo tiempo, en que su desarrollo conlleva un tiempo significativo. En este contexto, es evidente que, para un proceso de Toma de Decisiones eficiente en el campo agrícola, es necesario que el agricultor tenga información lo más cercano a un tiempo real para contribuir con el proceso fenológico de sus cultivos y mejorar sus rendimientos de cosecha.

Hoy en día se han presentado soluciones a partir de estaciones meteorológicas generalmente gestionadas por personal a quienes debe consultárseles los datos registrados por dicha estación; datos relacionados con la temperatura, humedad, velocidad del viento, los cuales son datos importantes para el agricultor, pero no suficientes para valorar la condición de la planta, en tal sentido, es necesaria información que si bien son datos, sin embargo, la variables relacionadas con el suelo del cultivo no son reportadas por estas estaciones de manera integrada en la misma estación, por lo que se requiere una estación para dicho caso.

1.3 Objetivo General:

Diseñar un dispositivo en Arduino Uno-R3 capaz de medir variables agrometeorológicas en tiempo real con almacenamiento en la nube, para determinar las necesidades de nutrición en cultivos agrícolas.

1.4 Objetivos Específicos:

1. Determinar las variables agrícolas que influyen en el crecimiento de los cultivos agrícolas.
2. Identificar los elementos tecnológicos que compondrán un dispositivo basado en Arduino Uno R3, que integre los sensores de los factores, *e.g.*, pH, humedad, temperatura atmosférica, salinidad, potasio, fosforo, nitrógeno; empleando IoT con *cloud storage*.
3. Construir el dispositivo y validar su funcionamiento, para la captura de datos de medio ambiente y suelo.

1.5 Justificación:

Al aplicar este tema de la estación de monitoreo en tiempo real en las variables agrometeorológicas para el registro fenológico de los cultivos agrícolas en este caso los cultivos agrícolas, nos va a permitir que cada vez tiene una mayor importancia las escalas fenológicas que permiten a la vez, referirse a las observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo para esto se logrará tener un producto final derivado de un proceso derivado de actividades agrícolas efectuadas durante todo el ciclo.

En la actualidad el incremento de los niveles de supervisión y control en las variables de producción de los cultivos agrícolas se manifiesta como una opción para contribuir al desarrollo competitivo de la agricultura (Samuel, 2020).

Con el diseño del Arduino Uno- R3 los agricultores tendrán información suficiente a un tiempo cercano real y contribuirán con el proceso fenológico de sus cultivos para alcanzar un mayor desarrollo agrícola.

1.6 Hipótesis.

La estación meteorológica concede a los agricultores tomar decisiones eficientes en ellos cultivos agrícolas a través del uso de la tecnología Arduino UNO R3, con almacenamiento en la nube, el cual permitirá tomar capturas ambientales y de suelo como un apoyo al productor de los diferentes cultivos agrícolas para el seguimiento de la fenología en el cultivo, basándose principalmente en las variables, de esta manera se permite al agricultor de cultivos traspatio de las comunidades más vulnerables y apartadas de la región intermunicipal de Misantla, tener información cercana en el proceso fenológico de su cultivo y el rendimiento de la cosecha, sin embargo hoy en día se han presentado soluciones a partir de estaciones meteorológicas que son gestionadas por personal capacitado a quienes se debe consultar los datos registrados por dicha estación, como son; datos relacionados con la temperatura, humedad, velocidad del viento, los cuales son datos importantes para el agricultor, pero no suficientes para valorar la condición de la planta, en tal sentido, es necesaria información en tiempo real de las variables relacionadas con el suelo del cultivo, las cuales no son reportadas por estas estaciones de manera integrada en una sola estación, por lo tanto esta estación meteorológica estará integrada y será capaz de censar y registrar información climática y parámetros de suelo en tiempo real, para que este a disposición y al alcance de las comunidades agrícolas vulnerables.

1.7 Preguntas de investigación.

1. ¿Qué variables influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas?
2. ¿Qué elementos tecnológicos componen un dispositivo basado en Arduino Uno R3, que integre los sensores de los factores de, pH, humedad, temperatura atmosférica, salinidad, potasio, fosforo, nitrógeno?

1.8 Alcances.

Se propone la construcción de un dispositivo de medición meteorológica a nivel prototipo.

1.9 Limitaciones.

Para el seguimiento del trabajo se consideran las siguientes limitaciones que puedan surgir durante el desarrollo:

1. Fallas de los componentes de la estación meteorológica.
2. Presupuesto durante el desarrollo del proyecto.

1.10 Impacto Económico- Social.

Las estaciones de monitoreo en tiempo real de variables agrometeorológicas aplicadas a los cultivos agrícolas, en los espacios que tiene la máxima casa de estudios él Instituto Tecnológico Superior de Misantla tendrá un impacto que fortalecerá las Tecnología de Información y Comunicación así mismo la innovación, se fortalecerá la economía en el campo y la seguridad alimentaria.

1.11 Impacto Ambiental y sustentable.

Mide las variables agrometeorológicas en tiempo real y estas se almacenan en la nube, con la finalidad de determinar las necesidades de nutrición en el cultivo de caña de azúcar, cuidando no afectar a los componentes de la tierra.

1.12 Enfoque de la investigación.

La presente investigación es de tipo exploratoria y descriptiva, relacionada en el campo de las estaciones de monitoreo de las variables agrometeorológicas para el registro fenológico de los cultivos agrícolas a través de la inteligencia artificial.

La Figura 1 describe el enfoque metodológico para el diseño y construcción de la estación agroclimática.

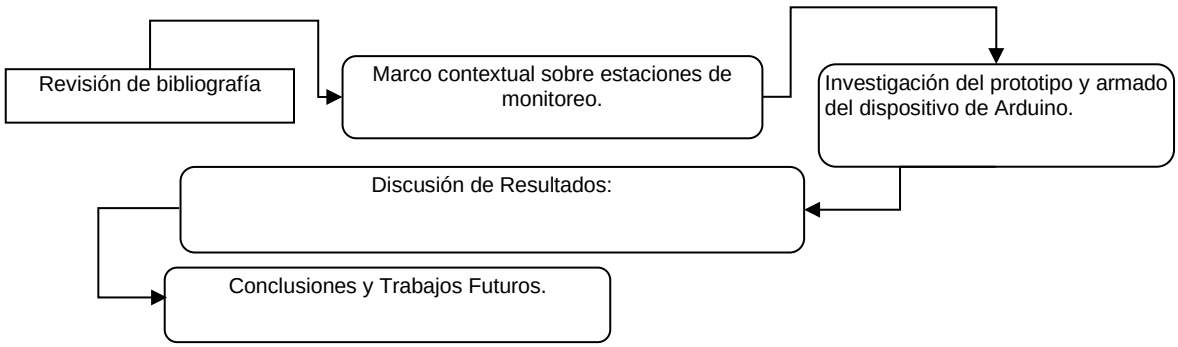


Figura 1:Enfoque metodológico de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

Las actividades que implican el desarrollo del enfoque metodológico se resumen a través de.

- Un estudio de observación y registro que determinen las variables que influyen en el registro.
- Investigación de los componentes que integran el dispositivo de tecnología basado en Arduino.
- Armado del dispositivo Arduino, validando su funcionamiento con la práctica en el cultivo de azúcar para recuperar los datos de los sensores.

1.13 Contribuciones esperadas de la investigación.

Esta investigación propone la construcción del dispositivo basado en Arduino Uno R3, que integre los sensores de los factores, *e.g.*, pH, humedad, temperatura atmosférica, salinidad, potasio, fosforo, nitrógeno y validar su funcionamiento, en comparación a las prácticas convencionales, esto permitirá a los agricultores recopilar datos agro climatológicos relacionados con estas variables, con el propósito de orientar la aplicación de sus prácticas agrícolas para mejorar la toma de decisiones.

1.14 Metodología de la Investigación.

La metodología aplicada en el desarrollo de la tesis, “estación de monitoreo en tiempo real de variables agrometeorológicas y parámetros de suelo, ph, humedad para cultivos agrícolas: Caso caña de azúcar” para el periodo de agosto 2021 y agosto 2023, comprende las siguientes actividades durante los cuatro semestres: durante el primer semestre se enfoca a la contextualización y generalización del cultivo de caña de azúcar en México, para el segundo semestre se considera la contextualización de las variedades del cultivo de caña de azúcar, seguido de la caracterización de la fenología y las prácticas agrícolas en el cultivo de

cañada de azúcar, en el tercer semestre comprende la revisión de literatura (artículos y patentes relacionados con tecnologías para el monitoreo de cultivos, así mismo también en identificar los parámetros de suelo y variables ambientales en el cultivo de caña de azúcar, por último en el cuarto semestre abarca el diseño del prototipo de monitoreo para el cultivo de caña de azúcar, la construcción del prototipo y la validación del dispositivo in- situ (ver figura 2).

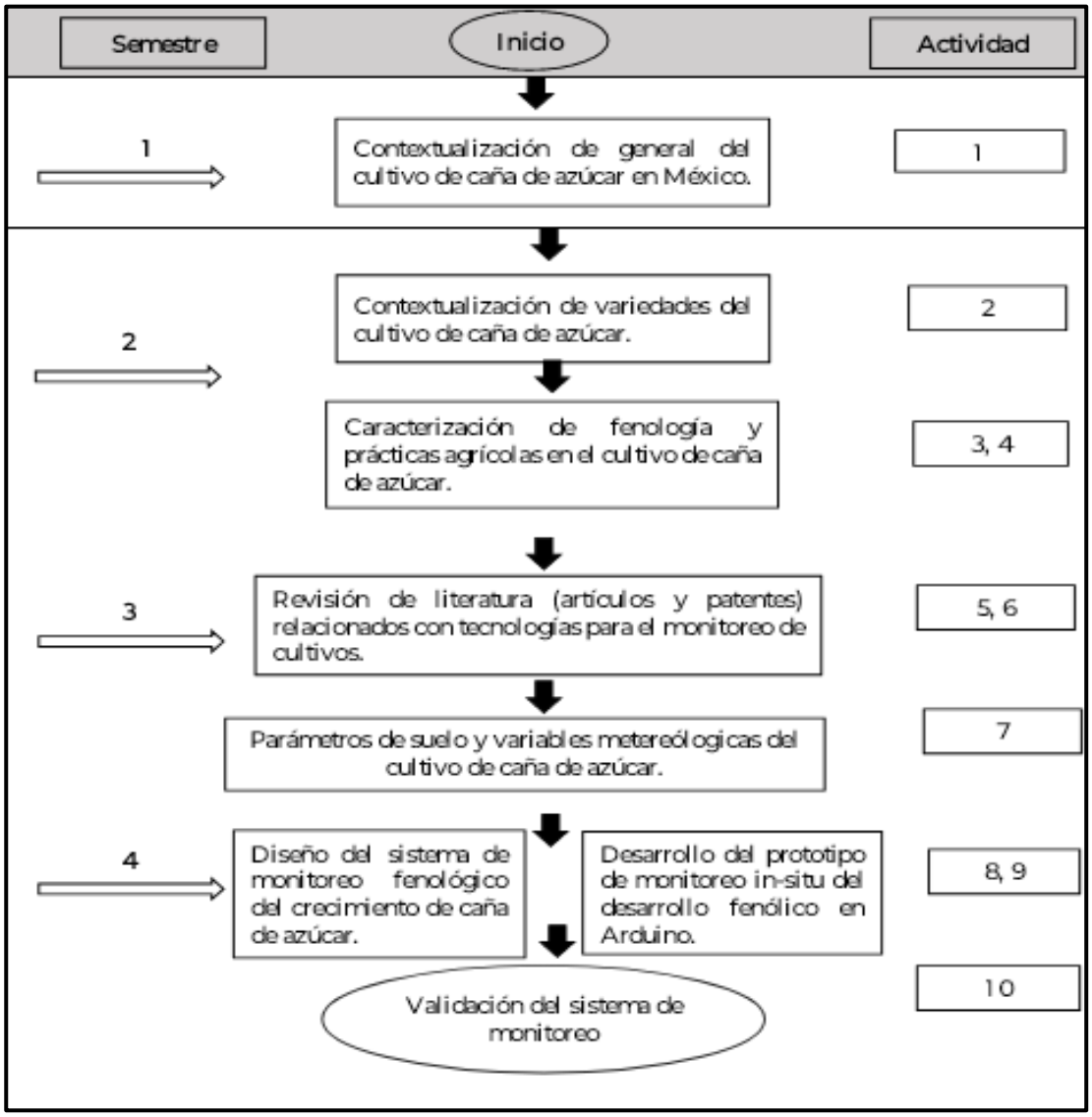


Figura 2: Metodología de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 2. Preliminares

2.1 Agricultura rural.

La fragilidad de las cadenas agroalimentarias industriales ha quedado más que evidenciada. Fenómenos como los desastres naturales, guerras, pandemias, entre otros eventos atípicos; han puesto de manifiesto que la cadena logística larga alimentaria carece de la capacidad de adaptarse ante estos fenómenos para abastecer de alimentos de sanos y frescos, en tiempo y forma. La humanidad se encuentra ante un constante cambio en las formas y modos, de consumo. Existe una transición hacia la preferencia de consumo de productos agrícolas orgánicos, libres de agentes químicos contaminantes y que sean producidos en concordancia con el medio. En tal sentido, este documento analiza y discute el sistema de producción Agrícola Protegida desarrollada desde la Agricultura Familiar, como esquema que permite desde sus características la producción y disponibilidad de frutas y verduras durante todo el año, para autoconsumo y/o comercialización. La Agricultura Protegida mediante los modelos: microtúnel, macrotúnel, mallas sombra, mallas antiinsectos, mallas antipájaros, e invernaderos; se presentan, como una estrategia novedosa que permite controlar parte de los factores climatológicos, minimizando los impactos que los cambios medioambientales tienen sobre los cultivos, así como plagas y enfermedades. Por lo que, son una alternativa que permite atender el abastecimiento de alimentos ante fenómenos atípicos, y en el contexto transformacional actual de la sociedad y de los modos de consumo.

La agricultura rural ha sido estudiada en cada país desde su propio contexto familiar, y es común encontrar reportes que convergen en que la falta de desarrollo de este modelo agrícola puede deberse entre diversos factores como el alto índice de marginalidad, pobreza en su economía, aislamiento geográfico, insuficientes fuentes de trabajo, desigualdad social,

y una escasa aplicación de programas comunitarios, que incluye limitaciones en el acceso a servicios de salud y transporte, entre otros (R. G., C. Azevedo, & Caulfie, 2019).

En lo general, las comunidades rurales son conformadas por familias campesinas en donde de al menos un integrante realiza una actividad económica de la agricultura, y dicha actividad se realiza sin hacer uso de mano de obra asalariada, con materiales agrícolas limitadas, y el resultado de su actividad agrícola lo destina en mayor proporción al autoconsumo [10]. En otros casos, cuando las actividades de este sector se realizan como pueden ser la agricultura intensiva, explotación forestal, ganadería, y pesca; además de cubrir sus necesidades básicas no-absolutas, sus excedentes de producción se comercializan dentro de la localidad, y en menor medida, a nivel regional, con costos injustos, justificado por la informalidad de la negociación entre el campesino y, generalmente, el intermediario.

El número de hogares para México en el año 2018 fue de 34,744.818 mismos que agruparon una población de 125,091,790 habitantes. De ese total, 39.16% de la población se ubicó en localidades rurales y 60.84% en urbanas; mientras que, a nivel de los hogares, 37.13% fueron rurales y 62.87% urbanos. Llama la atención una similitud de estas proporciones, sin embargo, las condiciones adversas de bienestar se concentran en donde se encuentran las familias campesinas de las localidades rurales [10] en donde las decisiones de sustento, se concentra en el seno familiar. Las estrategias de sustento están relacionadas con las decisiones, acciones y objetivos implementados por integrantes de los hogares para asegurar su sobrevivencia [11] El concepto de estrategia campesina se refiere a las prácticas de sobrevivencia locales entrelazadas con la esfera económica, política, social y cultural del hogar campesino, que además recrean la vida comunitaria [12]. Estas estrategias campesinas pueden comprender las prácticas de mercado encaminadas a la producción-venta y aquellas asociadas con la subsistencia, como la elaboración de alimentos para autoconsumo. Las estrategias de producción social diferenciadas por género son fundamentales para la actividad

agrícola-familiar, ya que posibilitan la producción, comercialización entre diversos mercados de consumo [11]. En tal sentido, los hogares campesinos mantienen una actividad y economía diversa, en la cual recrean e interactúan en diversas formas de trabajos, como pueden ser de negociación, preparación, administración, y relación con los clientes con los que sostienen a sus familias [13]

En las actividades agrícolas el trabajo puede ser remunerado y no remunerado, en donde la propiedad puede ser privada o ejidal. Por otra parte, el acceso a créditos, no es exclusivo de banca comercial, sino, por ejemplo, en mayor posibilidad se realiza a través de las cajas de ahorro y/o cooperativas tratando de ser insertadas en procesos de comercio justo. En el mejor de los casos, los campesinos realizan negociaciones con los intermediarios regionales y en mercados alternativos donde se privilegia la venta directa.

La agricultura familiar se puede subdividir en tres categorías: agricultura familiar empresarial, agricultura familiar en transición y economía campesina. En la primera, la producción rebasa las 50 hectáreas, con un ciclo productivo de riego. En esta economía, la labor productiva es auxiliada a través de herramientas básicas, animales de tiro, maquinaria y procesos industriales; la producción se destina en mayor medida a la venta nacional e internacional. En la agricultura familiar de transición, la producción se destina una parte al autoconsumo y la otra a la venta, y se cuenta con una extensión de tierra que no rebasa las 49 hectáreas, a través de un ciclo combinado de temporal y riego; además los campesinos pueden apoyarse de herramientas básicas, animales de tiro y ocasionalmente maquinaria agrícola. En la economía campesina, la propiedad, la gestión y el trabajo son proporcionados por miembros de la familia; la producción se destina al autoconsumo, en su mayoría, la extensión de terrenos no rebasa las nueve hectáreas; utiliza un ciclo productivo de temporal completamente y emplea animales de tiro y herramientas básicas agrícolas; diversifica sus

actividades agrícolas y no agrícolas, con el propósito de generar un ingreso que complemente el sustento familiar [14].

La Economía Campesina (EC) como unidad económica tiene como objetivo satisfacer las necesidades de consumo del núcleo familiar e intercambiar sus excedentes de producción [15], más que la acumulación de algún ingreso monetario por la venta de sus cosechas. Para lograr lo anterior, sus integrantes diversifican sus actividades, con la intención de procurar el gasto familiar. La diversificación puede ser a partir del trabajo agrícola como la crianza de animales, o bien, ajenas al campo, incluido el trabajo temporal, el comercio, la elaboración de artesanías, entre otras actividades familiares temporales. El trabajo está asignado por los miembros de la familia. La EC vista como una estructura de empresa familiar, está conformada por tres elementos: familia, control y propiedad [16]. Esta empresa, requiere gestionar sus recursos para lograr los objetivos económicos del negocio y los familiares. Es decir, implica el uso de la actividad agrícola como medio para cubrir sus necesidades básicas, para salvaguardar los intereses de la familia, y la generación del recurso económico. El recurso económico se refiere al dinero destinado a la producción agrícola, el mantenimiento del cultivo y/o actividad pecuaria, así como para el sostenimiento familiar de sus necesidades básicas. Los recursos materiales son bienes tangibles e intangibles necesarios para la actividad agrícola, como puede ser: las herramientas, maquinaria, instalaciones, transporte, y la asistencia técnica especializada [14].

Las investigaciones sobre la realidad de la actividad agrícola familiar son comunes y escasas en su caracterización. Este umbral aumenta al tratar de comprender las unidades económicas de las zonas rurales, en donde existen pocos estudios sobre la realidad de los agricultores, y el periodo entre cada uno de estos estudios es amplio. Sin embargo, pueden rescatarse las siguientes características de este modelo de Economía Campesina:

1 La EC está conformada por un núcleo familiar. La familia proporciona y administra las tierras, el dinero y los recursos.

2 La producción es destinada principalmente al consumo familiar, y otra parte es para la crianza del ganado, generalmente vacuno, porcino y caprino, así como la crianza de aves y patos.

3 Sólo se venden o intercambian productos si alguien de la comunidad los necesita.

4 Los terrenos no rebasan las nueve hectáreas.

5 Se tienen herramientas básicas de trabajo agrícola, y en lo general improvisadas, y se auxilia de animales de tiro para preparar la tierra.

6 Además de la siembra, se dedica a la crianza de animales y comercialización de productos derivados del campo con valor agregado, como pueden ser las conservas de alimentos, algunos derivados lácteos, y en pocas ocasiones, como alimento urbano, como puede ser frutos hervidos, entre otros alimentos típicos de la región.

El autoconsumo como una forma de sostenimiento entre las familias campesinas se conceptualiza como parte de un modelo tradicional de producción y consumo en permanente transformación en los países en desarrollo, sobre todo por su carácter como sector primario y su correlación con las condiciones de crisis económica y pobreza que enfrentan estas familias [17]. Este tema ha sido de interés académico y de política social, elevando a los huertos traspatio como estrategia de sobrevivencia para estos hogares [18].

En este campo de estudio, la literatura agrícola ha reportado que el ambiente natural de una región determina muchas de las características y capacidades alimentarias de la población que la habita, por ejemplo, el tipo de producción agrícola con mayor rentabilidad para su producción intensiva o en ambientes controlados (invernaderos), así como su temporalidad de cultivo y cosecha. A estos factores influyen también, la capacidad productiva de las tierras de cultivo, y el tipo de tecnología necesaria para desarrollar una agricultura eficiente. Sin este último factor, el ambiente natural de una región define en gran medida los

problemas de la rentabilidad agrícola para que los grupos humanos puedan enfocarse y asentar la práctica agrícola en un territorio [19]. Ante esto, el huerto de traspatio ha resurgido incluso, como una práctica privilegiada de algunas comunidades, y que hoy en día, cada vez más toma mayor importancia como una estrategia de autosuficiencia para lograr la soberanía alimentaria [20].

Algunos trabajos que reflejan el impulso de la producción agrícola traspatio como una estrategia para incorporar la producción agrícola familiar a las cadenas alimentarias, por ejemplo, han propuesto la creación de centros de acopio [21]; la gestión de cadenas de productivas [22], entre otros estudios para potencializar regiones marginadas como se reporta en [23] con el objetivo de impulsar la economía de las comunidades.

2.2 Agricultura protegida.

El sistema tradicional de producción agrícola —basado en prácticas rudimentarias tecnificadas altamente dependiente de las condiciones climáticas—, ante un contexto actual de crecimiento poblacional, desastres naturales, gases de efecto invernadero, guerras, cambios en las preferencias alimenticias, entre otros fenómenos; se encuentra ante la necesidad de abastecer una alta demanda de agro-alimentos; y es una realidad que a pesar de la tecnificación de este sector, en donde se ha incrementado la oferta de alimentos, esto no ha sido suficiente, el crecimiento demográfico ha sido mayor que el crecimiento en la oferta de alimentos cultivados. En tal sentido, la FAO (*Food and Agriculture Organization*) estima que para el 2050, se tendrá que producir alrededor del 50% de alimentos, de los que se producían en el año 2012 (FAO, 2017). Actualmente, menciona la FAO et al. (2020) que en el mundo padecen hambre aproximadamente 690 millones de personas.

Entonces, la situación actual del sector agrícola pone en riesgo el logro del Objetivo 2: Hambre Cero como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El hambre y la

malnutrición ocasionan que las personas sean menos productivas y más propensas a adquirir enfermedades (FAO, 2021). Ante este escenario, se torna evidente la necesidad de adoptar nuevos sistemas de producción sostenible agrícola, que permitan eliminar el hambre y la pobreza (CEPAL, 2019).

En la actualidad a nivel mundial, el sector agroindustrial: proporciona medios de vida al 40% de la población, es el mayor empleador, es la principal fuente de ingresos para las familias rurales, desde las pequeñas granjas que proporcionan el 80% de los alimentos (UN, 2022).

Los sistemas agrícolas soportadas en la tecnificación se presentan como una estrategia que permitirá incrementar la disponibilidad de alimentos para la presente y futuras generaciones. Es una realidad que el sistema agrícola tradicional, es insuficiente para satisfacer la gran demanda de alimentos. Y es que la explotación de cultivos intensivos a campo abierto desde las grandes extensiones de tierra, es propenso a diversos factores—*e.g.*, lluvias excesivas, ráfagas de viento, desastres naturales, elevada radiación solar—, que ponen en riesgo el logro en la disponibilidad de alimentos. Así también, como se conoce, la agricultura familiar se presenta como un modelo de negocio familiar por excelencia, representando la columna vertebral de la agricultura (Bell, 2019). En este esquema de producción son los integrantes de la familia, quienes principalmente desarrollan la práctica agrícola, siendo el conocimiento adquirido transferido de generación en generación, y que en los últimos años ha llamado la atención por la potencialidad de proveer alimentos en corto tiempo, asociado a la proximidad geográfica entre productor-consumidor. Marcelino et al. (2018), lo catalogan como la principal empresa agrícola en el mundo.

Entonces, es necesario complementar la disposición de agro-alimentos desde sistemas de producción alternos. En tal sentido, en el presente estudio se analizan y discuten algunos

modelos de la agricultura protegida que, al desarrollarse desde el esquema de la agricultura familiar, pueden permitir la producción de alimentos agrícolas en sistemas “controlados”.

La agricultura protegida es un sistema que permite la producción de agro-alimentos mediante el control de algunos de los factores climáticos; tales como la lluvia, la cantidad de radiación de sol, la velocidad del viento, la temperatura atmosférica, plagas, enfermedades, entre otras; y es que como sistema a través de infraestructura especializada además de regular estos factores es posible la incorporación de agro-nutrientes desde sistemas tecnificados. Concebido como un sistema productivo relativamente nuevo (Vargas-Canales et al., 2022). Ghani et al. (2019) lo conciben como una solución sostenible. La mayoría de los países requiere proteger los cultivos ante situaciones extremas de clima y ambientales, siendo las ubicaciones más desafiantes: las tropicales, las áridas, los polares y las urbanas (McCartney & Lefsrud, 2018).

La agricultura protegida cuida los cultivos mediante diferentes tipos de estructuras, las cuales, ofrecen desde su configuración diversas alternativas de control de condiciones climáticas en función del tipo de cultivo.

La agricultura protegida incluye principalmente los modelos de tipo invernadero, macrotúneles, microtúneles, acolchado, mallas sombra, mallas antiinsectos, mallas antipájaros, acolchado, cortavientos, camas calientes. Cada uno de estos modelos, tiene sus propias características, siendo el rasgo predominante la dimensión y el tipo de material empleado para su construcción, *e.g.*, los invernaderos de tipo multimodulares requieren en promedio un ancho máximo de entre 20 a 25 metros; otra consideración importante es el material empleado en la infraestructura, la cual puede ir desde una estructura basada en materia orgánica —como *e.g.*, bambú, raíces, ramas, lianas— hasta estructuras metálicas en acero galvanizado, al carbón u otro metal.

Ahora bien, los sistemas de agricultura protegida si bien es cierto que se presentan con un esquema atractivo, su implementación desde la agricultura familiar es aún más interesante, y es que como se mencionó anteriormente, son los pequeños agricultores los encargados de abastecer el 80% de los alimentos, desde sus granjas. Por lo que, la agricultura protegida, según Hadavi & Ghazijahani (2018), forma parte de la respuesta a la crisis próxima del agua y del cambio climático. Siendo capaz de impulsar la agricultura en todo el mundo (Rathee et al., 2018). Algunos ejemplos son:

Invernaderos: Son estructuras cubiertas con plástico o vidrio transparente que permiten controlar la temperatura, la humedad, la luz y la ventilación. Se utilizan para cultivar una amplia variedad de hortalizas, frutas, flores y plantas ornamentales (Muñoz & Sánchez, 2022).

Macrotúneles: Son estructuras similares a los invernaderos, pero con menor altura y ventilación natural. Son más económicos y se utilizan para cultivar hortalizas y flores de ciclo corto (González & Fernández, 2021).

Casas de sombra: Son estructuras cubiertas con malla sombra que reducen la intensidad de la luz solar y regulan la temperatura. Se utilizan para cultivar plantas que no toleran el sol directo, como café, cacao y orquídeas (Martínez & López, 2020).

Túneles altos: Son estructuras cubiertas con plástico o malla que permiten el paso de maquinaria agrícola. Se utilizan para cultivar hortalizas, frutas y berries en grandes extensiones (Rodríguez & Pérez, 2019).

Hidroponía: Es un sistema de cultivo en el que las plantas crecen en una solución nutritiva sin suelo. Se utiliza para cultivar una amplia variedad de hortalizas, hierbas aromáticas y flores (García & Torres, 2021).

Aeroponía: Es un sistema de cultivo similar a la hidroponía, pero en el que las raíces de las plantas están suspendidas en el aire y reciben la solución nutritiva en forma de nebulización.

Se utiliza para cultivar hortalizas de alto valor y plantas con sistemas radiculares poco profundos (Fernández & Morales, 2020).

Estos son solo algunos ejemplos de los diversos sistemas de agricultura protegida, la elección del sistema más adecuado dependerá del tipo de cultivo, las condiciones climáticas, la disponibilidad de recursos y los objetivos específicos del productor.

La agricultura protegida representa una alternativa viable para aumentar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo rural del país.

Finalmente, el sistema de producción agrícola desde la agricultura protegida desarrollada por la familia permitirá a esta complementar su dieta alimenticia, al mismo tiempo en que se incrementa la disponibilidad de productos para su comercialización, y con ello generar un ingreso para satisfacer otras necesidades de desarrollo socioeconómico.

2.3 Viabilidad de adopción por la agricultura familiar.

Considerando las implicaciones de cada tipo de modelo de agricultura protegida y las características sobre las que se desarrolla la agricultura familiar, *i.e.*, la práctica agrícola familiar como un sistema de producción limitado por espacio, ya que, es una actividad típicamente desarrollada en traspatio, en donde la mano de obra es proporcionada por la misma familia y en donde los recursos económicos son limitados, soportado en el conocimiento generacional; los modelos de agricultura protegida que pueden ser viables de adopción de parte de la familia agrícola son: microtunel, acolchado, mallas sombra, mallas antiinsectos y mallas antipájaros. Estos modelos son definidos por considerarse de fácil adopción de parte de la familia agro-productora, al mismo tiempo en que no requieren una inversión económica significativa, y puede ser adoptado en espacios reducidos. La Tabla 1,

presenta los modelos que son susceptibles de adopción de parte de la familia agro-productora, derivados de la fase previa.

Tabla 1: Modelos de agricultura protegida desde la agricultura familiar**.**

Modelo	Descripción	Materiales	Variables que controla	Aplicaciones
Microtunel	Invernaderos en miniatura, no cuentan con calefacción y son portátiles	Soporte de madera o metal en forma semicircular, cubierto con plástico	Temperatura, luz, humedad	(Reséndez et al., 2020; S. Willden et al., 2021; S. A. Willden et al., 2022)
Acolchado	Protección de las raíces de las plantas del calor, frio, sequedad, así como mantener limpio el fruto	Materia orgánica como, paja, aserrín, los restos del cultivo del maíz o plástico	Humedad, temperatura, maleza, CO2,	(Benedet et al., 2020; Xie et al., 2020; Zhou et al., 2018)
Mallas Sombra	Dosifica la cantidad de luz que recibe la planta	Polietileno de alta densidad	Luz, temperatura, humedad	(Hirzel et al., 2020; Laur et al., 2021; Martínez-Espinosa, 2021)
Mallas Antiinsectos	Protege de microclimas y de daños por insectos	Polietileno de alta densidad	Plagas y enfermedades por plagas	(Formisano et al., 2020, 2021; Giannoulis et al., 2021)
Mallas Antipájaros	Impide que las aves se alimenten del cultivo	Polietileno de alta densidad	Aves silvestres	(Aznar-Fernández & Rubiales, 2018; Jiang et al., 2020; Kumar et al., 2021)

Fuente: Modelos de agricultura protegida, 2020.

Estos cinco modelos descritos, por sus características de control y semi-control de fenómenos que afectan el rendimiento del cultivo, tienen la potencialidad de ser adoptados como modelos de agricultura protegida por parte de los agro-productores familiares.

La adopción de estos modelos tecnificados, permitirán: (*a*) incrementar el rendimiento en la disponibilidad de agro-alimentos para autoconsumo y comercialización, desde los Circuitos Cortos de Comercialización; (*b*) obtener productos con mejor calidad, desde el control de algunos factores que perjudican al producto agrícola; considerando estos puntos, (*c*) abonar a garantizar la seguridad alimentaria contribuyendo a reducir la brecha hacia el hambre y la malnutrición.

Tabla 2: Parámetros de las variables del cultivo: Caso caña de azúcar.

Variables / Parámetros de suelo	Unidad de medida	Etapas de Caña de Azúcar	Valor mínimo	Valor máximo	Dato
Temperatura	Celsius (°C)	Germinación y Emergencia Amacollamiento o ahijamiento Crecimiento Maduración	24° 30° 30° 24°	35° 30° 35° 30°	<12° El crecimiento se detiene <18° El crecimiento se reduce >35° Reducción en el crecimiento
Precipitación	Milímetros de agua (mm)	Germinación y Emergencia Amacollamiento o ahijamiento Crecimiento Maduración	1 200 mm/ Anuales	1 500 mm/ Anuales	Para el periodo previo a la cosecha (6 o 8 Semanas), lo recomendable es un bajo contenido de humedad en el suelo y disminución en el riego para llevar la maduración de la caña de azúcar. La falta de agua puede provocar en el cultivo bajos rendimientos, al no poder desarrollarse la suficiente cantidad de biomasa.
índice de humedad	g/m3	Todo el proceso de la caña de azúcar	0.4	2	Indica la cantidad de agua que se pierde por la evapotranspiración y la cantidad de agua y cantidad de agua que recupera por la lluvia. Para la caña de azúcar se estima una evapotranspiración de 5 a 6.5 mm al día, agua que necesitan las plantas y la mayor parte debe provenir del suelo.
PH	No tiene unidad de medida	Todo el proceso de la caña de azúcar	4.5	6.5	Con un ph menor a 4.5 la acidez del suelo limita la producción o puede ocasionar la muerte de la planta.
Potasio	kg/ha	Condición nutrimental en todo el proceso de la caña de azúcar	<40	>160 7.4	se debe considerar la eficiencia con la que las raíces del cultivo aprovechan el potasio en diferentes tipos de suelos y después, comparar este valor con la demanda nutrimental de la caña para determinar si hay una condición de déficit, superávit o exceso.
Fósforo	kg/ha	Condición nutrimental en todo el proceso de la caña de azúcar	<5 29.4	>30 27.2	Respecto al fósforo, la evaluación de su disponibilidad se puede hacer con base en el análisis químico del suelo.
Nitrógeno	kg/ha	Condición nutrimental en todo el proceso de la caña de azúcar	<10 6.7%	>50 2.7%	El nitrógeno disponible para la planta es el nutriente más complicado de evaluar, porque está sujeto a diversos procesos que influyen en su ruta hacia la solución del suelo.

Fuente: CONADESUCA, 2022.

2.4. Estaciones meteorológicas.

Las estaciones de monitoreo son instalaciones o puntos designados estratégicamente para recopilar datos y realizar mediciones sistemáticas y continuas de diversas variables ambientales, como la calidad del aire, la calidad del agua, la radiación solar, la temperatura, la humedad, entre otros parámetros relevantes. Estas estaciones están equipadas con instrumentos y dispositivos especializados que permiten registrar y analizar cambios en el entorno a lo largo del tiempo, ver figura 3. (Gómez & Rodríguez, 2020)

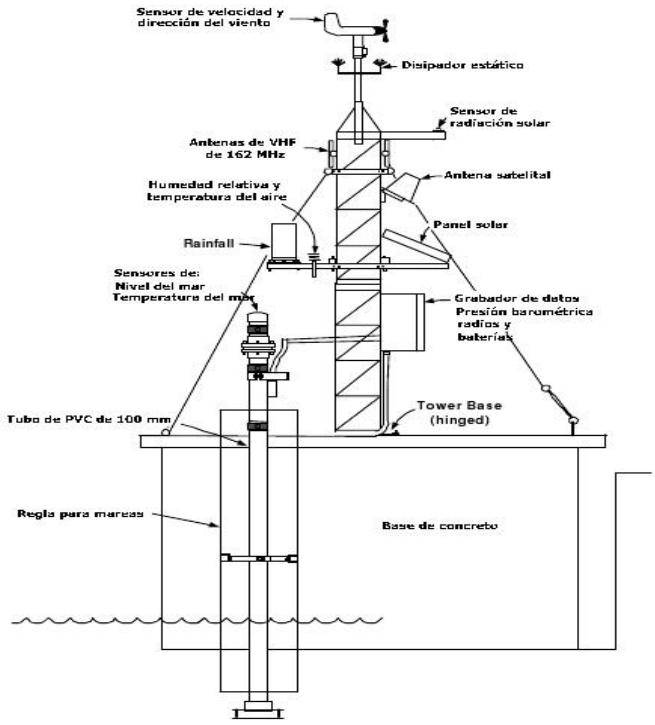


Figura 3: Esquema para la instalación de una estación meteorológica automática.

2.4.1 Estaciones meteorológicas agrícolas.

En el mundo de la agricultura moderna, la tecnología juega un papel cada vez más importante para optimizar la producción y garantizar la calidad de los cultivos. Entre las herramientas tecnológicas más valiosas se encuentran las estaciones de monitoreo agrícola, también conocidas como estaciones meteorológicas agrícolas.

Las estaciones meteorológicas agrícolas son como centros de información completos que recopilan datos en tiempo real sobre diversos parámetros ambientales que afectan directamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Martínez & Gómez, 2018).

Las estaciones meteorológicas agrícolas son dispositivos fundamentales para la monitorización continua de variables climáticas relevantes en la agricultura, como la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, y la radiación solar. Estos datos son cruciales para la toma de decisiones agrícolas, como la planificación de siembras y cosechas, y el manejo de riesgos climáticos (García & Pérez, 2019)

Las estaciones metereólogicas contribuyen a mejorar la normalización de la información metereólogica, debido a que se eliminan los problemas del sistema tradicional como la subjetividad del observador y los errores de digitación (Martínez & Gómez, Contribución de las Estaciones Meteorológicas a la Normalización de Datos Climáticos., 2020). Esta nueva tecnología permite al investigador tener datos libres de error de proceso y posiblemente permita determinar los fenómenos difíciles de medir con instrumentos convencionales, principalmente relacionados con el intervalo de las variables metereólogicas, por lo cual las tareas se deben de realizar con supervisión del investigador por lo tanto es necesario conocer los cambios que se generan en los registros de datos, con el fin de explicar al usuario la información metereólogica, limitaciones y ventajas de estos nuevos registro.

Todas las estaciones metereólogicas están dotadas de un conjunto de sensores conectadas a un sistema de interrogación, a su vez también conectado con un sistema encargado de señales provenientes de los sensores y un sistema de transmisión de información, la complejidad y magnitud de las funciones que se realizan depende principalmente de la dimensión de la función que realiza cada estación metereólogicas automática.

Sus características funcionales como la exactitud en las mediciones, estabilidad en las características de calibración, tiempo de respuesta y durabilidad, también por sus rasgos de acoplamiento al equipo automático, en las estaciones automáticas por lo general las señales de todos los sensores de leen cada diez segundos, al finalizar la hora, los datos de humedad, temperatura y rapidez del viento que predominan, los de radiación y precipitación se suman, determinando la dirección predominante del viento y se lee el valor de la presión atmosférica.

Las estaciones meteorológicas agrícolas pueden medir una amplia gama de variables, incluyendo (Martínez & López, 2020).

Temperatura del aire y del suelo: Es fundamental para conocer las condiciones térmicas a las que están expuestos los cultivos, ya que cada especie tiene un rango de temperatura óptimo para su crecimiento.

Humedad del aire y del suelo: La humedad es otro factor clave que interviene en la salud de las plantas, ya que afecta la absorción de agua y nutrientes.

Precipitación: Información crucial para la gestión del riego, ya que permite conocer la cantidad de agua que reciben los cultivos de forma natural y determinar cuándo es necesario regar artificialmente.

Velocidad y dirección del viento: El viento puede tener un impacto negativo en los cultivos, causando daños mecánicos o favoreciendo la propagación de enfermedades.

Radiación solar: La cantidad de luz solar que reciben los cultivos es esencial para la fotosíntesis, el proceso por el cual las plantas producen su propio alimento.

Presión atmosférica: Puede influir en la transpiración de las plantas y en la absorción de nutrientes.

Punto de rocío: Indica la temperatura a la que el aire se satura de vapor de agua, lo que puede favorecer la aparición de enfermedades fúngicas.

2.4.2 Clasificación de las estaciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas son una solución tecnológica que nos permite monitorear y realizar acciones preventivas en cuanto a las variaciones de los factores como; la temperatura, la lluvia, velocidad del viento entre otras, siendo importantes para la comunidad, industrias, sectores del país y el mundo, debido a que es un dispositivo donde se recopilan los datos de medición de las diferentes variables que influyen en los fenómenos atmosféricos y el clima de determinada región. Las estaciones meteorológicas permiten predecir y analizar las condiciones meteorológicas y de los fenómenos atmosféricos como ciclones, huracanes, tormentas y sequias, con el fin de prevenir posibles riesgos.

Existen diferentes tipos de estaciones meteorológicas agrícolas, que varían en su complejidad y capacidad (Pérez & Rodríguez, 2021).

Estaciones fijas: Instaladas en un punto específico del campo, recopilan datos de forma continua y transmiten la información a una central de control.

Estaciones móviles: Pueden ser trasladadas a diferentes áreas del campo, lo que permite obtener información sobre la variabilidad espacial de las condiciones ambientales.

Sensores remotos: Utilizan tecnologías como la teledetección o la fotogrametría para obtener datos sobre los cultivos a distancia, sin necesidad de presencia física en el campo.

2.4.3 Datos de estaciones meteorológicas.

Los datos recopilados por las estaciones meteorológicas agrícolas se utilizan para una variedad de propósitos (García & Pérez, 2018). entre los que destacan:

Optimizar el riego: Conocer la humedad del suelo y la evapotranspiración de los cultivos permite a los agricultores determinar la cantidad de agua necesaria para el riego, evitando el desperdicio de este recurso vital y previniendo el estrés hídrico en las plantas.

Prevenir enfermedades y plagas: Los datos de temperatura, humedad y lluvia pueden ayudar a predecir la aparición de enfermedades fúngicas o la proliferación de plagas, permitiendo a los agricultores tomar medidas preventivas a tiempo.

Mejorar la polinización: La información sobre la velocidad y dirección del viento puede ser útil para los agricultores que dependen de la polinización por insectos, ya que les permite planificar la ubicación de sus cultivos y optimizar la polinización.

Tomar decisiones sobre la cosecha: Los datos de temperatura y humedad pueden ayudar a determinar el momento óptimo para la cosecha, asegurando la calidad y el sabor de los productos agrícolas.

Las estaciones meteorológicas necesitan de instrumentos y personal capacitado, tanto como para la instalación de los diferentes sensores y medidores, como para la gestión del sistema utilizado para el análisis en la toma de decisiones.

Los instrumentos de medición y el personal encargado se definen de acuerdo a su aplicación que se le va a dar información y estadísticas recopiladas con la estación meteorológicas.

Los instrumentos y la estación se deben de ubicar en sitios estratégicos para la región geográfica en la que se necesita hacer mediciones y monitoreo, considerando a;

- Terreno accesible al observador.
- El lugar debe ser despejado y nivelado.

- Orientación estratégica de los instrumentos.

Los datos recopilados por los instrumentos de medición se envían a través de la red hacia la plataforma o sistema de monitoreo, las estaciones de monitoreo almacenan la información en la nube o un servidor local, actualizándose en línea para un monitoreo preciso y en tiempo real, los cuales están al alcance de todos los sectores, empresas o industrias.

2.4.4 Importancia del monitoreo de variables ambientales.

El monitoreo continuo de las condiciones ambientales en los cultivos agrícolas es crucial para optimizar las prácticas de manejo, mejorar el rendimiento de los cultivos y garantizar la sostenibilidad ambiental. Una estación de monitoreo agrícola bien diseñada e implementada puede proporcionar datos valiosos sobre una variedad de parámetros (Martínez & Gómez, 2020) , entre las que se encuentran:

Humedad del suelo: Es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Un exceso o una deficiencia de humedad puede tener efectos negativos en el rendimiento.

Temperatura: Afecta la tasa de fotosíntesis, la respiración y el desarrollo de las plantas. Las temperaturas extremas pueden dañar o incluso matar las plantas.

Humedad relativa: Influye en la transpiración de las plantas y puede afectar la incidencia de enfermedades.

Precipitación: Es necesaria para el crecimiento de las plantas, pero un exceso o una deficiencia puede ser perjudicial.

Radiación solar: Es esencial para la fotosíntesis, pero un exceso puede dañar las plantas.

Salinidad del suelo: Puede afectar la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Presencia de plagas y enfermedades: Es importante para tomar medidas de control oportunas.

Crecimiento de las plantas: Permite evaluar el estado de salud de los cultivos y detectar problemas potenciales.

La implementación de estaciones meteorológicas agrícolas ofrece una serie de beneficios en las explotaciones agrícolas (López & Pérez, 2019), entre los que destacan:

Aumento de la productividad: Al optimizar el manejo del agua, prevenir enfermedades y plagas, y tomar decisiones informadas sobre la cosecha, las estaciones de monitoreo pueden contribuir a aumentar significativamente la productividad de los cultivos.

Mejora de la calidad: Los datos de las estaciones meteorológicas permiten a los agricultores producir cultivos de mayor calidad, con mejor sabor y textura, y con una menor incidencia de enfermedades y plagas.

Reducción de costos: La optimización del riego, la prevención de enfermedades y plagas, y la toma de decisiones informadas sobre la cosecha pueden ayudar a los agricultores a reducir costos de producción, como el consumo de agua, pesticidas y fertilizantes.

Mayor sostenibilidad: Las estaciones meteorológicas agrícolas promueven prácticas agrícolas más sostenibles, al reducir el uso de recursos naturales y minimizar el impacto ambiental

2.5 Tecnologías de la Información en la agricultura de precisión.

En la actualidad la fuerte variación repentina de las variables medio ambientales se debe a los efectos del cambio climático, por lo cual el desarrollo de la tecnología en los últimos año ha logrado tener un crecimiento exponencial de tal forma que ha sobrepasado las expectativas de la mayoría de las personas, un claro ejemplo es el internet que ha evolucionado al denominado internet de las cosas (IoT), lo cual ha generado grandes avances en el área de la agricultura, la prevención de los desastres, el sector salud, etc. (P. P. Jayaraman, 2015).

Por lo tanto, la interacción entre la tecnología y la agricultura han propiciado el desarrollo de la agricultura de precisión; la cual hace referencia a la monitorización de las variables agrometeorológicas, el procesamiento de datos y la actuación de tecnologías en cultivos de diferente índole, algunas de las variables más relevantes a monitorear son; el nivel de radiación, la temperatura, humedad del suelo y humedad relativa, este seguimiento se debe de realizar de forma remota y en tiempo real , situación que involucra el Internet de las cosas (IoT), para la recolección y monitoreo de la información con el propósito de facilitar la toma de decisiones de parte del dueño del cultivo (Mohanraj, 2016).

2.6 Tecnología Arduino en la agricultura de precisión.

La intervención de la tecnología Arduino ha revolucionado la agricultura de precisión al proporcionar a los agricultores herramientas accesibles y versátiles para recopilar datos, monitorizar condiciones, automatizar tareas y optimizar prácticas agrícolas. Su simplicidad, bajo costo y flexibilidad la convierten en una plataforma ideal para implementar soluciones innovadoras en el campo (Arduino, 2024).

Con base a Chora García et al., (2018), describe a la tecnología Arduino como un avance tecnológico que ha alcanzado un nivel el cual permite al productor medir, analizar y manejar la variabilidad de la agricultura logrando adecuar el manejo de suelos y cultivos.

La tecnología Arduino desempeña un papel crucial en el avance de la agricultura de precisión al permitir el desarrollo de sistemas innovadores para el monitoreo automatizado y la optimización de diversos procesos agrícolas (García, Parra, Jimenez, Lloret, & Pascal, 2020). El uso de Arduino IDE, sensores, Wi-Fi, módulos GSM y otros componentes en sistemas basados en IoT permite la recopilación y el análisis de datos en tiempo real relacionados con la humedad del suelo, la tasa de crecimiento de los cultivos, los niveles de agua y las condiciones ambientales (Trihandoyo & Rahmadina, 2023). Estos sistemas pueden enviar alertas a los agricultores a través de SMS cuando se detectan anomalías, lo que facilita las intervenciones oportunas. Además, la aplicación de Arduino en el monitoreo agrícola se beneficia de fuentes de energía limpias como paneles fotovoltaicos y mini turbinas eólicas, lo que mejora la eficiencia energética en los sistemas de agricultura de precisión (Mounich, Wahabi, Hachemi, & Chafi, 2023). Así mismo, las plataformas Arduino interconectadas con sensores, como los sensores de humedad del suelo, respaldan los procesos de toma de decisiones para los sistemas de riego, contribuyendo a una mayor productividad de los cultivos y a la conservación del agua en la agricultura (Orakhelashvili, 2021). Tabla .3. Matriz de aplicación de la tecnología Arduino en la Agricultura de Precisión

La tecnología Arduino abre un abanico de posibilidades para la agricultura de precisión, a continuación, se detallan algunos ejemplos de la intervención que tiene el Arduino con la agricultura, ver tabla 3.

Tabla 3: Matriz de aplicación de la tecnología Arduino en la Agricultura de Precisión.

No	Tipo de aplicación	Clasificación	Descripción
1	Monitoreo ambiental	Sensores de humedad del suelo	Permiten medir la humedad del suelo en tiempo real, proporcionando información crucial para optimizar el riego y evitar el estrés hídrico en los cultivos.
		Sensores de temperatura y humedad	Registran la temperatura y la humedad del aire, datos esenciales para comprender el microclima del cultivo y tomar decisiones informadas sobre el control ambiental en invernaderos o túneles
		Sensores de luz	Miden la intensidad de la luz solar, permitiendo ajustar el riego, la fertilización y el control de plagas en función de las necesidades específicas de cada cultivo.
2	Automatización de tareas	Sistemas de riego automatizado	Controlan el riego de manera precisa y eficiente, ajustándose a las necesidades específicas de cada cultivo y las condiciones climáticas, optimizando el uso del agua y reduciendo costos.
		Sistemas de ventilación automatizada	Regulan la ventilación en invernaderos y túneles, manteniendo condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos, previniendo enfermedades y mejorando la calidad de la producción.
		Sistemas de alimentación automatizada para ganado	Proporcionan alimento a los animales de forma controlada y programada, asegurando una nutrición adecuada y optimizando el uso de recursos alimenticios.
3	Recolección y análisis de datos	Dataloggers	Registran datos ambientales y de sensores en tiempo real, almacenándolos para su posterior análisis y visualización. Esta información permite identificar patrones, tendencias y tomar decisiones estratégicas para mejorar la productividad y la rentabilidad de la explotación agrícola.
		Estaciones meteorológicas:	Monitorean parámetros climáticos como temperatura, precipitación, velocidad del viento y radiación solar, proporcionando información valiosa para la planificación de actividades agrícolas y la gestión de riesgos climáticos.
		Sistemas de monitoreo remoto	Transmiten datos en tiempo real a través de redes inalámbricas o celulares, permitiendo a los agricultores acceder a información desde cualquier lugar y tomar decisiones oportunas para optimizar el manejo de sus cultivos.
4	Control de plagas y enfermedades	Sistemas de trampas electrónicas	Atraen y capturan plagas mediante el uso de luces, feromonas o cebos, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos y protegiendo el medio ambiente.
		Sistemas de monitoreo de enfermedades	Detectan la presencia de enfermedades en los cultivos a través de sensores y algoritmos de análisis de imágenes, permitiendo una intervención temprana y precisa para controlar brotes y minimizar pérdidas.
		Sistemas de aplicación selectiva de pesticidas	Aplican pesticidas de manera dirigida y controlada solo en las áreas afectadas, reduciendo el uso de químicos y protegiendo a los polinizadores y otros organismos benéficos
5	Gestión de la producción	Sistemas de seguimiento del crecimiento de las plantas	Monitorean el crecimiento y desarrollo de los cultivos mediante sensores y cámaras, proporcionando información valiosa para ajustar el manejo nutricional y optimizar el rendimiento.
		Sistemas de control de calidad	Evalúan la calidad de los productos agrícolas en términos de tamaño, color, madurez y otros parámetros, permitiendo una clasificación y comercialización más eficiente.
		Sistemas de trazabilidad	Registran el origen, la historia y el manejo de los productos agrícolas, proporcionando transparencia a la cadena de suministro y generando confianza en los consumidores

Fuente: Agricultura de precisión, 2021.

2.7 Fenología en los cultivos agrícolas.

La fenología en los cultivos agrícolas es una ciencia que estudia la relación de los eventos biológicos que ocurren durante el ciclo de vida de una planta los cuales se relacionan con las condiciones ambientales. Los eventos que considera la fenología son la germinación, la floración, la fructificación y la maduración, que son indicadores del estado de salud y desarrollo de los cultivos, y son utilizados para toma decisiones sobre el manejo de los mismos (Menzel & Koch, (2021).

La fenología juega un papel crucial en la agricultura moderna, ya que proporciona información valiosa para la optimización del manejo de los cultivos, puesto que los agricultores pueden ajustar las prácticas de riego, fertilización, control de plagas, enfermedades, y cosecha en el momento más adecuado. Esto puede conducir a mayores rendimientos, mejor calidad de los cultivos y menores costos de producción (García & González, 2021).

La fenología de los cultivos es sensible a los cambios en las condiciones climáticas, como la temperatura, la precipitación y la radiación solar. Al monitorear los cambios en la fenología de los cultivos, los investigadores y agricultores pueden evaluar el impacto del cambio climático en la agricultura y desarrollar estrategias de adaptación.

2.8 Importancia del estudio en las plantas.

La importancia del estudio de las plantas es necesario para comprender el ciclo de vida y el comportamiento ante los diversos cambios ambientales puesto que este estudio se realiza a través de las fases fenológicas, a continuación, se describen los siguientes métodos de estudio de las plantas.

1. Observación: Es el método de estudio más básico para estudiar las plantas. puede realizarse a simple vista o con la ayuda de instrumentos como lupas, microscopios y telescopios. La observación permite obtener información sobre la morfología, anatomía, fisiología y comportamiento de las plantas (Pérez & Martínez, 2015).

2. Experimentación: La experimentación es un método más riguroso que permite probar hipótesis sobre las plantas. En un experimento, se manipulan una o más variables

independientes y se mide el efecto sobre una variable dependiente. Los experimentos pueden realizarse en laboratorio, en invernadero o en campo (Jiménez & Torres, 2021).

3. Modelado: El modelado es una técnica que utiliza computadoras para simular el comportamiento de las plantas. Los modelos pueden ser matemáticos, físicos o estadísticos. Se utilizan para estudiar una amplia gama de fenómenos, como el crecimiento de las plantas, la fotosíntesis y la respuesta al estrés ambiental (Fernández R. , 2020).

4. Técnicas moleculares: Las técnicas moleculares permiten estudiar el ADN y el ARN de las plantas. Estas técnicas se utilizan para identificar genes, estudiar la expresión génica y comprender los mecanismos moleculares que subyacen a los procesos fisiológicos de las plantas (Martínez & Pérez, 2016).

5. Técnicas de imagen: Las técnicas de imagen, como la fotografía, la microscopía electrónica y la tomografía computarizada, permiten obtener imágenes detalladas de las plantas. Estas imágenes se utilizan para estudiar la estructura de las plantas, el desarrollo y la interacción con su entorno (García & Rodríguez, 2018).

6. Sensores remotos: Los sensores remotos permiten estudiar las plantas a grandes escalas. Los sensores remotos pueden detectar la radiación electromagnética que refleja la superficie de la Tierra, lo que permite a los científicos mapear la distribución de las plantas, medir la biomasa y monitorear los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo (Gómez A. , 2018).

7. Estudios de campo: Los estudios de campo se realizan en el entorno natural de las plantas. Estos estudios permiten a los científicos observar las plantas en su interacción con otros organismos y con su entorno físico (Ruiz, 2017).

8. Cultivo en laboratorio y en invernadero: El cultivo de plantas en laboratorio y en invernadero permite a los científicos controlar las condiciones ambientales y estudiar las plantas en condiciones específicas (Martínez & Pérez, 2019).

9. Herbarios: Los herbarios son colecciones de plantas secas y preservadas. Los herbarios se utilizan para identificar plantas, estudiar su distribución y documentar cambios en la flora a lo largo del tiempo (Sánchez & Martínez, 2018).

10. Jardines botánicos: Los jardines botánicos son colecciones vivas de plantas de todo el mundo. Los jardines botánicos se utilizan para la investigación, la educación y la conservación (Pérez M. , 2020).

Capítulo 3. Exploración de trabajos relacionados con estaciones de monitoreo

Con base a la revisión general de literatura realizada para el estado del arte en diferentes artículos se identificó las tecnologías que se emplean para el monitoreo de los cultivos agrícolas, la búsqueda se realizó con las siguientes palabras clave: (Monitoreo variables cultivos agrícolas, dispositivo cultivo agrícolas, variables agricultura), las estaciones de monitoreo que presentan los autores están constituidas por arquitectura específicas conectadas mediante sensores, protocolos, chip e internet, cada estación tiene una función propia para los cultivos agrícolas en su monitoreo, puesto que se encargan de monitorear las variables climáticas en los cultivos, sin embargo en la mayoría de las estaciones coinciden en las variables que miden, entre las que se encuentran: humedad, temperatura, radiación solar, humedad relativa, precipitación de lluvias, velocidad del viento, entre otras. (Ver tablas 4,5 y 6).

3.1 Base de búsqueda y descripción de Artículos.

Tabla 4: Matriz de las Estaciones de Monitoreo.

No	Revista	País	Autor	Nombre de la estación	Arquitectura	Variables medibles	Aportaciones
1	Agrociencia mexicana	Colombia	González, 2016.	Sistema de monitoreo agrícola mediante redes inalámbricas de sensores para el monitoreo de variables ambientales.	Constituida por nodos de sensores, conectados a través de protocolo ZigBee, con un nodo coordinador (estación base), haciendo uso de la tecnología: Sistema Global para Móviles Comunicaciones (GSM) y Paquete General de Radio Servicio (GPRS).	Temperatura ambiente. Humedad relativa. Radiación solar.	Monitorear las variables ambientales: temperatura ambiente, humedad relativa y radiación solar en los cultivos agrícolas mediante una red inalámbrica de sensores que permiten a los agricultores
2	Revista Investigación, desarrollo e innovación.	Colombia	Daniel Camilo Ruíz Ayala, Carlos Arturo Vides Herrera, Aldo Pardo García.	Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos.	Está conformado principalmente por microcontroladores de microchip, un reloj en tiempo real para medir la fecha y hora de adquisición de las muestras, así también con cinco canales de conexión de sensores y una memoria micro SD para almacenamiento de información, junto con un módulo Wi- Fi para la supervisión inalámbrica de variables. La información se sube a un servidor de página web, que está diseñada para visualizar los datos desde cualquier ordenador con conexión a internet. Por otra parte, también se desarrolló una aplicación Android, que permite visualizar los datos desde los dispositivos móviles con ese sistema operativo.	Temperatura Humedad Radiación solar. Dirección y velocidad del viento.	Presenta el desarrollo de un sistema para el sistema de monitoreo inalámbrico de variables climáticas. Comparar los datos con la estación meteorológicas comercial, por lo tanto, los microcontroladores continúan siendo dispositivos adecuados para implementar sistemas de adquisición de datos puesto que son aplicaciones desarrolladas a la medida debido a que brindan soluciones competitivas y a un costo razonable.

3	Información Tecnológica.	Ecuador	Mónica M Miranda – Ramos. Alex A. Ortiz, Lissette A. Moreno, 2020.	Sistema de monitoreo usando tecnología XBee y GSM para supervisión del clima en la producción plátano.	Se utilizan sensores electrónicos y tecnología inalámbrica de comunicación (XBee y GSM) utilizando un sistema embebido Arduino e interpretado en el software Qt Creador con interacción a una base de datos desarrollada en MySQL. El sistema está compuesto por dos estaciones de campo donde se encuentran los sensores para lectura de las variables climáticas y una estación de monitoreo para supervisión fuera de la zona agrícola.	Temperatura Humedad relativa. Humedad del suelo. Precipitación de lluvias. Intensidad lumínica. Velocidad del viento. Radiación ultravioleta.	Principalmente aporto un sistema de monitoreo que muestra las condiciones climáticas en un cultivo de plátano con la generación de alertas en caso de detectar variables climáticas fuera del rango óptimo de producción. Permite supervisar el cultivo de plátano vía remota, teniendo acceso a un historial de registros del clima y valores fuera de rango, lo que posibilita evitar pérdidas de producción agrícola.
4	Enfoque UTE, vol. 8.	Ecuador.	Manuel Quiñones-Cuenca, Víctor González-Jaramillo, Rommel Torres, Miguel Jumbo.	Sistema De Monitoreo de Variables Medio ambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet de Las cosas.	La primera basada en DigiMesh para la comunicación. Está red se compone de nodos sensores y un nodo central que está conectado a una puerta de enlace, este usa Wi-Fi para el reenvió de datos a plataformas de IoT. La segunda donde los nodos usan Wi-Fi para la comunicación. Estos integran las funcionalidades de adquisición de variables meteorológicas, procesamiento y la transmisión de datos directamente a las plataformas de IoT.	Velocidad del viento. Dirección del viento. Lluvia Instantánea. Presión barométrica. Temperatura ambiental. Humedad relativa. Humedad relativa ambiental. Temperatura del suelo. Humedad relativa del suelo.	Para la viabilidad del diseño e implementación de prototipos se propone la construcción de dos sistemas basados en DigiMesh y Wi-Fi, los que se pueden aplicar a diferentes escenarios como zonas urbanas y rurales. Adicionalmente se evalúa la transmisión de información a plataformas de Internet de las Cosas (IoT), en donde se gestionará y visualizará los datos obtenidos por los nodos. Este sistema fue concebido como una alternativa

							de bajo costo comparado con estaciones meteorológicas convencionales que posean estas
5	Revista mexicana de ciencias agrícolas.	Estado de México, México.	Guillermo Alberto Zenteno Cruz, Enrique Palacios Vélez, Leonardo Tijerina Chávez, Héctor Flores Magdaleno.	Aplicación de tecnologías de percepción remota para la estimación del rendimiento de caña de azúcar.	Se utilizó un equipo GPS, Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning Sistema), computadoras de escritorio y cámara fotográfica, software utilizado para el procesamiento de las imágenes IDRISI de Clark Labs (2006) y ERDAS de Leica Geosystems (2008).	Precipitación. Temperatura ambiente. Lluvia instantánea.	prestaciones y está basado en componentes de hardware y software libre. La tecnología empleada para la percepción remota del rendimiento de caña de azúcar, se consideran a los Sistemas de Información Geográfica(SIG), Percepción Remota (PR), los cuales brindan la posibilidad de vincular especialmente distintas fuentes de información y a partir de los análisis de las imágenes generadas por sensores remotos, es posible obtener información de las características de las coberturas vegetales. Por lo tanto la PR, presenta una visión sinóptica de las zonas agrícolas y posibilita un seguimiento temporal del desarrollo fenológico de los cultivos especialmente relacionados con la identificación y monitoreo

							de grandes áreas agrícolas, estimación de la producción, detección de enfermedades, y estrés.
6	Revista Argentina de Ciencias de la Computación.	Chilecito, La Roja, Argentina.	Alberto Eduardo Riba, Emmanuel Alejandro Portugal Murcia, Fernanda Beatriz Carmona, Jorge Damián Tejada, Matías Agustín Pérez.	Estación de monitoreo en tiempo real de parámetros agrometeorológicas para determinar la necesidad de riegos en plantaciones agrícolas.	Arquitectura Hardware del prototipo de estación de monitoreo en tiempo real que integre los índices de varios sensores. El prototipo está compuesto por los siguientes dispositivos: Open Hardware, un microcontrolador Arduino Mega Programable, Un Shield ethernet, Shield SparkFun Weather, un reloj de tiempo real, sensores de humedad de suelo DFRobot a tres niveles, sensores meteorológicos, un punto de acceso inalámbrico outdoor, una batería de 33 amperes, un panel solar de 20 watts, un regulador de voltaje.	Temperatura Humedad Relativa. Presión Atmosférica. Luminosidad. Humedad de suelo a tres niveles. Velocidad y dirección del viento. Precipitación	A través de la generalización de los sistemas de posicionamiento global y los avances en las herramientas Open Hardware permiten mejorar la productividad agrícola, puesto que la tecnología es la impulsora de lo que hoy se denomina agricultura de precisión.
7	Revista de simulación y laboratorio.	Guerrero, México.	De León Castrejón Andrés, Hernández Estrada Pedro Pablo, Noriega Cantú David Heriberto, Villegas Vergara Alfonso.	Prototipo de estación agrometeorológica de monitoreo de datos climatológicos.	Prototipo de estación meteorológica de bajo costo. La arquitectura del hardware básicamente está conformada por los siguientes materiales. Tarjeta de desarrollo Xatellite, 2 resistencias 1 K, Protoboard, Chip telefónico Telcel, 3 resistencias 220, Cables Dupont, sensor de temperatura y humedad AMT 1001, Pluviómetro Rain- o – Matic, sensor UV 6490, Anemómetro 7411, 3 Leds, placa	Temperatura ambiental. Humedad relativa. Precipitación Pluvial. Radiación solar y ultravioleta. Velocidad y dirección del viento.	Con el almacenamiento de datos climatológicos se obtendrá información que colabore con la prevención de enfermedades y plagas del cultivo de maíz, frutales y hortalizas de importancia económica.

					fenológica.		
8	Revistas UIS Ingenierías.	Bucaramanga, Colombia.	Gutiérrez Lopera Julieth Estefanía, Toloza Rangel Johan Andrés, Soto Vergel Ángelo Joseph.	Sistema Integrado de monitoreo inalámbrico de variables agroambientales en el cultivo de tomate para la generación de mapas de intensidad.	El sistema de monitoreo inalámbrico de monitoreo está integrado de variables agroambientales como: dióxido de carbono CO2, temperatura, radiación ultravioleta y humedad del aire y suelo, considerando al sistema de posicionamiento global (GPS); en este sentido también se emplea un sistema de comunicaciones LoraWAN para el envió de los datos por sus largo alcance(10-20 km), alta tolerancia a las inferencias y bajo consumo energético. Por lo cual la información es recibida, almacenada y mostrada en una interfaz gráfica desarrollada con el lenguaje de programación Java versión 8, para visualizar los mapas de cada una de las variables en la producción de los cultivos de tomate y observar el comportamiento en el tiempo. Se desarrolla en cuatro etapas considerando: Metodología, análisis general del sistema, construcción del sistema de medición, selección de sensores, diseño del sistema de medición, integración del sistema de medición, desarrollo del software del sistema integrado, codificación, diseño de la interfaz y por último la validación del sistema de medición a través del tratamiento de la información.	Dióxido de carbono. Temperatura Radiación Ultravioleta. Humedad del aire. Humedad del suelo.	Su principal aportación es que a través de la implementación de un sistema de monitoreo, se tendrá una solución óptima ante los inconvenientes que tiene y expone la agricultura, así también permite llevar un historial de las mediciones de las variables físicas con el fin de analizar mejor el ambiente en que se encuentra el cultivo para la comprensión del crecimiento de la planta.

9	Scientia Et Technica	Colombia	Muñoz Barragán Sócrates Nelson, Toquica Álvarez Andrés Felipe.	Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables micro climáticas en Relicto vegetal Cedro Rosado	Los dispositivos de sensores inalámbricos están conformados básicamente por la implementación de los nodos sensores y la red inalámbrica. Se utilizó, hardware de la empresa Libelium, agricultura de sensor Board, y módulos XBEE PRO 900 HP	Temperatura Humedad relativa. Presión atmosférica. Radiación solar. Humedad del suelo. Velocidad del viento. Dirección del viento. Precipitación del agua.	Este dispositivo de red de sensores permite la interacción y comunicación e interacción con otras tecnologías, cuenta con la información capturada por nodos, facilitando él envió la información a través de una red y su posterior uso de la plataforma que permita visualizar las variables y comportamiento estadístico online. Se disminuyen los costos de instalación y mantenimiento de redes cableadas, así también se disminuyen los gastos por desplazamientos de personal a la zona para la toma de medidas que permiten la portabilidad del sistema a otras áreas que requieren ser monitorizadas sin grandes presupuestos.
10	Prospectiva	Colombia	Piñeres Espitia Gabriel, Mejía Neira Ángel.	Plataformas tecnologías aplicadas al monitoreo climático.	La plataforma tecnológica básicamente está conformada por la placa de Arduino, misma que permite el desarrollo de prototipos estaciones meteorológicas secundarios, complementadas con un sistema de comunicaciones inalámbricos para formar las redes de sensores inalámbricos.	Temperatura	Este sistema de monitoreo beneficia principalmente a los agricultores en la disminución de los costos de las tecnologías actuales enfocadas en la medición de variables agrometeorológicas enfatizando a las redes de sensores inalámbricas

	(WSN – Wireless Sensor Networks), esta arquitectura permite integrar los elementos, como sensores y microcontroladores, para el desarrollo de soluciones que permitan realizar el monitoreo climático, permite evaluar la temperatura.

Fuente: Recopilación de diversos artículos,2021.

En la revisión realizada en los distintos artículos, se identifica la aportación de los autores con respecto.

En este sentido, (González, 2016), diseñó e implementó un sistema de monitoreo agrícola basado en redes inalámbricas de sensores para el monitoreo de variables ambientales (temperatura ambiente y humedad relativa) aplicado en diferentes cultivos agrícolas, este sistema se constituye mediante nodos de sensores conectados al protocolo ZigBee, a través del Sistema Global para Móviles y Comunicaciones (GSM), la tecnología de monitoreo permite monitorear el desarrollo fenologico de los cultivos, debido a que este proceso repercute de manera directa en la calidad y producción de los alimentos obtenidos.

Mientras tanto (Daniel Camilo Ruiz-Ayala, 2018) y (Mónica M. Miranda-Ramos, 2020), diseñaron sistemas de monitoreo enfocado principalmente a las condiciones climáticas, entre las que destacan: temperatura, humedad relativa, radiación solar y dirección del viento de los cultivos agrícolas entre los cuales se encuentra el plátano. El sistema inalámbrico de adquisición de datos, se conforma principalmente por microcontroladores como son microchip, reloj de tiempo real, memoria SD, placa wifi, la función principal de este sistema comparar los datos de las estaciones comerciales, adquieren datos en tiempo real, los cuales son almacenados en la nube para la toma de decisiones. Por otro lado, el sistema de monitoreo de variables usando la red inalámbrica de sensores y de plataformas de internet de las cosas, recopila la información de los datos para evaluar su transmisión en los diferentes hacia los agricultores para la toma de decisiones respecto a las variables ambientales.

3.2 Base de búsqueda de Patentes.

Tabla 5: Matriz de las Estaciones de Monitoreo Base de Patentes 2014- 2022.

No	Base de patentes	Número de patente.	Nombre de la patente	Autor/Año/ País.
	Patentscope	20200006895	Sistema para recolección y procesamiento de información en cultivos agrícolas mediante tecnología de radio frecuencia RFID	Cristian Rojas Quinteros, Santiago Correa, Diego Escobar/ Colombia, 2018.
2	Patentscope	AR012867	Dispositivo móvil para la aplicación de insumos de cultivos.	Chem equipment co/2020. Argentina.
3	Patentscope	2016016320	Cámara para el desarrollo y producción de plantas	Gustavo Orquiza Beltrán/2018. Morelos México.
4	Patentscope	WO2020263069	Sistema para sincronizar las mediciones de una red de sensores climáticos con un servidor central en tiempo real.	José Carlos Aguirre/30/12/2020. México.
5	Patentscope	118289	Recomendaciones agrícolas en tiempo real usando un sensor meteorológico en los equipos.	Christopher Goodman Mark Ehrhardt Sourindu Chatterjee Atif, Khan John Mnichols/ 22/09/2021. Argentina.
6	Patentscope	WO/2021/156653	Sistema y método para caracterización de fonotipado de cultivos agrícolas.	María Camila Jaramillo Botero, Andrés Benítez Restrepo, Hernan Darío Cardozo, Juan Andrés Tobón Llano, Luis Eduardo Rebolledo/ 12/08/2021. Bogotá Colombia.
7	Patentscope	CO20210012258	Método y dispositivo no destructivos para medir nitrógeno y proteínas en hojas de plantas.	Juan José Guáqueta Restrepo, Juan Carlos Pérez Naranjo, Karen Stefanie Ospino Villalba, Daniel Mauricio Pineda Tobón, Daniel Gaviria Palacio. 18/03/2022. Colombia.
8	Patentscope	012866	Dispositivo para la aplicación controlada de insumos de cultivo de productos agrícolas móvil.	AG-CHEM EQUIPMENT CO., INC. 2020. Argentina.
9	Patentscope	202241023528	Sistema Inteligente basado en IOT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático.	Konda Hari Krishna, Murali Krishna Senapaty 2022, India.
10	Patentscope	212164377	Equipo de cultivo eléctrico tipo Push- Pull con control ambiental para el cultivo y almacenamiento de cultivos.	Jiang Dong, China, 2020.

11	Patentscope	202141047024	Marco de sensores inteligentes basado en aprendizaje automático para ayudar a los agricultores en la previsión del tiempo para el cultivo apropiado de cultivos.	Dr.S.Balamurugan, Dr.K A Jayabalaji, Dr.Md Tabrez Nafis, Swati Jain, Mr. Karthick S, Dr.Arul Kumar N, Dr.Dimple Chawla, Dr.Sushma Jaiswal, Tarun Jaiswal, India, 2021.
12	Patentscope	113592664	Dispositivo y método de predicción del espacio de producción de cultivos, modelo y medio de almacenamiento.	Lin Zhengyu, 02/11/2021. Porcelana.
13	Patentscope	202121010953	Sistema y método para monitorear cultivos agrícolas basado en IOT y modelos de aprendizaje profundos (CNN) y proporcionar resolución de enfermedades de cultivos utilizando los mismos.	Dr Rahul Dubey, Dr. Abhay Upadhyay, Dr. Anurag Nishad. India, 2021.
14	Patentscope	2021105327	Método implementado por computadora y basado en IOT para aumentar la producción de cultivos utilizando un modelo de aprendizaje automático.	Kurkanil Gopal Kumar. Australia, 2021.
15	Patentscope	108693902	Sistema de monitoreo de ambientes pequeños para plantación de cultivos basados en Internet.	Liu Wei. Porcelana, China, 2018.
16	Patentscope	20140180596	Uso efectivo de la zona de raíces en el manejo de cultivos.	Frey Michelle M., Estados Unidos de América. 2014.
17	Patentscope	104380865	Maquina integrada de labranza profunda, fertilización, relleno, siembra de maíz y prensado de franjas de suelo.	Zhou Shunli, Zhang Xiting, Wang Pu. Porcelana, China, 2015.
18	Patentscope	104620749	Conjunto de dosificación, mezcla y fertilización para fertilizantes líquidos nitrogenados, fosforados y potásicos.	Wang Jinwu, Tang Han. Porcelana, China, 2015.
19	Patentscope	204762124	Distribuidores inteligentes de fertilizantes.	Wang Chen. Porcelana, China. 2015.
20	Patentscope	WO/2017/002295	Dispositivo de control e invernadero agrícola.	ISOBE, Daiji. Porcelana, China. 2016.
21	Patentscope	106060174	Sistema de orientación agrícola basado en el análisis de datos.	Hu Yang, Porcelana, China, 2016.
22	Patentscope	106665281	Dispositivo de control de temperatura para suelo de raíces de cultivos.	Yang Guizhen. Porcelana, China. 2017.
23	Google académico		Sistema de monitoreo de temperatura, humedad y control de agua para cultivos del invernadero N°2 del campus Salache.	Rolando Rigoberto Chango Ortiz, Richard Jeisson Llanez Iñiguez. Latacunga – Ecuador.
24	Google académico		Diseño de un sistema de monitoreo de las principales variables y etapas en el desarrollo de los cultivos de pitahaya amarilla.	Diego Andrés Correa Camargo, Cristian Camilo Velásquez Cardona, 2020.
25	Google académico		Sistema de monitoreo y control de tiempo real para un invernadero de tomate a través de un aplicativo móvil.	Danny Sebastian Barrera Rojas. Bucaramanga, 2021.

26			Diseño e implementación de un sistema de medición para generar mapas de rendimiento en un cultivo de tomate utilizando
	Patentscope	ES2735474	Dispositivo de estimación del contenido de humedad y de la disponibilidad de agua en suelos.

Fuentes: Patentscope.

3.3 Base de búsqueda de Reclamación de Patentes.

Tabla 6: Matriz Base de Patentes Reclamaciones 2014- 2022.

No	Número de patente/ País	Campo de aplicación	Reclamaciones
1	20200006895 Colombia, 2020. 30.06.2020	La aplicación se enfoca al área de diseño de sistemas y dispositivos electrónicos inteligentes de recolección y procesamiento de información en cultivos agrícolas mediante la tecnología Identificación por radio frecuencia (RFID).	Recolectar y procesar información de los cultivos agrícolas mediante el diseño de un sistema con tecnología RFID, que permita monitorear el recorrido.
2	AR012867 Argentina, 2020.	La aplicación del dispositivo móvil principalmente se enfoca a los productos agrícolas.	Mejorar la distribución de velocidades variables múltiples de los cultivos agrícolas, mediante el dispositivo móvil, que adapte específicamente el uso de la velocidad agrícola en un sitio, combinando información suministrada de los insumos de cultivos discreta seleccionadas para los dispositivos de almacenamiento incorporados a los dispositivos de transporte y de los puntos de distribución de insumos con datos de punto de referencia del campo, obtenidos a partir de un sistema de posicionamiento para la máquina. (GPS).
3	2016016320 Morelos, México, 2018.	Principalmente su aplicación está orientada al desarrollo y producción de plantas, empleando una metodología que optimice el proceso a través de inteligencia competitiva y tecnología.	Mejorar el proceso de producción de plántulas, desde una perspectiva de Ingeniería Industrial, buscando la optimización de los procesos agrícolas mediante la aplicación de nuevas tecnologías de iluminación, para determinar las mejores condiciones ambientales que permitan el desarrollo y parámetros para diferentes cultivos.
4	WO2020263069	La patente tiene un campo de aplicación sobresaliente	Concentrar y procesar datos meteorológicos enviando

	México, 2020.	en el ámbito de la meteorología, específicamente en instalación de estaciones con sensores meteorológicos IoT, cuyo propósito es verificar el clima en los cultivos agrícolas.	variables climáticas registradas a un servidor central alojado en la nube a través de un sistema de sensores meteorológicos conectados mediante una red WSN de estaciones meteorológicas, permitiendo al usuario consultar las predicciones interactivamente desde una aplicación cliente, caracterizado por el registro de las temperaturas mínimas y máximas.
5	118289 Argentina, 2021.	La aplicación de la patente opera principalmente en los campos de la producción agrícolas, conformada por una o más estaciones meteorológicas electrónicas y digitales, adheridas al dispositivo informático móvil conectada a uno o más sensores de proximidad o receptores GPS.	Básicamente las estaciones meteorológicas transmiten datos como lo es: la velocidad del viento, temperatura, parámetros meteorológicos, los cuales son medidos con el dispositivo informático móvil. Bajo el control de lógica de un programa, el dispositivo móvil puesto que continuamente comparan datos meteorológicos reales que son recibidos por las estaciones de monitoreo enfocados a una operación agricultura actual. (1)
6	WO/2021/156653 Bogotá, Colombia, 2021.	Se relaciona con el campo técnico del fenotipado de cultivos agrícolas, puesto que está conformado por un sistema y método para el fenotipado de múltiples cultivos a gran escala y con alta resolución a través de la adquisición y procesamiento remoto de datos por medio de una amplia variedad de sensores.	El sistema se usa básicamente para caracterizar el fenotipado de cultivos agrícolas caracterizado porque tiene al menos un dispositivo de soporte que incluye un microcontrolador central embebido conectado a sensores atmosféricos ubicados en la parte superior del cuerpo, proporcionando un microcontrolador embebido adquiere señal de la cámara multiespectral ubicada en el extremo distal del brazo; el microcontrolador central está conectado a un microcontrolador base que requiere señales de sensor; proporciona energía a los microcontroladores, sensores y actuadores desde una unidad reguladora que es alimentada por un panel solar ; el sistema, además, tiene unidad de comunicación que incluye un enrutador que se conecta a internet para medios inalámbricos. Ver más:
7	CO20210012258 Colombia, 2022.	La aplicación del dispositivo se relaciona ampliamente con la agricultura y la ganadería de precisión en el manejo de la nutrición vegetal y animal en los cultivos agrícolas y explotaciones agropecuarias.	El dispositivo permite medir nitrógeno y proteínas en hijas de plantas, así como también la clorofila, haciéndolo de manera directa en las hojas de las plantas o en las hojas recién desprendidas, está conformada por un diodo emisor de luz LED, con banda centrada en 663 nm, con un sensor de luz y un modelo de geolocalización que guarda las coordenadas

			asociadas a cada medida.
8	012866 Argentina, 2020.	Es un dispositivo de control principalmente para la aplicación de productos agrícolas de insumos de cultivo móvil, el cual incluye un dispositivo de demora que se adapta particularmente para el uso de las actividades agrícolas, específicamente en la precisión.	El dispositivo combina la información discreta de demora seleccionada para cada uno de los dispositivos de suministro de almacenamiento de insumos de cultivos incorporados. El dispositivo de transporte de insumos de cultivo y el punto de distribución y el punto de distribución de cultivos con datos de punto de referencia de campo anticipados con un sistema de posicionamiento de la máquina.
9	202241023528 India, 2022.	Su campo de aplicación se enfoca principalmente en los cultivos agrícolas basado en el IoT para predecir cultivos agrícolas y fertilizantes en función de varios factores a través del uso de algoritmos de aprendizaje automático.	El sistema de agricultura inteligente basado en IoT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático, una tecnología científica de vanguardia. 2. Sistema de cultivo inteligente basado en IoT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que se dice que se puede utilizar para una variedad de propósitos, incluida la detección, el diagnóstico y el tratamiento tempranos de enfermedades. Ver más:
10	212164377 China, 2020.	El modelo principalmente se refiere al campo de los equipos de cultivos, particularmente a un equipo de cultivo de vaivén controlable en el entorno y es utilizado para el cultivo y almacenamiento de cultivos.	La reclamación principalmente se conforma mediante lo siguiente: Un equipo de cultivo eléctrico push-pull ambientalmente controlable para el cultivo y almacenamiento de cultivos, se caracteriza porque comprende: una cabina de cultivo (1), que comprende una puerta de cabina hexagonal regular (11), y un cuerpo de cabina de una estructura de prisma hexagonal regular, estando la puerta de cabina (11) conectada de manera sellada con la superficie del extremo frontal del cuerpo de cabina; el paquete de baterías (2) está dispuesto en una estructura de prisma triangular regular, cada superficie lateral del paquete de baterías (2) está estrechamente conectada respectivamente con una pared lateral de un compartimento de cultivo (1), y los bordes de los compartimentos de cultivo (1) son opuestos entre sí. Cada una de las cabinas de cultivo (1) rodea cada uno de los paquetes de baterías (2), y se empalman entre sí para formar una estructura

			de panal, y cada una de las cabinas de cultivo (1) en la estructura de panal conduce de forma independiente el entorno de cultivo de los cultivos en cada cabaña. Ver más:
11	202141047024 India, 2021.	El marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático, principalmente su campo de aplicación se enfoca a los agricultores, en la previsión del tiempo para el cultivo apropiado de cultivos.	El marco de sensores inteligentes basado en aprendizaje automático plantea una serie de reclamaciones entre las cuales se encuentran las siguientes: Se propone un marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para pronosticar el clima para el cultivo adecuado. Un conjunto de sensores que se implementan a una distancia operativa enfocada en la granja es capaz de proporcionar informes analíticos meteorológicos a los agricultores. Ver más:
12	113592664 Porcelana, 2021.	La invención del método de predicción espacial de producción de cultivos su campo de aplicación se enfoca principalmente al diseño de producción de cultivos, particularmente a un método, equipo, modelo, y medio de almacenamiento de simulación de predicción espacial en la producción de cultivos agrícolas.	El método de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos se caracteriza porque comprende los siguientes pasos: Determina las variables ambientales dominantes relacionadas con la producción de los cultivos correspondientes, y procesar las variables ambientales dominantes para generar datos raster en el área a regular. Determina la probabilidad de distribución de los cultivos correspondientes en cada píxel de la cuadrícula del área a regular según la variable ambiental dominante y los datos de coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en el área a regular. Con base a la probabilidad de distribución del cultivo correspondiente en cada píxel de la cuadrícula, se selecciona el píxel de la cuadrícula que se puede usar para plantar el cultivo correspondiente. El área de plantación se asigna al área a regular de acuerdo con el área de plantación prevista del cultivo correspondiente en el área a regular, el píxel de cuadrícula que se puede usar para plantar el cultivo correspondiente y la ubicación geográfica. área correspondiente al píxel de la cuadrícula. Ver más:
13	202121010953	La aplicación del sistema y método para monitorear los	El sistema permite monitorear y emitir alarmas

	India, 2021.	cultivos agrícolas basado en el internet de las cosas, principalmente se relaciona con el campo del Internet de las cosas (IoT) y seguimiento de cultivos agrícolas, utilizando la tecnología actual para monitorear el crecimiento adecuado de los cultivos agrícolas en el campo, así mismo también se refiere al campo de la supervisión y alarmas automáticas para que los agricultores visualicen una situación anormal en los cultivos agrícolas del campo.	automáticamente a los agricultores con respecto a la situación anormal en los cultivos actuales del campo agrícola y la resolución de enfermedades de los cultivos, el sistema comprende: entrenar el servidor (1) con el algoritmo basado en la red neuronal convolucional usando una gran base de datos (4) de aspectos agrícolas (101); recopilar datos (102) de varios sensores a intervalos predeterminados y enviarlos al servidor a través del módulo de comunicación; el servidor (3) analiza (103) los datos recopilados con la base de datos almacenada utilizando dos o más capas de red neuronal convolucional (CNN) (103); Generación y envío de una alarma a la aplicación cliente (5) de un usuario específico junto con la solicitud de asesoramiento experto si es necesario (104). Ver más:
14	2021105327 Australia, 2021.	El método implementado por computadora y basado en el IoT para aumentar la producción de cultivos utilizando el aprendizaje automático, su campo de aplicación de basa principalmente se basa principalmente en utilizar la tecnología actual, es decir el Internet de las cosas y los modelos de aprendizaje automáticos, con la finalidad de aumentar la producción y mantener el crecimiento adecuado en los cultivos agrícolas del campo para ayudar a los agricultores.	El método comprende las siguientes especificaciones: Se basa principalmente en entrenar el servidor central (203) con el modelo de aprendizaje automático usando una gran base de datos (4) y casos de prueba de aspectos agrícolas (101); capturar/recolectar datos (102) de varios sensores IoT a intervalos predeterminados y transmitir los datos capturados al servidor central a través del módulo de comunicación; el servidor central (2033) analiza (103) los datos recopilados con la base de datos almacenada utilizando el modelo de aprendizaje automático (103); generar y enviar una alarma a la aplicación cliente (5) de un usuario específico junto con la solicitud de asesoramiento experto si es necesario (104); iniciando de forma remota, mediante la aplicación del cliente, el sistema de riego instalado en el campo utilizando una válvula solenoide según lo determine el modelo de aprendizaje automático y notifique al agricultor (105). Ver más:
15	108693902 Porcelana, China, 2018	Básicamente el sistema de monitoreo de pequeños entornos de plantación de cultivos principalmente, su campo de aplicación se centra y comprende internet de monitoreo de pequeños entornos agrícolas y un	Su característica principal del sistema se centra en el servidor central puesto que comprende una unidad central de control de monitoreo y un módulo de visualización, descrito del cultivo agrícola, tiene un dispositivo de monitoreo de temperatura

		servidor central.	humedad del aire, humedad del suelo, unidad de calidad del suelo, unidad de control de la luz, unidad de velocidad del viento y unidad de control ambiental de la lluvia y de la nieve. Ver más:
16	20140180596 Estados Unidos de América, 2014.	El campo de aplicación del cultivo y manejo de las raíces, de manera general se enfoca a sistemas, dispositivos y métodos para utilizar una zona de raíces eficaz en la gestión de cultivos agrícolas.	El sistema para determinar una zona radicular efectiva para un cultivo en un sistema de seguimiento agrícola, en el que el sistema de seguimiento agrícola comprende (a) un sistema de gestión de datos alojado en un servidor y (b) un dispositivo de seguimiento asociado con al menos un sensor y al menos ubicado parcialmente dentro del suelo, estando adaptado el dispositivo de control para medir el nivel de humedad del suelo a una pluralidad de profundidades diferentes, estando adaptado también el dispositivo de control para transmitir de forma inalámbrica datos representativos del nivel de humedad del suelo a la pluralidad de profundidades diferentes, comprendiendo el método los siguientes pasos realizados por el sistema de gestión de datos: recibir datos del dispositivo de control, en el que los datos son representativos del nivel de humedad del suelo en cada una de la pluralidad de profundidades diferentes; determinar, para cada una de la pluralidad de profundidades diferentes y basándose en los datos recibidos, si cada uno de una pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo es relevante para la absorción por las raíces; determinar si cada uno de la pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo que se determina que son relevantes para la absorción por las raíces se debe al drenaje; determinar, para cada una de la pluralidad de profundidades diferentes, si se produce la absorción de raíces basándose al menos en los cambios incrementales en la humedad del suelo que se producen a esa profundidad particular que no se deben al drenaje; determinar una cantidad de absorción por la raíz para cada una de la pluralidad de diferentes profundidades donde se produce la absorción por la raíz; y usando al menos las cantidades determinadas de captación de raíces y un criterio predeterminado de zona de

			raíces efectiva, determinando una zona de raíces efectiva para el cultivo. Ver más:
17	104380865 Porcelana, China, 2015	El campo de aplicación se enfoca a la maquinaria agrícola, principalmente a la maquinaria integrada para arado profundo de franjas de suelo, recuperación del suelo, siembra y cosecha de maíz.	La máquina integrada de arado profundo y retorno de fertilización de suelo y supresión de siembra de maíz, está compuesta por cremallera (8), se caracteriza porque: Incluye un dispositivo de labranza rotativa de franjas de suelo (1), una placa de retención y retorno de suelo (2), un aplicador de fertilizante en capas (3), una rueda prensadora de suelo (4), un dispositivo de maíz de grano único a pedido (5), una rueda prensadora de semillas (6), una caja de remoción de fertilizante (7), un dispositivo de enganche (9) y una cubierta protectora (15), Ver más. Ver más:
18	104620749 Porcelana, China, 2015	El campo de aplicación del fertilizante liquido nitrogenado, fosforado y potásico, se enfoca a la maquinaria agrícola, particularmente a un dispositivo de fertilización de fertilizantes líquidos. Cabe mencionar que el nitrógeno, el fósforo y el potasio son elementos indispensables en el crecimiento de los cultivos. El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo afecta el proceso de crecimiento, el rendimiento de los cultivos y la calidad de los cultivos.	El conjunto de mezcla y descarga de fertilizante líquido nitrógeno-fósforo-potasio es caracterizado con base a los siguientes puntos: Contiene la caja de fertilizante líquido (2), se encuentran la cavidad de fertilizante fosfatado (1), la cavidad de fertilizante potásico (3) y la cavidad de fertilizante nitrogenado (17). dispuestos por separado, los orificios de salida de fertilizante líquido (16) se proporcionan respectivamente en la pared inferior de la caja de fertilizante líquido (2), en las partes inferiores de la cavidad del fertilizante de fosfato (1), la cavidad del fertilizante de potasio (3) y la cavidad del fertilizante de nitrógeno. cavidad (17). Ver más:
19	204762124 Porcelana, China, 2015.	El distribuidor inteligente básicamente su campo de aplicación se enfoca a la maquinaria agrícola, en particular con un aplicador de fertilizante inteligente. El cultivo sin suelo se refiere a un método de cultivo en el que se usa un sustrato sin suelo natural, o se usa un sustrato solo cuando se cultivan plántulas, y se usa una solución nutritiva para el riego después de la siembra.	El esparcidor de fertilizante inteligente, presenta las siguientes reclamaciones puesto que se caracteriza con base a las siguientes especificaciones: comprendiendo una bomba de agua, carretera principal, ramal de suministro de fertilizante, ramal de suministro de ácido y controlador, la bomba de agua está conectada con la carretera principal y ramal de suministro de fertilizante, ramal de suministro de ácido están conectados respectivamente con la tubería principal, la rama de suministro

			de fertilizante está conectada a la fuente de fertilizante a través de la bomba de suministro de fertilizante, y la rama de suministro de ácido está conectada a la fuente de ácido a través de la bomba de suministro de ácido; la sección de la tubería con el líquido mezclado de la tubería principal está equipado secuencialmente con un dispositivo de monitoreo de concentración de fertilizante y un dispositivo de monitoreo de pH. Ver más:
20	WO/2017/002295 Porcelana, China. 2016		
21	106060174 Porcelana, China, 2016.	El presente dispositivo de control es usado para controlar el medio ambiente en una casa en la que se cultivan cultivos y una casa agrícola.	En el invernadero (1) para el cultivo del cultivo (4), un elevador de temperatura (30) que opera para elevar la temperatura ambiente de acuerdo con la temperatura ambiente de la casa agrícola detectada por el sensor de temperatura (56). , 31, 32 , 33, 35, 36) y el dispositivo de descenso de temperatura (30, 31, 32, 33, 35) que opera para bajar la temperatura ambiente, que es un dispositivo de control (2) que controla la temperatura Cuando la temperatura ambiente detectada por el sensor satisface una condición de temperatura anormal predeterminada que afecta negativamente al cultivo, se notifica que la temperatura ambiente es anormal y la temperatura aumenta hasta llegar a una temperatura ambiente que no satisface la condición de temperatura anormal Dispositivo de control que incluye una unidad de control que controla el dispositivo o el dispositivo de descenso de temperatura. Ver más:
22	106665281 Porcelana, China, 2017.	La invención se refiere y enfoca a un dispositivo de control de temperatura del suelo para raíces de cultivos, particularmente a un dispositivo de suministro de agua para raíces en la plantación de plantas en el campo agrícola.	El dispositivo de control de temperatura del suelo de la raíz de un cultivo, que comprende cultivos (1), caracterizado porque: una tubería de agua anular (2) con un orificio de desbordamiento (3) está enterrada alrededor del cultivo (1), y la tubería de agua anular (2).) pasa a través de una tubería respectivamente (8), la primera bomba de agua (9) y la segunda bomba de agua (7) están conectadas al tanque de agua caliente

(10) y al tanque de agua fría (6), un sensor de temperatura (5) está dispuesta alrededor de los cultivos (1), el sensor de temperatura (5), la primera bomba de agua (9) y la segunda bomba de agua (7) están conectados al controlador (4)

Ver más:

Fuentes: Patentscope/ Descripción.

3.4 Descripción de Patentes.

Patente 6: Sistema y método para caracterización de fenotipado de cultivos agrícolas.

1. Un sistema para caracterizar el fenotipado de cultivos agrícolas caracterizado porque tiene al menos un dispositivo de soporte que incluye un microcontrolador central embebido (100) conectado a sensores atmosféricos (110) ubicados en la parte superior del cuerpo (40), proporcionando un microcontrolador embebido (200) adquiere señal de la cámara multiespectral (210) ubicada en el extremo distal del brazo (41); el microcontrolador central (100) está conectado a un microcontrolador base (300) que requiere señales de sensor (310); proporciona energía a los microcontroladores, sensores y actuadores desde una unidad reguladora (400) que es alimentada por un panel solar (500); el sistema, además, tiene unidad de comunicación (600) que incluye un enrutador (610) que se conecta a internet (620) para medios inalámbricos.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por el dispositivo de soporte incluye un cuerpo inferior (20) que está asociado con un cuerpo intermedio (30) que tiene un grado de libertad trasnacional y este cuerpo intermedio (30) está unido a a cuerpo superior (40) con dos grados de libertad rotacional.

3. El system de acuerdo con la reivindicación 2 caracterizado porque el cuerpo inferior (20) tiene además una cámara con un volumen controlado (21).

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 porque los sensores atmosféricos (110) son seleccionados entre: sensor de velocidad y dirección del viento (111), sensor de humedad relativa (112), sensor de temperatura (113), sensor de concentración de metano (114) y/o sensor de radiación (115).

5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 se caracterizó porque los sensores de suelo (310) incluyen sensor de pH (311), sensor de humedad (312), sensor de temperatura (313) y sensor de metano (314).

6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5 caracterizado por el sensor de metano (314) está ubicado en la cámara de volumen controlado (21).

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por el cuerpo superior (40) que tiene el brazo (41) tiene un grado de libertad rotacional.

8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por el cuerpo intermedio (30) es de tipo telescópico, para minimizar los efectos de varianza posicional en los sensores colgantes el crecimiento de las plantas.

9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por el dispositivo de soporte además tiene un cuerpo de anclaje (10).

10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9 caracterizado porque tiene el cuerpo de anclaje (10) que incluye un vástago (11) en forma de eje sobre el cual se ajusta o fija un medio de anclaje como una rosca o hélice (12) .

11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por la cámara multiespectral (210) adquiere imágenes del tipo NIR, multiespectral, térmicas y RGB.

12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 se caracterizó además incluye un soporte lógico con un portal con una interfaz gráfica de usuario, que despliega y clasifica información en tiempo real sobre regiones, parcelas, variedades, entre otras.

13. Una metodología para caracterizar el fenotipado de cultivos agrícolas que incluye los pasos de: Energizar el sistema por medio de un panel solar (500) y trasmitir energía hacia la unidad de regulación (400); Activar sensores (110) (210) (310);

Adquirir datos desde los sensores (110) (310); donde los sensores adquieren señales del suelo y atmósferas; dar a los sensores atmosféricos (110) sonido de velocidad y dirección del próximo, humedad relativa, temperatura, concentración de metano, sensor de radiación; y donde los sensores del suelo (310) Lts, pH, humedad relativa, temperatura, metano y óxido nitroso;

Ajuste la posición del dispositivo de soporte, para un motor unificado (320) que incluye el controlador de motor (329) y los motores de elevación (321) asociados con el cuerpo intermedio (30) y el motor de giro (322) y motor de brazo (323) asociados al cuerpo superior (40); - Calibrar para ajustar radiométrico de la cámara (210);

Adquiridor de imágenes con cámara (210) de tipo multiespectral; Transmitir los datos adquiridos por medio de unidad de comunicación (600) que incluye un ruteador (610); permanecer en hibernación e hibernación en la etapa de activación del sensor (110) (210) (310); Procesar imágenes y datos adquiridos por los sensores (110) (210) (310); Calcular el NVDI y caracterizar el fenotipo.

14. El método de acuerdo con la reivindicación 13 caracterizado porque en la etapa de adquisición de datos desde los sensores (110) (310), se hace medición diferencial en ppm entre el sensor de metano (114) y el sensor de metano (314)) contenida en la cámara con volumen controlado (21).

Patente 9: Método y dispositivo no destructivos para medir nitrógeno y proteínas en hojas de plantas.

3. Sistema agrícola inteligente basado en IoT para predecir cosechas y fertilizantes en función de diversos factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que dicho sistema propuesto es más preciso y rápido.

4. Sistema de cultivo inteligente basado en IoT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que se dice que en este documento analizamos y discutimos varios aspectos.

5. Sistema de cultivo inteligente basado en IoT para predecir cosechas y fertilizantes en función de diversos factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que se dice que, en los últimos años, el cultivo inteligente se ha convertido en un tema candente en el sistema médico.

6. Sistema agrícola inteligente basado en IoT para predecir cosechas y fertilizantes en función de diversos factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que se dice que es un sistema confiable y eficiente para monitorear variables.

7. Sistema de agricultura inteligente basado en IoT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1, en el que se dice que esta investigación analiza todo el trabajo importante y reciente que se ha realizado hasta el momento, así como sus limitaciones. y desafíos

8. Sistema agrícola inteligente basado en IoT para predecir cultivos y fertilizantes en función de varios factores utilizando algoritmos de aprendizaje automático de la reivindicación 1.

Patente 10: Equipo de cultivo eléctrico tipo Push- Pull con control ambiental para el cultivo y almacenamiento de cultivos.

Un equipo de cultivo eléctrico push-pull ambientalmente controlable para el cultivo y almacenamiento de cultivos, se caracteriza porque comprende:

una cabina de cultivo (1), que comprende una puerta de cabina hexagonal regular (11), y un cuerpo de cabina de una estructura de prisma hexagonal regular, estando la puerta de cabina (11) conectada de manera sellada con la superficie del extremo frontal del cuerpo de cabina;

Paquete de baterías (2) está dispuesto en una estructura de prisma triangular regular, cada superficie lateral del paquete de baterías (2) está estrechamente conectada respectivamente con una pared lateral de un compartimento de cultivo (1), y los bordes de los compartimentos de cultivo (1) son opuestos entre sí. ; Cada una de las cabinas de cultivo (1) rodea cada uno de los paquetes de baterías (2), y se empalman entre sí para formar una estructura de panal, y cada una de las cabinas de cultivo (1) en la estructura de panal conduce de forma independiente el entorno de cultivo de los cultivos en cada cabaña.

El equipo de cultivo push-pull eléctrico controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cosechas según la reivindicación 1, se caracteriza porque, en cada cabina de cultivo (1), estará provisto respectivamente de:

En las tres paredes laterales de la parte inferior de la cabina de cultivo (1) se acoplan respectivamente una bandeja (3), compuesta por una placa de fondo y placas laterales dispuestas a ambos lados de la placa de fondo, la placa de fondo y las placas laterales, respectivamente;

Un dispositivo eléctrico de empuje y tracción (4) está conectado entre la placa inferior de la bandeja (3) y la pared lateral inferior de la cabina de cultivo (1), y el dispositivo eléctrico de empuje y tracción (4) comprende un riel de guía (41) provisto en dirección longitudinal, el dispositivo eléctrico de vaivén (4) conduce la bandeja (3) a lo largo del riel guía (41) para extenderse fuera de la cabina de cultivo (1) o regresar a la cabina de cultivo (1);

Un dispositivo de suministro y recogida de solución nutritiva (5), que comprende una caja de almacenamiento de agua dispuesta en la superficie inferior de la placa inferior de la bandeja (3), y una solución nutritiva que se extiende hacia arriba desde la placa inferior de la bandeja (3) hasta el en medio de la cabina de cultivo (1) se comunica un dispositivo rociador de líquido (51), una tubería de suministro de solución nutritiva entre el dispositivo rociador de solución nutritiva (51) y la caja de almacenamiento de agua;

Un módulo de mezcla de aire (6), que introduce el gas mezclado según la proporción al interior de la cabina de cultivo (1); Un módulo de ajuste de iluminación (7), que comprende un grupo de luces LED dispuesto en la pared lateral superior de la cabina de cultivo (1), para ajustar la

intensidad de la luz en el interior de la cabina de cultivo (1); Un grupo de cajas de raíces y un dispositivo de instalación (8), que están dispuestos en la cabina de cultivo (1) para alojar cultivos; Un grupo de sensores (9), que está dispuesto en la cabina de cultivo (1), se usa para recopilar datos de contenido de gas y datos de intensidad de luz en la cabina de cultivo (1).

El equipo de cultivo eléctrico push-pull controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 2, en el que la puerta de escotilla (11) está provista de una pantalla de visualización, y el grupo de sensores (9) está dispuesto en cada uno de los lados. lado interior de la placa lateral de la bandeja (3), la pantalla de visualización está conectada al grupo de sensores (9) para mostrar los datos de contenido de gas y los datos de intensidad de luz en la cabina de cultivo (1) correspondiente a la puerta de la cabina (11)) se proporciona.

El equipo eléctrico de cultivo push-pull controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 2, se caracteriza porque, el dispositivo eléctrico push-pull descrito (4) comprende: Un riel guía (41), que está dispuesto en la superficie superior de la pared lateral inferior de la cabina de cultivo (1) a lo largo de la dirección longitudinal de la pared lateral inferior de la cabina de cultivo (1), los dos lados del riel guía (41) están provistos de protuberancias a lo largo de su dirección longitudinal. El medio del riel de guía (41) es un foso provisto a lo largo de su dirección longitudinal;

Un bloque deslizante (44), que está dispuesto en la superficie inferior de la placa inferior de la bandeja (3), el bloque deslizante (44) se sujeta con las protuberancias en ambos lados del riel guía (41), y se desliza a lo largo la dirección longitudinal del carril de guía (41);

Un par de tuercas de husillo de bolas (42), que está conectado de forma fija a la superficie inferior de la placa inferior de la bandeja (3), está dispuesto en el hueco en el medio del riel guía (41), y la tuerca gira para empujar el tornillo de avance a lo largo del riel guía (41) moviéndose en la dirección, empujando la bandeja (3) a lo largo del riel guía (41) para extenderse fuera de la cabina de cultivo (1) o regresar a la cabina de cultivo (1);

El motor (43) está dispuesto en la pared lateral inferior de la cabina de cultivo (1) y está conectado con el par de tuercas de husillo de bolas (42), y el par de salida impulsa la tuerca del par de tuercas de husillo de bolas (42) para girar.

El equipo de cultivo push-pull eléctrico ambientalmente controlable para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 2, donde el módulo de aireación (6) está dispuesto en la parte trasera de la bandeja (3) y la cabina de cultivo (1). entre las caras de

popa del casco, incluyendo: CO 2 Un tanque de almacenamiento, cuyo lateral está conectado de manera fija a la parte posterior de la bandeja (3), en el que se almacena el CO 2 gas; O 2 tanque de almacenamiento, cuya parte lateral está conectada fijamente con la parte trasera de la bandeja (3), y el O 2 gas; un tubo de escape, que incluye dos extremos de entrada y un extremo de salida, los dos extremos de entrada están conectados respectivamente con CO 2 Tanques de Almacenamiento y O 2 El tanque de almacenamiento está conectado, y su extremo de salida está dispuesto en la bandeja (3) e ingresa el gas mezclado a la cabina de cultivo (1);

La válvula mezcladora de aire, que está conectada entre los extremos de entrada y salida del tubo de escape, ajusta el CO respectivamente 2 Gas y O 2 La proporción de mezcla de gas, emite el gas mezclado según la proporción.

El equipo de cultivo push-pull eléctrico controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 2, se caracteriza porque, el grupo de caja de raíces descrito y el dispositivo de instalación (8) comprenden:

Una caja de raíces, que es una estructura de paralelepípedo rectangular, y tiene placas de sombreado desmontables en ambos lados de la caja de raíces;

El marco de la caja de raíces (81) es una estructura alargada dispuesta horizontalmente, la estructura alargada está provista de una ranura pasante del mismo tamaño que la superficie inferior de la caja de raíces, y la parte inferior de la caja de raíces se inserta en la ranura pasante., por lo que la caja de raíces se cuelga en el marco de la caja de raíces (81);

El marco de fijación de la caja de raíces (82) está dispuesto verticalmente en la placa inferior de la bandeja (3) y tiene al menos la misma altura que la caja de raíces, y ambos extremos del marco de la caja de raíces (81) se superponen en la caja de raíces. marco de fijación (82), la caja de raíz está suspendida verticalmente entre los marcos de fijación de la caja de raíz (82).

El equipo de cultivo eléctrico push-pull controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 6, en el que la longitud del par de tuercas de husillo de bolas (42) alcanza al menos el soporte de la caja de raíces (82) la distancia entre ellos.

El equipo de cultivo push-pull eléctrico controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 2, se caracteriza porque, en el dispositivo de suministro y recolección de solución nutritiva descrito (5),

La caja de almacenamiento de agua incluye una pluralidad de ellas dispuestas a lo largo del borde de la superficie inferior de la placa inferior de la bandeja (3);

El dispositivo rociador de solución nutritiva (51) está dispuesto en una pluralidad a lo largo de la dirección de la bandeja (3), la altura de cada dispositivo rociador de solución nutritiva (51) no es inferior a la altura de la caja de raíz, y cada solución nutritiva El dispositivo de rociado (51) no es más bajo que la altura de la caja de raíz 51) Rocíe solución nutritiva a cada caja de raíz respectivamente.

El equipo de cultivo eléctrico push-pull controlable por el entorno para el cultivo y almacenamiento de cultivos según la reivindicación 6, en el que la caja de raíces comprende dos estantes de cajas de raíces (81) que están dispuestos respectivamente en dos estantes de cajas de raíces (81). de los marcos de fijación de la caja de raíces (82) están fijados en la placa inferior de la bandeja (3), y los dos grupos de cajas de raíces están dispuestos en paralelo entre sí; el dispositivo de rociado de solución nutritiva (51) está paralelo a la caja de raíces marco (81), dispuestos uniformemente entre los dos conjuntos de cajas de raíz.

Patente 11: Marco de sensores inteligentes basado en aprendizaje automático para ayudar a los agricultores en la previsión del tiempo para el cultivo apropiado de cultivos.

Se propone un marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para pronosticar el clima para el cultivo adecuado. Un conjunto de sensores que se implementan a una distancia operativa enfocada en la granja es capaz de proporcionar informes analíticos meteorológicos a los agricultores.

Como sistema en la Reivindicación 1, el análisis de la fecha recopilada se realiza utilizando algoritmos de aprendizaje automático para el procesamiento de datos. El grupo de sensores se coloca en diferentes estaciones agroclimáticas y recoge variables sobre el clima.

Como sistema en la reivindicación 2, los datos recopilados se transmiten a través de LORA/RF/XBEE para su procesamiento y almacenamiento mediante un servidor en la nube para generar señales de advertencia. Los gráficos meteorológicos históricos junto con las señales de advertencia apropiadas ayudan a los agricultores a tomar decisiones efectivas con respecto al cultivo.

Descripción: Campo de la invención: El pronóstico del tiempo es un factor importante en el sector agrícola que ayuda a los agricultores a sembrar y cosechar cultivos apropiados. El pronóstico del tiempo del día a día ayuda a los agricultores a decidir sobre el tipo de riego, el

tiempo de rendimiento, la elección del cultivo que finalmente conduce a la decisión comercial de ganancias/pérdidas en la agricultura.

Para una agricultura y una cosecha rentables y exitosas, el agricultor debe conocer varios factores que afectan la agricultura, como la temperatura, la humedad, la radiación ultravioleta, la dirección del viento, la radiación solar, la presión barométrica y la lluvia. Se propone un marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para pronosticar el clima para el cultivo de cultivos apropiado. Un conjunto de sensores que se implementan a una distancia operativa enfocada en la granja es capaz de proporcionar informes analíticos meteorológicos a los agricultores.

El análisis se realiza utilizando algoritmos de aprendizaje automático para el procesamiento de datos. El grupo de sensores pf se coloca en diferentes estaciones agroclimáticas y recoge variables sobre el clima. Los datos recopilados se transmiten a través de LORA/RF/XBEE para su procesamiento y almacenamiento mediante un servidor en la nube para generar señales de advertencia. Los gráficos meteorológicos históricos junto con las señales de advertencia apropiadas ayudan a los agricultores a tomar decisiones efectivas con respecto al cultivo. Arte y descripción de antecedentes: CN106845808A se relaciona con un tipo de campo de arroz de área irrigada basado en la inversión de datos de detección remota, es capaz de lograr el ahorro de agua en el campo de arroz del área irrigada e irriga el control preciso del nivel del agua; puede resolver el desperdicio de riego de recursos hídricos, llenar el drenaje no a tiempo y la contaminación generalizada del área irrigada por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en el área rural se pierde en es serio los problemas tales como: Mientras tanto, la presente invención tiene mejor capacidad de adaptación, con beneficio económico y beneficio social superior.

El sistema recibe datos de predicción meteorológica de área amplia y los sensores desplegados dentro del área de producción agrícola recopilan datos de sensores de área local. Un procesador almacena los datos recibidos como datos históricos de predicción meteorológica de área amplia y los datos de los sensores como datos históricos de sensores de área local. El procesador determina una correlación entre los datos históricos de predicción meteorológica de área amplia y los datos históricos de sensor de área local basándose en los datos históricos de predicción meteorológica de área amplia y los datos históricos de sensor de área local, y calcula una predicción sobre el suministro de agua en relación con demanda de agua dentro del área de producción agrícola basada en los datos actuales de predicción meteorológica de área amplia y la correlación calculada.

Luego, el actuador de riego se controla en función de la predicción del suministro de agua en relación con la demanda de agua para definir la cantidad de agua que se utilizará para regar el área de producción agrícola. método de orientación para la asimilación de un radar de apertura sintética de polarización dual y un modelo de cultivo, que comprende los siguientes pasos específicos: recopilar datos satelitales del radar de apertura sintética de doble polarización y pre procesar los datos satelitales, e invertir la humedad del suelo SM mediante la adopción de un modelo AIEM (tecnología de la información avanzada) y un MIMICS (sistema de simulación integrado de simulación) modelo; calibrar un modelo SWAP de los cultivos en el área de investigación; asimilar la inversión de detección remota SM obtenida y la simulación del modelo SWAP obtenida SM mediante el uso de un algoritmo de filtrado de conjunto de Kalman y optimizar el modelo SWAP; y (4) obtener los requisitos de riego sobre la base de la salida del contenido porcentual de agua del suelo mediante el modelo SWAP optimizado, una por una cuadrícula de cultivos, obtener un gráfico del sistema de riego de cultivos regional y guiar la producción de cultivos.

El modelo regional de crecimiento de cultivos WOFOST se usa como base, el índice de crecimiento de detección remota o el rendimiento del cultivo se usa como una cantidad de asimilación, se construye una función de costo de algoritmo SCE-UA, se forma una asimilación de inversión que apunta a los parámetros de crecimiento GF-1, y por lo tanto, el crecimiento de los cultivos se puede monitorear y pronosticar de manera efectiva. CN103760114 Una invención describe un método de predicción del contenido de azúcar de caña de azúcar basado en la detección remota hiperespectral.

El método de predicción del contenido de azúcar de caña de azúcar comprende los siguientes pasos: (1) se dispone un sistema de predicción y análisis del contenido de azúcar de caña de azúcar en una plataforma de centro de gestión; (2) los datos básicos se adquieren y transmiten a las bases de información correspondientes de un servidor de datos para su almacenamiento; (3) un módulo de modelado de predicción de contenido de azúcar lee los datos básicos correspondientes en el servidor de datos para analizar, luego construye modelos de predicción de contenido de azúcar correspondientes y almacena los modelos de predicción de contenido de azúcar en una base de modelo de predicción; (4) después de que se construyen los modelos de predicción del contenido de azúcar, el sistema de predicción y análisis del contenido de azúcar de caña de azúcar comienza a analizar y predecir el contenido de azúcar de las cañas de azúcar correspondientes, y genera esquemas de corte y transporte. El método

de predicción del contenido de azúcar de caña de azúcar tiene las ventajas de flujo simple, comodidad de uso, seguridad y confiabilidad.

Básicamente la invención CN102487788A describe un sistema inteligente de control de descarga de riego por aspersión basado en servicios de información meteorológica, que comprende un sistema de intercambio de adquisición de datos, un sistema de soporte de servicio de información, y un centro de control de producción. El sistema de soporte del servicio de información compara los datos adquiridos con la información en una base de conocimiento de cultivos establecida y proporciona un rango recomendado de parámetros de crecimiento de cultivos de acuerdo con la información meteorológica local y la información meteorológica futura. El centro de control de producción controla el funcionamiento de un sistema de riego por aspersión o un equipo de descarga de acuerdo con la información de resultados analizada por el sistema de soporte del servicio de información.

El sistema de soporte del servicio de información combina datos meteorológicos y datos de parámetros prácticos del sitio de crecimiento de los cultivos, los datos meteorológicos y los datos de parámetros prácticos del sitio de crecimiento se analizan con los datos en la base de conocimientos de cultivos para proporcionar las mejores medidas de control que se transmiten al centro de control de producción. , y el centro de control de producción controla un controlador de usuario para determinar cuándo, cuánto y qué regar por aspersión, de modo que se realice un riego agrícola eficiente, científico, cuantitativo y fino, y la forma de riego/descarga por aspersión extensiva existente se cambie a una forma de producción económica, fina e inteligente. El dispositivo comprende un módulo de adquisición de datos del estado de humedad del suelo en tiempo real, un módulo de evaluación de condiciones de sequía, un módulo de liberación de información, una base de datos y una interfaz de pronóstico del tiempo a mediano y largo plazo. La invención proporciona además un método de seguimiento y advertencia de sequía agrícola basado en el dispositivo. Las condiciones de exceso y déficit de agua de los cultivos en diferentes regiones dentro del próximo tiempo preestablecido se pronostican de acuerdo con la información del estado de humedad del suelo adquirida en tiempo real en diferentes regiones y mediante la combinación de información de precipitación y temperatura, dentro del próximo tiempo preestablecido, proporcionada por un tercero, y la división de la región de sequía se realiza con base en las condiciones de excedente y déficit de agua de los cultivos. Por lo tanto, las sequías pueden descubrirse oportunamente de manera beneficiosa por la conveniencia de asignar razonablemente los recursos hídricos para hacer frente a los desastres. Se realizan un seguimiento exhaustivo,

una evaluación científica y una advertencia de las sequías, y el dispositivo y el método son de gran importancia teórica y práctica para resolver el problema de las pérdidas causadas por sequías o inundaciones agrícolas. la presente invención se puede aplicar ampliamente en el campo de riego de precisión. El documento US10728336B2 divulga una solución de tecnología integrada de extremo a extremo disponible para aumentar el rendimiento general de los cultivos y una plataforma de comunicación para conectar a los productores con el mercado y una infraestructura para la gestión agrícola, logística, almacenamiento, distribución y entrega. Ofreciendo una solución global a este problema que proporciona un sistema IoT (Internet de las Cosas) consolidado e integrado donde la plataforma de recolección de datos, monitoreo, control y comunicación se gestiona utilizando una única plataforma. Un dispositivo de monitoreo de IoT agrícola basado en la detección de red de malla inalámbrica, donde este dispositivo puede monitorear la temperatura, la humedad, la vibración y otros parámetros de una base de cultivo agrícola. El dispositivo está diseñado con un microcontrolador, una unidad de detección, módulo WiFi, Red de comunicación LoRa donde utiliza WiFi Mesh Network o LoRaWAN para capturar datos en tiempo real para visualización remota y análisis de datos de inteligencia para acciones preventivas.

Esta única plataforma de sistema IoT proporciona una solución para la agricultura y varias aplicaciones. CN104635694 Una invención se relaciona con un sistema inteligente de alerta temprana agrícola. Se utiliza un módulo de monitoreo meteorológico para adquirir datos meteorológicos locales en tiempo real; se utiliza un módulo de monitoreo de daños por plagas y enfermedades para adquirir los datos de daños por plagas y enfermedades de los cultivos; se utiliza un módulo de control principal para almacenar los datos meteorológicos adquiridos y los datos de daños por plagas y enfermedades en un módulo de almacenamiento de datos; el módulo de almacenamiento de datos se usa para transmitir los datos meteorológicos recibidos y los datos de daños por plagas y enfermedades a la región intermedia del módulo de control principal; un módulo de comunicación inalámbrica GPRS (Servicio General de Paquetes de Radio) se usa para transmitir los datos meteorológicos y los datos de daños por plagas y enfermedades en la región de amortiguamiento del módulo de control principal a una plataforma de alerta temprana de monitoreo remoto a través de una red inalámbrica GPRS; los datos meteorológicos y los datos de daños por plagas y enfermedades se comparan con los datos en una base de datos experta después de ser transmitidos a la plataforma de alerta temprana de monitoreo remoto, y la información de la solución para hacer frente a la alerta temprana se transmite a un sembrador.

El sistema es más práctico para la alerta temprana agrícola, los resultados obtenidos a través del análisis de alerta temprana son más precisos, las influencias de los cambios climáticos en el crecimiento de los cultivos se predicen de acuerdo con los datos de monitoreo del clima a partir de la información del pronóstico del tiempo y el grado automático es alto. El pronóstico del tiempo es un factor importante en el sector agrícola que ayuda a los agricultores a sembrar y cosechar cultivos apropiados. El pronóstico del tiempo del día a día ayuda a los agricultores a decidir sobre el tipo de riego, el tiempo de rendimiento, la elección del cultivo que finalmente conduce a la decisión comercial de ganancias/pérdidas en la agricultura. Para una agricultura y una cosecha rentables y exitosas, el agricultor debe ser consciente de varios factores que afectan la agricultura, como la temperatura, la humedad, la radiación ultravioleta, la dirección del viento, la radiación solar, la presión barométrica y la lluvia. Se propone un marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para pronosticar el clima para el cultivo de cultivos apropiado. Un conjunto de sensores que se implementan a una distancia operativa enfocada en la granja es capaz de proporcionar informes analíticos meteorológicos a los agricultores. El análisis se realiza utilizando algoritmos de aprendizaje automático para el procesamiento de datos. El grupo de sensores pf se coloca en diferentes estaciones agroclimáticas y recoge variables sobre el clima. Los datos recopilados se transmiten a través de LORA/RF/XBEE para su procesamiento y almacenamiento mediante un servidor en la nube para generar señales de advertencia. Los gráficos meteorológicos históricos junto con las señales de advertencia apropiadas ayudan a los agricultores a tomar decisiones efectivas con respecto al cultivo. Reivindicaciones: En esta invención sobre **Marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para ayudar a los agricultores en la previsión del tiempo para el cultivo apropiado de cultivos**, afirmamos que: 1. Se propone un marco de sensor inteligente basado en aprendizaje automático para pronosticar el clima para el cultivo de cultivos apropiado. Un conjunto de sensores que se implementan a una distancia operativa enfocada en la granja es capaz de proporcionar informes analíticos meteorológicos a los agricultores.

Patente 12: Dispositivo y método de predicción del espacio de producción de cultivos, modelo y medio de almacenamiento.

Un tipo de método de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 1, se caracteriza porque, se describe la determinación de la variable ambiental dominante relacionada con la producción del cultivo correspondiente, y se

procesa la variable ambiental dominante descrita para generar en el área a regular datos Raster, incluido:

Determinar las variables ambientales potenciales que afectan la producción del cultivo correspondiente, las variables ambientales potenciales incluyendo las variables naturales potenciales y las variables humanísticas potenciales;

Generar mallas de datos de las variables ambientales potenciales en el área a regular y unificar la resolución espacial de las mallas de las variables ambientales potenciales;

Calcular la tasa de cotización de la variable natural potencial e identificar la variable natural dominante entre las variables naturales potenciales en función de la tasa de cotización, siendo la variable natural dominante la variable natural potencial cuya tasa de cotización es superior a un umbral;

Realizar análisis de correlación sobre las variables naturales dominantes, las variables humanas potenciales y el área de siembra del cultivo correspondiente existente en el área a regular, y examinar las variables naturales dominantes y las variables humanas potenciales;

Sobre la base de las variables naturales dominantes filtradas, las variables humanas potenciales filtradas se agregan para llevar a cabo un diagnóstico de multicolinealidad para identificar las variables ambientales dominantes.

Un tipo de método de simulación de predicción espacial de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 2, se caracteriza porque, cuando el cultivo correspondiente descrito es cítrico, la variable ambiental dominante descrita identificada comprende altitud, intensidad de aplicación de fertilizantes químicos, área de riego efectiva, intensidad de entrada de mano de obra , temperatura promedio anual, horas de sol anuales, diferencia de temperatura anual, pendiente, humedad del aire promedio anual, intensidad de aplicación de pesticidas, capacidad de retroalimentación económica, nivel de consumo, período libre de heladas, nivel de urbanización, número de días ≥38 ℃ en verano, red vial Densidad, seguridad alimentaria, pH, precipitación anual, temperatura media del mes más cálido, avances tecnológicos y políticas institucionales.

Un tipo de método de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 1, se caracteriza porque, de acuerdo con el área de siembra prevista de los cultivos correspondientes en el área a regular, se describen los píxeles de la cuadrícula y las cuadrículas que se pueden utilizar para plantar los cultivos correspondientes

El área geográfica correspondiente al píxel de la cuadrícula se utiliza para asignar el área de plantación al área a regular, que incluye:

Al comparar el área de plantación prevista de cada subregión y la suma del área de píxeles de la cuadrícula que se puede usar para plantar los cultivos correspondientes en la subregión, la región que se regulará incluye una pluralidad de subregiones sin -ubicaciones geográficas superpuestas,

Si el área de siembra prevista de la subárea es mayor que la suma de las áreas de píxeles de la cuadrícula que se pueden usar para plantar los cultivos correspondientes en la subárea, el área de siembra se asignará directamente a todos los píxeles de la cuadrícula que se puede utilizar para sembrar los cultivos correspondientes en la subárea;

Si el área de siembra prevista de la subárea es menor o igual a la suma de las áreas de píxeles de la cuadrícula que se pueden usar para plantar los cultivos correspondientes en la subárea, las operaciones de los pasos A y B se realizan en cada subárea respectivamente.

A. Ordenar la probabilidad de distribución correspondiente a los píxeles de la cuadrícula que se pueden utilizar para plantar los cultivos correspondientes en la subregión,
B. B. Asigne el área de plantación prevista de la subárea a los píxeles de la cuadrícula en la subárea en el orden de probabilidad de distribución de mayor a menor, y el área de plantación asignada por el píxel de la cuadrícula es el píxel de la cuadrícula real Caracterice el área geográfica, cuente el área de plantación asignada y marque los píxeles de cuadrícula asignados para generar puntos de marcador;
C. Después de completar la asignación del área de plantación de cada píxel de cuadrícula en la subregión, cuente el área de plantación asignada en la subregión y calcule la diferencia entre el área de plantación prevista en la subregión y el área de plantación asignada en la subregión. -región;
D. Luego de asignada el área de siembra de cada grilla en cada subárea del área a regular, calcular la suma A de las diferencias mayores a 0;
E. Si la suma A es mayor que 0, los píxeles de cuadrícula no asignados en el área a regular se clasifican en el orden de probabilidad de distribución de mayor a menor, y las áreas de plantación correspondientes al total A se clasifican en el orden de probabilidad de distribución de mayor a bajo para ser tratado en el área regulada. Los píxeles de la cuadrícula asignados se utilizan para la asignación del área de plantación hasta que se asigna el área de plantación prevista total de cada subárea, y los píxeles

de la cuadrícula asignados se marcan con posiciones para generar puntos de marcador.

F. 5. Un tipo de método de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 4, se caracteriza porque, el método descrito también comprende:

G. Exporte los píxeles de trama marcados y conviértalos en datos de trama; Realizar cálculos de área en GIS; Salida del esquema de simulación del espacio de producción de los cultivos correspondientes.

H. 6. Un tipo de método de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 1, se caracteriza porque el método descrito también comprende:

I. El valor AUC se usó para probar la precisión de la probabilidad de distribución del cultivo correspondiente.

J. 7. Un modelo de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos, caracterizado porque comprende una unidad de confirmación de variable ambiental líder, una unidad de confirmación de probabilidad de distribución, una unidad de confirmación de píxel de cuadrícula y una unidad de asignación de área de plantación que están conectadas secuencialmente mediante señales;

K. La unidad de confirmación de variable ambiental dominante se utiliza para determinar la variable ambiental dominante relacionada con la producción del cultivo correspondiente y procesar la variable ambiental dominante para generar datos de cuadrícula en el área a regular;

L. La unidad de confirmación de probabilidad de distribución está configurada para determinar la probabilidad de distribución de los cultivos correspondientes en cada píxel de la cuadrícula del área a regular de acuerdo con la variable ambiental dominante y los datos de coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en el área a regular. área;

M. La unidad de confirmación de píxeles de cuadrícula está configurada para filtrar píxeles de cuadrícula que pueden usarse para plantar los cultivos correspondientes según la probabilidad de distribución de los cultivos correspondientes en cada píxel de cuadrícula;

N. La unidad de asignación del área de siembra se utiliza para sembrar el área a regular de acuerdo con el área de siembra prevista del cultivo correspondiente en el área a

regular, el píxel de cuadrícula que se puede usar para sembrar el cultivo correspondiente y el área geográfica correspondiente al píxel de la cuadrícula.

O. 8. Un modelo de simulación de predicción del espacio de producción de cultivos de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el modelo comprende además una unidad de salida del esquema.

P. La unidad de salida del esquema está además configurada para realizar el marcado de posición en los píxeles de cuadrícula asignados para generar puntos marcados;

Q. La unidad de salida del plan se utiliza para exportar los puntos marcados y transformar los datos de la cuadrícula, y generar el plan de simulación del espacio de producción de cultivos correspondiente después de calcular el área en el sistema de información geográfica.

R. 9. Un dispositivo de simulación de predicción espacial de producción de cultivos, que comprende una memoria y un controlador que se comunican y conectan en secuencia, y un programa de computadora se almacena en la memoria, caracterizado porque: el procesador se utiliza para leer el programa de computadora y ejecutar la reivindicación 1 -6 cualquiera de los métodos de simulación de predicción espacial de producción de cultivos.

S. 10. Un medio de almacenamiento legible por computadora en el que se almacenan instrucciones, caracterizado porque: cuando las instrucciones se ejecutan en una computadora, se ejecuta el espacio de producción de cultivos descrito en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6. Métodos de simulación predictiva.

Patente 13: Sistema y método para monitorear cultivos agrícolas basado en IOT y modelos de aprendizaje profundos (CNN) y proporcionar resolución de enfermedades de cultivos utilizando los mismos.

Un sistema para monitorear y alarmar automáticamente a los agricultores con respecto a la situación anormal en los cultivos actuales del campo agrícola y la resolución de enfermedades de los cultivos, el sistema comprende: entrenar el servidor (1) con el algoritmo basado en la red neuronal convolucional usando una gran base de datos (4) de aspectos agrícolas (101); recopilar datos (102) de varios sensores a intervalos predeterminados y enviarlos al servidor a través del módulo de comunicación; el servidor (3) analiza (103) los datos recopilados con la base de datos almacenada utilizando dos o más capas de red neuronal convolucional (CNN) (103); Generación y envío de una alarma a la aplicación cliente (5) de un usuario específico junto con la solicitud de asesoramiento experto si es necesario (104).

El sistema según la reivindicación 1, que comprende además: La aplicación cliente (5) envía la solicitud de asesoramiento experto en caso de enfermedad del cultivo (201) al servidor (3); el servidor (3) envía la solicitud recibida a la aplicación del dispositivo experto (6) junto con fotografías del cultivo (202) tomado por el sensor de la cámara; El servidor (3) recibe el aviso/resolución junto con los detalles del dispositivo experto y habilita la IA del sistema utilizando el algoritmo CNN (203); El servidor envía el aviso/resolución junto con los detalles a la aplicación del cliente en su idioma elegido (204).

El sistema según la reivindicación 1, en el que los sensores utilizan sensores inalámbricos integrados con chip ZigBee y módulos de recopilación de datos y se comunican con el servidor a través de módulos de comunicación inalámbrica.

El sistema según la reivindicación 1, en el que la red de comunicación puede ser una red cableada o inalámbrica.

Un método para monitorear y alarmar automáticamente a los granjeros con respecto a la situación anormal en los cultivos actuales del campo agrícola y la resolución de enfermedades de los cultivos usando el sistema como se reivindica en las reivindicaciones 1-4.

Patente 14: Método implementado por computadora y basado en IOT para aumentar la producción de cultivos utilizando un modelo de aprendizaje automático.

Un método implementado por computadora para aumentar automáticamente la producción de cultivos utilizando sensores de Internet de las cosas (loT) y un modelo de aprendizaje automático (MLM), el método comprende: entrenar el servidor central (203) con el modelo de aprendizaje automático usando una gran base de datos (4) y casos de prueba de aspectos agrícolas (101); capturar/recolectar datos (102) de varios sensores IoT a intervalos predeterminados y transmitir los datos capturados al servidor central a través del módulo de comunicación; el servidor central (2033) analiza (103) los datos recopilados con la base de datos almacenada utilizando el modelo de aprendizaje automático (103);generar y enviar una alarma a la aplicación cliente (5) de un usuario específico junto con la solicitud de asesoramiento experto si es necesario (104); iniciando de forma remota, mediante la aplicación del cliente, el sistema de riego instalado en el campo utilizando una válvula solenoide según lo determine el modelo de aprendizaje automático y notifique al agricultor (105).

El método según la reivindicación 1, que comprende además: La aplicación del cliente (5) envía una solicitud de asesoramiento experto en caso de enfermedad del cultivo al servidor

(3); El servidor (3) envía la solicitud recibida a la aplicación del dispositivo experto (6) junto con las fotografías del cultivo tomadas por el sensor de la cámara; El servidor (3) recibe el aviso/resolución junto con los detalles del dispositivo experto y habilita el sistema Al usando el algoritmo CNN; El servidor envía el aviso/resolución junto con los detalles a la aplicación del cliente en el idioma elegido.

El método según la reivindicación 1, en el que los sensores usan sensores inalámbricos integrados con chip ZigBee y módulos de recopilación de datos y se comunican con el servidor a través de módulos de comunicación inalámbrica.

El método según la reivindicación 1, en el que la red de comunicación puede ser una red cableada o inalámbrica.

Un sistema para aumentar automáticamente la producción de cultivos utilizando sensores de Internet de las cosas (loT) y un modelo de aprendizaje automático (MLM), en el que el sistema se realiza mediante una unidad informática o servidor central para acceder al sistema, en el que la unidad informática comprende un procesador, un memoria, dispositivo de entrada/salida y unidad de comunicación, comprendiendo el sistema: una red de comunicación (201) para transmitir/recibir datos de otras realizaciones del sistema; base de datos (202) para almacenar datos relacionados con los toques, casos de prueba y base de datos inicial relacionada con los toques; varios sensores loT (204) para capturar datos relacionados con el suelo, el cultivo y el medio ambiente; un servidor central (203) para analizar y procesar los datos recibidos para realizar los pasos de: entrenar el servidor con el modelo de aprendizaje automático utilizando una gran base de datos y casos de prueba de aspectos agrícolas (101); capturar/recolectar datos (102) de varios sensores IoT a intervalos predeterminados y transmitir los datos capturados al servidor central a través del módulo de comunicación; el servidor central analiza (103) los datos recopilados con la base de datos almacenada utilizando el modelo de aprendizaje automático (103);

Generar y enviar una alarma a la aplicación cliente de un usuario específico junto con la solicitud de asesoramiento experto si es necesario (104) iniciando de forma remota, mediante la aplicación del cliente, el sistema de riego instalado en el campo utilizando una válvula solenoide según lo determine el modelo de aprendizaje automático y notifique al agricultor (105).

Patente 15: Sistema de monitoreo de ambientes pequeños para plantación de cultivos basados en Internet.

Un tipo de sistema de monitoreo de ambientes pequeños de plantación de cultivos basado en Internet, comprende Internet de monitoreo de ambientes pequeños agrícolas y un servidor central, se caracteriza porque, el servidor central descrito comprende una unidad central de control de monitoreo (18) y un módulo de visualización (19), descrito agrícola El pequeño entorno de monitoreo de Internet incluye varios sitios de monitoreo distribuidos dentro del ámbito del espacio de producción agrícola, el host de monitoreo y control (18) del servidor central está conectado al dispositivo de procesamiento central (1) del sitio de monitoreo a través de Internet, y el El sitio de monitoreo también incluye un dispositivo de procesamiento central.(1) Un dispositivo de monitoreo ambiental conectado (3), un dispositivo de almacenamiento (10), un dispositivo de procesamiento y un dispositivo auxiliar, el dispositivo de monitoreo ambiental (3) incluye un dispositivo de monitoreo de temperatura y humedad del aire. (4) y una unidad de control de la temperatura y la humedad del suelo (5), una unidad de control de la calidad del suelo (6), una unidad de control de la luz (7), una unidad de control de la velocidad del viento ambiental (8) y una unidad de control de la lluvia y la nieve (9), la El dispositivo de procesamiento central (1) también está conectado al módulo de adquisición de imágenes de video (2), por lo que el dispositivo de tratamiento comprende un dispositivo de implementación de compensación de temperatura (11), un dispositivo de riego por aspersión (12), un dispositivo de suplemento de luz (13), un un sistema de fertilización (14) y un sistema de eliminación de insectos (15) conectado al dispositivo central de procesamiento (1), el dispositivo auxiliar incluye un balastro (16) y una lámpara de encendido (17).

El sistema de monitoreo de entorno pequeño de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el host de monitoreo y control (18) comprende un dispositivo de tableta, un dispositivo de teléfono móvil y un dispositivo de computadora.

El sistema de monitoreo de entorno pequeño de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de procesamiento central (1) está alimentado por una fuente de alimentación de CA, un panel solar o una fuente de alimentación de CC.

El sistema de monitoreo de entorno pequeño de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1 o 3, en el que el dispositivo de procesamiento central (1) se usa para recibir, ejecutar y distribuir instrucciones.

El sistema de monitoreo de entorno pequeño de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de almacenamiento (10) se utiliza para almacenar los mejores datos de condiciones ambientales de plantación de cultivos.

El sistema de monitoreo del entorno de siembra de cultivos pequeños basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1 o 3 o 5, se caracteriza porque, el dispositivo de monitoreo del entorno descrito (3) se utiliza para recopilar los datos ambientales del crecimiento actual de los cultivos, y recopilar Los datos se transmiten al dispositivo de procesamiento central (1), y el dispositivo de procesamiento central (1) llamará a los datos relevantes almacenados en el dispositivo de almacenamiento (10) y comparará los dos, para monitorear los cultivos en cualquier momento Ambiente de crecimiento, para garantizar que las condiciones ambientales sean las condiciones ambientales de crecimiento óptimas actuales para los cultivos, para garantizar el excelente crecimiento de los cultivos, a fin de obtener el mejor rendimiento de los cultivos.

El sistema de monitoreo de ambientes pequeños de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo auxiliar se usa para proporcionar iluminación de monitoreo durante la noche.

El sistema de monitoreo de entorno pequeño de plantación de cultivos basado en Internet de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de procesamiento se usa para ajustar y mejorar el entorno de crecimiento del cultivo.

Patente 16: Uso efectivo de la zona de raíces en el manejo de cultivos.

Un método para determinar una zona radicular efectiva para un cultivo en un sistema de seguimiento agrícola, en el que el sistema de seguimiento agrícola comprende (a) un sistema de gestión de datos alojado en un servidor y (b) un dispositivo de seguimiento asociado con al menos un sensor y al menos ubicado parcialmente dentro del suelo, estando adaptado el dispositivo de control para medir el nivel de humedad del suelo a una pluralidad de profundidades diferentes, estando adaptado también el dispositivo de control para transmitir de forma inalámbrica datos representativos del nivel de humedad del suelo a la pluralidad de profundidades diferentes, comprendiendo el método los siguientes pasos realizados por el sistema de gestión de datos:

Recibir datos del dispositivo de control, en el que los datos son representativos del nivel de humedad del suelo en cada una de la pluralidad de profundidades diferentes;

Determinar, para cada una de la pluralidad de profundidades diferentes y basándose en los datos recibidos, si cada uno de una pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo es relevante para la absorción por las raíces;

Determinar si cada uno de la pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo que se determina que son relevantes para la absorción por las raíces se debe al drenaje;

Determinar, para cada una de la pluralidad de profundidades diferentes, si se produce la absorción de raíces basándose al menos en los cambios incrementales en la humedad del suelo que se producen a esa profundidad particular que no se deben al drenaje;

Determinar una cantidad de absorción por la raíz para cada una de la pluralidad de diferentes profundidades donde se produce la absorción por la raíz; y

Usando al menos las cantidades determinadas de captación de raíces y un criterio predeterminado de zona de raíces efectiva, determinando una zona de raíces efectiva para el cultivo.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además determinar un nivel de nitrógeno para el suelo basado en la zona de raíces efectiva para el cultivo.

El método de la reivindicación 2 , en el que el nivel de nitrógeno es un nivel de uno o más de: nitrato, nitrito, amonio, nitrógeno inorgánico, nitrógeno orgánico, nitrógeno gaseoso o nitrógeno ligado al suelo.

El método de la reivindicación 2 , que comprende además enviar (a) un comando para modificar el nivel de nitrógeno a un panel de control de una estación de bombeo de riego o (b) un mensaje de datos sobre el nivel de nitrógeno a un dispositivo de usuario que tiene una interfaz gráfica de usuario.

El método de la reivindicación 4 , que comprende además establecer una ruta de comunicación con la estación de bomba de riego antes de enviar el comando al panel de control de la estación de bomba de riego, siendo la ruta de comunicación al menos parcialmente una ruta de comunicación inalámbrica que termina en el panel de control.

El método de la reivindicación 4 , que comprende además establecer una ruta de comunicación con el dispositivo de usuario antes de enviar el mensaje de datos al dispositivo de usuario, siendo la ruta de comunicación al menos parcialmente una ruta de comunicación inalámbrica que termina en el dispositivo de usuario.

El método de la reivindicación 4 , en el que el dispositivo de usuario que tiene la interfaz gráfica de usuario es una computadora portátil, una tableta o un teléfono inteligente.

El método de la reivindicación 4 , en el que la interfaz gráfica de usuario comprende una pantalla táctil.

El método de la reivindicación 4 , en el que el comando al panel de control de la estación de bombeo de riego es un comando para programar un evento de riego o un evento de fertiirrigación.

El método de la reivindicación 4 , donde el comando al panel de control es un comando para realizar fertiirrigación basado en un nivel de nitrógeno en el perfil del suelo determinado usando la zona de raíces efectiva para el cultivo.

El método de la reivindicación 1 , en el que cada uno de la pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo son relevantes para la absorción por las raíces si cada cambio es un agotamiento de la humedad del suelo que ocurre durante el día.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además marcar cada uno de la pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo que se determina que son relevantes para la absorción por las raíces.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además determinar, para cada uno de la pluralidad de cambios incrementales en la humedad del suelo determinados como relevantes para la absorción de raíces, si ese cambio en la humedad del suelo se debe al drenaje comparando ese cambio con una tasa de drenaje esperada.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además determinar, para cada una de la pluralidad de diferentes profundidades, si se produce la absorción de raíces evaluando si los cambios incrementales en la humedad del suelo que no se deben al drenaje a una profundidad particular representan acumulación durante el día y agotamiento durante el día. Noche.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además determinar un valor de absorción de raíces para cada una de la pluralidad de diferentes profundidades donde ocurre la absorción de raíces mediante el cálculo de un cambio diario neto en la humedad del suelo para cada una de la pluralidad de diferentes profundidades donde ocurre la absorción de raíces.

El método de la reivindicación 1 , en el que la determinación de una zona radicular efectiva para el cultivo se realiza acumulando los valores determinados de absorción de raíces en una absorción de raíces diaria total y determinando a qué profundidad se produce una fracción predeterminada de la absorción de raíces diaria total.

El método de la reivindicación 16 , en el que el criterio predeterminado de la zona radicular efectiva es aproximadamente el setenta por ciento de la absorción radicular diaria total.

El método de la reivindicación 1 , en el que la pluralidad de profundidades es de cuatro o cinco profundidades.

El método de la reivindicación 1 , que comprende además establecer una ruta de comunicación con el dispositivo de monitoreo antes de recibir dichos datos del dispositivo de monitoreo, siendo la ruta de comunicación al menos parcialmente una ruta de comunicación inalámbrica que termina en el dispositivo de monitoreo.

El método de la reivindicación 1 en el que el sistema de gestión de datos alojado en el servidor comprende una base de datos y un procesador analítico.

Patente 17: Maquina integrada de labranza profunda, fertilización, relleno, siembra de maíz y prensado de franjas de suelo.

Máquina integrada de arado profundo y retorno de fertilización de suelo y supresión de siembra de maíz, compuesta por cremallera (8), se caracteriza porque:

También incluye un dispositivo de labranza rotativa de franjas de suelo (1), una placa de retención y retorno de suelo (2), un aplicador de fertilizante en capas (3), una rueda prensadora de suelo (4), un dispositivo de maíz de grano único a pedido (5), una rueda prensadora de semillas (6), una caja de remoción de fertilizante (7), un dispositivo de enganche (9) y una cubierta protectora (15), en donde,

El dispositivo de labranza rotativa de franjas de suelo (1) está instalado en el extremo delantero del bastidor (8) e incluye un eje de labranza rotatoria (14), un orificio para tornillo de fijación (13) de ajuste de espaciado de hileras de siembra de maíz dispuestos en el eje de la cultivadora rotatoria (14), y Dos juegos de discos rotatorios de la cultivadora (11) fijados en el eje rotatorio de la cultivadora (14) ajustando los orificios de los tornillos fijos (13) para el espacio entre hileras de siembra de maíz, cada juego de discos rotativos de la cultivadora (11) está equipado con cuchilla rotatoria (12) ;

La caja de fertilización (7) está fijada en la parte superior del marco (8) adyacente al dispositivo de labranza rotativa de franjas de suelo (1), y la rueda de represión de siembra (6) y la rueda de conducción de fertilización (71) están conectadas por una cadena y una rueda dentada;

El aplicador de fertilizante en capas (3) y la placa de retención y retorno del suelo (2) están ubicados debajo de la caja de descarga de fertilizante (7) y el marco (8), adyacentes al dispositivo de labranza rotativa de franjas de suelo (1), y están fijos uno al lado del otro en el marco (8) en la viga;

La placa de retención y retorno de suelo (2) comprende una placa de ajuste (21) y un tubo de acero circular (22) conectado verticalmente de forma fija a la misma, y el extremo superior del tubo de acero circular (22) pasa verticalmente a través de un kit fijado en la viga del marco (8), fijada en el marco (8);

El aplicador de fertilizante en capas (3) incluye un aplicador de fertilizante de capa profunda (31) y un aplicador de fertilizante de capa superficial (32), que se instalan uno al lado del otro muy cerca, y el primer puerto de descarga de fertilizante (33) del fertilizante de capa profunda. el aplicador (31) está más bajo que la capa superficial la segunda salida de fertilización (34) del aplicador de fertilizante (32);

La rueda prensadora de suelo (4) está adyacente al aplicador de fertilizante en capas (3), se instala debajo del marco (8) y se fija en la viga del marco (8) por medio de kits y pernos;

El dispositivo de maíz monograno bajo demanda (5) está instalado en el extremo trasero del bastidor (8), la sembradora de zanjas (51) está instalada en la parte trasera de la rueda de presión del suelo (4), y el extremo superior pasa a través de un kit fijado en la viga del marco (8) fijado en el marco (8);

La rueda de presión de siembra (6) está instalada detrás de la sembradora de zanjas (51), y está fijada en el marco (8) mediante vigas y columnas de soporte; los extremos superiores de las vigas y columnas de soporte están conectados de forma móvil y fijados con el marco (8) pasadores; fuerte El extremo superior del dispositivo de resorte (62) está fijo, y el extremo inferior está conectado con la viga de soporte y la columna de la rueda de presión de siembra (6); una cadena de transmisión (61), que es respectivamente conectado con el dispositivo monograno de maíz a demanda (5) y la rueda impulsora de fertilización (71);

Un dispositivo de enganche (9) está instalado en el extremo delantero del bastidor (8) y está conectado al tractor a través del dispositivo de enganche (9).

La faja de tierra para arado profundo y fertilización según la reivindicación 1 y la máquina integrada para siembra y represión de maíz, se caracteriza porque:

El eje de la cultivadora rotatoria (14) está dispuesto simétricamente con un conjunto de orificios para tornillos fijos (13) para ajustar el espacio entre hileras de la siembra de maíz, y cada grupo de orificios para tornillos fijos (13) para ajustar el espacio entre hileras de la siembra de maíz tiene una pluralidad de orificios para tornillos fijos.

Máquina integrada de arado y fertilización profunda de franjas de suelo según la reivindicación 2, de retorno de tierra y maíz, sembradora y supresora, caracterizada porque:

Cada grupo de orificios para tornillos de fijación (13) de ajuste de separación entre hileras de siembra de maíz tiene 7 orificios para tornillos de fijación.

Máquina integrada para arado profundo y fertilización de franjas de suelo, según reivindicación 3, retornos de tierra y supresión de siembra de maíz, se caracteriza porque:

La distancia entre los dos orificios para tornillos de fijación más internos (13) de cada grupo de orificios para tornillos de fijación para el ajuste del espacio entre hileras de siembra de maíz es de 50 cm.

Máquina integrada de arado profundo y fertilización de franjas de suelo según la reivindicación 1, de retorno de tierra y maíz, sembradora y supresora, caracterizada porque:

Hay una distancia de 15 cm entre la placa de retención de tierra (2) y el aplicador de fertilizante en capas (3).

Patente 18: Conjunto de dosificación, mezcla y fertilización para fertilizantes líquidos nitrogenados, fosforados y potásicos.

Un conjunto de mezcla y descarga de fertilizante líquido nitrógeno-fósforo-potasio se caracteriza porque: en la caja de fertilizante líquido

(2), se encuentran la cavidad de fertilizante fosfatado (1), la cavidad de fertilizante potásico (3) y la cavidad de fertilizante nitrogenado (17). dispuestos por separado, los orificios de salida de fertilizante líquido (16) se proporcionan respectivamente en la pared inferior de la caja de fertilizante líquido (2), en las partes inferiores de la cavidad del fertilizante de fosfato (1).

La cavidad del fertilizante de potasio (3) y la cavidad del fertilizante de nitrógeno. cavidad (17).Un asiento del cilindro de la bobina (15) con un orificio pasante central (4) del asiento de la bobina está montado de forma fija en el lado inferior de la pared inferior y debajo del orificio de salida de fertilizante líquido (16), y la bobina electromagnética (12) está encamisado en el exterior del asiento del cilindro de la bobina (15), un asiento de válvula (11) con un orificio de descarga de fertilizante líquido (18) está insertado de forma fija en el asiento del cilindro de la bobina (15), y un orificio pasante central con un asiento de resorte se instala secuencialmente en el asiento de válvula (11) de arriba a abajo (5) el asiento de resorte (14),

El resorte de presión (13) y el núcleo de válvula de hierro (10), las caras extremas superior e inferior del resorte de presión (13) están respectivamente conectados con el asiento del resorte (14) y el núcleo de la válvula de hierro (10).) ajuste de contacto, el orificio de salida de fertilizante líquido (16), el centro del asiento de la bobina a través del orificio (4) y el resorte

orificio central del asiento (5) conecta las cámaras de fertilizante de fósforo, potasio y nitrógeno (1, 3, 17) al asiento de la válvula (11) La cavidad interna está comunicada, el núcleo de la válvula de hierro (10) y el orificio de descarga del fertilizante líquido (18) en el asiento de la válvula (11) están en contacto y ajuste de sellado o desenganchado del ajuste de apertura, y el tubo de envío de fertilizante potásico (6) estará ubicado en la parte inferior de la cavidad del fertilizante potásico (3) El asiento de la válvula (11), el tubo de entrega de fertilizante nitrogenado (8) estará ubicado en la parte inferior de la cavidad de fertilizante nitrogenado (17) asiento de válvula (11), el tubo de entrega de fertilizante fosfatado (9) estará ubicado en la parte inferior de la cavidad de fertilizante fosfatado (1) Asiento de válvula (11) Se comunica el tubo de transporte de fertilizante mezclado (7).

Patente 19: Distribuidores inteligentes de fertilizantes.

Un esparcidor de fertilizante inteligente, se caracteriza porque: comprende bomba de agua, carretera principal, ramal de suministro de fertilizante, ramal de suministro de ácido y controlador, la bomba de agua está conectada con la carretera principal y ramal de suministro de fertilizante, ramal de suministro de ácido están conectados respectivamente con la tubería principal La rama de suministro de fertilizante está conectada a la fuente de fertilizante a través de la bomba de suministro de fertilizante, y la rama de suministro de ácido está conectada a la fuente de ácido a través de la bomba de suministro de ácido; la sección de la tubería con el líquido mezclado de la tubería principal está equipado secuencialmente con un dispositivo de monitoreo de concentración de fertilizante y un dispositivo de monitoreo de pH.

El dispositivo de monitoreo de concentración de fertilizante está conectado al control para transmitir la información de concentración de fertilizante en la solución mixta al controlador, y el dispositivo de monitoreo de pH está conectado al controlador para transmitir la información de pH de la solución mixta al controlador; la bomba de ácido está conectada respectivamente con el controlador, y se proporciona un mezclador de filtro en la línea principal con el líquido mezclado en la sección frontal del dispositivo de monitoreo de concentración de fertilizante y el dispositivo de monitoreo de pH.

2. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un marco, y la bomba de agua, la tubería principal y el controlador están dispuestos en el marco.

3. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 2, en el que se proporciona una válvula de control de líquido mezclado en una posición cercana a la salida de

la tubería principal, y la válvula de control de líquido mezclado está conectada con el controlador.

4. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 3, en el que se proporciona un filtro de impurezas en el extremo de salida de la bomba de agua.

5. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 1, donde la bomba de suministro de fertilizante y la bomba de suministro de ácido son bombas de frecuencia variable.

6. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el número de ramas de suministro de fertilizante es múltiple, y las múltiples ramas de suministro de fertilizante están comunicadas respectivamente con varias fuentes de fertilizante a través de bombas de suministro de fertilizante correspondientes.

7. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el controlador comprende un módulo de análisis de datos, un módulo de salida de instrucciones y un módulo de almacenamiento, y el dispositivo de monitoreo de concentración de fertilizante y el dispositivo de monitoreo de pH están todos conectados con el módulo de análisis de datos, y el análisis de datos El módulo está conectado con la bomba de agua, la bomba de suministro de fertilizante y la bomba de suministro de ácido a través del módulo de salida de comando; el módulo de almacenamiento de datos está conectado con el módulo de análisis de datos.

8. El aplicador de fertilizante inteligente de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el controlador comprende además un módulo de entrada de instrucciones, y el módulo de entrada de instrucciones está conectado con el módulo de análisis de datos.

Patente 21: Sistema de orientación agrícola basado en el análisis de datos.

En la casa agrícola (1) para el cultivo del cultivo (4), un elevador de temperatura (30) que opera para elevar la temperatura ambiente de acuerdo con la temperatura ambiente de la casa agrícola detectada por el sensor de temperatura (56). , 31, 32 , 33, 35, 36) y el dispositivo de descenso de temperatura (30, 31, 32, 33, 35) que opera para bajar la temperatura ambiente, que es un dispositivo de control (2) que controla la temperatura Cuando la temperatura ambiente detectada por el sensor satisface una condición de temperatura anormal predeterminada que afecta negativamente al cultivo, se notifica que la temperatura ambiente es anormal y la temperatura aumenta hasta llegar a una temperatura ambiente que no satisface la condición de temperatura anormal Dispositivo de control que incluye una unidad de control que controla el dispositivo o el dispositivo de descenso de temperatura.

Cuando la temperatura ambiente detectada por el sensor de temperatura excede el primer umbral de temperatura preestablecido, la unidad de control notifica que la temperatura ambiente es anormal y baja la temperatura ambiente para bajar la temperatura ambiente

Cuando la temperatura ambiente detectada es inferior al primer umbral temperatura, que es más baja que la segunda temperatura umbral preestablecida, la unidad de control notifica que el estado es anormal

La unidad de control controla el dispositivo de reducción de temperatura para reducir la temperatura ambiente, y luego la temperatura ambiente detectada por el sensor de temperatura se ajusta a una temperatura inferior a la primera temperatura umbral. el dispositivo se controla continuamente para bajar continuamente la temperatura ambiente.

La unidad de control controla el dispositivo de aumento de temperatura para elevar la temperatura ambiente, y luego la temperatura ambiente detectada por el sensor de temperatura se ajusta a una temperatura superior a la segunda temperatura umbral. la temperatura es inferior a la anterior, el dispositivo de descenso de la temperatura se controla para aumentar continuamente la temperatura ambiente.

5. El dispositivo de control según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la unidad de control notifica continuamente que el estado anormal está presente a menos que se ingrese un comando de liberación.

Patente 22: Dispositivo de control de temperatura para suelo de raíces de cultivos.

1. Un dispositivo de control de temperatura del suelo de la raíz de un cultivo, que comprende cultivos (1), caracterizado porque: una tubería de agua anular (2) con un orificio de desbordamiento (3) está enterrada alrededor del cultivo (1), y la tubería de agua anular (2).) pasa a través de una tubería respectivamente (8), la primera bomba de agua (9) y la segunda bomba de agua (7) están conectadas al tanque de agua caliente (10) y al tanque de agua fría (6), un sensor de temperatura (5) está dispuesta alrededor de los cultivos (1), el sensor de temperatura (5), la primera bomba de agua (9) y la segunda bomba de agua (7) están conectados al controlador (4).

2. El dispositivo de control de temperatura del suelo para raíces de cultivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los orificios de desbordamiento (3) están dispuestos uniformemente en la tubería de agua anular (2).

3. El dispositivo de control de la temperatura del suelo de la raíz del cultivo según la reivindicación 1, en el que se proporcionan 1-3 sensores de temperatura (5).

Capítulo 4. Diseño de la estación de monitoreo

El objetivo de esta investigación fue diseñar una estación de monitoreo meteorológica para los cultivos agrícolas, con tecnología Arduino Uno R3 y sensores, lo que permitirá obtener la medición y visualización de los datos en tiempo real de los parámetros de suelo y variables ambientales, con la finalidad de tomar decisiones en cuanto a las necesidades de nutrición y el rendimiento de las cosechas de los cultivos agrícolas.

Para el diseño de la estación de monitoreo se siguieron las siguientes etapas.

La primera etapa comprendió la investigación e integración del paquete tecnológico Arduino Uno R3 para la estación de monitoreo en tiempo real de mediciones de variables agrometeorológicas y parámetros de suelo del cultivo de caña de azúcar.

La segunda etapa abarcó principalmente el diseño del paquete tecnológico Arduino Uno R3 en el software Tinkercad con elementos que lo conforman.

Finalmente, la tercera etapa consistió en el diseño de la estación de monitoreo, que comprende las secciones de: diseño y armado del paquete tecnológico, considerando la validación del prototipo a través de las pruebas, ver tabla 4, diagrama de bloques.

El diseño e implementación de una estación de monitoreo agrícola debe considerar varios factores, como: los objetivos del monitoreo: ¿Qué parámetros se quieren medir? ¿Con qué frecuencia se necesitan los datos?, las características del sitio: ¿Dónde se ubicará la estación de monitoreo? ¿Qué tipo de terreno hay? ¿Qué condiciones climáticas hay?, el presupuesto disponible: ¿Cuánto se puede gastar en la estación de monitoreo?, los conocimientos técnicos del agricultor: ¿El agricultor tiene los conocimientos técnicos para operar y mantener la estación de monitoreo?, los beneficios de una Estación de Monitoreo Agrícola, incluyen:

Mayor rendimiento de los cultivos: Al monitorear las condiciones ambientales, los agricultores pueden tomar medidas para optimizar el riego, la fertilización y el control de plagas y enfermedades, lo que puede conducir a mayores rendimientos.

Menores costos: La optimización del uso del agua, los fertilizantes y los pesticidas puede reducir los costos de producción.

Mejor calidad de los cultivos: Al controlar las condiciones ambientales, los agricultores pueden producir cultivos de mayor calidad.

Mayor sostenibilidad: El uso eficiente de los recursos y la reducción del impacto ambiental contribuyen a la sostenibilidad de la agricultura.

Mejor toma de decisiones: Los datos recopilados por la estación de monitoreo pueden ayudar a los agricultores a tomar decisiones más informadas sobre cómo manejar sus cultivos (ver figura 4).

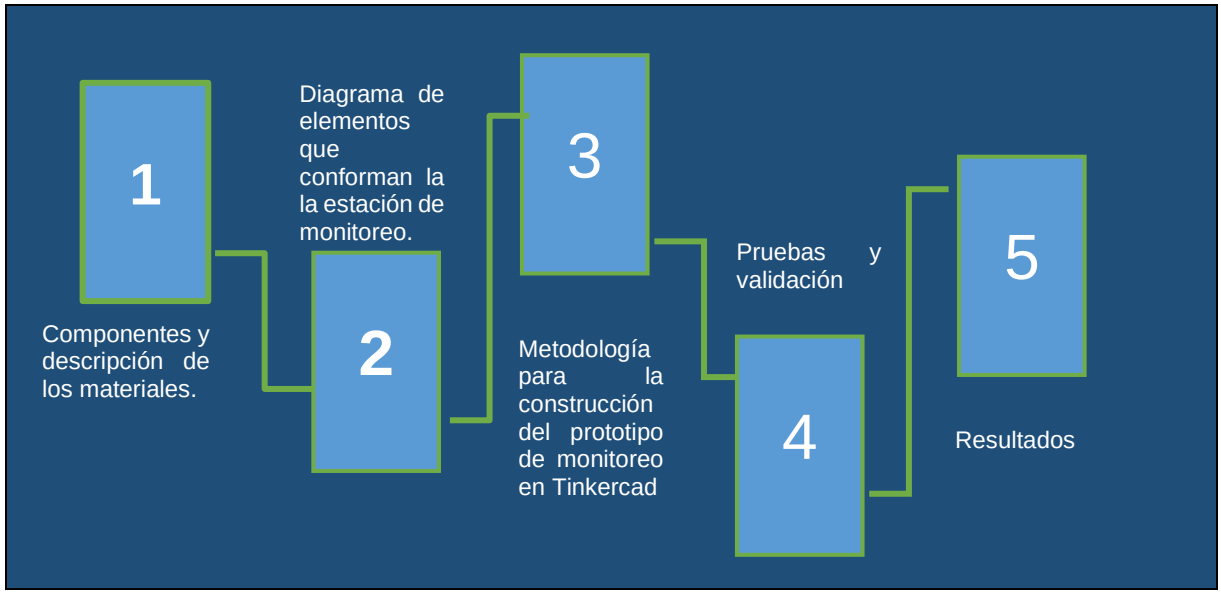


Figura 4: Diagrama de bloques en general.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Componentes de la estación de monitoreo.

4.1.1 Descripción de materiales (Arduino Oficial https://www.arduino.cc/).

Los componentes que integran el dispositivo de la estación de monitoreo, principalmente en Arduino Uno- R3 son los siguientes: Arduino Uno-R3, placa Breakout o wifi, Arduino Proto escudo, sensores de: temperatura-humedad ambiental, luminosidad, humedad de suelo, ph, salinidad, potasio, fosforo y potasio (npk), así mismo también para la programación de los códigos de dicha estación se utilizó editor web Sketch Arduino oficial en las dos versiones, tanto en escritorio con en online de la página oficial de Arduino.

Por otra parte, para la integración y construcción de dicho dispositivo de manera adicional se consideran los siguientes elementos, los cuales son necesarios para el monitoreo, la recolección y medición de las variables ambientales, los cuales son:

Sensores: Los sensores son dispositivos electrónicos que detectan y miden los parámetros ambientales. Existen diferentes tipos de sensores para medir cada parámetro, como sensores de humedad del suelo, sondas de temperatura, higrómetros, pluviómetros, piranómetros, sensores de conductividad eléctrica, trampas para plagas y cámaras.

Estación base: La estación base recopila los datos de los sensores y los transmite a una computadora central. Puede ser alimentada por energía solar o de red y puede comunicarse con los sensores a través de una variedad de tecnologías, como radiofrecuencia, Wi-Fi o redes celulares.

Software: El software se utiliza para almacenar, analizar y visualizar los datos recopilados por los sensores. Puede generar informes, gráficos y alertas que pueden ayudar a los agricultores a identificar problemas y tomar decisiones informadas.

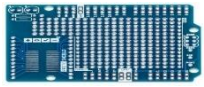
Comunicación de datos: Los datos recopilados por la estación de monitoreo pueden ser transmitidos a una computadora central o a un dispositivo móvil a través de una variedad de métodos, como radiofrecuencia, Wi-Fi, redes celulares o internet satelital.

El objetivo de la estación de monitoreo es captar las variables metereólogicas y parámetros de suelo, ph y humedad en los cultivos agrícolas a través de sensores conectados a Arduino con almacenamiento en la nube de Arduino Cloud.

En la actualidad la demanda de proyectos basados en microcontroladores de hardware, se han consolidado de manera profesional debido a que la implementación y diseño de dispositivos permite a los usuarios la eficacia y resultados innovadores, en este proyecto se utilizó el microcontrolador Arduino UNO R3 el cual captará la información metereólogica a través de los diferentes sensores para comunicarlos en tiempo real (ver tabla 7).

4.1.2 Descripción de materiales (Arduino Oficial https://www.arduino.cc/).

Tabla 7: Listado de materiales.

Listado de materiales			
No	**Componente**	**Figura**	**Especificaciones tecnicas**
1	1 Arduino UNO		Especificaciones Técnicas Arduino
2	1 Placa Breakout		Especificaciones Tecnicas Placa Breakout
3	1 Arduino Proto Escudo		Especificaciones Tecnicas Arduino Proto Escudo
4	1 Sensor de temperatura y humedad.		Especificaciones Tecnicas Sensor de temperatura y humedad
5	1 Sensor de luz		Especificaciones Tecnicas Sensor de luz
7	1 Sensor Barometro		Especificaciones Tecnicas Sensor Barometro
9	2 Resistencia 1 k ohm		Aspecificaciones Tecnicas Resistencia 1 k ohm

10	1 Resistencia 10k Ohmios		Especificaciones Tecnicas Resistencia 10k Ohmios
11	1 Resistencia 4.75 k ohmios.		Especificaciones Tecnicas Resistencia 4.75 k ohmios
14	1 Cables puentes (Genericos). Machos/ Machos.		Especificaciones Tecnicas Resistencia cables puente genericos.

Fuentes: Arduino, 2021.

4.1.2.1 Arduino Uno R3.

El Arduino UNO es uno de los microcontroladores más conocidos del mercado debido a su equilibrio de sencillez y prestaciones, lo convierte en la herramienta perfecta para el aprendizaje, a continuación, en la tabla 8, se describe las especificaciones tecnicas que tiene el Arduino UNO R3.

Tabla 8: Especificaciones Tecnicas de Arduino.

Especificaciones técnicas de Arduino	
Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines de entrada/salida	digitales 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines entrada/salida PWM digitales	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin entrada/salida	20 mA
Corriente continua para Pin	3.3V 50 mA
Memoria flash	Memoria flash 32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB
SRAM	utilizado por el gestor de arranque
EEPROM	2 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	1 KB (ATmega328P)
Longitud	16 MHz
Anchura	68,6 mm
	53,4 mm
Peso	25 g

Fuentes: Arduino oficial, 2021.

Arduino UNO se encarga de transmitir y recibir información de los módulos conectados. Para ello Arduino Uno está compuesto de 3 partes fundamentales:

Unidad de procesamiento o CPU: encargada de ejecutar cada instrucción implementada en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE).

Sección de memoria: encargada de almacenar las instrucciones y los datos de entrada y de salida. Pines de entrada y salida: ranuras que permiten a Arduino UNO conectarse con módulos exteriores. Algunos de estos pines son los encargados de ofrecer la tensión al mismo módulo para que éste obtenga energía anatomía de placa de Arduino (ver figura 5).

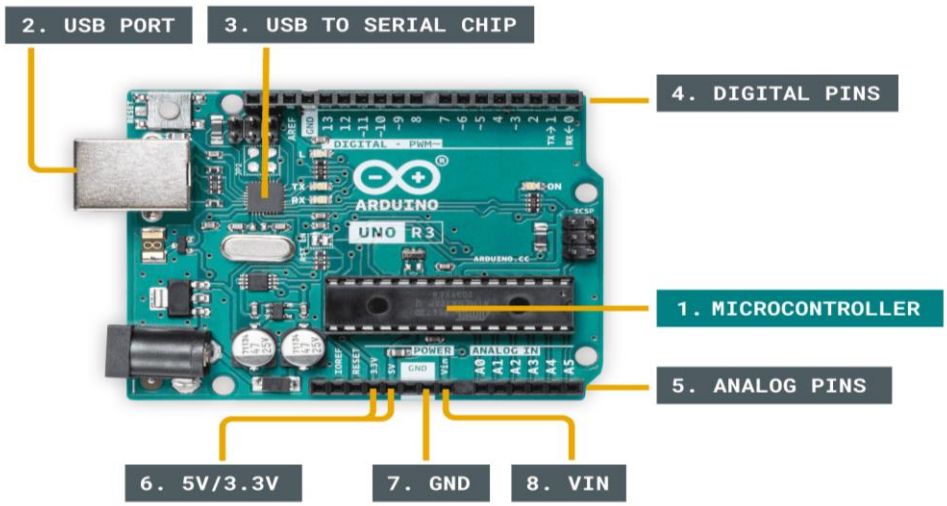


Figura 5: Componentes básicos de Arduino.
Fuente: Arduino oficial,2021.

- Microcontrolador: este es el cerebro de un Arduino y es el componente en el que cargamos los programas. Piense en ello como una computadora diminuta, diseñada para ejecutar solo una cantidad específica de cosas.
- Puerto USB: se usa para conectar su placa Arduino a una computadora.
- Chip USB a serie: el USB a serie es un componente importante, ya que ayuda a traducir los datos que provienen, por ejemplo, de una computadora al microcontrolador integrado. Esto es lo que hace posible programar la placa Arduino desde tu computadora.
- Pines digitales: pines que usan lógica digital (0,1 o BAJO/ALTO). Comúnmente utilizado para interruptores y para encender/apagar un LED.
- Pines analógicos: pines que pueden leer valores analógicos en una resolución de 10 bits (0-1023).
- Pines de 5 V/3,3 V: estos pines se utilizan para alimentar componentes externos.

- GND - también conocido como ground negativo o simplemente, se utiliza para completar un circuito, donde el nivel eléctrico es de 0 voltios.
- VIN: significa Voltaje In, donde puede conectar fuentes de alimentación externas.
- Sensor: Un sensor, en términos simples, se usa para detectar su entorno, lo que significa que registra un parámetro físico, por ejemplo, la temperatura, y lo convierte en una señal electrónica.
- Los sensores también pueden tomar la forma de un simple botón: cuando cambia un estado (pulsamos un botón), la señal electrónica cambia de baja a alta (0 a 1).
- Hay muchos tipos de sensores y varias formas de registrar datos de ellos. Quizás el más fácil de usar es un sensor analógico, donde comunicamos un rango de valores alterando la entrada de voltaje alimentada a un pin analógico Arduino (generalmente entre 0-5 voltios). Esto simplemente le da un rango entre 0-1023 (una resolución de 10 bits).
- Los sensores digitales son un poco más avanzados, dependiendo del tipo. Se basan en protocolos de comunicación en serie para enviar los datos en consecuencia y requieren un poco más de esfuerzo para traducir los datos.
- Los sensores y actuadores suelen denominarse entradas y salidas. Cuando escribimos un programa, es común construir condicionales que verifiquen el estado de un sensor y decidan si debe actuar sobre algo.

4.1.2.2 Especificaciones Técnicas Placa Breakout.

Experimente el módulo Wifi de bajo costo que ha conquistado al mundo de los fabricantes. El ESP8266 es un SoC altamente integrado diseñado para el mundo conectado. Cuenta con una solución de red Wi-Fi completa y autónoma en un solo chip. El procesador incorporado con almacenamiento integrado funciona como un microcontrolador independiente con GPIO, lo que brinda una manera fácil y económica de integrarse con sensores y dispositivos independientes. El chip viene soldado a una placa de conexiones con antena integrada y componentes asociados, lo que facilita su puesta en marcha.

- Destello de 1M
- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), punto de acceso suave
- Pila de protocolo TCP/IP integrada
- Conmutador TR integrado, balun, LNA, amplificador de potencia y red correspondiente

- PLL integrados, reguladores, DCXO y unidades de administración de energía
- +19,5 dBm de potencia de salida en modo 802.11b
- Apague la corriente de fuga de <10uA
- La CPU integrada de 32 bits de bajo consumo podría usarse como procesador de aplicaciones
- SDIO 1.1/2.0, SPI, UART
- STBC, 1 × 1 MIMO, 2 × 1 MIMO
- Agregación de A-MPDU y A-MSDU e intervalo de protección de 0,4 ms
- Despertar y transmitir paquetes en < 2ms
- Consumo de energía en espera de < 1,0 mW (DTIM3)

4.1.2.3 Especificaciones Tecnicas Arduino Proto Escudo.

El ProtoShield le facilita el diseño de circuitos personalizados. Puede soldar fácilmente circuitos integrados TH o SMD en el área de creación de prototipos para probarlos con su placa Arduino. El área SMD está diseñada para un circuito integrado SOIC de 24 pines como máximo y el área TH contiene mucho espacio para los componentes necesarios para su proyecto. Incluso puede pegar una mini placa de prueba (no incluida) en la protoárea para una operación sin soldadura. El área proto incluye también dos líneas de alimentación (IOREF y GND), dos pads de LED y pads de ruptura de señales SPI para placas con SPI solo en el encabezado ICSP como Zero.

1.0 Asignación de pines de Arduino

1 huella del conector ICSP

2 LED y huella de resistencia

Líneas eléctricas IOREF y GND

Pads de señales SPI

Huella SMD de 24 pines (paso de 50 mils)

4.1.2.4 Especificaciones Técnicas Sensor de temperatura y humedad.

El DHT20 es un sensor de temperatura y humedad de bajo costo con un protocolo de salida digital. Se puede aplicar a HVAC, deshumidificador, control automático, registradores de

datos, estaciones meteorológicas y muchos otros proyectos. El sensor está calibrado y no requiere componentes adicionales para que pueda comenzar a medir la temperatura y la humedad relativa.

- Voltaje de suministro: 2.2-5.5V
- Comunicación: Protocolo estándar I 2 C
- Humedad de 0-100% HR
- Precisión típica: HR: ±3 %, T: ±0,5 ℃
- Rango de temperatura de -40 a 80 grados C

4.1.2.5 Especificaciones Técnicas Sensor de luz.

El sensor de luz Light integra una fotorresistencia (resistencia dependiente de la luz) para detectar la intensidad de la luz. La resistencia de la fotorresistencia disminuye cuando aumenta la intensidad de la luz. Un chip OpAmp dual LM358 a bordo produce un voltaje correspondiente a la intensidad de la luz (es decir, basado en el valor de la resistencia). La señal de salida es un valor analógico, cuanto más brillante es la luz, mayor es el valor, sus principales características son las siguientes: Salida de valor analógico, alta fiabilidad y sensibilidad, pequeña huella de pie y reconocer un espectro más amplio, ver tabla 9.

Tabla 9: Sensor de luz.

Especificación	
Tensión de funcionamiento	3~5V
Corriente de funcionamiento	0,5~3mA
Tiempo de respuesta	20-30 milisegundos
Longitud de onda máxima	540nm
Peso	4 gramos

Fuente: Sensor de luz.

4.1.2.6 Especificaciones Técnicas Sensor Ultravioleta.

El sensor ultravioleta se utiliza para detectar la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) incidente. Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible. El sensor se basa en el sensor GUVA-S12D que tiene un amplio rango espectral de 200nm-400nm. El módulo emite una señal eléctrica que varía con la intensidad de los rayos ultravioleta.

4.1.2.7 Especificaciones Técnicas Sensor Barómetro.

Este sensor de barómetro Grove cuenta con un chip de alta precisión Bosch BMP085 para detectar la presión barométrica y la temperatura. Puede medir ampliamente la presión en un rango de 300 hPa a 1100 hPa, también conocido como +9000 m a -500 m sobre el nivel del mar, con una precisión súper alta de 0,03 hPa (0,25 m) en modo de resolución ultra alta. El chip solo acepta voltaje de entrada de 1,8 V a 3,6 V. Sin embargo, con el circuito externo agregado, este módulo se vuelve compatible con 3.3V y 5V. Por lo tanto, se puede usar en Arduino/Seeeduino o Seeeduino Stalker sin modificaciones. Está diseñado para conectarse directamente a un microcontrolador a través del bus I2C

4.1.2.8 Especificaciones Técnicas Sensor Polvo.

Este sensor de polvo proporciona una buena indicación de la calidad del aire en un entorno al medir la concentración de polvo. El nivel de partículas (nivel de PM) en el aire se mide contando el tiempo de ocupación de pulso bajo (tiempo LPO) en una unidad de tiempo determinada. El tiempo de LPO es proporcional a la concentración de PM. Este sensor puede proporcionar datos fiables para los sistemas de purificación de aire; responde a PM de 1 µm de diámetro.

4.1.2.9 Especificaciones Técnicas Resistencia 1 k ohm.

- Resistencia : 1kohm
- Gama de productos : Serie MCCFR0W4J
- Potencia nominal : 250 mW
- Tolerancia de resistencia : ± 5%
- Caja/paquete de resistencia : Con plomo axial
- Coeficiente de temperatura : -450 ppm/°C
- Tecnología de resistencia : Película de carbón
- Tipo de resistencia : Propósito general
- Diámetro del producto : 2,5 mm
- Longitud del producto : 6,8 mm
- Temperatura de funcionamiento mín .: -55°C
- Temperatura de funcionamiento máx .: 155°C

4.1.2.10 Especificaciones Técnicas Resistencia 10k Ohmios.

- Resistencia : 10kohm
- Gama de productos : Serie MCCFR0W4J
- Potencia nominal : 250 mW
- Tolerancia de resistencia : ± 5%
- Caja/paquete de resistencia : Con plomo axial
- Coeficiente de temperatura : -450 ppm/°C
- Tecnología de resistencia : Película de carbón
- Tipo de resistencia : Propósito general
- Diámetro del producto : 2,5 mm
- Longitud del producto : 6,8 mm
- Temperatura de funcionamiento mín .: -55°C
- Temperatura de funcionamiento máx .: 155°C

4.1.2.11 Especificaciones Técnicas Resistencia 4.75 k ohmios.

- Resistencia : 4.75kohm
- Gama de productos : Serie MCMF0W4
- Potencia nominal : 250 mW
- Tolerancia de resistencia : ± 1%
- Caja/paquete de resistencia : Con plomo axial
- Coeficiente de temperatura : ± 50 ppm/°C
- Tecnología de resistencia : película metálica
- Tipo de resistencia : Precisión
- Diámetro del producto : 2,5 mm
- Longitud del producto : 3,5 mm
- Temperatura de funcionamiento mín .: -55°C
- Temperatura de funcionamiento máx .: 155°C.

4.1.2.12 Especificaciones Técnicas Resistencia cables puente genéricos.

Los cables de puente macho a macho son útiles para hacer arneses de cables o para saltar entre cabezales en placas de circuitos. Estos cables de puente vienen en un cable plano de

40 pines que se puede separar para hacer puentes individuales o mantenerse juntos para un arnés de cableado organizado.

Zócalos de 0,1" en cada extremo y encajan perfectamente uno al lado del otro en el cabezal de paso estándar de 0,1"

Cada cable es de 28 AWG (7 hilos de 36 AWG Largo: 3"

4.1.2.13 Especificaciones Sensor NPK.

Los sensores contienen toda la electrónica necesaria para muestrear los datos, procesarlos y comunicarlos con los controladores host a través del protocolo RS485, ver figura 6.

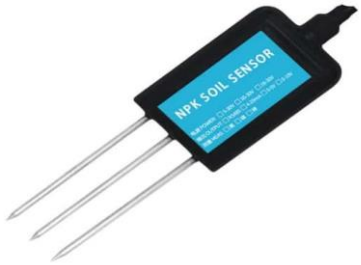


Figura 6: Sensor NPK
Fuente: Sensor NPK.

Detalles del típico sensor de nutrientes del suelo NPK, ver figura 7.



Figura 7: Diagrama de conexiones Nutrientes.
Fuente: Sensor NPK.

Puede utilizar Modbus para obtener los datos de las concentraciones de los tres elementos en el suelo, puede enviar consultas independientes a través del bus para recoger los datos de las mediciones de nitrógeno, potasio y fósforo.

El sensor NPK dispone de cuatro hilos para la conexión, ver tabla 10.

Tabla 10: Especificaciones sensor NPK.

Número de pin	Descripción de la clavija	Observaciones
1	VCC	Comunicación por línea eléctrica
2	GND	Conexión a tierra
3	RS485A	Línea de comunicación RS485 A
4	RS485B	Línea de comunicación RS485 B

Fuente: Sensor NPK.

Puede medir la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo.

Una vez que disponga de las mediciones, podrá evaluar eficazmente el estado del suelo, los sensores NPK pueden dejarse en el suelo durante más tiempo.

Puede medir los datos a lo largo de un periodo prolongado y proporcionar información adecuada al equipo que aplica los fertilizantes. Los sensores NPK se utilizan en investigación agrícola, jardinería, silvicultura, cultivo y mucho más.

4.2 Diagrama de elementos de la estación de monitoreo.

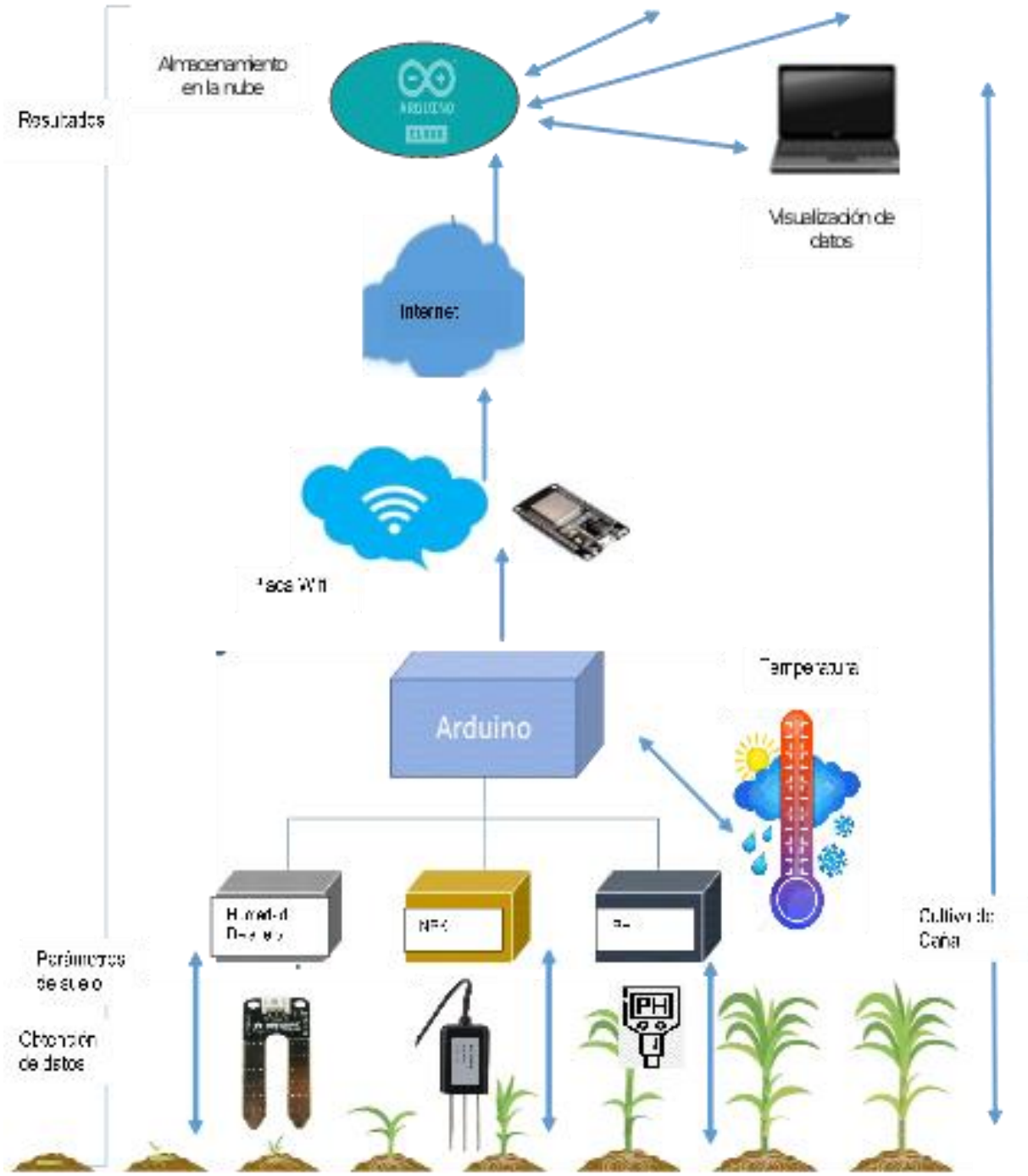


Figura 8: Elaboración propia

En la Figura 8 del diagrama de los elementos que integran el dispositivo de monitoreo se aprecia a los componentes que integran el diseño del prototipo, lo que permite el monitoreo

de los cultivos agrícolas mediante sensores, los cuales recopilan datos agrometeorológicos, para su visualización a través de dispositivos móviles conectados a internet, esta información se almacena en la nube Arduino Cloud, lo que permite su visualización y descarga de resultados para análisis.

Para el monitoreo de las variables ambientales se utiliza el sensor de temperatura ambiental, este sensor permite la medición de la temperatura ambiental en el cultivo de caña de azúcar, por otra parte, para la medición y recopilación de datos de los parámetros del suelo se utilizó los sensores de: pH, humedad del suelo, salinidad, NPK (estos sensores están integrados en un solo sensor).

La información recolectada por parte de los sensores se procesa directamente a través de Arduino UNO R3, el cual se encarga de recibir los datos, posteriormente los envía directamente a la placa wifi, la cual se encarga de enviar la información a la nube de Arduino Cloud, al momento de estar la información en la nube de Arduino Cloud, esta se almacena y visualiza en distintos dispositivos móviles información en la nube de Arduino Cloud se almacena y se visualiza y envía directamente a la nube.

4.3 Diseño de la Estación en Tinkercad.

Para la propuesta de diseño del prototipo de monitoreo se utilizó la herramienta gratuita Tinkercad, esta herramienta es una plataforma en diseño 3D, la cual permite diseñar, modelar e imprimir de manera sencilla en 3D, esta plataforma incluye: módulos para el diseño de circuitos electrónicos y programación con bloques, lo que lo convierte en una herramienta versátil para aprender y experimentar con diversas tecnologías (Gómez & Rodríguez, 2020).

Las funciones que se realizan en Tinkercad son:

Diseñar objetos 3D: Desde juguetes y figuras hasta piezas funcionales y herramientas, las posibilidades son infinitas.

Crear prototipos: Tinkercad es ideal para crear prototipos rápidos y económicos de tus ideas antes de fabricarlas.

Aprender sobre diseño 3D: La plataforma ofrece tutoriales y recursos educativos para ayudarte a aprender los conceptos básicos del diseño 3D.

Compartir tus diseños: Puedes compartir tus creaciones con otros usuarios de Tinkercad o exportarlas en diferentes formatos para imprimir en 3D.

En este sentido con la ayuda de la herramienta Tinkercad se realizó la propuesta del diseño para la construcción del prototipo de medición de variables ambientales, a continuación, se muestran los diseños. En la Figura 9, se muestran los diseños con Arduino.

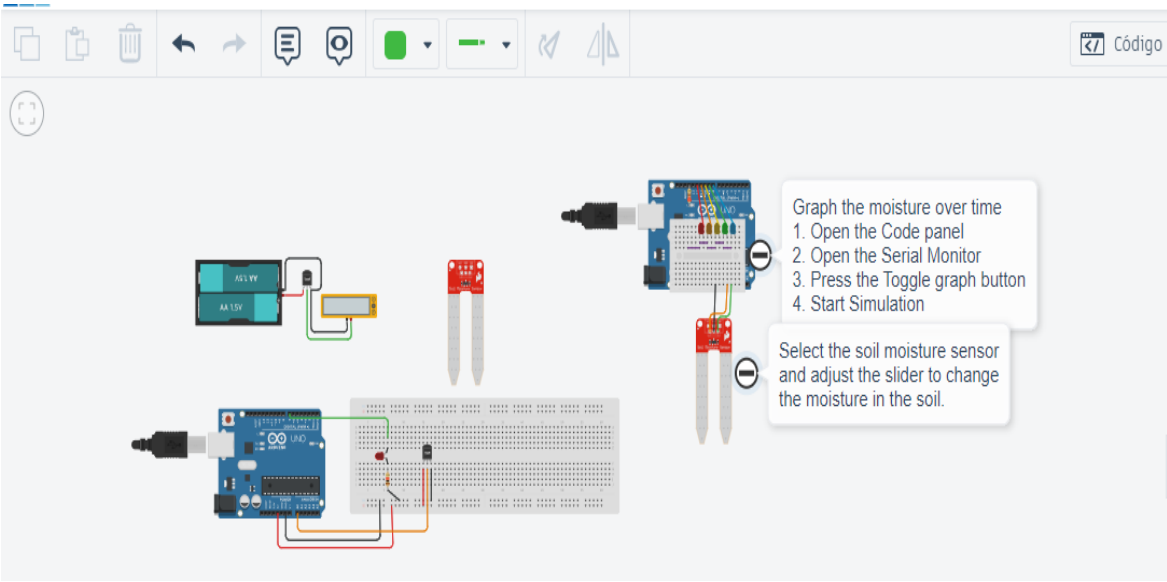
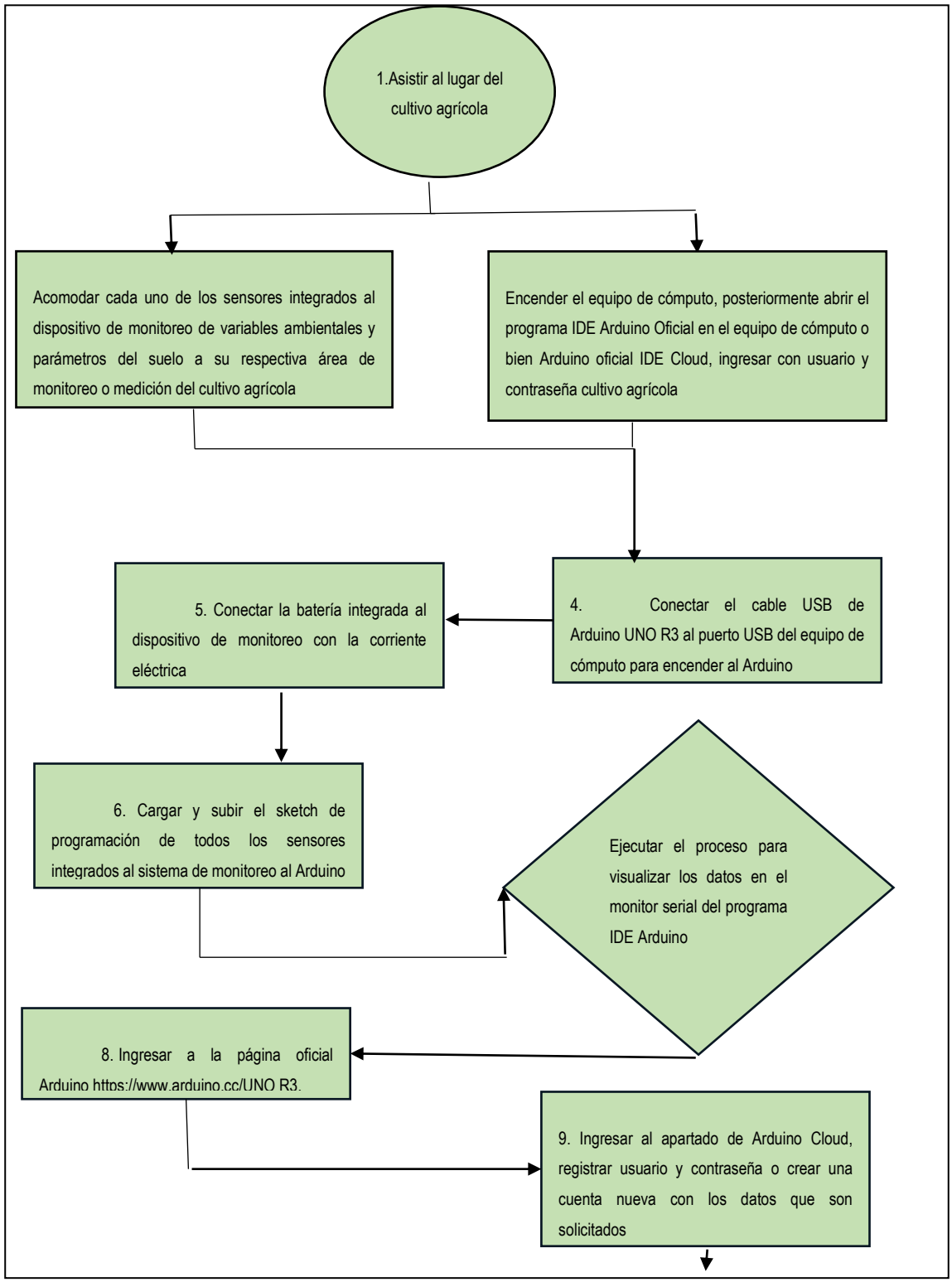


Figura 9: Sensor de humedad del suelo. Elaboración propia en Tinkercad.

Para el diseño del prototipo de monitoreo se utilizó la herramienta gratuita Tinkercad, en el cual se utilizó los elementos que integra, entre los que destaca: sensor de humedad del suelo, sensor de temperatura ambiente, jumpers, Arduino Oficial UNO R3 y una placa blakboard, realizada las conexiones se realizó la simulación en el programa para visualizar los movimientos e información que aportan los sensores, esto permitió tener un acercamiento con las tecnologías enfocadas al medio ambiente. La Figura 10 describe la lógica del funcionamiento del dispositivo.

4.4 Lógica del funcionamiento del dispositivo.



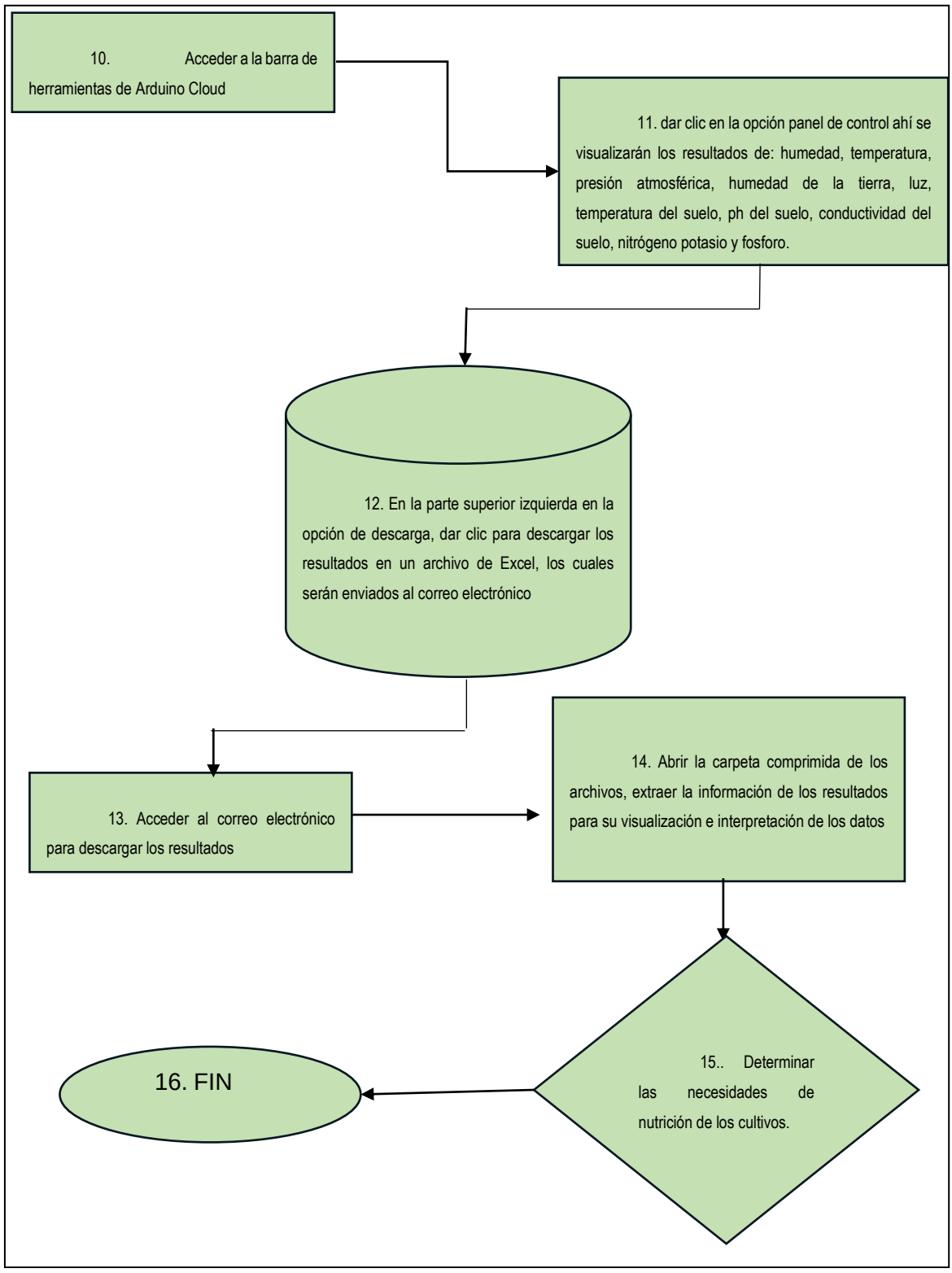


Figura 10: Lógica del funcionamiento del dispositivo.

4.5 Metodología para la construcción del prototipo de monitoreo.

Construcción del dispositivo:

Arduino Uno u otra placa Arduino con soporte para comunicación serial (como el Arduino Mega)

Sondas de NPK y pH con interfaz Modbus485

Módulo conversor RS-485 a TTL compatible con Arduino (como el MAX485)

Cables para la conexión de los dispositivos (Jumpers)

Fuente de alimentación externa para el módulo RS-485 (opcional)

Pasos:

- Conecta el módulo conversor RS-485 a TTL al Arduino. Para ello, conecta los pines A, B y GND del módulo a los pines correspondientes del Arduino. Conecta también el pin RE del módulo a un pin digital del Arduino y el pin DE a otro pin digital del Arduino. Los pines RE y DE se utilizan para controlar la dirección de la comunicación.
- Conecta las sondas de NPK y pH al módulo RS-485 utilizando cables. Asegúrate de conectar correctamente los cables de la señal de datos, alimentación y tierra según las especificaciones del fabricante de las sondas.
- Conecta una fuente de alimentación externa al módulo RS-485 si es necesario para alimentar las sondas.
- Programa el Arduino para leer los datos de las sondas utilizando la librería Modbus Master. Puedes encontrar ejemplos de código en línea que te pueden servir como guía.
- Verifica la comunicación entre el Arduino y las sondas utilizando un programa de terminal serie como PuTTY o Arduino Serial Monitor. Asegúrate de que el Arduino esté configurado para la velocidad de baudios, bits de datos, paridad y bits de parada correctos.

4.6 Conexiones de sensores con Arduino.

En esta conexión del sensor de humedad de suelo se revisa el módulo de los pines para su conexión, por una parte, se encuentran los dos conectores que se conectan al sensor y por el otro lado se encuentran 4 pines (AO, DO, GND, VCC), que son la alimentación del módulo (VCC, GND), un pin de salida digital (DO) y uno de salida análoga (AO), ver Figura 11.

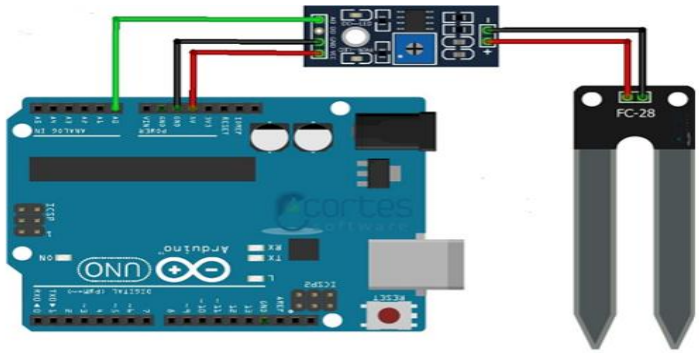


Figura 11: Conexión sensor de suelo con Arduino.

Identificados los pines del módulo se conectar los dos pines de captura de datos a la tarjeta del sensor, posteriormente el GND al GND del Arduino, el VCC a los 5V del Arduino y para finalizar el pin AO del módulo a el pin A0 del Arduino, ver Figura 12.

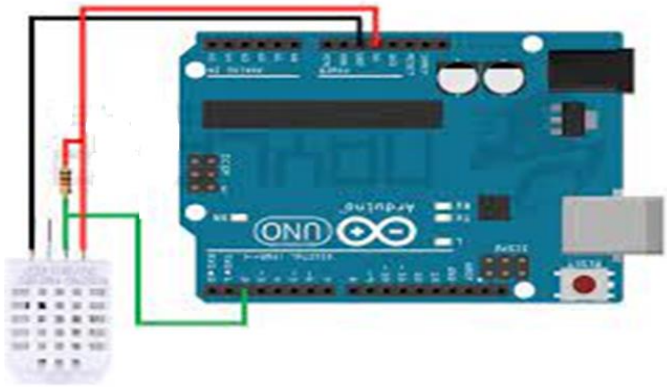


Figura 12: Conexión sensor de suelo con Arduino.

Las conexiones entre el sensor de temperatura Dht22 y el Arduino Uno R3, se realizó de la siguiente manera: La clavija 1 del sensor dth22 se conecta con los 5 V del Arduino, la clavija 2 se conecta con el pin digital 2, utilizando una resistencia de 10 kΩ, para el caso de la clavija 3 no se conecta con ninguna y por último la clavija 4 se conecta con el GND DEL Arduino, ver Figura 13**.**

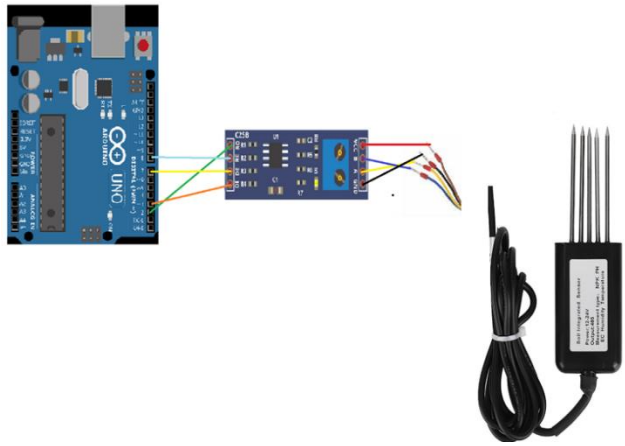


Figura 13: Conexión sensor NPK con Arduino.

Conectar las conexiones GND con las conexiones NPK, posteriormente conectar las patillas A y B del sensor, como siguiente paso es conectar la clavija de alimentación, verificando la conexión entre el convertidor RS485 y el sensor NPK, enseguida conectar RO Pin el UNO, conectar DI Pin al UNO, conectar DE Pin el UNO, conectar RE Pin al UNO, y por último verificar que las conexiones se encuentren completas, ver Figura 14.

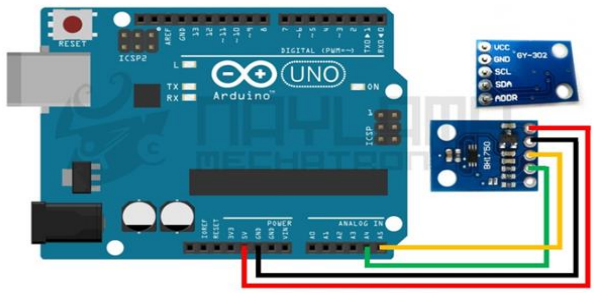


Figura 14: Diagrama de conexión del sensor de luz con Arduino Uno R3.

La conexión para el sensor de Luz, con el Arduino Uno R3, se integra de la siguiente manera: ADDR del sensor no se conecta al Arduino, el SDA se conecta con el pin A4, el SCL se conecta con A5 DEL Arduino, el GND del Arduino se conecta con el GND del sensor y por último el VCC se conecta con el VCC, ver Figura 15.

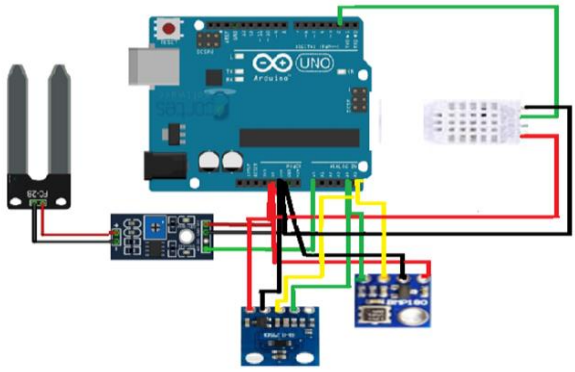
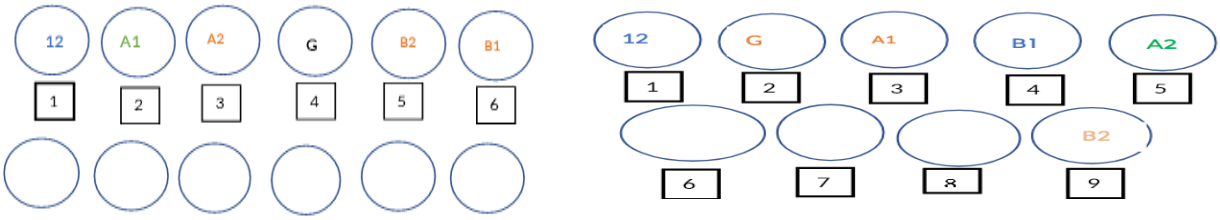


Figura 15: Diagrama de integración completa del sistema de monitoreo.

Diagrama de conexiones.

Sonda 1.



Sonda 2.

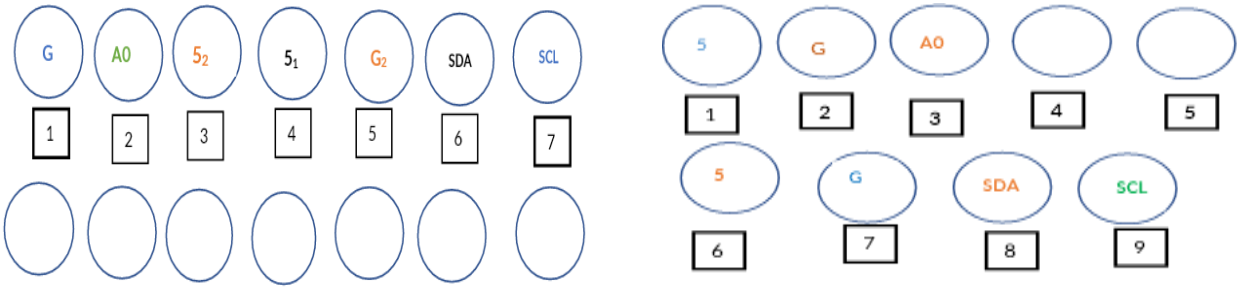


Figura 16: Diagrama de sondas.

Para la conexión entre los sensores con la placa Arduino UNO- R3, se utilizaron dos sondas que permiten la comunicación para la recolección de los datos que tienen los sensores para enviarlos al ESP8266 placa wifi, ver figura 16. Las sondas están numeradas por números o letras que permiten la conexión más accesible, la sonsa 1 fue utilizada para el sensor NPK, mientras que la sonda número 2 para el sensor de la humedad del suelo, presión atmosférica y el sensor barómetro, se construyó una caja con toda la integración, a este constructo se le agregaron 2 conectores para incorporar a las sondas.

4.7 Construcción y Armado.

En esta sección se incluye la construcción y validación del dispositivo de monitoreo aplicando la tecnología Arduino con almacenamiento en la nube IoT Cloud.

Para la construcción del dispositivo agradezco a la Universidad Autónoma del Carmen “UNACAR” por las facilidades de estadía brindadas durante la estancia de investigación y de manera especial al M.C. Walter Ariel Silva por su asesoría y asistencia técnica para ejecución del armado y construcción del sistema de monitoreo, se procedió a la construcción de la estación de monitoreo, posteriormente se realizaron las pruebas con los sensores: humedad del suelo, temperatura ambiente, barómetro, luz, y los sensores NPK utilizando el software Arduino IoT Cloud para el almacenamiento y visualización de datos (figuras de la 17 a la 22).

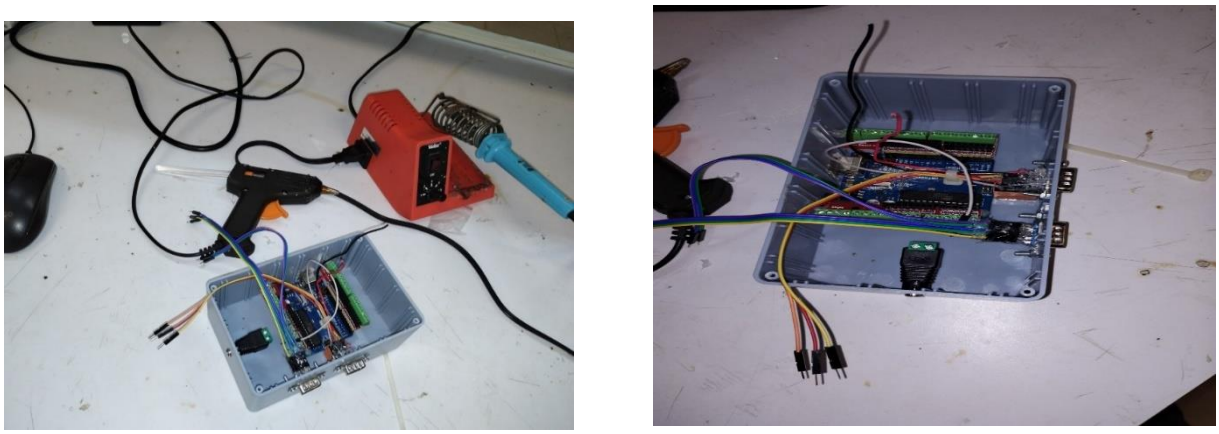
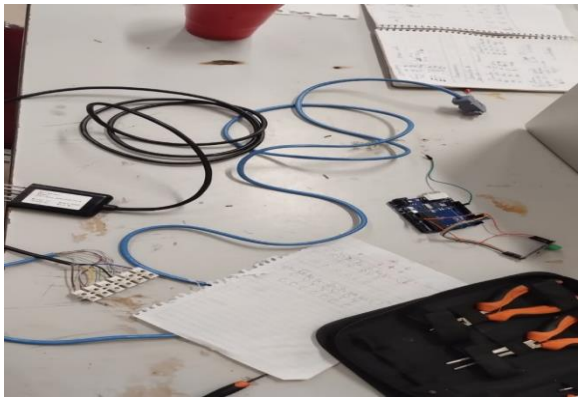


Figura 17: Armado del dispositivo



Figura 18: Conexiones de sellado con cables de sensores y Arduino.



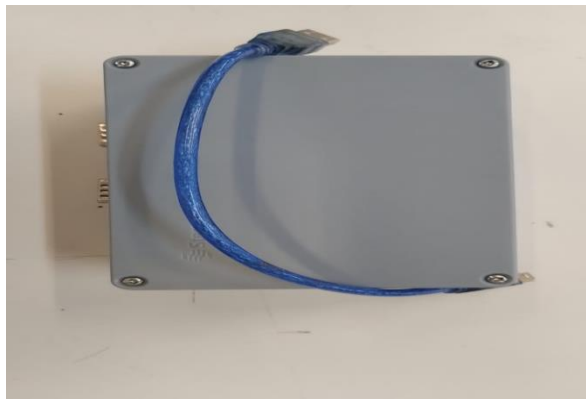
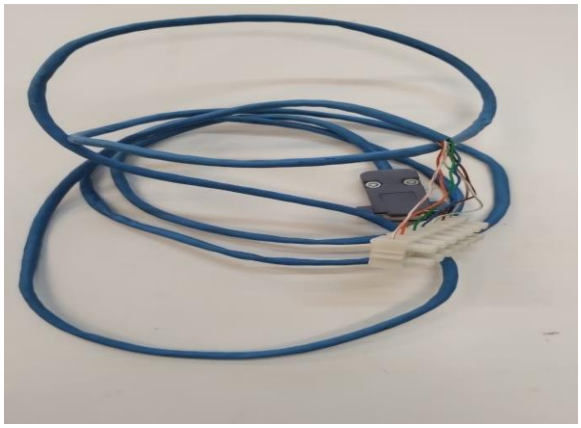


Figura 19: Conexión de sondas y cerebro del dispositivo.



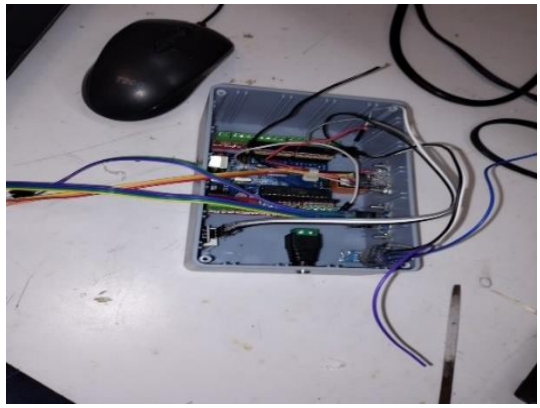


Figura 20: Sondas e integración del dispositivo.





Figura 21: Sensor NPK para prueba & Sensor de humedad de suelo.



Figura 22: Integración de los componentes del prototipo.

El objetivo del monitoreo a través del prototipo de monitoreo agrícola son las variables ambientales y parámetros del suelo de los cultivos agrícolas.

Se realizo la conexión de los sensores de los parámetros de suelo NPK, salinidad, humedad del suelo y los sensores de variables ambientales temperatura ambiente, barómetro y presión atmosférica, sensor de luz, el microcontrolador que recogerá la información de los sensores es el Arduino UNO R3, la fuente de alimentación del sistema será través de una batería con conexión directa a la corriente eléctrica.

Los circuitos del sistema de monitoreo están conectados los sensores con el microcontrolador Arduino UNO R3, a través de sondas y jumpers como se mencionó anteriormente, lo que permite el buen funcionamiento, seguido también para la transmisión de los datos en tiempo real de las variables ambientales se incorporó el módulo de comunicación wifi mediante la placa ESP8266.

Posteriormente se realizó la Programación del microcontrolador con el código en el sketch de Arduino Oficial para que el microcontrolador pueda leer los datos de los sensores, procesarlos, y almacenarlos o enviarlos a una base de datos. Para la visualización de los datos en la interfaz del usuario será en los dispositivos móviles (celular, Tablet y Computadora) conectada a internet.

4.8 Pruebas y validación.

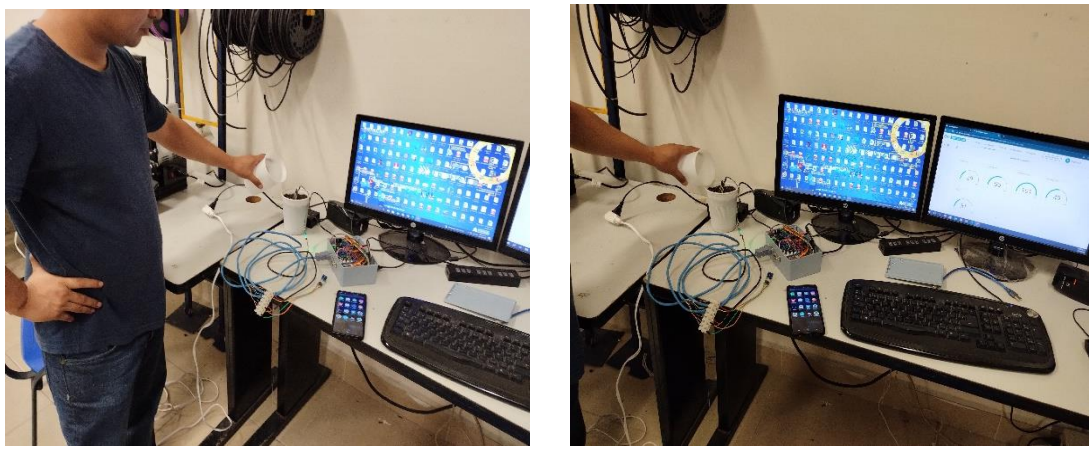


Figura 23: Prueba del sistema y visualización de los datos.

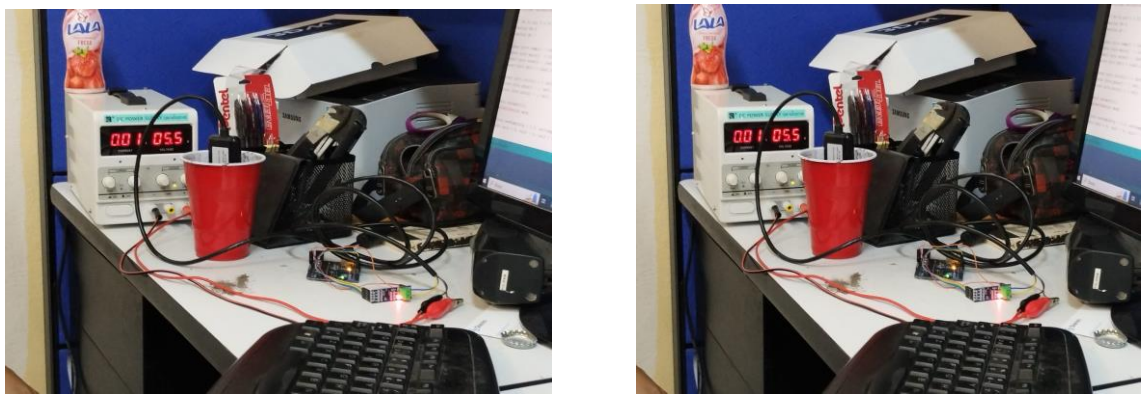


Figura 24: Validación del sensor NPK con tierra.

Para las pruebas iniciales: Se montó el prototipo y realizaron las pruebas para asegurar que los sensores están funcionando correctamente y los datos se están recopilando y transmitiendo adecuadamente (ver figura 23,24).

Calibración de sensores: Se ajustaron los sensores para que los datos recolectados sean precisos. Para la corrección de errores se Identificaron y corrigieron los problemas presentados durante las pruebas de las variables ambientales y parámetros del suelo.

En el almacenamiento y procesamiento de datos: Se implementó un sistema de almacenamiento de datos en la nube IoT de Arduino Oficial para registrar la información recogida en tiempo real a lo largo del tiempo.

4.9 Datos en Arduino IoT Cloud

Es posible descargar datos históricos de su Arduino IoT Cloud Things and Variables. Se descarga en formato *.csv y se puede utilizar para la comparación de datos

El objetivo de los datos históricos es obtener información sobre los datos históricos de la nube de Arduino, Aprender a usar estos datos, Hardware y software necesarios

No necesita una placa activa para descargar los datos históricos, pero para la recopilación de datos inicial, necesitará una placa compatible con la nube.

Diferentes datos históricos, al estar ejecutando una automatización del hogar para encender las luces cuando está oscuro, su sistema está trabajando con (prácticamente) datos en tiempo real. Así que 24 horas de información del sensor es perfectamente adecuada. No es como si estuvieras encendiendo o apagando una lámpara según los niveles de luz ambiental de ayer. Sin embargo, una estación meteorológica podría funcionar de manera un poco diferente. Si está midiendo la temperatura, la lluvia o las horas de luz, es posible que desee crear una comparación para ver cómo está cambiando el clima. En este caso, sería más adecuado usar 15 días de datos, lo que le permitiría monitorear y registrar cambios recientes en las variables de su estación meteorológica.

Los datos históricos para un invernadero IoT, o quizás un acuario o terrario, serían mucho más importantes. Tal vez sea incluso un proyecto industrial que esté monitoreando equipos para necesidades de mantenimiento predictivo. En estos casos, podría ser esencial poder revisar sus variables en semanas y meses anteriores.

4.9.1 Uso de datos históricos en Arduino Cloud.

Arduino Cloud es realmente inteligente cuando se trata de los datos generados por sensores y utilizados como variables. Por ejemplo, puede especificar la frecuencia con la que se envían nuevos datos a su Arduino Cloud. Supongamos que está monitoreando la intensidad de la señal Wi-Fi al final del jardín, donde está instalado un proyecto (estación meteorológica, por ejemplo). Si se trata de un dispositivo alimentado por energía solar y/o batería, el consumo de energía se vuelve esencial. Al cambiar el intervalo de muestreo de datos de actualizar una variable en Arduino Cloud cada segundo a actualizar una vez por minuto, puede extender la

vida útil de la batería en gran medida. El dispositivo solo funciona una fracción del tiempo que lo hacía antes, y la información es igual de útil.

Combinado con 15 días o tres meses de datos históricos, puede crear una imagen detallada del rendimiento de Wi-Fi que le permite mantener todo funcionando a la perfección. O, si necesita averiguar cuándo y por qué se ha ido cayendo su señal, la historia está ahí mismo en los datos históricos del panel de control de Arduino Cloud.

4.9.2 Instrucciones/descarga de datos históricos.

Primero, para descargar datos históricos, navegue a uno de sus paneles en Arduino IoT Cloud (ver Figura 25).

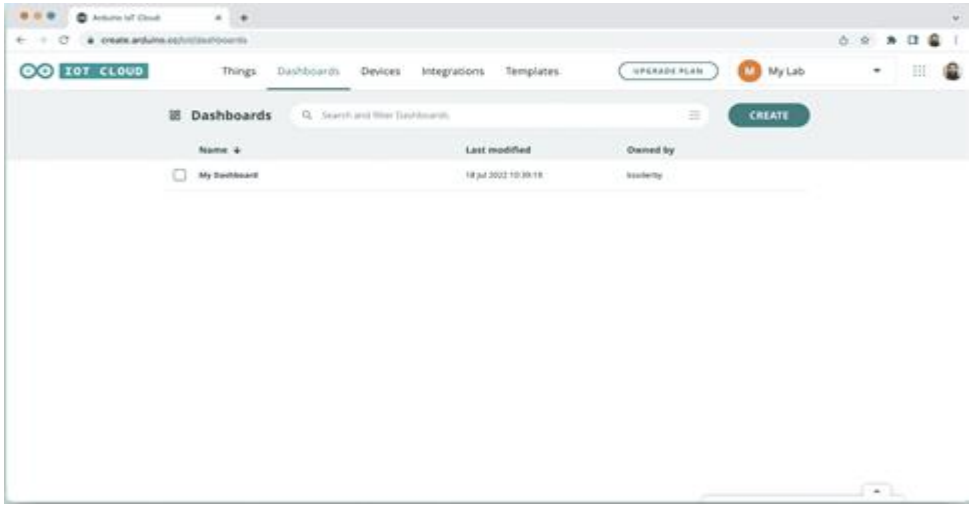


Figura 25: Panel de control en la nube de Arduino.

Mientras está dentro de un tablero, presione el ícono Descargar hacia arriba en la esquina derecha. Esto abrirá una nueva ventana que le permitirá seleccionar datos históricos para descargar (ver Figura 26).

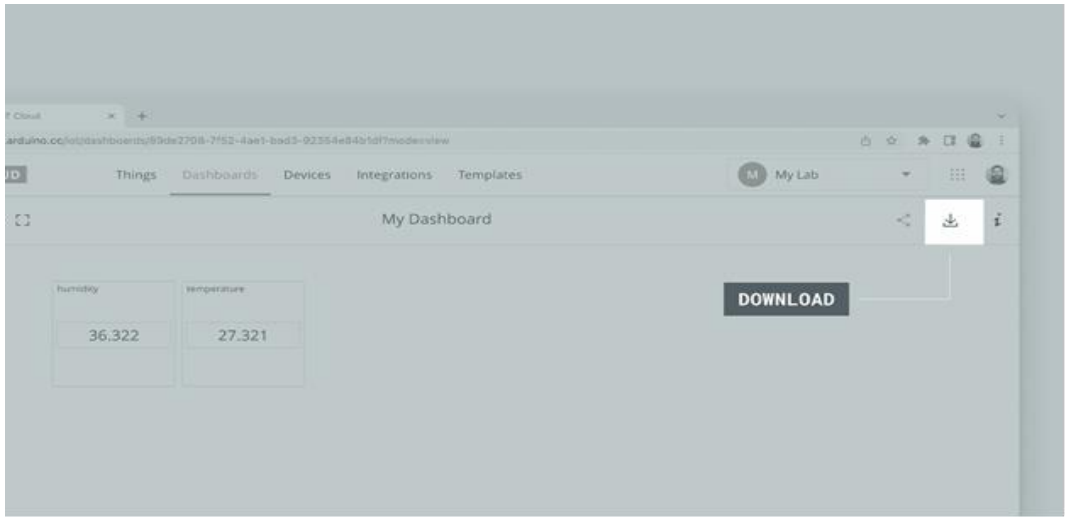


Figura 26: Ventana con datos históricos dentro del tablero.

Desde aquí puede seleccionar todas las variables que desea descargar marcando las casillas. Si su tablero usa varias cosas, puede cambiar entre ellas desde el menú desplegable en la parte superior.

Cuando haya seleccionado los datos, haga clic en el botón "Seleccionar fuente de datos" (ver Figura 27).

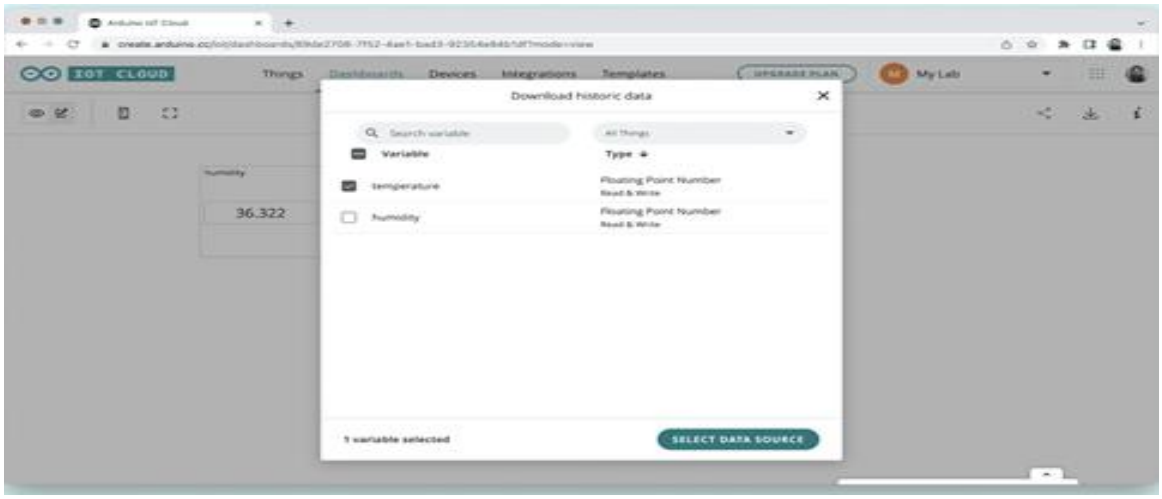


Figura 27: Fuente de datos.

4.9.3 Selección de variables para datos históricos.

En la siguiente ventana, haga clic en el botón "Obtener datos". El enlace de descarga ahora se enviará directamente a su dirección de correo electrónico vinculada a su cuenta (ver Figura 28).

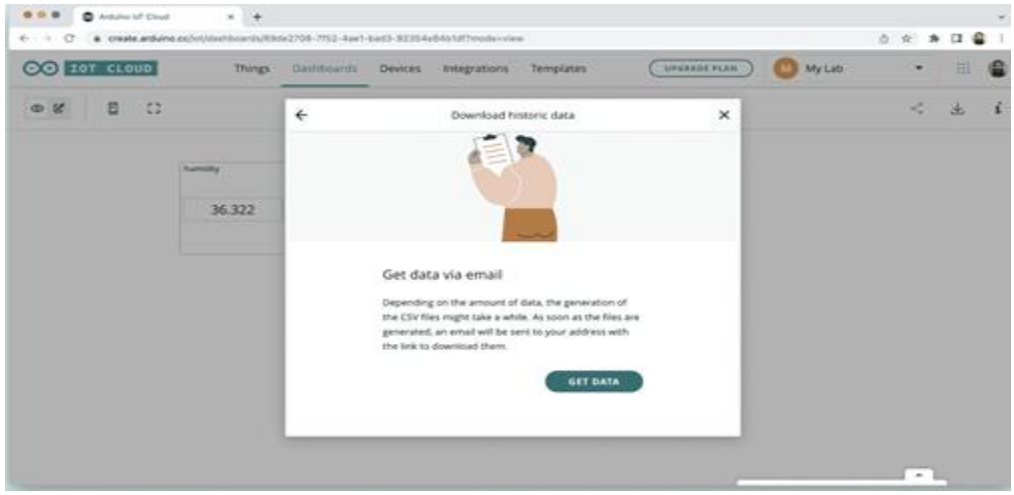


Figura 28: Datos de descarga.

Conclusiones

La construcción e implementación de este prototipo de monitoreo agrícola representa un avance significativo en la gestión eficiente de cultivos, puesto que permite la recolección de datos con almacenamiento en la nube IoT con disposición y alcance a las comunidades más vulnerables, sobre las variables ambientales y los parámetros del suelo en los cultivos agrícolas: la humedad del suelo, la temperatura, y la luz, NPK, salinidad, presión atmosférica. Este tipo de sistema ofrece a los agricultores enfocados a la agricultura traspatio de las comunidades vulnerables y apartadas de la región intermunicipal de Misantla, la capacidad de tomar decisiones basadas en información de tiempo real, optimizando el uso de recursos, mejorando la productividad y el rendimiento de las cosechas. Además, la implementación de este prototipo puede servir como base para futuras mejoras y adaptaciones, permitiendo un enfoque cada vez más automatizado y preciso en la agricultura. En definitiva, este prototipo no solo contribuye a una agricultura más sostenible, sino que también prepara el terreno para innovaciones tecnológicas más avanzadas en el sector.

Anexos:

Glosario de términos.

RSI: Red de Sensores Inalámbricos.

DigiMesh: Es una topología (Ciencia que estudia los razonamientos matemáticos, prescindiendo de los significados concretos) basado en red de malla inalámbrica patentada, desarrollada por los expertos en ingeniería de RF de Digi que permite que los nodos durmientes estén sincronizados en el tiempo, suspendiendo todos los nodos, aumentado la duración de la batería, están sincronizados y tienen un funcionamiento de bajo consumo.

Wi-Fi: Es la señal de radio que se envía desde un rúter inalámbrico a un dispositivo cercano, traduciendo la señal en datos que puedes ver y usar, por otra parte, también se considera como la tecnología móvil que se usa para conectar dispositivos conectados a internet, es la fidelidad inalámbrica.

IoT: Internet de las Cosas.

Protocolo ZigBee: Es un protocolo de comunicación inalámbrico entre dispositivos, empleando ondas de radio de baja energía, su función principal es transportar datos a largas distancias, son dispositivos de eficiencia energética y entran en modo de suspensión para ahorrar energía, se utilizan con tecnologías aplicadas al control y automatización de una vivienda inteligente.

Sistema Global para Móviles Comunicaciones (GSM): Es una red 2G móvil digital que se utiliza por los usuarios de teléfonos móviles en Europa y otras partes del mundo, su tecnología utiliza señalización digital y canales de voz. Se considera un sistema de telefonía móvil de segunda generación. Su conexión básicamente se realiza a través de una onda de radio, la función principal es gestionar los recursos para que la comunicación sea lo mejor posible, donde todos los controladores se conectan a un centro conmutador mediante cable.

Paquete General de Radio Servicio (GPRS): Es el método de transferencia de datos en las redes de telefonía móvil 2 G, fue lanzado para proporcionar acceso a internet a los usuarios de dispositivos móviles, es un paquete que establece una vía de paquetes de mejor esfuerzo para los servicios de comunicación de redes inalámbricas y celulares.

Tecnología XBee: Son pequeñas radios que pueden comunicarse de forma inalámbrica unas con otras, se utiliza para hacer cosas simples como remplazar cosas simples, remplazar un par de cables en una comunicación serial cuando se desea crear, por ejemplo, un vehículo radio controlado (DIGI, 2022).

MySQL: Es un sistema de gestión de base de datos relacional, más extendido en la actualidad, basada en código abierto (es fácilmente accesible por lo que la mayoría de los programadores lo usan), también cuenta con versión comercial, doble licencia, básicamente utiliza tablas múltiples que se interconectan entre sí para almacenar información y organizarla correctamente, su funcionamiento está en el modelo cliente y servidor, se comunican de manera directa entre sí para un mejor rendimiento (Robledano, 2019).

Software Qt Creator: Es un marco de referencia multiplataforma orientado a objetos, ampliamente usado para desarrollar programas (Software) que utilicen interfaz gráfica de usuario, donde una máquina y usuario interactúan (Es un programa informático, utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información o acciones) cuenta con variedad de herramientas para la línea de comandos y consolas (Guide, 2019).

GPS: Sistema de posicionamiento global, es un sistema de radio navegación de los Estados Unidos de América basado en el espacio, proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación y cronometría gratuita sin interrupciones a usuarios civiles en todo el mundo, permite localizar cualquier objeto sobre la tierra con precisión hasta de centímetros (GPS.GOV, 2019).

ERDAS de Leica Geosystems: Es un software que mejora el procesamiento de imágenes geoespaciales en ambientes corporativos, potencializando la capacidad de base de datos especiales como ESRI ArcSDE (Permite el uso de sistemas de gestión de bases de datos, geodatabase) y Oracle Spatial 10 (Es un modelo de datos en red, permite modelar y analizar redes) (Geo, 2010).

Open Hardware: Es hardware donde el diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona pueda estudiarlo, modificarlo, distribuirlo, producirlo y venderlo, son dispositivos cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos están al acceso de todos (Guru, 2022).

Microcontrolador Arduino Mega Programable: Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre, el microcontrolador ATmega 2560, tiene 54 entradas/ salidas digitales, permite establecer conexiones entre el microcontrolador de los diferentes sensores y actuadores de manera sencilla con cables jumper de 15 cm de largo (ARDUINO.cl, 2022) .

Shield Ethernet: Es una tarjeta electrónica que permite a un Arduino tener conectividad al protocolo TCP/ IP (El protocolo es el que comunica a los dispositivos digitales mediante una conexión en RED). El Shield usa un conector de Ethernet para proporcionar conectividad a las tarjetas Arduino (Marmolejo, 2017).

Shield SparkFun Weather: Es un protector Arduino fácil de usar, puesto que le otorga fácil acceso a la presión barométrica, la humedad relativa, la luminosidad y la temperatura, existen otras conexiones opcionales como: Velocidad del viento, dirección, pluviómetro y GPS para la ubicación precisa.

Sensor de humedad de suelo: Es ideal para el control de humedad del suelo o tierra de plantas, especialmente en las plantas, devuelve una tensión proporcional al nivel de humedad medida. De esta manera se conoce con precisión si la tierra está seca, húmeda o tiene demasiada agua. El sensor está tratado para resistir la oxidación y tener una vida útil, por lo tanto, no es recomendable usarlo por tiempos prolongados (Geek, 2022).

Reloj de tiempo real: Conocido como RTC, por sus siglas en inglés (Real time clock), es un reloj de computadora en forma de circuito integrado, su único objetivo es mantener la hora con precisión incluso cuando el sistema este apagado, cuenta con: horas, minutos, segundos, meses, días e incluso años (Alonso, 2021).

Sensores Meteorológicos: Son parte del completo sistema de medición que se integra en las estaciones, algunas estaciones pueden tener dos o más, según la cantidad y tipo de variables que se requieran medir y monitorear (La agricultura es una de las actividades que ampliamente se favorece), los sensores recopilan los datos y envía información al almacenamiento, para ser, guardada, procesada y monitoreada según el intervalo de tiempo que se requiere, haciendo posible el bienestar de las comunidades, los cultivos agrícolas y diferentes actividades (SensorGo, 2022).

Pluviómetro Rain: Se encarga de la gestión de humedad del suelo y para medición de agua de drenaje en el riego por goteo (Track, 2022).

LoRaWAN: Es un protocolo de red que usa la tecnología LoRa (es una tecnología inalámbrica, ideal para conexiones a grandes distancias y para redes de IoT, en las cuales se necesitan sensores que no dispongan de corriente eléctrica, efectuándose en grandes aplicaciones: en lugares de poca cobertura, explotaciones agrícolas o ganaderas), para redes de baja potencia y área amplia, el protocolo está integrado principalmente por antenas y dispositivos, los cuales se encargan de enviar y recibir información a los nodos, tiene bajo consumo de energía (CATSENSORES, 2021).

Sensor Board: Es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a la salida en otro sistema, convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible o en su caso se mide con una señal digital, mediante una pantalla legible para humanos, es una placa formada por sensores, diseñada para permitir la demostración y evaluación del color (Smith, 2020).

Módulo XBEE PRO 900 HP: Son aquellos que proporcionan la mejor conectividad inalámbrica de su clase de los dispositivos, puesto que utilizan el protocolo de red DigiMesh, mismo que brinda un funcionamiento de red denso, compatible con los Reuters inactivos, no requiere programación, su configuración se realiza fácilmente, principalmente se considera a la agricultura de precisión y la automatización de la fabricación.

Referencias Bibliográficas

Aguilar Rivera, N. (2010). *La caña de azúcar y sus derivados en la Huasteca San Luís Potosí México.* México: Diálogos Revista Electrónica.

AGUILAR, R. (2012). *The Mexican sugarcane industry, overview, constraints, current status and long-term trends.* Springer Sugar Tech.

Alonso, R. (12 de Agosto de 2021). *¿Qué es un reloj a tiempo real o RTC y para que sirve?* . Obtenido de https://hardzone.es/reportajes/que-es/reloj-tiempo-real-rtc-hardware/

Andrade, F. H. (2011). *La tecnología y la producción agrícola El pasado y los actuales desafíos.* Provincia de Buenos Aires, Argentina: INTA Balcarce.

Arduino. (febrero de 2018). *Arduino* .

Arduino. (2019).

ARDUINO. (2019).

Arduino. (2021). *Primeros pasos con Arduino*. Obtenido de https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-arduino#sensors--actuators

Arduino. (2024). Obtenido de https://www.arduino.cc/

ARDUINO.cl. (09 de 05 de 2022). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de https://arduino.cl/arduino-mega-2560/

Arreola Risa, J. S., & Arreola Risa, A. (2003). Programación lineal: una introducción a la toma de decisiones cuantitativa. *Thomson Learning, Inc.*

Azañón, V., Pérez, O., C, G., & H., C. (2012). *Evaluación de residuos de fábrica en el cultivo de caña de azúcar con la variedad CP72-2086.* Guatemala : ingenio La Unión.

Azañón, V., Portocarrero, E., Solares, E., Guevara, L., & Ovalle, W. (2005). *Efecto de tres calidades de semilla en la producción de dos variedades de caña de azúcar.* Guatemala : CENGICAÑA.

AZASGUA. (2012). *Ingenios preven aumentar Zafra .* Guatemala : Prensa Libre .

Bodin, L. D. (1973). A districting experiment with a clustering algorithm. *Annals of the New York Academy of Sciences, 219*(1), 209-214. doi:10.1111/j.1749-6632.1973.tb41400.x

Bosque, J., & Franco, S. (1995). Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables. *Serie Gráfica* , 97-112.

Bucarey López, V. D. (2014). Un modelo matemático para el diseño de territorios basado en el plan cuadrante de seguridad preventiva de Carabineros de Chile.

CASANOVA, J. (2002). *Red temática: Utilización de Combustibles Alternativos en Motores Térmicos.* Medelin: Red temática:.

Castellví, E. C. (2001). *Agrometeorología.* Madrid, España : MundiPrensa.

Castiglioni, E., & Vendramim, J. (2003). *Evaluación de extractos de meliáceas para el control de Heterotermes tenuis.* Costa Rica : Manejo Integrado de Plagas y Agroecología.

Castro, G. (2009). *El tratamiento de las vinazas.* a recirculación. Revista Publicaciones e Investigación. ISNN: 1900-6608, 3(1), 51-56.

Castro, O. (2012). *El riego en el cultivo de la caña de azúcar. En: El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala .* Guatemala : CENGICAÑA.

CATSENSORES. (Enero de 2021). *TECNOLOGIA LORA Y LORAWAN* . Obtenido de https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan

COMPANY, M. &. (1998). *Wastewater Treatment Options for the Biomass-To-Ethanol Process.* Aurora, Colorado, USA: Final Report.

Conadesuca. (2016). *Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.* México : www.gob.mx/Conadesuca.

CONADESUCA. (2016). *Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar*. Obtenido de www.gob.mx/Conadesuca

CONADESUCA. (2017). México: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.

CONADESUCA. (2017). *CONADESUCA .* México : Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.

CONADESUCA. (30 de 11 de 2022). Obtenido de https://conadesuca.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=769d0c392bcb41c9b798f16f58fc3b08

Daniel Camilo Ruiz-Ayala, C. A.-H.-G. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *sistema inalámbrico de adquisición de datos*.

Darós, M. J., Arce, M. M., & Romero, M. L. (2009). Eficiencia versus equidad en localización: aplicación al diseño de infraestructuras. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA, 10*, 59-76.

Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics (NRL), 55*(4), 283-294. doi:10.1002/nav.20284

Davila. (1995).

DIGI. (11 de 05 de 2022). *XBee*. Obtenido de https://xbee.cl/que-es-xbee/#:~:text=Los%20XBee%C2%B4s%20son,por%20ejemplo%2C%20un%20veh%C3%ADculo%20radiocontrolado.

Drezner, Z., & Wesolowsky, G. O. (1983). Minimax and maximin facility location problems on a sphere. *Naval Research Logistics (NRL), 30*(2), 305-312. doi:10.1002/nav.3800300211

Eduardo R. Romero, J. S. (2018). *LA CAÑA DE AZÚCAR Caracteristicas y ecofisiología.* Argentina .

Erkut, E., & Neuman, S. (1989). Analytical models for locating undesirable facilities. *European Journal of Operational Research, 40*(3), 275-291. doi:10.1016/0377-2217(89)90420-7

Estrada, M. (2007). *Redes de distribución. Análisis de estrategias eficientes en la distribución de paquetería.*

Fernández, I., & Morales, J. (2020). Aeroponía: Innovación en sistemas de cultivo. *Tecnología Agrícola*, 95-110.

Fernández, R. (2020). Simulación y Modelado de Procesos Biológicos. *Editorial Académica*.

Flores. (2001). *Las variedades de caña de azúcar en México.* D.F: 1a. Ed. México.

García, F., & Torres, H. (2021). Hidroponía: Técnicas y aplicaciones. *Agricultural Techniques,*, 50-70.

García, J., & González, L. (2021). Importancia de la fenología en la agricultura moderna. *Ciencias Agrícolas*, 67-82.

García, L., & Pérez, M. (2018). Usos de los Datos de Estaciones Meteorológicas Agrícolas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 24-35.

García, L., & Pérez, M. (2019). Importancia de las Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. *Revista de Agricultura Sostenible*, 45-56.

García, L., & Rodríguez, P. (2018). Sensores Remotos y su Aplicación en Ecología Vegetal. *Editorial Científica.*

García, L., Parra, L., Jimenez, J., Lloret, J., & Pascal, L. (2020). Sistema de recolección de agua, monitoreo de humedad y monitoreo de cultivos basado en IoT para agricultura de precisión. *Sensores*.

Garfinkel, R. S., & Nemhauser, G. L. (1970). Optimal political districting by implicit enumeration techniques. *Management Science, 16*(8), B-495. doi:10.1287/mnsc.16.8.B495

Geek, B. (18 de Mayo de 2022). *Sensor de humedad del suelo* . Obtenido de https://tienda.bricogeek.com/sensores-humedad/651-sensor-de-humedad-del-suelo.html

Geo, M. (04 de 12 de 2010). *Leica Geosystems*. Obtenido de https://mundogeo.com/es/2006/04/04/leica-lanza-erdas-imagine-v9-0/

Gómez, A. (2018). Técnicas de Análisis Genético en Botánica. *Ediciones Científicas*.

Gómez, A., & Rodríguez, P. (2020). Introducción a Tinkercad: Diseño y simulación para principiantes. *Tecnología Educativa.*

Gómez, J. P., & Rodríguez, M. (2020). Manual de Monitoreo Ambiental: Métodos y Aplicaciones. *Editorial Ambientalista*.

Gómez, S. y. (2014). *Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (Saccharum spp.).* México: Agoproductividad.

González, G. (1972). *La hibridación de la caña de azúcar en México, antecedentes e instructivo para cruzas y selecciones.* México : 2da. Ed. IMPA.

González, J., & Fernández, P. (2021). Macrotúneles en la horticultura: Beneficios y aplicaciones. *Agronomía Moderna*, 105-118.

GPS.GOV. (2019). *Información oficial del gobierno de los Estados Unidos relativa al Sistema de Posicionamiento Global y temas a fines* . Obtenido de https://www.gps.gov/spanish.php

Guide, D. (23 de 01 de 2019). *QT Software*. Obtenido de https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/qt/

Guru, S. S. (09 de 05 de 2022). *Open Hardware* . Obtenido de https://sg.com.mx/revista/open-hardware#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20open%20hardware%2C%20u,hardware%20basado%20en%20ese%20dise%C3%B1o.

Hakimi, S. L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations research, 12*(3), 450-459. doi:10.1287/opre.12.3.450

Halpern, J. (1978). Finding minimal center-median convex combination (cent-dian) of a graph. *Management Science, 24*(5), 535-544. doi:10.1287/mnsc.24.5.535

Hess, S. W., Weaver, J. B., Siegfeldt, H. J., Whelan, J. N., & Zitlau, P. A. (1965). Nonpartisan political redistricting by computer. *Operations Research, 13*(6), 998-1006. doi:10.1287/opre.13.6.998

HODGES. (1991). . *Predicting crop phenology.* Press Inc.

Hojati, M. (1996). Optimal political districting. *Computers & Operations Research, 23*(12), 1147-1161. doi:10.1016/S0305-0548(96)00029-9

INTECAP. (2004). *Aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas.* Guatemala.

JICA-INTA. (2004). Sustentabilidad de la producción agrícola. *Seminario*, (pág. 29 y 30). Buenos Aires, Argentina.

Jiménez, A., & Torres, M. (2021). *Principios de la Experimentación en Ciencias Biológicas.* Ediciones Científicas.

Kalcsics, J., Nickel, S., Puerto, J., & Tamir. (2002). Algorithmic results for ordered median problems. *Operations Research Letters, 30*(3), 149-158. doi:10.1016/S0167-6377(02)00121-9

Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: Estrategia y análisis.* (5a. ed. ed.). México: Pearson Educación.

Kuby, M. J. (1987). Programming Models for Facility Dispersion: The p-Dispersion and Maxisum Dispersion Problems. *Geographical Analysis, 19*(4), 315-329.

López, A., & Pérez, M. (2019). Beneficios de las Estaciones Meteorológicas Agrícolas en la Producción Sostenible. *Revista de Agricultura Sostenible*, 40-52.

López, J., & Martínez, A. (2020). Medición de Variables en Estaciones Meteorológicas Agrícolas. *Revista de Agricultura Moderna*, 112-125.

Marmolejo, R. E. (20 de 06 de 2017). *Ethernet Shield, HETPRO* . Obtenido de https://hetpro-store.com/ethernet-shield/#:~:text=Es%20una%20tarjeta%20electr%C3%B3nica%20que,conectividad%20a%20las%20tarjetas%20Arduino.

Martínez, J., & Gómez, A. (2018). Impacto de las Estaciones de Monitoreo en la Agricultura: Análisis de Casos. *Agrícola Moderna.*

Martínez, J., & Gómez, A. (2020). Contribución de las Estaciones Meteorológicas a la Normalización de Datos Climáticos. *Revista de Meteorología Aplicada*, 112-125.

Martínez, J., & Pérez, C. (2016). Microscopía y Técnicas de Imagen en Botánica. *Editorial Botánica Avanzada.*

Martínez, J., & Pérez, C. (2019). Cultivo de Tejidos Vegetales. *Botánica Avanzada.*

Martínez, L., & López, M. (2020). Uso de casas de sombra en cultivos sensibles al sol. *Horticultura Tropical*, 200-215.

Melgar, M., & Quemé, J. (2015). *Adaptación del cultivo de la caña de azúcar al cambio climático de Guatemala .* USA: Sugar Journal .

Menzel, A. S., & Koch, E. ((2021). Fenología de plantas agrícolas y su relación con las condiciones climáticas. *Journal of Agricultural Phenology*.

Meyer, J., Rein, P., Turner, P., & Mathias, K. (2010). *Good Management Practices for the Cane Sugar Industry.* Germany .

Mirchandani, P. B., Oudjit, A., & Wong, R. T. (1985). 'Multidimensional'extensions and a nested dual approach for the m-median problem. *European Journal of Operational Research, 21*(1), 121-137. doi:10.1016/0377-2217(85)90096-7

Mohanraj, I. &. (2016). *Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture .* Li Tan: IFACPapersOnLIne.

Mónica M. Miranda-Ramos, A. A. (2020). Sistema de monitoreo usando tecnología XBee y GSM para la supervisión del clima en la producción de plátano. *Universidad Politécnica Salesiana, Fac. de Ingeniería, Dpto. de Ing. Electrónica.*

MONTOYA M.I., Q. J. (2005). *Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante.* Colombia : Trabajo de grado de Ingeniería .

Moon, I. D., & Chaudhry, S. S. (1984). An analysis of network location problems with distance constraints. *Management Science, 30*(3), 290-307. doi:10.1287/mnsc.30.3.290

Morril, C. (1993). *El mejoramiento genético de la caña de azúcar en México. .* México: Tecnología. GEPLACEA.

Mounich, K., Wahabi, A., Hachemi, O. M., & Chafi, M. (2023). Una plataforma de bajo costo para un sistema de monitoreo de agricultura ambientalmente inteligente basado en Arduino y energías renovables. En S. Motahhir, & B. Bossoufi, *Tecnologías y aplicaciones digitales* (pág. 78). Springer, Cham: Apuntes de conferencias sobre redes y sistemas, vol 669.

Mundial, O. M. (1996). *Guia de instrumentos y métodos de observación metereologicos .* Ginebra Suiza : OMM.

Mundial, O. M. (1997). *Manual del sistema mundial de observación.* Ginebra, Suiza : OMM.

Muñoz, A., & Sánchez, R. (2022). La agricultura protegida: Técnicas y beneficios. *Revista de Tecnología Agrícola,*, 45-58.

Orakhelashvili, A. (2021). Utilización de la plataforma Arduino de código abierto para control basado en lógica Et. *Innovación, Sistemas y Tecnologías Inteligentes*, 3-15.

Ortiz Laurel H., R. K. (2007). *Herramientas para la Labranza de los Suelos Agrícolas. .* México.: Colegio de Postgraduados.

P. P. Jayaraman, D. P. (2015). *Do-it-Yourself Digital Agriculture .* Singapore: ISSNIP.

Pérez, J., & Rodríguez, A. (2021). Tipos y Funcionalidades de Estaciones Meteorológicas Agrícolas. *Revista de Agricultura Moderna*, 78-89.

Pérez, L., & Martínez, R. (2015). Técnicas de Observación en Botánica. *Editorial Científica.*

Pérez, M. (2020). Funciones de los Jardines Botánicos en la Investigación y Educación Ambiental. *Ediciones Científicas Nacionales*.

Quintero Duran, R. (1995). *Fertilidad y Nutrición. El Cultivo de la Caña en la zona azucarera de Colombia .* Cali: Cenicaña .

R. G., B., C. Azevedo, I. C., & Caulfie, B. (2019). Assessing the spatial burden in health care accessibility of low-income families in rural Northeast Brazil. *Journal of Transport and Health, 14*, 100595. Recuperado el Sep de 2019

Rípoli M.L.C., R. T. (2010). *Evaluation of five sugar cane planters.* Jaboticabal : Eng. Agríc.

Robledano, Á. (19 de Septiembre de 2019). *MySQL*. Obtenido de https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/

Robotham. (2004.). *Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment.* Proc. Aus. Soc.

Rodríguez, A., & Pérez, E. (2019). Túneles altos en la agricultura moderna. *Cultivos Protegidos*, 75-89.

Ruiz, L. (2017). Botánica de Campo: Observación y Registro en el Medio Natural. *Ediciones Científicas Nacionales.*

Rural, S. d. (13 de marzo 2021). *CONADESUCA .* México : CONADESUCA .

RUSSO, J. (2009). *The role of the crop phenology.* America : Ecological Society of America Annual.

SADER. (2021). *SECRETARIA DE AGRICULTURA .* México : CONADESUCA .

SAGARPA. (21 de Octubre de 2017). *Scretaria de agricultura.* México.

SAGARPA. (02 de 2018). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.* Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/342150/Reporte_de_Proyecto_9_Aplicaciones.pdf

Samuel, A. Z. (2020). *"DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN BASADA EN EL INTERNET DE LAS COSAS (IoT) EMPLEANDO LORAWAN PARA EL MONITOREO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS EN PERÚ".* Lima-Perú.: Universidad Tecnológica del Perú.

Sánchez, A., & Martínez, E. (2018). Herbarios y su Importancia en la Botánica Moderna. *Editorial Botánica Clásica.*

Sánchez-Olarte, J. A.-M.-G.-E.-E. (2015). Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 12(2), 237-254.

Schwartz, M. D. (2003). *Phenology: an.* Netherlands: Kluwer Academic.

SensorGo. (22 de Diciembre de 2022). *Sensores metereologicos ¿Cómo pueden ayudarte?* . Obtenido de https://sensorgo.mx/sensores-meteorologicos/#:~:text=Los%20sensores%20meteorol%C3%B3gicos%20son%20elementos,temperatura%20y%20velocidad%20del%20viento.

Sentíes Herrera, G. (2014). Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (Saccharum spp.). *Agroproductividad*.

Smith, G. M. (09 de Marzo de 2020). *¿Qué es un sensor y que hace?* . Obtenido de https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#what-do-sensors-do

Spaan, N. O. (2007). *Evaluation of green-cane harvesting and crop management with a trashblanket.* Sugar Cane Technol.

Track, R. (09 de Mayo de 2022). *Pluviometro Todo en uno y Estación de reporte*. Obtenido de http://www.aquawatersystem.mx/productos/raintrak-pluviometro-todo-en-uno-y-estacion-de-reporte/

Trihandoyo, A., & Rahmadina, A. (2023). Diseño de un sistema de monitoreo de plantas usando Arduino. *Congreso Internacional de Investigación* , 70-80.

Turner. (2011). *Good Management practices manual for the cane sugars industry.* PGBI Sugar and Bio Energy.

Ureña, F. (1999). *Comparison of data generated by automatic vrs tradicional Weather Stations.* Vienia, Austria : ICEAWS.

Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *The Journal of finance, 16*(1), 8-37. doi:10.1111/j.1540-6261.1961.tb02789.x

Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. (2001). A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation. *European Journal of Operational Research, 129*(1), 134-158. doi:10.1016/S0377-2217(99)00431-2

Zanjirani Farahani, R., & Hekmatfar, M. (2009). *Facility location: Concepts, Models, Algorithms an Case Studies.* Berlin, Germany: Springer International Publishing.