

**AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE
PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS**

CARLOS ANDRES PERAFAN MARTIN - 702025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ
2018**

**AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE
PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS**

CARLOS ANDRES PERAFAN MARTIN - 702025

**Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico y de
Telecomunicaciones**

**Director
GERMÁN ÁLVAREZ BOTERO D.Sc.**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ
2018**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

PAGINA DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primera instancia a Dios, de quien he recibido la sabiduría necesaria para las metas de vida personal y profesional, a mi madre, a mi padre y a mi pareja por su apoyo incondicional en la realización de este.

AGRADECIMIENTOS

Muchas de las aspiraciones a través del tiempo se han venido realizando no solo a mi sacrificio, sino también al de mis padres y mi hermano, quienes con su ejemplo y apoyo permanente me han permitido alcanzar metas como esta, por eso mi principal agradecimiento es a Dios y a ellos.

Inmenso agradecimiento a Nathaly Orjuela, por su comprensión, disposición, acompañamiento y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

A mi director de trabajo de grado el Ing. German Álvarez y a mi asesor el Ing. Andrés Mejía por su experiencia, disposición y constante atención, para la mejora de este documento. De igual manera a la Universidad Católica de Colombia por facilitarme los espacios que permitieron el desarrollo de este proyecto.

A Fabián Pérez, Oscar Zambrano, Elkin Ladino, Miguel Orjuela, Diego Prada y Brayan Roa quienes fueron mis compañeros y amigos, y participaron directa e indirectamente aportando enseñanzas y reflexiones para cumplir esta meta.

Este trabajo es pieza fundamental para el cumplimiento de mis propósitos, teniendo en cuenta que mi vida está ligada al Ser Supremo, que hasta el día de hoy me ha mostrado las igualdades y desigualdades de la vida, lo justo e injusto, lo que vino, lo que está y lo que vendrá.

CONTENIDO

INTRODUCCION	19
1. ANTECEDENTES	21
1.1. SISTEMAS DE DECISIÓN Y SOPORTE	23
1.2. ORGANIZACIÓN Y SOPORTE EN LA COSECHA	25
1.3. TELEMEDICIÓN Y ESTRUCTURA DE RED	26
1.4. DRONES PARA LA A.P. (AGRICULTURA DE PRECISIÓN)	28
1.5. IoT (INTERNET OF THINGS)	29
1.6. PROYECTOS CON ENFOQUE SOCIAL	30
1.6.1. Proyectos con enfoque social en Bogotá	30
1.6.2. Proyectos con enfoque social en Colombia	31
1.6.3. Proyectos con enfoque social en el mundo	33
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	36
3. OBJETIVOS	37
3.1. OBJETIVO GENERAL	37
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	37
4. JUSTIFICACIÓN	38
5. MARCO DE REFERENCIA	39
5.1. MARCO TEORICO	39
5.1.1. Sistemas de Sensado.	39
5.1.1.1. Medición de la alcalinidad o acidez	39
5.1.1.2. Medición de la humedad Relativa	40
5.1.1.3. Medición de la temperatura	40
5.1.2. Telecomunicación	41
5.1.2.1. Telemedición.	42
5.1.2.2. Red de área local.	42
5.1.3. Proyecto social.	43
5.2. MARCO CONCEPTUAL	43
5.2.1. Agricultura Sostenible.	43
5.2.2. Agricultura Urbana	44
5.2.3. Agricultura de precisión	44
5.2.4. Red de Comunicación	45
6. METODOLOGIA	46

6.1. REALIZAR APROPIACIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO EN SENSORES, ARDUINO Y CREACIÓN DE APLICACIONES ANDROID PARA LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL DE YOMASA	46
6.2. DISEÑAR E IMPLEMENTAR SISTEMA DE MONITOREO Y CUIDADO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	46
6.3. DETERMINAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO MEDIANTE LOS 4 ÍTEMS PRINCIPALES PARA LA CALIDAD EN FRUTAS Y HORTALIZAS (APARIENCIA, FLAVOR, VALOR NUTRITIVO Y SEGURIDAD)	47
7. EVALUACIÓN DE HORTALIZAS Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE AGRODROYD	48
7.1. VARIABLES HORTALIZAS	49
7.1.1. Humedad Relativa (%)	49
7.1.2. Separación del sembrado (cm)	50
7.1.3. pH (pH)	50
7.1.4. Ciclo Vegetativo (días)	50
7.1.5. Temperatura de Germinación (°C)	50
7.1.6. Profundidad de siembra (cm)	51
7.1.7. Siembra inicial en semillero	51
7.1.8. Diámetro promedio de la planta (cm)	51
7.1.9. Porcentaje de germinación (%)	51
7.2. SENSORES	53
7.2.1. Voltaje de alimentación. (V)	53
7.2.2. Corriente (mA)	53
7.2.3. Resolución (Bit)	54
7.2.4. Precio (\$)	54
7.2.5. Lugar de venta	54
7.2.6. Acople con Arduino	54
7.2.7. Tamaño (mm).	55
7.2.8. Detección de dos o más variables	55
7.2.9. Sensor de humedad relativa.	55
7.2.9.1. Rango de medición (%).	55
7.2.10. Sensor de temperatura.	57
7.2.10.1. Rango de medición (°C)	57
7.2.11. Sensor de pH.	59
7.2.11.1. Rango de medición	59
7.2.11.2. Precisión	59
7.3. PLACA PARA EL PROCESAMIENTO Y ENVIÓ DE SEÑALES	60
7.3.1. Pines para salida y entrada de datos	61
7.3.2. Comunicación inalámbrica	61
7.3.3. Dos o más protocolos de comunicación inalámbrica	61
7.3.4. Procesamiento de datos	62

8. APROPIACIÓN SOCIAL EN TECNOLOGÍAS APLICADAS AL AGRO PARA EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA	65
8.1. DIVULGACIÓN DEL PROYECTO AGRODROYD	65
8.2. INICIO DEL PROYECTO EN EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA	67
8.3. REALIZACIÓN DEL CULTIVO	69
8.4. CAPACITACIÓN	72
9. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA AGRODROYD	77
9.1. DISPOSITIVO AGRODROYD	77
9.2. BASE DE DATOS Y SERVIDOR WEB	83
9.3. INTERFAZ DE USUARIO	90
10. CALIFICACION DEL PRODUCTO	93
10.1. APARIENCIA	94
10.2. FLAVOR	95
10.3. VALOR NUTRITIVO	96
10.4. SEGURIDAD	100
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS	102
12. CONCLUSIONES y trabajos futuros	107
12.1. CONCLUSIONES	107
12.2. TRABAJOS FUTUROS	108
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	114
FIRMA DEL ESTUDIANTE	126
FIRMA DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO	126

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Prometeo: Un proyecto de integración y función social	31
Figura 2. Programa EDS/ETC.....	32
Figura 3. Sostenibilidad y sustentabilidad energética y ambiental	32
Figura 4. Ingeniería y tecnología para la inclusión	33
Figura 5. Salt Light	34
Figura 6. Warka Water.	35
Figura 7. Conferencia programa Institucional Yomasa	65
Figura 8. Asistentes a la conferencia programa Institucional Yomasa.....	66
Figura 9. Socialización del proyecto AGRODROYD en conferencia del programa Institucional Yomasa.....	66
Figura 10. Presentación general del proyecto AGRODROYD a docentes del colegio Ofelia Uribe de Acosta	67
Figura 11. Preparación de la tierra para sembrado de remolacha	70
Figura 12. Huerta Inicial para el sembrado de remolacha.....	70
Figura 13. Huerta temporal para el sembrado de remolacha.....	71
Figura 14. Semillas de remolacha.....	71
Figura 15. Resultado de la germinación de las semillas.	72
Figura 16. Interfaz gráfica en App Inventor	73
Figura 17. Explicación de App Inventor.....	74
Figura 18. Programación de la aplicación en App Inventor.....	74
Figura 19. IDE de Arduino.....	75
Figura 20. ESP32 Y Raspberry Pi Zero	77
Figura 21. Protoboard ZY-60.....	78
Figura 22. Batería de litio 12 V.....	78
Figura 23. Fuente para protoboard Power MB V2 AMS1117.....	79
Figura 24. Sensor DHT11	79
Figura 25. Sensor MSP430.....	80
Figura 26. Grafica de linealización.....	81
Figura 27. Diagrama dispositivo AGRODROYD	82
Figura 28. Dispositivo AGRODROYD	83
Figura 29. Herramienta XAMPP	84
Figura 30. PhpMyAdmin para base de datos	85
Figura 31. Programa Sublime Text 3	85
Figura 32. Repositorio SublimeLinter	86
Figura 33. Esqueleto página web.....	87
Figura 34. Base de Datos phpMyAdmin.....	87
Figura 35. Tabla de la base de datos.....	88
Figura 36. Datos conectar	89

Figura 37. Programación de Arduino en Sublime Tex 3.....	90
Figura 38. MIT App Inventor.....	91
Figura 39. Aplicación de AGRODROYD en MIT App Inventor.....	91
Figura 40. Hortaliza 1 y 2.....	93
Figura 41. Remolacha resultante del sembrado en el cultivo urbano “Hortaliza 1”	95
Figura 42. Refractómetro.....	96
Figura 43. Peso Muestras Remolacha.....	97
Figura 44. Muestra Remolacha 1 y 2.....	97
Figura 45. Muestra 1 Maceada.....	98
Figura 46. Muestra 2 Maceada.....	98
Figura 47. Medición grados Brix.....	99
Figura 48. Lectura de pH en las muestras.....	100
Figura 49. Valor de pH en muestras.....	101
Figura 50. Dispositivo AGRODROYD implementado en el cultivo.....	103
Figura 51. Análisis evaluación de conocimientos previos estudiante 1,2 y 3.....	104
Figura 52. Análisis evaluación de conocimientos post estudiantes 1, 2 y 3.....	105

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Respuesta de la planta a la humedad	49
Tabla 2. Ponderación Hortalizas.....	52
Tabla 3. Ponderación sensor de Humedad relativa	56
Tabla 4. Ponderación sensor de Temperatura	58
Tabla 5. Ponderación sensor de pH	60
Tabla 6. Ponderación placa de procesamiento y envío de señales	63
Tabla 7. Herramienta de Evaluación para estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta.....	68
Tabla 8. Resultados lectura de grados Brix.....	99

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Resultado en la ponderación.....	64
Cuadro 2. Porcentaje de conocimiento previo estudiantes 1, 2 y 3.....	105
Cuadro 3. Porcentaje de conocimiento post estudiantes 1,2 y 3	106

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Evaluación conocimiento previo estudiante 1.....	114
Anexo B. Evaluación conocimiento previo estudiante 2.....	115
Anexo C. Evaluación conocimiento previo estudiante 3.....	116
Anexo D. Evaluación Conocimiento post estudiante 1.....	117
Anexo E. Evaluación Conocimiento post estudiante 2.....	118
Anexo F. Evaluación Conocimiento post estudiante 3.....	119
Anexo G. Programación Led ON/OFF Bluetooth	120
Anexo H. Programación Dispositivo AGRODROYD	121
Anexo I. Código de bloques de interfaz de usuario para AGRODROYD	123

GLOSARIO

AGRICULTURA: Ciencia que trata de la aplicación de los principios de la agronomía a cada cultivo en particular, modificándolos, según las necesidades de cada especie vegetal.

CULTIVO URBANO: se trata de espacios cubiertos o no para el cultivo de flores, aromáticas, hortalizas o frutales a escala doméstica, sin que por ello se menosprecie la calidad de los productos obtenidos en ellos.

FLAVOR: El flavor es la combinación de las sensaciones percibidas por la lengua (sabor o gusto) y por la nariz (aromas).

GRADOS BRUX: Variable que permite medir la cantidad de sólidos solubles en una disolución

HORTALIZA: planta comestible que se cultiva en huertas, las cuales generalmente se siembran en ambientes fríos.

HUMEDAD ABSOLUTA: Es la cantidad máxima de vapor de agua que puede tener un volumen determinado de aire.

HUMEDAD EQUIVALENTE: Cantidad de agua que puede retener un suelo saturado, después de haber sido centrifugado con una fuerza centrífuga 1000 veces la de la gravedad.

HUMEDAD RELATIVA: Dícese de la cantidad de vapor de agua presente en la atmosfera en relación a la cantidad máxima que podría contener esa misma masa de aire a igualdad de temperatura y presión.

pH: Símbolo que denota la concentración relativa de hidrogeniones en una solución. Los valores de pH abarcan de 0 a 14. Cuanto más baja es la cifra más ácida es la solución, o sea que contiene más hidrogeniones. Un pH 7 es neutro; menor de 7 es ácido y mayor de 7 es alcalino o básico.

PLANTA: Una planta es un ser orgánico que vive y crece, pero sin mudar de lugar por impulso voluntario. Se trata de los vegetales como los árboles o las hortalizas, que constituyen el objeto de estudio de la botánica.

SENSOR: dispositivo electrónico que detecta estímulos externos de variables físicas y las relaciona con valores de voltaje, resistencia, capacitancia entre otras.

SISTEMA TECNIFICADO: sistema que integra el avance tecnológico disponible, su tecnología se adapta a las necesidades y condiciones de su producción dependiendo de la tecnología existente en el país.

TIC: Las Tecnologías de la información y las comunicaciones se refieren al uso de equipos de telecomunicaciones y computadoras para la transmisión, el

procesamiento, el almacenamiento y visualización de datos. La noción abarca cuestiones propias de la informática, la electrónica y las telecomunicaciones.

WLAN (Wireless Local Area Network): es una red de área local inalámbrica la cual permite la conexión de dispositivos a internet facilitando su accesibilidad desde cualquier lugar.

RESUMEN

Colombia tiene un amplio potencial en el sector agrícola, que sumado a la inminente viabilidad económica que este supone, conforma un amplio panorama de oportunidades y beneficios dentro del contexto social. Si bien, existen diversas formas para llevar a cabo esta actividad, un horizonte más claro, ahonda en términos de urbanización y tecnificación de los cultivos. En este sentido, los cultivos urbanos, suponen un mecanismo de producción alimentaria que contribuye al logro de la sustentabilidad de una población. Por tal razón, el presente proyecto tiene como objetivo la implementación de un sistema de monitoreo, cuidado y riego de las condiciones de siembra y germinación durante el proceso de cultivo de productos agrícolas en una comunidad estudiantil del colegio Ofelia Uribe de Acosta ubicado en la zona rural Yomasa, que contempla un enfoque pedagógico para incentivar a los alumnos al uso e importancia de la tecnología en el desarrollo agrícola dentro de su ambiente sociocultural.

Para el desarrollo del proyecto se eligió la remolacha, como producto viable para su cultivo, debido a su fácil acceso al consumidor y a sus características de siembra y germinación que permiten acondicionarse a los factores climáticos que presenta la ciudad de Bogotá en este sector. Igualmente, se realizó una ponderación detallada de los atributos de siembra de la remolacha versus otras hortalizas como, por ejemplo, la lechuga y tomate, con el fin de corroborar y verificar cual es la hortaliza indicada para un correcto y factible proceso de cultivación.

El adecuado proceso de siembra está sujeto a determinadas variables, como lo son, la humedad relativa, pH y temperatura que determinan las condiciones idóneas en el proceso de siembra y germinación de un vegetal. El monitoreo de estas variables, permite la identificación de alteraciones o cambios que interfieren en el óptimo desarrollo del cultivo. Dicho monitoreo, se realiza por medio de la transmisión de las variables en una red de área local LAN (Local Area Network por su sigla en inglés), que permite el envío de datos de manera inalámbrica dentro de un área limitada (“uso del protocolo de comunicación IEEE 802.11, punto a punto”), emitiendo las variables a un servidor web que posteriormente las traslada a una base de datos para su visualización en una interfaz de usuario creada para la plataforma Android.

Los resultados señalan que estos nuevos esquemas de producción integran técnicas de fácil comprensión para llevar a cabo un adecuado monitoreo de cultivos urbanos, y su respuesta frente al cambio de las variables que comprende. Se concluye entonces que el sistema AGRODROYD demostró ser una herramienta útil para la optimización y control de las condiciones de siembra y germinación durante el proceso de cultivo de la remolacha. Permitiendo, a los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta poner en práctica los beneficios tecnológicos aprendidos y

promover una mejora proyectiva del proceso de cultivo de cualquier producto agrícola al identificar alteraciones o cambios de las variables que interfieren en el óptimo desarrollo de la siembra y germinación, a razón de ofrecer un producto que este sujeto a estándares de calificación como apariencia, flavor, valor nutritivo y seguridad.

Palabras clave: Agricultura, base de datos, cultivo urbano, monitoreo, protocolo de comunicación, red de área local, servidor web, sustentabilidad, condiciones y características de siembra y germinación.

INTRODUCCION

El crecimiento urbano y la agricultura son factores inversamente proporcionales, cuanto más grande es el crecimiento de las grandes metrópolis, se sacrifica el terreno fértil, normalmente para la creación de viviendas, edificios o autopistas.¹ Es por esta razón que, hay una tendencia creciente hacia la agricultura urbana, en donde espacios como balcones, techos de edificios, calles públicas, etc. pueden ser utilizadas para establecer cultivos dentro del área urbanizada.² El barrio Yomasa es una zona rural de la localidad de Usme, inicialmente, estas zonas estaban destinadas a la producción agrícola, luego dio paso a la explotación de materiales para la construcción, lo cual convirtió a la zona en una fuente importante de urbanización, gracias a las ladrilleras que se encuentran en sus límites con los cerros orientales del sur de Bogotá.³ Este es un ejemplo en donde la urbanización ha ganado terreno sobre el área fértil. Esto, en conjunto con las características socioeconómicas del sector Yomasa, crea un importante incentivo para la alfabetización sobre la implementación de sistemas de cultivo a pequeña escala, como el sistema AGRODROYD propuesto en este trabajo.

El programa Institucional “Yomasa” de la Universidad Católica de Colombia, lleva aproximadamente 6 años en ejecución, el cual tiene como propósito “recuperar la dignidad, restablecer los valores, fortalecer la autonomía y desarrollar propuestas sustentables, con personas en situación de fragilidad social en la localidad quinta de Usme”⁴, esta iniciativa cuenta principalmente con estudiantes del programa de psicología, Ingeniería Civil, Arquitectura e Ingeniería Industrial, además de la participación de docentes del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, AGRODROYD propició la participación de estudiantes de este último programa, ya que en ocasiones anteriores, no se habían propuesto proyectos de este índole para ser desarrollados en la modalidad de práctica social en esta comunidad. Por medio del proyecto AGRODROYD, que se encuentra enmarcado dentro del proyecto institucional Yomasa, en el cual se hace la integración en campo, del programa de ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones con el Semillero Ambiental del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, buscando principalmente la alfabetización tecnológica de los estudiantes involucrados, en temas relacionados a las tecnologías aplicables al desarrollo de cultivos en zonas urbanas.

Uno de los objetivos importantes que tiene AGRODROYD es velar por el propósito del programa institucional Yomasa, por esto, en este trabajo, se encuentran las

¹ Aponte, L. A., & Roca, A. M. (2000). El crecimiento económico de las ciudades colombianas y sus determinantes, 1973-1998. Business And Economics. St. Louis: Federal Reserve Bank of St Louis. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de <https://goo.gl/L6gFxz>

² Angeoletto, F., da Silva, F. F., Santos, J. W., Carvalho, A. L., & Araújo, A. Y. (2017). Jardines domésticos urbanos: sitios potenciales de conservación biológica y de producción agrícola. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 915-931.

³ Bolivariano. (2017). Bolivariano, Vamos Por Colombia. Obtenido de <https://goo.gl/gxiH1t>

⁴ Universidad Católica De Colombia. (2011). Responsabilidad Social. Obtenido de <https://goo.gl/gc2a6m>

distintas fases que se realizaron durante la ejecución del proyecto, mostrando así, de manera cuantificada, el progreso tanto de los objetivos que tienen que ver directamente con el proyecto, como aquellos que se basan en la responsabilidad social que este tiene para la comunidad Yomasa y más específicamente con el Colegio Ofelia Uribe de acosta donde se implementó AGRODROYD.

1. ANTECEDENTES

Según Santana y Mora (2008), la historia y la evolución de los huertos urbanos en las ciudades occidentales tiene más de un siglo, en el siglo XIX los huertos urbanos permitían minimizar levemente las condiciones alimentarias de aquellas poblaciones de bajos recursos. En Alemania en el año 1864, gracias a la asociación Leipzig, la cual buscaba crear espacios libres para los niños en las ciudades, permitió que parte de estos espacios se dividieran en zona de juegos y parcelas para cultivos, lo que dio lugar a que familias se apropiaran de estos huertos, comenzando así las primeras parcelas urbanas propias de familias.^{5 6}

Además, Mora (2008) también afirma que estos huertos fueron principalmente utilizados durante las guerras a mitad del siglo XIX, donde los gobiernos tanto de Estados Unidos como en el Reino Unido fomentaban la utilización de huertas urbanas mediante campañas publicitarias con el fin de abastecer a las familias con comida. En Alemania, permitió que los habitantes de las ciudades durante los bombardeos tuvieran refugio y medios de subsistencia.⁷

Luego de la segunda guerra mundial, las ciudades se reconstruyeron sin permitir espacios para huertos urbanos, volviendo así al sistema tradicional, trayendo los alimentos de zonas fuera de la ciudad. Solo hasta los años 70 se retomó el uso de estas, como solución a la crisis de energía que se dejaba sentir especialmente en los barrios de bajos recursos de las ciudades occidentales.⁷

“El desafío para el futuro es integrar los proyectos de huertos urbanos dentro de un proceso general de rehabilitación urbana ecológica, como un elemento más de los que conforman la complejidad urbana, y no sólo como excepciones exóticas o puntuales.”⁷

Las Tecnologías de la información y comunicación TIC, se empezaron a aplicar en suelos y cultivos, generando un requisito a suplir diferentes necesidades que surgieron en distintas aplicaciones para esta, en donde surgió la agricultura de precisión AP.⁸

La mayoría de los sistemas de cultivos urbanos se caracterizaban por su bajo desarrollo tecnológico, existía una preferencia hacia la agricultura rural; se explicaba

⁵ Santana Fuentes, F. (2008). Proyecto de huertos Urbanos hacia la sostenibilidad. Servicio de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.

⁶ Moran Alonso, N. (2008-2009). Huertos Urbanos en tres ciudades europeas: Londres, Berlín, Madrid. Madrid (España).

⁷ Moran Alonso, N. (2008). Huertos y jardines comunitarios. Madrid España.

⁸ National research council. (1997). *Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management*. Pest Management Science, vol. 56 n° 8.

por la limitada atención que se le prestaba a la agricultura y la poca participación de los agricultores urbanos en el desarrollo de tecnologías.

En búsqueda de la optimización de recursos y esfuerzo para llevar a cabo un cultivo en las mejores condiciones, las TIC, la AP, y el ámbito agrícola e industrial se propusieron integrar sus habilidades para tal fin.⁹

Dentro del proyecto de sistema de monitoreo para cuidado y riego de productos agrícolas en cultivos urbanos se encuentran antecedentes con relación al tema planteado, a visión de la Universidad Católica de Colombia, para el año 2015 se realizó un prototipo de control para un cultivo de tomate cherry en un invernadero, donde se describe un diseño y el desarrollo de un prototipo de control para un invernadero de tomate cherry en la sabana de Bogotá, donde las variables de tipo física como la temperatura, la humedad y la luminosidad juegan un papel importante para el control de las condiciones ideales del cultivo, presentando los datos mediante una transmisión en vivo de video.¹⁰

Un año después se presentó un Dispositivo de control para sistema mecatrónica de riego, el cual permite implantar un sistema para un control de riego mediante inyectores manejados por aspersión, utilizando una motobomba con el fin de optimizar el uso y ahorro de agua en cultivos agrícolas, este se maneja mediante Arduino y permite una interfaz gráfica a través de la transmisión de datos vía Bluetooth a una aplicación móvil.¹¹

En el mismo año se presentaron dos proyectos más del mismo ámbito, el primero se trata de un diseño de sistema de control para dosificación de agroquímico en cultivo, que consiste en la realización de un sistema dosificado telecontrolado, el cual conectado a un tanque de agua se le aplicara y combinara una dosis de agroquímico específico automáticamente, además de permitir ver el proceso de dosificación con una transmisión de video en vivo.¹² El segundo proyecto es un desarrollo de un sistema automático de riego para cultivos de lechuga en el municipio de Chía, este cuenta con dos tanques de agua y un control de riego, que permite controlar la cantidad de agua necesaria para el cultivo, esto se realiza por

⁹ Silva, C., Morales, M., & Molin, J. (2010). *Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil, Precision Agriculture, vol. 12.*

¹⁰ Acosta Melo, R., & Leon Lovera, D. A. (2015). "Prototipo de control para un cultivo de tomate cherry en un invernadero". Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.

¹¹ Pecha Robayo, R. (2016). "Dispositivo de control para sistema mecánico de riego". Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.

¹² Castro Hernandez, D. E., & Sachoque Mesa, F. A. (2016). "Diseño de sistema de control para dosificación de agroquímico en cultivo". Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.

medio de sensores los cuales identifican la cantidad de humedad en el suelo, para así aplicar un control on-off en el sistema.¹³

A continuación, se presenta una descripción general de los estudios e investigaciones que se relacionan con el enfoque que tiene AGRODROYD.

1.1. SISTEMAS DE DECISIÓN Y SOPORTE

Con el paso del tiempo, las prácticas agrícolas han mejorado y progresado notablemente; a partir de observaciones propias de los agricultores, se desarrollaron e implementaron nuevas tecnologías, de ahí que la investigación científica incursionara en el mercado con nuevos métodos para llevar a cabo una adecuada gestión y control de los cultivos. En un estudio sobre el manejo de cultivos basado en observaciones de campo (estudios de caso en caña de azúcar y café), la Agricultura de Precisión (AP) supuso una metodología que se basó en la recopilación y caracterización de la información necesaria para llevar a cabo el óptimo control de dichos cultivos; esta investigación operativa fue posible mediante el análisis de bases de datos centralizados, que permitieron una correcta toma de decisiones por parte de los agricultores.¹⁴

Un importante estudio basado en las disimilitudes encontradas a partir de la Agricultura de Precisión (AP) y la Agricultura Tradicional (AT) para el manejo de caña de azúcar en condiciones brasileñas, evidenció que la comparación entre los procesos de muestreo, era un punto significativo para responder a interrogantes que pudieran surgir en el desarrollo de los sistemas agrícolas, estas respuestas recaían en distinciones que obedecían a parámetros de muestreo, variación en la producción y costos incurridos en estas tecnologías como factor imperante. Con esto era posible determinar cuál sería el método de muestreo más apto, el tipo y cantidad de las parcelas a utilizar según correspondiera, qué sistema vendría mejor en términos de costos, y demás aportes que se ajustaran al sitio de estudio.¹⁵

Conforme los sistemas agrícolas se han desarrollado en cuestión de prácticas y metodología, la dosis de fertilización en los cultivos, ha sido un tema que expertos tuvieron en cuenta para aumentar los costos, hacer uso eficiente de los fertilizantes,

¹³ Barreneche González, J. D. (2016). "Desarrollo de un sistema de riego para cultivos de lechuga en el municipio de Chía". Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.

¹⁴ Cock, J. (2011). "Crop management based on field observations: Case studies in sugarcane and coffee", Agricultural Systems.

¹⁵ Demmatê, J., Demmatê, L., Alves, E., Negrão, R., & Morelli, J. L. (2014). "Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions." Acta Scientiarum. Agronomy.

y mantener el suelo desde el punto de vista de manejo sostenible. Un sistema integrado para recomendar la dosis de fertilización en la caña de azúcar cultivada en diferentes tipos de suelo, obtuvo resultados concernientes a los valores de nutrientes requeridos en casa dosis de fertilización aplicada. Para el desarrollo de este estudio se tuvieron en cuenta 5 fases:

- Clasificación del suelo
- Diagnóstico de la fertilidad de las unidades de suelos
- Definición y caracterización de las unidades de suelo
- Muestreo de biomasa aérea de caña de azúcar
- Cálculo de las dosis de fertilización

El estudio determinó, que los parámetros a utilizar para la estimación del suministro de los nutrimentos del suelo, no eran del todo claros; en lo que respecta a las dosis de fertilización obtenidas con el modelo conceptual, fue necesario un ajuste en su estructura, lo que generó una recomendación adecuada para la fertilización de la caña de azúcar.¹⁶

El proyecto de investigación sobre los Sistemas de Soporte a Decisiones DSS (Decision Support Systems, por su sigla en inglés), se fundamentó en una investigación que vinculaba aspectos de programación y mantenimiento computarizado al personal encargado de las operaciones de cosecha de caña de azúcar estacional, basado en la optimización para los productores comerciales en Sudáfrica. Situaciones en las que variaban eventualmente las condiciones determinantes bajo las cuales estaba el cultivo, como cambios climáticos, biológicos y de gestión, fueron tenidas en cuenta para aplicar el soporte computarizado. En las temporadas de cosecha del 2009 y 2010, se recurrió al sistema de soporte basado en la formulación de problemas y soluciones en un entorno Microsoft Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para Excel, este sistema brindó apoyo significativo en la programación práctica de la cosecha de caña de azúcar para los productores.¹⁷

¹⁶ López, D. (2002). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). Terra Latinoamericana.

¹⁷ Stray, B., Van Vuuren, J., & Bezuidenhout, C. (2012). "An optimisation-based seasonal sugarcane harvest scheduling decision support system for commercial growers in South Africa," Computers and Electronics in Agriculture.

1.2. ORGANIZACIÓN Y SOPORTE EN LA COSECHA

Uno de los desafíos de la agricultura de precisión es ofrecer subsidios para la definición de unidades de manejo para posteriores intervenciones. Este proyecto tuvo como objeto de estudio analizar los atributos del suelo y de la productividad del cultivo de caña de azúcar en Brasil, con el uso de la geo estadística y el árbol de decisiones. La productividad de la caña de azúcar fue mapeada a través de un monitor de productividad, que permitió la elaboración de un mapa digital que representaba la superficie de producción para el área en la zona estudio. Con la implementación de árboles de decisión, fue posible verificar que la altitud es la variable con mayor potencial para interpretar los mapas de productividad de caña de azúcar, mostrando una herramienta adecuada para el estudio de definición de manejo de zonas en áreas cultivadas, lo que sirvió de apoyo al estudio de la Agricultura de Precisión (AP).¹⁸

En un estudio, acerca de la experiencia en el sector cañicultor en agricultura específica por sitio, se plantea que la incursión de tecnologías relacionadas con la Agricultura de Precisión (AP), ha contribuido en términos de georreferenciación y zonificación de áreas sembradas, estos procesos han permitido analizar la eficiencia productiva y económica del cultivo en un sitio y tiempo determinando. Esto Gracias a la comparación de características de suelos.¹⁹

Las Tecnologías de tasa variable VRT (Variable Rate Technology, por su sigla en inglés) permiten la automatización para aportar y suplir las necesidades del cultivo mediante la aplicación de nitrógeno. Existe un requisito cada vez mayor para una gestión más astuta de los recursos de la tierra a través de eficiencias en los insumos agrícolas en un sistema de producción de caña de azúcar. Los objetivos de este estudio incluían el mapeo de los suelos base determinados por la conductividad eléctrica del suelo EC (Electric Conductivity, por su sigla en inglés) por medio de GPS para un gran sector de la región central de cultivo de caña, utilizando análisis de imágenes satelitales archivadas para determinar la ubicación y estabilidad de los patrones de rendimiento a lo largo del tiempo y en diferentes condiciones estacionales en sitios seleccionados de estudio de proyectos.²⁰

¹⁸ de Souza, Z. (2010). "Analyze the soil attributes and sugarcane yield culture with the use of geostatistics and decision trees. *Ciência Rural*.

¹⁹ Carbonell G., J. A. (2008). Experiencia del sector cañicultor en agricultura específica por sitio. Bucaramanga, Colombia: Palmas, vol. 29.

²⁰ Markley, J., & Hughes, J. (2013). Understanding the Barriers to the Implementation of Precision Agriculture in the Central Region. Presentado en 35th Annual Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Townsville, Australia.

Para el desarrollo de los cultivos, la aplicación de fertilizantes minerales es un proceso esencial para el mantenimiento de los adecuados niveles de nutrientes en el suelo. No obstante, el uso de estos productos químicos sin el control adecuado, causa problemas ambientales que conllevan costos económicos y energéticos. Un estudio sobre la aplicación de fertilizantes: tecnología, eficiencia energética y medio ambiente, implementó una mejora tecnológica, encaminada a optimizar el rendimiento energético del tractor agrícola, teniendo en cuenta la eficiencia en la aplicación de fertilizantes, en donde se utilizó la tecnología de tasa variable VRT basada en sistemas GPS de guiado del tractor, sensores y actuadores. Esto representó los pilares fundamentales en una explotación agrícola que encuadra en el marco de los conceptos de agricultura sostenible y de agricultura de precisión. Esta opción, permitió ajustar la dosis de abono a aplicar en función de la variabilidad espacial de los nutrientes en el suelo que consigo lleva un beneficio ambiental.²¹

1.3. TELEMEDICIÓN Y ESTRUCTURA DE RED

El estudio realizado sobre las Redes de Sensores Inalámbricas Aplicadas a la Optimización en la Agricultura de Precisión para cultivos de Café en Colombia precisó el uso de sensores para humedad y temperatura del suelo, y demás factores como el flujo fotosintético y la radiación solar; utilizando un radio XBee 802.15.4.²² La información es enviada a un servidor central a través de un nodo coordinador que posee una estación climatológica que demostró cumplir satisfactoriamente con los resultados esperados, a pesar de que se presentaron percances relacionados con la información, los datos fueron remitidos de manera óptima al servidor ubicado en la ciudad de Popayán, Colombia.²³

La investigación sobre problemas de precisión, en la detección por inducción electromagnética, de la conductividad eléctrica del suelo, para la agricultura de precisión, se fundamentó en que esta conductividad se ha utilizado como una medida sustitutiva para las propiedades del suelo tales como la salinidad, el contenido de humedad, la profundidad de la capa superficial del suelo y el contenido de arcilla. El trabajo sustentó que las mediciones de la conductividad eléctrica

²¹ Serrano, J., Peca, J., Silva, J., & Shahidian, S. (2014). Aplicação de fertilizantes: tecnologia, eficiência energética e ambiente. *Revista de Ciências Agrárias*.

²² Departamento de Telemática, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. (2013). *Redes de Sensores Inalambricos Aplicadas a Optimización*. Fernando Aparicio Urbano-Molano: *Redes de Sensores Inalambricos Aplicadas a Optimización*.

²³ Urbano Molano, F. (2013). *Redes de sensores inalámbricos aplicadas a optimización en agricultura de precisión para cultivos de café en Colombia*. Popayán, Colombia: *Journal de Ciencia e Ingeniería*.

aparente del suelo se pueden lograr con sensores disponibles comercialmente y se pueden usar para desarrollar de manera eficiente y económica los amplios conjuntos de datos deseables para describir la variabilidad espacial dentro del campo en la AP. Los resultados respondieron a similitudes en las mediciones de la conductividad eléctrica, se presentaron efectos significativos de la humedad del suelo y diferencias de temperatura entre las fechas de medición. La clasificación de las fechas de medición como calor vs frío, o humedad vs sequía, proporcionó estimaciones de la profundidad de la capa superficial del suelo, de manera fiable, sin embargo se presentaron algunos errores de medición para lo cual fue necesario proponer técnicas de calibración.²⁴

Otros trabajos relacionados con redes de sensores, se asocian, por una parte, con el proyecto realizado sobre las mediciones en campo y las tecnologías de muestreo para monitorear la calidad en la industria de la caña de azúcar. En este sentido, las mayores limitaciones corresponden a las tecnologías convencionales para medir la calidad de la caña de azúcar en un laboratorio, ya que requieren procedimientos complejos de preparación de muestras para cada medición. Es por esto que el proyecto se enfocó en el uso de nuevas tecnologías emergentes de detección agrícola procedentes de la precisión para medir la calidad del producto.²⁵

Las técnicas de precisión de la agricultura son alternativas para optimizar el uso de los insumos, entre ellos el nitrógeno. Por otra parte, se realizó un estudio sobre un Monitor de rendimiento de fibra óptica para una cosechadora de caña de azúcar, el cual tuvo por objetivo verificar la posibilidad de utilizar un sensor óptico en el azúcar, verificando su capacidad en la identificación de la recaída de cultivos a diferentes nitros. El sensor óptico logró captar que la dosis de nitrógeno aplicada respondió de forma lineal. El estudio indicó que la técnica probada puede ser explorada para la reducción de costos de producción e impactos ambientales asociados a la fertilización nitrogenada en caña de azúcar.²⁶

²⁴ Sudduth, K., Drummond, S., & Kitchen, N. (2001). Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*.

²⁵ Nawi, N., Chen, G., & Jensen, T. (2014). "In-field measurement and sampling technologies for monitoring quality in the sugarcane industry: a review." *Precision Agriculture*, vol. 15, n.º 6.

²⁶ Price, R., Johnson, R., Viator, R., Larsen, J., & Peters, A. (2011). Fiber Optic Yield Monitor for a Sugarcane Harvester. *Transactions of the ASABE*.

1.4. DRONES PARA LA A.P. (AGRICULTURA DE PRECISIÓN)

Elementos como los drones, obtienen imágenes de alta resolución (en este caso de los cultivos) lo cual permite un continuo y eficaz monitoreo; usos como la medición de variables agroclimáticas, entre otros, también se atribuyen al objeto en cuestión.

Entre las investigaciones más recientes de los trabajos relacionados con drones se encuentra la Teledetección de baja altitud en la Agricultura, que se dio por una petición de los agricultores en un estudio de caso en el noreste de Ontario, Canadá. La aplicación de la detección remota de baja altitud en la AP ha crecido conforme se presenta el inminente desarrollo industrial, no obstante, fueron pocos los científicos que informaron sobre su uso, ya que se presentaron problemas en cuanto al procesamiento de imágenes, experiencia técnica y entrega de información a tiempo. El estudio buscó principalmente mostrar las reales solicitudes por parte de agricultores, para controlar las condiciones del cultivo, con ayuda de imágenes ópticas para monitorear aspectos referentes a fertilizantes, exploración de cultivos y mapas del drenaje de baldosas de campo. Se llegó a la conclusión que esta detección remota de baja altitud tenía muchas aplicaciones prácticas, sin embargo, los costos incurridos, la influencia del cambio climático, el software y la capacitación profesional necesaria, eran obstáculos en la ejecución de esto. Los consultores privados, facilitaron el uso de estos elementos, como solución a los percances.²⁷

Por otra parte, un estudio sobre la Teledetección con aviones no tripulados simulados y las imágenes para aplicaciones de agricultura de precisión, evidenció las diferencias encontradas en la información obtenida de dos tamaños de píxeles diferentes, tomados uno sobre un metro (el tamaño de una pequeña parcela de vegetación) y uno de aproximadamente un milímetro de terreno. El estudio se llevó a cabo en un centro de investigación que utilizó una cosecha en condiciones de invierno, otoño y primavera. Se produjeron diferencias en la biomasa y contenido de clorofila de la hoja del cultivo. Con esto se llegó a la conclusión que podía no ser necesario registrar geoespacialmente un gran número de fotografías con pequeños tamaños de píxeles. En cambio, las imágenes podrían analizarse como parcelas individuales a lo largo de trayectos en el campo.²⁸

Con estas investigaciones fue posible determinar de manera general, los beneficios, consecuencias, inconvenientes, y aplicaciones actuales y a futuro que se pudieran

²⁷ Zhang, C., Walters, D., & Kovacs, J. (2014). "Applications of Low Altitude Remote Sensing in Agriculture upon Farmers' Requests – A Case Study in Northeastern Ontario, Canada". PLoS ONE, vol. 9, n.º 11.

²⁸ Hunt, E., Daughtry, S., Mirsky, S., & Hively, W. (2014). Remote Sensing With Simulated Unmanned Aircraft Imagery for Precision Agriculture Applications. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 7, n.º 11.

presentar, también se establecieron diversos índices de vegetación, que contribuyeron al desarrollo de cultivos y ayudaron a predecir sus rendimientos futuros.

1.5. IoT (INTERNET OF THINGS)

Para esta sección, son limitados los proyectos encontrados, sin embargo, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han empezado a incursionar en todo el ciclo de los cultivos. Este sistema implica una mejora y optimización de los recursos para la realización de un cultivo. El IoT es Internet de las Cosas (Internet Of Things, por su sigla en inglés).²⁹

Se experimentó su uso en una granja y se obtuvo una eficiente transferencia inalámbrica de la información en tiempo real.³⁰

Los estudios que reflejan los avances en el análisis e intervención de sistemas agrícolas reconocen dos componentes clave de los sistemas agrícolas, el "Sistema de producción" biofísico de cultivos, pastos, animales, suelo y clima, junto con ciertas entradas y salidas físicas, y el "Sistema de gestión", compuesto de personas, valores, metas, conocimiento, recursos, oportunidades de monitoreo y toma de decisiones. Las intervenciones a los sistemas agrícolas han evolucionado durante los últimos años, teniendo en cuenta entre otras cosas el análisis de decisiones económicas basadas en funciones de producción, la simulación dinámica de procesos de producción, el análisis de decisión vinculado a la simulación biofísica, y los sistemas de apoyo a la decisión.³¹

La Agricultura de Precisión (AP) también comprendió estudios basados en una variedad de técnicas para recopilar, analizar, procesar y sintetizar datos georreferenciados voluminosos.³²

Un último trabajo sobre los sistemas de información se basa en un estudio Arquitectura Abierta - Agricultura de Precisión y el Sistema de monitoreo de

²⁹ Ye, J., Chen, B., Liu, Q., & Fang. (2013). A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS, Kaifeng, China: Presentado en 2013 21st International Conference on Geoinformatics (Geoinformatics).

³⁰ Revista Ingenierías Universidad de Medellín. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura.

³¹ Keating, B., & McCown, R. (2001). Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural Systems*, vol. 70, n.º 2–3.

³² Driemeier, C. (2014). Data Analysis Workflow for Experiments in Sugarcane Precision Agriculture. Guarujá, Brasil: in 2014 IEEE 10th International Conference on e-Science (e-Science).

información OPAIMS (Open Architecture Precision Agriculture Information Monitoring System, por sus siglas en inglés). OPAIMS proponía realizar un monitoreo de información de agricultura de precisión durante largos períodos de tiempo y en grandes áreas de espacio. Consistía en una red de sensores de dos niveles y un servicio de información en plataforma. La red de sensores capturaba información de su lugar designado mediante una gran cantidad de nodos de bajo nivel y unas pasarelas GPRS, hacia la plataforma de información. Este generaba las novedades concernientes al cultivo para informar a los encargados.³³

1.6. PROYECTOS CON ENFOQUE SOCIAL

1.6.1. Proyectos con enfoque social en Bogotá

La Universidad INCCA en la ciudad de Bogotá, contempla una proyección de inclusión social para el programa de Ingeniería Electrónica, que se dirige a comunidades de estratos socioeconómicos 1 y 2, integradas en organizaciones comunitarias. Los campos de acción para el desarrollo de las actividades con proyección social se enmarcan en el desarrollo comunitario, productivo, educativo, profesional y estudiantil.

Las actividades que la Universidad INCCA desarrolla son:

Cursos de capacitación Realización de Actividades académicas (talleres, foros, seminarios, diplomados, cursos de actualización). Consultoría y Asesoría en la realización de proyectos de instalación y mantenimiento de sistemas electrónicos en general.³⁴

Otro de los proyectos sociales en la ciudad de Bogotá, se produjo gracias a la unión entre estudiantes y profesores de las Universidades Central y Jorge Tadeo Lozano, donde se desarrolló un proyecto denominado Prometeo (*Véase Figura 1*), el cual contempla la pertenecía social en torno a tres temas fundamentales: Ecología, Seguridad y Diplomacia.³⁵

³³ Wang, Y., Qi, X., & Xu, L. (2009). OPAIMS: open architecture precision agriculture information monitoring system,". Grenoble, Francia: Presentado en Proceedings of the 2009 International conference on Compilers, architecture, and synthesis for embedded systems.

³⁴ Unincca (2018). Proyecto Social Unincca. Obtenido de: <https://goo.gl/D2be2x>

³⁵ El Tiempo. (2014). Prometeo: un proyecto de integración y función social, pág. 1.

Figura 1. Prometeo: Un proyecto de integración y función social



Fuente: Universidad Central. Prometeo: Un proyecto de integración y función social.
Obtenido de: <https://goo.gl/nxLzY9>

En el primer caso, se abordan problemas de índole ambiental que implican el uso adecuado de los recursos naturales y el ecodiseño como requerimiento vital de los productos a crear. Por otro lado, el en eje de seguridad se aborda todo lo que involucra la protección de las personas, y en el eje diplomacia el trabajo se relaciona con las posibilidades ideológicas y culturales que determinan la habitabilidad del entorno, así como la interacción individuo-máquina e individuo-individuo.

1.6.2. Proyectos con enfoque social en Colombia

La Universidad Santo Tomás en Tunja, con su programa de proyección social para Ingeniería Electrónica, se encuentra trabajando con tres proyectos sociales los cuales están en curso y son los siguientes:

El Programa EDS/ETC (Engineers Demonstrating Science: an Engineer Teacher Connection), el cual se orienta hacia la generación del impacto tecnológico en la capacitación de colegios del departamento de Boyacá (Véase **Figura 2**).

Figura 2. Programa EDS/ETC



Fuente: Universidad Santo Tomas Tunja. Proyección Social Ingeniería Electrónica. Obtenido de <https://goo.gl/H3Lwst>

El proyecto de sostenibilidad y sustentabilidad energética y ambiental, se encuentra aplicado en el colegio Antonio Nariño del municipio de Villa de Leyva, en la vereda Monquirá, que permite conocer las energías alternativas a esta comunidad empleando herramientas didácticas (Véase *Figura 3*).

Figura 3. Sostenibilidad y sustentabilidad energética y ambiental



Fuente: Universidad Santo Tomas Tunja. Proyección Social Ingeniería Electrónica. Obtenido de <https://goo.gl/H3Lwst>

Por último el programa de ingeniería y tecnología para la inclusión, desarrolla proyectos que permiten mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad física y cognitiva por medio del uso de sistemas electrónicos (*Véase Figura 4*).³⁶

Figura 4. Ingeniería y tecnología para la inclusión



Fuente: Universidad Santo Tomas Tunja. Proyección Social Ingeniería Electrónica. Obtenido de <https://goo.gl/H3Lwst>

1.6.3. Proyectos con enfoque social en el mundo

En el mundo existen muchas variedades de proyectos relacionados a temas sociales con Ingeniería electrónica, dentro de los más destacados existe uno llamado Salt Light, la cual es una lámpara con agua y sal (*Véase Figura 5*), que en la actualidad ha beneficiado a más de 7000 personas en las islas de Filipinas, ya que esta lámpara permite proveer de una fuente de energía que además da luz por más de ocho horas diarias durante seis meses, que es el tiempo en el que se deben renovar sus combustibles.³⁷

³⁶ Universidad Santo Tomas. (2018). www.ustatunja.edu.co. Obtenido de <https://goo.gl/H3Lwst>

³⁷ Ecohabitar. (2016). Lámpara que funciona con agua y sal. Ecohabitar, págs. 1-3.

Figura 5. Salt Light

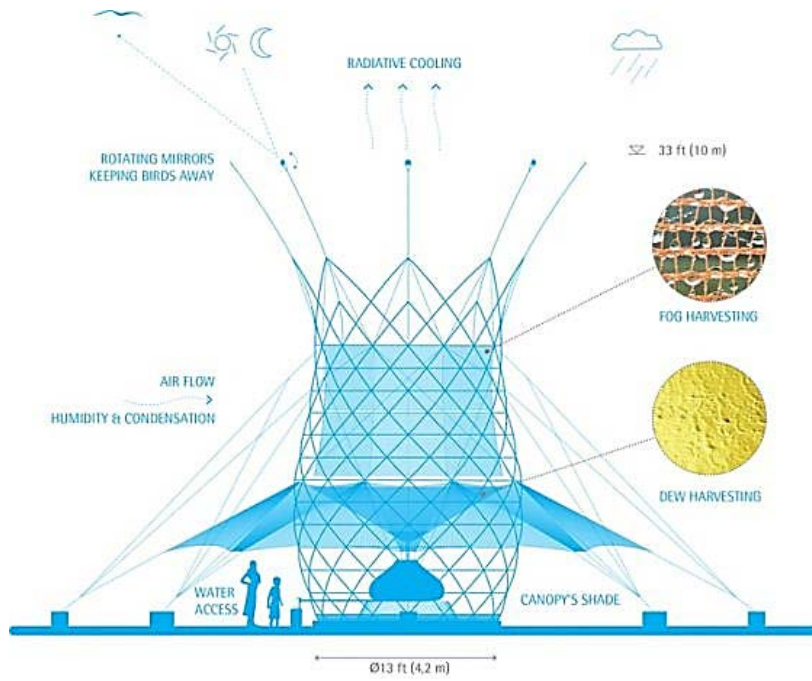


Fuente. Ecohavitar. Lámpara que funciona con agua y sal Obtenido de: <https://goo.gl/q4ke37>

Un proyecto de gran beneficio para países como Etiopia y otros en desarrollo, es Warka Water (Véase *Figura 6*) El cual es una estructura de bambú y plástico biodegradable que sirve para recolectar el líquido que está en el ambiente en forma de niebla, rocío o lluvia. Un entramado que forma una red atrapa las gotas y las va depositado en un depósito para conseguir hasta 99 litros de agua diarios.³⁸

³⁸ Warka Wather. (2018). Obtenido de <http://www.warkawater.org/>

Figura 6. Warka Water.



Fuente: Warka Water, every drop counts. Obtenido de: <http://www.warkawater.org/>

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La comunidad de Yomasa nace por procesos de invasión de la localidad de Usme, como resultado el 60% de esta población es de estrato 1, y vive en condiciones de vulnerabilidad.³⁹

En los diálogos con la comunidad dentro del proyecto Institucional Yomasa de la Universidad Católica, se ha evidenciado que esta comunidad presenta un acceso limitado a una alimentación adecuada. Esto asociado tanto a las condiciones socioeconómicas como a la limitación de espacio cultivable. Así, la transferencia del conocimiento relacionado a la adecuada implementación y manejo de una huerta urbana, como modelo a ser replicado por la comunidad, puede constituir un aporte importante al desarrollo económico y social de esta comunidad.

Adicionalmente, se espera que los hábitos alimenticios mejoren, a medida que la comunidad adopte la actividad agrícola urbana como medio para el abastecimiento de sus propios alimentos.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y considerando que la implementación de cultivos urbanos en zonas de alta densidad poblacional presenta una posible alternativa de desarrollo socioeconómico, especialmente en zonas de población socialmente vulnerable, el presente proyecto de práctica social se enfoca en:

Alfabetizar en temas de tecnologías aplicadas en cultivos urbanos para los estudiantes del semillero ambiental en el Colegio Ofelia Uribe de Acosta, con la finalidad que puedan servir como multiplicadores del conocimiento en la comunidad Yomasa.

En este sentido, este proyecto se plantea responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las estrategias de implementación de un sistema de monitoreo, cuidado y riego de productos agrícolas, que permitan a los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta aprender sobre cultivos urbanos y tecnologías aplicables en este?

³⁹ Rey, R. C. (2004). Barrios Marginales En El Ordenamiento De Bogotá. Bitácora, 56-63.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar sistema de monitoreo, cuidado y riego de productos agrícolas para la comunidad de Yomasa.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar apropiación social de conocimiento en sensores y manejo de Arduino, aplicado al agro en estudiantes del semillero ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta.
- Implementar sistema para monitoreo, cuidado y riego de productos agrícolas, que integre interfaces inalámbricas para WI-FI y Bluetooth, mediante un módulo ESP32, que permitirá la entrada de datos obtenidos por los sensores DHT11 y el módulo de pH, con el fin de ingresarlos a base de datos montada en un servidor web, donde posteriormente podrán ser visualizados en una interfaz dispuesta para un dispositivo Android.
- Calificar la calidad del producto a entregar, mediante los 4 ítems principales para la calidad en frutas y hortalizas del Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, los cuales son apariencia, flavor, valor nutritivo y seguridad.

4. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la gran capacidad que tiene Colombia en temas agrícolas, y según cifras del CNA (censo nacional agropecuario), ⁴⁰ se encontró que esta propuesta de trabajo de grado cuenta con los recursos necesarios como la temperatura y la humedad que presenta la zona, las cuales permiten la implementación del sistema AGRODROYD en una zona rural como Yomasa en la localidad de Usme del Distrito Capital.

Es importante también resaltar el sentido social que tiene esta propuesta de trabajo de grado, ya que permitirá integrar jóvenes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta a participar en él, de forma que se podrá ver la utilización del tiempo libre que tienen estos estudiantes, aprovechándolo en actividades que les permite un enriquecimiento en conocimiento sobre temas de electrónica, programación y agricultura.

De igual forma, el proyecto AGRODROYD puede proveer opciones económicas que amortigüen las necesidades monetarias que tengan sus usuarios, cultivando productos agrícolas en espacios reducidos con el uso de sistemas electrónicos que permiten monitorear las variables que intervienen en el crecimiento de dichos productos, los cuales se pueden utilizar para consumo o su posterior venta.

⁴⁰ DANE. (11 de agosto de 2015). www.dane.gov.co. Obtenido de <https://goo.gl/8QWh3C>

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO TEORICO

5.1.1. Sistemas de Sensado.

Una de las partes fundamentales para este proyecto, es el sistema de Sensado, su función es medir las variables que inciden en el crecimiento de la planta, y consecuentemente en la obtención de un fruto en condiciones óptimas para el consumo.

Para el proyecto AGRODROYD, se hace necesario monitorear las variables más importantes para el desarrollo de un cultivo. A continuación, se presentan algunas de ellas:

5.1.1.1. Medición de la alcalinidad o acidez

Desde un contexto general, la calidad, capacidad de absorción, solubilidad y característica de los elementos nutritivos de una planta, son determinados por la acidez, que a su vez influye notablemente en la micro vida del suelo. Dicho de otra manera, el pH del suelo afecta de forma directa a la disponibilidad de los nutrientes que las plantas requieren del suelo. La planta toma los nutrientes necesarios a través de sus raíces, que posteriormente son transportados hasta las hojas. Las limitaciones en el crecimiento de la misma, son consecuencia de un pH no adecuado, que puede encontrarse demasiado alto o demasiado bajo. Expertos en el tema, sugieren mantener el pH del sustrato en un rango que oscile entre 6.0 y 7.0.⁴¹

El sensor en cuestión, cumple entonces la función de medir este aspecto. La información cuantitativa brindada por el valor del pH expresa el grado de acidez o alcalinidad de la tierra dispuesta para el desarrollo del cultivo, en este caso la remolacha, de la cual previamente se sabe, puede estar en un rango de 6.0 – 7.6, idealmente en 7.0.

⁴¹ Amaya, A., & Cruz, L. (2016). Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidropónicos de uso doméstico. Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidropónicos de uso doméstico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 3 - 4.

El pH del suelo se ve afectado, entre otras cosas por la descomposición de la materia orgánica que se incorpora al suelo, la adición de ciertos tipos de fertilizantes y la composición de las aguas de riego (resulta de suma importancia corregirla cuando no es de buena calidad respecto al tema que aquí nos ocupa); además de las características implícitas de este suelo.

5.1.1.2. Medición de la humedad Relativa

Las plantas transpiran y agregan vapor de agua al ambiente de manera continua, lo que a su vez regula su temperatura. Un factor ambiental muy difícil de controlar en los cultivos, es la humedad. Los niveles de humedad fluctúan con el cambio de temperatura del aire. Cuando este es húmedo, hace participe la presencia de enfermedades en raíces y hojas de la planta, estrés y secado lento de la misma, pérdida de su calidad, entre otros. En respuesta a esto, se recurre a pesticidas, que, si bien controlan estas enfermedades, generan un crecimiento débil y un aspecto menos atractivo en la planta. Por otra parte, si la humedad es demasiado baja, se compromete el crecimiento de la planta, con frecuencia pierde sus hojas y su calidad. Esto, sumado a la reducción inminente del precio de venta de los cultivos por sus características, reduce las ganancias.⁴²

La relación entre la humedad absoluta (humedad que realmente hay) y la cantidad de humedad en escenarios de saturación, corresponde a la humedad relativa. Para registrar dicho factor, se recurre al uso de medidores de humedad; el dispositivo mide la cantidad de humedad presente, y en este caso concreto, la información que se obtiene, es enviada posteriormente al Arduino. El área de bienestar óptimo para el cultivo en estudio es del 85% en cuanto a la humedad relativa.

5.1.1.3. Medición de la temperatura

Factores como el crecimiento de la planta y la productividad de las cosechas, están directamente relacionados con la variable temperatura, que puede afectar dicha planta, tanto a corto como a largo plazo. Un aumento en la temperatura, acelera los procesos biológicos. Desde el punto de vista general, esto puede ser positivo y beneficioso, pues responde a un rápido crecimiento y producción de frutos. No obstante, el exceso que se presenta en la respiración de la planta, presume efectos negativos, ya que señala que la energía disponible para el desarrollo de los frutos,

⁴² BC Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (1994). Understanding Humidity Control in Greenhouses Floriculture".

en consecuencia, genera frutos más pequeños. Es importante saber que las plantas poseen la capacidad de calentarse por irradiación o enfriarse por evaporación, por ende, existe una diferencia entre la temperatura del ambiente y la temperatura de la planta.⁴³

Para medir esta variable, se hace uso de un sensor de temperatura, que transmite los cambios en la información de manera rápida, mediante un cable que lleva la información a un procesador, haciendo uso de celdas que permiten la cuantificación de la temperatura analizada.

Las plantas tienen una especie de sensor biológico, que determina su sensibilidad. Para este caso de estudio, el cultivo requiere una temperatura que oscila entre los 4°C y 30°C para su óptimo desarrollo.

5.1.2. Telecomunicación

La telecomunicación se podría ver como la transmisión de datos ya sea por medios magnéticos, fibras ópticas, alambres o cables entre estaciones. Es importante tener en cuenta que estas se rigen mediante las frecuencias y longitudes de onda, las cuales se ubican en el espectro de frecuencia.⁴⁴

La utilización de las telecomunicaciones en los cultivos, ha contribuido al crecimiento de los cultivos por medio de tecnologías de la información, además de los beneficios que la telecomunicación ha traído, con respecto a la mejora de la calidad de vida humana. Las telecomunicaciones han permitido la conexión de personas de manera remota, y de igual forma, la recolección de información a unas grandes distancias que antes no se podían, esto aplicado en los cultivos nos permite tener una agricultura digital, la cual permite a agricultores conectarse entre sí y entre sus cultivos, de esta forma se puede tener un ambiente para las plantas monitoreado o aún mejor, permitiendo controlar las variables principales que influyen durante la cosecha, de esta manera optimizar tiempos en los procesos de la agricultura.⁴⁵

Es entonces como las tecnologías de la información se ajustan en un contexto de optimización del tiempo, proporción de información y facilidad en el control del cultivo para el presente proyecto, ya que AGRODROYD refleja dicha transmisión de datos, mediante el constante flujo de información que proporcionan las variables del

⁴³ CANNA Research. (20 de Abril de 2018). Influencia de la temperatura ambiental en las plantas. Obtenido de <https://goo.gl/SRLUmm>

⁴⁴ Gibilisco, S., & Sclater, N. (1994). *Electronica: Diccionario Enciclopédico. Tomo 3*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

⁴⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (20 de Abril de 2018). Es necesario invertir en innovación agrícola para combatir la pobreza y el hambre. Obtenido de <https://goo.gl/t8kTz9>

cultivo y que son medidas por los sensores de pH, humedad relativa y temperatura, de manera inalámbrica. Esta información es transmitida a un servidor web y posteriormente a una base de datos que permite monitorear el cultivo e informar al usuario sobre las condiciones apropiadas que este requiere para su crecimiento.

5.1.2.1. Telemedición.

La telemedición es una herramienta muy práctica, que, aplicada en cultivos, puede optimizar muchos procesos dentro de este. La Telemedición es una técnica que permite la recolección de datos a distancia para obtener información, aplicada en las tecnologías que se utilizan a diario, como Smartphone, tablets, entre otras, donde se podrán ver los datos transmitidos. Dichos datos pueden ser interpretados como temperatura, humedad, pH, luminosidad o incluso presencia de elementos que puedan provocar daños en los cultivos, además de que nos puede permitir el control de actuadores que ayuden a mantener un ambiente controlado para las plantas.⁴⁶ De acuerdo a esto, y partiendo del significado de las telecomunicaciones y su aporte dentro de los cultivos urbanos, el presente proyecto hace énfasis en la transferencia de datos a un Smartphone que, mediante una aplicación móvil para Android, permite registrar y monitorear las variables que presenta el cultivo en lo que a su crecimiento refiere.

5.1.2.2. Red de área local.

Una red de área local permite que se comuniquen entre sí, muchas computadoras o dispositivos diferentes de procesamiento de datos. Un área local puede remitirse a una unidad geográfica concreta que puede ser un colegio, una universidad, un conjunto residencial y demás. La manera que opera esta red es óptima y omite errores, además de trabajar en velocidades de 1 a 20Mbps. Los dispositivos pueden ser conectados de manera inalámbrica o de forma directa.

La transmisión de datos que se lleva a cabo por la Red de área local, facilita el flujo de información que responde a las necesidades de un cultivo urbano en cuanto a rapidez y optimización del tiempo en el monitoreo de cultivos, lo que a su vez apoya los procesos de gestión y cuidado de los mismos, es importante tener en cuenta que esta red es local, por lo tanto, solo funcionara en un área limitada.⁴⁰

⁴⁶ Monsato. (15 de November de 2017). The Feed Agricultura de Precisión. Obtenido de <https://goo.gl/yWKX6s>

5.1.3. Proyecto social.

El enfoque principal que se le da a este trabajo de grado, es el ámbito social, por esto es importante tener en cuenta las pautas principales para poder realizar un proyecto social. Los proyectos de esta índole, deben contemplar lo que ha necesidades básicas del individuo, refiere; orientados a la resolución de problemas, carencias o necesidades, con una visión futura que busque el mejoramiento.

Para ejecutar estos proyectos es necesario elaborar un sistema, articulando una serie de hechos, ideas u objetos que se presenten dispersos, para poder comprenderlos y llegar a una buena interpretación.

La elaboración de proyectos implica sistematizar, es decir, construir un sistema para lograr una ordenación, articulado una serie de hechos, de objetos o de ideas, aparentemente dispersos para poder comprenderlos e interpretarlos mejor. Implica, también, la reflexión autocrítica que ayude a planificar acciones con el fin de lograr una mayor calidad en los proyectos propuestos.

Estos proyectos se clarifican en:

- Satisfacción directa de una determinada carencia en base a estándares sociales. Satisfacción indirecta de una necesidad especial.
- Introducir nuevos sistemas productivos para mejorar situaciones sociales.
- Introducir tecnologías organizativas para producir cambios en las situaciones sociales.⁴⁷

Este último enfoque, responde directamente al propósito del presente proyecto.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente capítulo se presentan los principales conceptos vinculados a las teorías antes mencionadas, esto con el fin de dar un enfoque que permita complementar la definición y vinculación de dichos conceptos en relación a los cultivos urbanos incluidos en un contexto que abarque las tecnologías utilizadas por AGRODROYD.

5.2.1. Agricultura Sostenible.

La agricultura y el desarrollo sostenible son términos que muy a menudo están ligados, este último responde a la necesidad de maximizar la producción, y velar por

⁴⁷ UAL. (2018). Elaboración de proyectos Sociales. Obtenido de <https://goo.gl/AA3FBn>

la disminución de la inminente degradación que sufre la tierra destinada a la actividad agrícola. Dicha actividad, integra diversos métodos y técnicas de cultivo, que, si bien son necesarios y beneficiosos, pueden presentar alteraciones y efectos negativos; es entonces como la sustentabilidad supone la intervención natural, social y económica para mitigar estas perturbaciones.⁴⁸

El aprovechamiento máximo de los recursos, se ve reflejado en la autosostenibilidad del sistema que se caracteriza por el respeto y armonía con el medio ambiente, en búsqueda de la satisfacción de las necesidades de la población, que en complemento con el enfoque del proyecto social del presente trabajo responde al óptimo desarrollo del mismo desde un aspecto equitativo y favorable.

5.2.2. Agricultura Urbana

Teniendo en cuenta que existe un rápido crecimiento de las ciudades en los países en desarrollo, y esto implica una problemática, principalmente en la agricultura, incluida la horticultura, ganadería, pesca, silvicultura y la producción de forraje y leche, aparece la agricultura urbana que es una pequeña solución a dichas problemáticas, ya que esta permite tener alimentos frescos, genera empleo, recicla residuos urbanos, crea cinturones verdes y fortalece la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático.

La agricultura urbana es la producción de insumos agrícolas en huertos urbanos, los cuales normalmente se encuentran en espacios reducidos, esto es una parte fundamental del proyecto, ya que también se procuró promover e incentivar la implementación de huertos urbanos en la comunidad de Yomasa.⁴¹

5.2.3. Agricultura de precisión

En un país como Colombia, la agricultura genera una gran parte de la economía de este, teniendo en cuenta que las áreas donde se cultivan los insumos agrícolas tienen un determinado potencial para esta producción, la agricultura de precisión es una herramienta de planificación que permite una producción más acorde con el potencial del área donde se cultiva.⁴⁹

⁴⁸ Conway, G. R. (1995). Agroecisystem Analysis. Centre for Environmental Technology and Department of Pure and Applied Biology, 31-55.

⁴⁹ CIAT Comunicaciones. (2016). Agricultura de precisión, un manejo eco-eficiente de cultivos para la Altillanura Colombiana. Bogota: CIAT blog.

Para un huerto, el sensado de variables principales que determinan el crecimiento de un producto agrícola y posterior monitoreo, visualizados en una interfaz gráfica, permiten a un usuario determinar las mejores condiciones que se pueden proveer a este huerto, dando así, el mayor potencial para él.

Un huerto urbano que incluya agricultura de precisión puede optimizar tiempos para el usuario y proveer productos agrícolas, en un colegio como el Ofelia Uribe de Acosta, la agricultura de precisión brinda el beneficio vinculado directamente con el producto agrícola, y aquel que proporciona un conocimiento en tecnologías de la información, que permite instruir a jóvenes en el uso de estas para optimizar procesos y permitir generar las mejores condiciones en un huerto.

5.2.4. Red de Comunicación

Las redes de comunicaciones, permiten la transferencia de datos entre dos o más dispositivos; integra diversos tipos de conexiones entre las que se encuentra la red de área local, estas se pueden generar de forma directa o inalámbrica dependiendo de las necesidades que requieran los usuarios. La información transmitida o recibida se puede derivar en datos, videos, imágenes, música, etc. o puede permitir la interfaz entre usuarios en tiempo real.⁵⁰

La transmisión de datos en una red de comunicación, supone la optimización de actividades requeridas en el proceso de monitoreo en un cultivo urbano, que dentro de este contexto se enmarca en el almacenamiento y transferencia de datos, lo que a su vez permite el monitoreo en tiempo real de las variables cuantitativas que puedan ser medidas a través de sistemas de sensado en el cultivo.

⁵⁰ Vega Lebrum, C. A., Arvizu Gutierrez, D., & Garcia Santillan, A. (2008). Algoritmos para encriptacion de datos. Veracruz, Mexico.

6. METODOLOGIA

El proyecto se llevó a cabo mediante las 3 siguientes fases

6.1. REALIZAR APROPIACIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO EN SENSORES, ARDUINO Y CREACIÓN DE APLICACIONES ANDROID PARA LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL DE YOMASA

La primera actividad que se realizó, fue la apropiación social de conocimiento en sensores, en la cual, a los estudiantes del semillero ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta, se les presentó los sensores utilizados por AGRODROYD, donde se incluye el sensor de humedad y temperatura DHT11 y el sensor de pH MSP430. Seguido a esto, se instruyó en el manejo del módulo de Arduino ESP32, que almacena temporalmente las variables que le proporcionan los sensores anteriormente nombrados y las transmite de manera inalámbrica para su posterior visualización en una interfaz de Android, además de su programación utilizando el Entorno de Desarrollo Integrado IDE (Integrated Development Environment, por su sigla en inglés) de Arduino. Por último, se explicó a los estudiantes, sobre la creación de aplicaciones para Android utilizando la herramienta App inventor, la cual permitió la enseñanza lúdica sobre dicho tema.

6.2. DISEÑAR E IMPLEMENTAR SISTEMA DE MONITOREO Y CUIDADO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Dentro de la implementación del sistema AGRODROYD, se puede encontrar dos componentes que permitieron la realización de este, estos son Software y Hardware. Para el Software se tuvo en cuenta la utilización de distintos programas que facilitarían la implementación de la programación en el Arduino, el servidor web y la base de datos; en primera instancia, la programación del ESP32 se realizó por medio del Entorno de Desarrollo Integrado IDE (Integrated Development Environment, por su sigla en inglés) de Arduino. Para el servidor web se utilizó la herramienta XAMPP que permite tener en una computadora dicho servidor para trabajarlo libremente, y por último phpMyAdmin que permite tener una interfaz gráfica para la administración de bases de datos.

En el Hardware de AGRODROYD encontramos los diferentes módulos de sensado, el DHT11 para el sensado de Humedad relativa y temperatura, y el MSP430 con su sonda para el sensado del pH. El controlador que permite la transmisión de datos

es el ESP32 el cual es un módulo que contiene interfaces de WiFi y Bluetooth para dicha transmisión de manera inalámbrica.

Una vez diseñado, se procedió a realizar simulaciones y pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Realizado esto, se implementó el dispositivo en el cultivo urbano presentado en el colegio Ofelia Uribe de Acosta.

6.3.DETERMINAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO MEDIANTE LOS 4 ÍTEMS PRINCIPALES PARA LA CALIDAD EN FRUTAS Y HORTALIZAS (APARIENCIA, FLAVOR, VALOR NUTRITIVO Y SEGURIDAD)

Teniendo en cuenta el Manual para la calidad en frutas y hortalizas, se tuvieron en cuenta los 4 ítems principales, con el fin de demostrar la calidad en la hortaliza sembrada en comparación a otra en el mercado. Para la apariencia en la remolacha, se observó la ausencia de manchas y el color de las hojas. En los frutos, debía contar con raíces firmes y un color rojizo púrpura, además de un sabor dulce, y amargo en su hoja. Para el valor nutritivo y seguridad, se realizaron pruebas de laboratorio para determinar los grados Brix, dichos grados permitieron determinar los valores nutritivos y la seguridad presentada en la remolacha sembrada y en las compradas en el mercado.

7. EVALUACIÓN DE HORTALIZAS Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE AGRODROYD

Para la evaluación de las hortalizas y las tecnologías que permitieron el desarrollo del proyecto AGRODROYD se realizó una ponderación la cual ayudo a determinar los elementos adecuados para dicho desarrollo.

En la determinación de la ponderación, se tuvo en cuenta el valor de importancia (VI) de cada una de las variables que se tuvieron en cuenta, esto con el fin de definir cuál sería los mejores elementos en cuanto hortalizas y tecnologías que tendría AGRODROYD.

Teniendo en cuenta las distintas variables que se tomaron para cada componente, se asignaron los siguientes valores de importancia, calificados de 1 a 5, donde 1 es el menor valor de importancia y 5 el mayor, distribuidos entre muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto como se observa a continuación

Valor de importancia (VI)

- Muy alto = 5
- Alto = 4
- Medio = 3
- Bajo = 2
- Muy bajo = 1

Ahora, teniendo en cuenta lo anterior, el calificador de cada una de las variables será un valor de 0 a 10, donde 0 es el menor valor a dar a cada una de las variables, si las condiciones no son óptimas para él sistema y 10 si las condiciones son las ideales para el sistema.

Posteriormente la suma de todos los valores de importancia, será el divisor de la suma de los valores de importancia por cada calificador dado a las variables, esto se aprecia en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{(VI1 * VP1) + (VI2 * VP2) + \dots (VI_n * VP_n)}{\sum_1^n VI_n}$$

Donde:

P = Valor de la Ponderación

VI_n = Valor de Importancia de la variable n

VP_n = Valor en puntos de cada variable n

7.1. VARIABLES HORTALIZAS

Se determinaron las siguientes variables para el cultivo de hortalizas, las cuales fueron las más significativas según sus cualidades físicas, químicas y climáticas, con respecto al crecimiento y desarrollo del cultivo sembrado. Es importante tener en cuenta las condiciones climáticas donde se va a sembrar, encontrando que Yomasa se localiza en una ubicación relativamente alta con respecto al nivel del mar, por lo tanto, el clima de esta zona se caracteriza por ser un ambiente frío, el cual tendrá que ser idóneo para las hortalizas que se siembren allá.

7.1.1. Humedad Relativa (%)

La humedad relativa es un factor muy importante en las plantas, de existir un valor de humedad muy alto, se pueden generar problemas como enfermedades de las raíces y las hojas, secado lento del sustrato, estrés de las plantas, pérdida de calidad, pérdida de producción, entre otras. De ser lo contrario el crecimiento de las plantas se verá comprometido, ya que los cultivos tardan más tiempo en obtener un tamaño adecuado para su cosecha, esto se puede ver reflejado en la *Tabla 1*. En Bogotá, la humedad relativa oscila entre 60 y 80%, teniendo en cuenta lo anterior, a la humedad relativa se le asignó un valor de importancia muy alto, por lo cual, la planta que se ajuste más a los valores de humedad relativa en Bogotá, tendrá un puntaje de 10, e ira descendiendo la puntuación linealmente a medida que se encuentren valores con poco ajuste.

Tabla 1. Respuesta de la planta a la humedad

Humedad demasiado baja	Humedad demasiado alta
Marchitamiento	Crecimiento débil
Plantas atrofiadas	Aumento de enfermedades en las hojas
Tamaño más pequeño de las hojas	Deficiencias de nutrientes
Puntas secas y quemadas	Aumento de enfermedades en las raíces
Hojas rizadas	Edemas
Aumento de la infestación de arañuela roja	Bordes quemados (gutación)

Fuente: Peery, JoAnn. *¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos?*, 12 de septiembre del 2017. Obtenido de <https://goo.gl/dqrHmd>.

7.1.2. Separación del sembrado (cm)

Dependiendo del espacio que se tenga para cultivar, y la cantidad de hortalizas que se desean sembrar, este ítem puede ser de bastante o de poca relevancia, para este caso, ya que se contó con el suficiente espacio para sembrar cualquier tipo de hortaliza se le dio un valor de importancia bajo, teniendo en cuenta las dificultades que se tuvieron a la hora del espacio solicitado, ya que este en un determinado tiempo de desarrollo del cultivo, no se pudo utilizar el espacio inicialmente asignado. Por lo tanto, se le dio un valor de 10 puntos a las hortalizas que tuvieran menor separación e irá descendiendo la puntuación linealmente a medida que se encuentren valores más altos.

7.1.3. pH (pH)

El factor de pH se le asignó un valor de importancia alto, ya que un valor muy alto o muy bajo de pH puede ser perjudicial para la hortaliza, el pH nos determina la acidez o neutralidad del suelo, la acidez influye substancialmente en la capacidad de absorción y solubilidad de numerosos elementos nutritivos, normalmente los suelos sin nutrientes cuentan con un pH de 7, por lo tanto se asignó un valor de 10 puntos para la planta que posea este valor de pH e irá descendiendo la puntuación linealmente a medida que se encuentren valores que no se ajusten.

7.1.4. Ciclo Vegetativo (días)

Tiene un valor de importancia muy alto, ya que se cuenta con un cronograma de actividades, el cual limita el desarrollo de la cosecha a unos tiempos específicos, por lo tanto, se asignó un valor de 10 puntos a la planta que posea el menor tiempo de cosecha, e ira descendiendo linealmente dependiendo de valores mayores en tiempo de cosecha.

7.1.5. Temperatura de Germinación (°C)

Según los tipos de plantas, algunas requieren de climas cálidos para su desarrollo, mientras que otras de climas fríos. Bogotá se caracteriza por tener temperaturas mínimas de 8° Celsius y máximas de 21°, por lo tanto, su valor de importancia es alto y se asignó un valor de 10 puntos a la planta que se ajuste a esas características climáticas, e ira descendiendo linealmente dependiendo lo desajustada que se encuentre la planta para los climas de Bogotá.

7.1.6. Profundidad de siembra (cm)

Tiene un valor de importancia muy bajo, ya que, en la mayoría de las hortalizas, la profundidad de siembra no excede los 2 cm, y se cuenta con una buena capacidad de profundidad, por lo tanto, se le asignó un puntaje de 10, a aquellas plantas que tengan un valor mínimo de profundidad de siembra, e ira descendiendo linealmente a medida que aumente el valor de la profundidad de la planta.

7.1.7. Siembra inicial en semillero

Se le asignó un valor de importancia medio, ya que la siembra en semillero requiere de más recursos y tiempo, por lo tanto, será más el tiempo de espera para la cosecha, para este caso, se le asignó un valor de 10 para aquellas plantas que no necesitan semillero, y 0 para aquellas que sí.

7.1.8. Diámetro promedio de la planta (cm)

Tiene un valor de importancia bajo porque este solo determina la profundidad de la hortaliza y sus raíces, además de las hojas, por lo tanto, indiscretamente refleja el espacio que ocupara la planta. Se le asignó un valor de 10 puntos a la planta que posea menor tamaño, e ira descendiendo linealmente a medida que la planta sea más grande.

7.1.9. Porcentaje de germinación (%)

Este determina cuántas semillas pueden llegar a germinar después de sembrarse, por lo tanto, se le asignó un valor de importancia medio, ya que de esto depende el inicio del cultivo y su futuro desarrollo. Se le asignó un valor de 10 puntos a la planta que posea mayor porcentaje de germinación, e ira descendiendo linealmente a medida que dicho porcentaje sea menor.

Tabla 2. Ponderación Hortalizas

Nombre	Cebolla	Lechuga	Tomate	Pepino	Papa	Remolacha
Nombre Científico	Allium cepa	Lactuca sativa	Solanum lycopersicum	Cucumis sativus	Solanum tuberosum	Beta vulgaris
Humedad Relativa (%)	70 - 75	95	70	60 - 90	90 - 95	85
VI1 (5)	10	7.5	10	9.1	7.75	8.5
Separación del sembrado (cm)	10	25	25	30	30	18
VI2 (2)	10	3.18	3.18	0.90	0.90	6.36
pH	6.0 - 7.2	5.8 - 7.2	5.7 - 7.0	5.7 - 7.2	5.0 - 5.8	6.0 - 7.6
VI3 (4)	7.77	7.3	6.75	7.06	2	7,76
Ciclo Vegetativo (días)	120	90 - 120	150	100	65 - 100	60 a 120
VI4 (5)	3.68	5.26	0.53	5.79	7.63	6.84
Temperatura de germinación (°C)	13° - 28°	15° - 30°	15° - 30°	17° - 32°	17° - 23°	4° - 30°
VI5 (4)	8.34	7.88	7.38	7.38	8.5	8.23
Profundidad de siembra (cm)	1	0.5	0.5 - 1	1 - 2	7 - 8	2
VI6 (1)	9.38	10	9.69	8.75	1.25	8.13
Siembra inicial en semillero	SI	SI	SI	NO	NO	NO
VI7 (3)	0	0	0	10	10	10
Diámetro promedio de la planta (cm)	5 - 6	15	5 - 6	4, largo 15 - 30	4- 7	5 - 10
VI8 (2)	8.76	0.87	8.76	5.02	8.75	7.1
Porcentaje de germinación (%)	87	85 - 94	95	90	98	95
VI9 (3)	2.15	3.93	7.86	7.29	10	7.86
TOTAL						
TOTAL VI	6.42	5.33	5,74	7,05	6,88	7,9

Fuente: El Autor.

Como se evidencia en la *Tabla 2*, la remolacha fue aquella que obtuvo el mayor puntaje de valor de importancia según cada una de las variables, así que fue la hortaliza a sembrar en el cultivo de Yomasa.

7.2. SENSORES

Los sensores permiten la recolección de datos tanto físicos, químicos o ambientales, en la *Tabla 2*, se observa que las variables con mayor valor de importancia fueron, la humedad relativa, pH, ciclo vegetativo y temperatura de germinación, todas estas variables son medibles dentro de un sistema de cultivo, pero para la única que no es necesario un sensor para esto es el ciclo vegetativo, por lo tanto, para el monitoreo de las variables de humedad relativa, temperatura y pH, se contó con especificaciones determinadas que permitieron la elección del mejor sensor para dicho monitoreo.

Es importante tener en cuenta para la ponderación de los sensores, que estos cuentan con algunos parámetros los cuales son los mismos. A continuación, se mostrarán los parámetros con los que cuentan la mayoría de los sensores.

7.2.1. Voltaje de alimentación. (V)

Tiene un valor de importancia alto, ya que este valor determinara la utilización o no de un módulo adicional que proporcione las salidas de voltaje necesarias para la alimentación de los sensores. Se le dará un valor de 10 puntos a aquellos sensores que se encuentren más cercanos a los 3.3 v que es el valor de voltaje que proporciona el módulo de programación, e ira descendiendo linealmente a medida que estos valores vayan aumentando.

7.2.2. Corriente (mA)

Al igual que el voltaje de alimentación, la corriente es un factor importante para el funcionamiento de los sensores, pero esta determinara el nivel de consumo que tendrá el sensor, por lo tanto, esta tiene un valor de importancia muy alto y junto con el voltaje de alimentación, determinara la utilización o no de un módulo adicional que proporcione las salidas de corriente para la alimentación de los sensores. Se dio un valor de 10 puntos a aquellos sensores que requieran una menor corriente para su funcionamiento e ira descendiendo linealmente a medida que estos valores vayan aumentando.

7.2.3. Resolución (Bit)

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida, así, que si esta se acerca a 0 el sensor tendrá mayor precisión, por esto, a esta variable se le asignó un valor de importancia medio, y se le asignó 10 puntos a aquellos sensores que tengan una resolución menor, e ira descendiendo a medida que este valor vaya aumentando.

7.2.4. Precio (\$)

A esta variable se le asignó un valor de importancia medio, ya que el precio puede influir en el tiempo de compra de los sensores, y esto puede influir en la entrega final del proyecto. Se dio un valor de 10 puntos a los sensores que tuvieran menor precio e ira descendiendo a medida que el precio de los sensores vaya aumentando.

7.2.5. Lugar de venta

El lugar de venta tiene un valor de importancia bajo ya que esto solo puede influir en el tiempo de espera de la llegada del sensor en caso de este ser traído del extranjero. Se le asignó 10 puntos a aquellos que se vendieran en Colombia, e ira descendiendo según el tiempo de entrega del país en donde se compre.

7.2.6. Acople con Arduino

Al acople con Arduino se le dio un valor de importancia medio, ya que este acople depende de si los sensores cuentan con librerías para el funcionamiento con Arduino y si estos requieren de tiempos prolongados para las medidas de las variables según los tiempos de espera que requiera en la programación para esto. Se asignó un valor de importancia de 10 puntos a aquellos sensores que tengan librerías para su funcionamiento con Arduino, e ira descendiendo a medida de la complejidad de los códigos para su funcionamiento.

7.2.7. Tamaño (mm).

Esta variable tiene un valor de importancia muy bajo, ya que el espacio a utilizar es amplio, por lo tanto, no hay inconvenientes con respecto al tamaño de los sensores, se mostrará en Largo, por ancho, por alto. Se le asignó un valor de 10 puntos a aquellos sensores de menor tamaño, e ira descendiendo a medida que el tamaño del sensor sea mayor.

Para el sensado de humedad y temperatura se agregará la siguiente variable, teniendo en cuenta que existen sensores que permiten la detección de dos variables en un único modulo.

7.2.8. Detección de dos o más variables

A esta variable se le asignó un valor de importancia alto, ya que esto dará facilidades en la programación, mejora la eficiencia del sistema y reduce costos, de esta manera se puede optimizar el sistema. Para esta variable se le asignó un valor de 10 puntos a aquellos sensores que cumplan con esta condición, y 0 a los que no.

7.2.9. Sensor de humedad relativa.

Este sensor tiene como fin medir la humedad relativa que existe en el aire, esto con el fin de determinar que la planta se encuentre en condiciones óptimas, ya que la humedad relativa puede influir incluso en el crecimiento de la planta, como se puede ver en la *Tabla 1*.

7.2.9.1. Rango de medición (%).

Tiene un valor de importancia muy alto, ya que este rango tiene que precisar con los niveles de humedad de la ciudad de Bogotá (ente 60% - 80%). Se le asignó un valor de 10 puntos a aquellos sensores que tengan su rango de humedad entre estos valores, e ira descendiendo a medida que estos valores se desacoplen.

Tabla 3. Ponderación sensor de Humedad relativa

Referencia	AM2320 (Aosong)	SHT1x (Sensirion)	HIH-4030/31 (Honeywell)	HR202L (Aosong)	HS1100/1101 (Humirel)	DHT22 (Aosong)	DHT11 (Aosong)
Voltaje de alimentación (V)	3.1 - 5.5	2.4 - 5.5	4 - 5.8	1.5	5	3.3 - 6	3 - 5.1
VI1 (4)	7.07	7.54	7.34	4.86	5.14	6.14	7.7
Corriente (mA)	0,02	0,55	0,2	0.13	0.1	1.5	0,3
VI2 (5)	9.81	6.45	8.71	9.22	9.35	0.322	8.06
Resolución (Bit)	16	12	-	-	-	16	16
VI3 (3)	7.8	10	0	0	0	7.8	7.8
Precio (\$)	\$ 20.000	\$ 139.900	\$ 153.150	\$ 8.000	\$ 9.996	\$ 18.000	\$ 6.000
VI4 (3)	9.06	1.48	0.39	9.86	9.74	9.23	10
Lugar de venta	Colombia	China	México	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia
VI5 (2)	10	3	7.5	10	10	10	10
Acople con Arduino	SI tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería	NO tiene librería	NO tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería
VI6 (3)	9	6	7	8.5	8.5	10	10
Tamaño (L*A*A) (mm)	12.10 * 15 * 4.5	4.93 * 7.47 * 2.5	4.17 * 8.59 * 2.95	7.3 * 11.3 * 3.5	9.30 * 14 * 3.9	15.1 * 25.1 * 7.7	12 * 15.5 * 5.5
VI8 (1)	4.28	10	8.57	7.14	5.71	1.43	2.86
Detección de dos o más variables	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
VI9 (4)	10	10	0	0	0	10	10
Rango de medición (%)	0 - 99.9	0 - 100	0 - 100	20 - 90	0 - 100	0 - 100	20 - 90
VI10 (5)	7.9	8	8	10	8	8	10
TOTAL PONDERACIÓN							
TOTAL	8.62	7.02	5.29	6.6	6.26	6.96	8.91

Fuente: El Autor.

Por la puntuación obtenida en la *Tabla 3*. Se determinó que el mejor sensor para la medición de humedad, sería el DHT11, ya que cumple con la mayoría de variables propuestas para la calificación de este.

7.2.10. Sensor de temperatura.

Este sensor tiene como fin medir la temperatura, lo que permitirá determinar si la planta se encuentra en condiciones óptimas o no.

7.2.10.1. Rango de medición (°C)

Tiene un valor de importancia muy alto, ya que este rango tiene que precisar con los niveles de temperatura de la ciudad de Bogotá (entre 8°C – 21°C). Se le asignó un valor de 10 puntos a aquellos sensores que tengan su rango de temperatura entre estos valores, e ira descendiendo a medida que estos valores se desacoplen.

Tabla 4. Ponderación sensor de Temperatura

Referencia	AM2320 (Aosong)	SHT1x (Sensirion)	LM35 (Texas In.)	GY-906 (Melexis)	Si7021 (Silicon labs)	DHT22 (Aosong)	DHT11 (Aosong)
Voltaje de alimentación (V)	3.1 - 5.5	2.4 - 5.5	4 - 20,5	3 - 5.1	1.9 - 3.6	3.3 - 6	3 - 5.1
VI1 (4)	9.64	9.67	5.14	9.71	9.78	9.52	9.71
Corriente (mA)	0.02	0.55	0.06	2	1,5	1.5	0.3
VI2 (5)	10	7.34	9.8	0.06	2.58	2.58	8.59
Resolución (°C)	0,1	0,01	-	0,02	0,01	0,1	0,1
VI3 (3)	1	10	0	9	10	1	1
Precio (\$)	\$ 20.000	\$ 139.900	\$ 3.000	\$ 35.000	\$ 17.000	\$ 18.000	\$ 6.000
VI4 (3)	8.84	0.35	10	7.75	9	8.94	9.79
Lugar de venta	Colombia	China	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia
VI5 (2)	10	3	10	10	10	10	10
Acople con Arduino	SI tiene librería	SI tiene librería	NO tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería
VI6 (3)	10	10	8	10	9	10	10
Tamaño (L*A*A) (mm)	12.10 * 15 * 4.5	4.93 * 7.47 * 2.5	5.21 * 5.34 * 4.19	9.12 * 13 * 4.1	3 * 3 * 1.21	15.1 * 25.1 * 7.7	12 * 15.5 * 5.5
VI8 (1)	4.29	8.57	7.14	5.71	10	1.43	2.86
Detección de dos o más variables	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
VI9 (4)	10	10	0	0	10	10	10
Rango de medición (°C)	(-40) ~ 80	(-40) ~ 123.8	(-55) ~ 150	(-40) ~ 85	(-10) ~ 85	(-40) ~ 80	0 ~ 50
VI10 (5)	8.15	7.24	3.14	8.07	8.23	8.15	9.31
TOTAL PONDERACIÓN							
TOTAL	8.44	7.57	5.55	6.18	8.24	8.23	8.45

Fuente: El Autor.

En la *Tabla 4* se evidencia que el sensor DHT11 es la mejor opción para la medición de la temperatura, ya que este a su vez permite determinar la humedad relativa, este ítem le da un valor especial a este sensor para ser el escogido como herramienta de sensado en el sistema AGRODROYD.

7.2.11. Sensor de pH.

Este sensor tiene como fin medir la variación de pH en el agua, lo que permitirá determinar la acidez o basicidad en la solución acuosa.

7.2.11.1. Rango de medición

Tiene un valor de importancia muy alto, ya que este rango tiene que precisar con los niveles de la hortaliza seleccionada (*Véase Tabla 2*). Se le asignó un valor de 10 puntos a aquellos sensores que tengan su rango de pH entre estos valores, e ira descendiendo a medida que estos valores se desacoplen.

7.2.11.2. Precisión

Para este sensor, es importante tener en cuenta la precisión que tenga, ya que, a diferencia de los anteriores sensores, esta variable es la que tiene más posibilidad de control, por lo que se le dio un valor de importancia alto. Se asignó un valor de 10 puntos para el sensor que tenga mayor precisión e irá descendiendo linealmente la puntuación a medida se encuentren valores más bajo.

Tabla 5. Ponderación sensor de pH

Referencia	PH0-14	MSP430	DFRobot PH
Voltaje de alimentación (V)	5	5	5
VI1 (4)	10	10	10
Corriente (mA)	5,1 - 10	5,1 - 10	5,1 - 10
VI2 (5)	10	10	10
Tamaño (L*A*A) (mm)	42 * 32 * 20	40*32*17	43*32*20
VI3 (1)	8.2	10	8.4
Precio (\$)	\$ 100.632	\$ 150.000	\$ 93.200
VI4 (3)	8.62	3,4	10
Lugar de venta	Irlanda	Colombia	China
VI5 (2)	5	10	3
Acople con Arduino	NO tiene librería	SI tiene librería	SI tiene librería
VI6 (3)	6	10	8.5
Rango de medición	1 - 14	0 - 14	0 - 14
VI7 (5)	9	10	10
Precisión (pH)	0.1	0.1	0.1
VI8 (4)	10	10	10
	TOTAL PONDERACIÓN		
TOTAL	8.78	9.26	9.25

Fuente: El Autor.

Por la puntuación obtenida en la *Tabla 5*. Se determinó que el mejor sensor para la medición de pH, sería el MPS430, ya que cumple con la mayoría de variables propuestas para la calificación de este, principalmente el lugar de venta, el cual fue el que favoreció a dicho sensor para obtener el mayor puntaje.

7.3. PLACA PARA EL PROCESAMIENTO Y ENVIÓ DE SEÑALES

Teniendo en cuenta que los distintos componentes electrónicos cumplen con variables iguales como por ejemplo el voltaje, la corriente Etc., se determinó tomar las mismas variables de los capítulos 7.2.1 hasta el capítulo 7.2.7, con excepción del capítulo 7.2.3 el cual no aplica para el caso, dando el mismo valor de

importancia. Esto enfocado directamente a las placas y no a los sensores como se evidencio con anterioridad.

Es importante tener en cuenta que para el caso del capítulo 7.2.6 se calificara teniendo en cuenta si la placa requiere de instalaciones adicionales a la IDE de Arduino para su detección, de esta manera se calificara con 10 puntos a aquellas placas que no requieran de instalaciones adicionales para su funcionamiento en este software, e ira descendiendo linealmente a medida de que los programas adicionales tengan una mayor complejidad de instalación. Además de esto, se tomó variables directamente implicadas con las placas a evaluar. A continuación, se muestran los distintos parámetros con los que cumplen la mayoría de placas a evaluar:

7.3.1. Pines para salida y entrada de datos

Tiene un valor de importancia muy bajo, ya que no es amplia la cantidad de pines a utilizar. Se le asignó un valor de 10 puntos a aquellas placas que tengan menor cantidad de pines, e ira descendiendo a medida que este valor aumente.

7.3.2. Comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica es una variable importante para el desarrollo de AGRODROYD, ya que esta permite enviar los datos de manera inalámbrica, por esto tiene un valor de importancia Muy alto. Se asignó un valor de 10 puntos a aquellas placas que tuvieran comunicación inalámbrica principalmente con el protocolo IEEE 802.11.

7.3.3. Dos o más protocolos de comunicación inalámbrica

Teniendo en cuenta que existen placas que incluyen la comunicación de dos o más protocolos se determinó para esta variable un valor de importancia alto, ya que con una placa que cuente con dos o más protocolos de comunicación se podrá mejorar la apropiación en tecnologías para los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta. Se asignó un valor de 10 puntos a las placas que contaran con 2 o más protocolos de comunicación inalámbrica, y 0 a aquellas que no

7.3.4. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos es un factor muy importante para la eficiencia de un dispositivo electrónico, esto determina tiempos en la ejecución de los distintos procesos que la placa aplica, teniendo en cuenta esto, se dio un valor de importancia Alto ya que es un factor determinante en la eficiencia del dispositivo. Se asignó un valor de 10 puntos a aquellas placas que cuenten con un mejor procesamiento de datos, bien sea por mejores núcleos o por la inclusión de 2 o más de es





Tabla 6. Ponderación placa de procesamiento y envío de señales

Referencia	Arduino UNO	ESP8266 NodeMCU	WeMos D1	Raspberry pi Zero	Raspberry pi 3	ESP32
Voltaje de alimentación (V)	7 - 12 V	5 V	9 - 12V	4.75 - 5.25	5 V	3.3 V
VI1 (4)	1.6	7.9	1.3	8.1	7.9	10
Corriente (mA)	40	80	80	100	2500	120
VI2 (5)	10	9.85	9.85	9.8	2.3	9.72
Precio (\$)	\$ 25.000	\$ 19.000	\$ 21.500	\$ 98.000	\$ 159.000	\$ 36.000
VI3 (3)	9.6	10	9.85	4.7	0.48	8.9
Lugar de venta	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia
VI4 (2)	10	10	10	10	10	10
Acople con Arduino	Sin programas adicionales	Requiere Instalación de librerías y drivers	Requiere instalación de librerías	No es compatible	No es compatible	Requiere Instalación de librerías y drivers
VI5 (3)	10	3.33	6.667	0	0	3.33
Tamaño (L*A*A) (mm)	80*50.5*20.5	40.8*20.5*10.89	68.58*53.34*10.5	65*30*5	85*56*17	40.8*21.5*10.89
VI6 (1)	3.36	10	5.02	6.68	1.7	8.34
Pines	20	17	11	26	27	22
VI7 (1)	6.68	8.34	10	3.36	1.7	5.02
Comunicación inalámbrica	NO	SI	SI	SI	SI	SI
VI8 (5)	0	10	10	10	10	10
2 o + protocolos	NO	NO	NO	SI	SI	SI
VI9 (4)	0	0	0	10	10	10
Procesamiento de datos	Un nucleo de 32 bits	Un nucleo de 32 bits	Un nucleo de 32 bits	Un nucleo de 64 bits	Doble nucleo de 64 bits	Doble nucleo de 32 bits
VI10 (4)	3.33	3.33	3.33	6.67	10	6.67
	TOTAL PONDERACIÓN					
TOTAL	4.95	6.95	6.32	7.56	6.18	8.6

Fuente: El Autor

Por la puntuación obtenida en la Tabla 6. Se determinó que la mejor placa para el procesamiento y envío de datos es la ESP32, ya que cumple con la mayoría de variables propuestas para la calificación de este. Teniendo en cuenta lo anterior, el resultado encontrado en las tablas de la 2 a la 6 es el siguiente (véase cuadro 1):

Cuadro 1. Resultado en la ponderación

Ponderacion	Resultado	Imagen
Hortalizas	Remolacha	
Sensor de humedad relativa	DHT11	
Sensor de temperatura	DHT11	
Sensor de Ph	MSP430	
Placa	ESP32	

Fuente: El Autor.

8. APROPIACIÓN SOCIAL EN TECNOLOGÍAS APLICADAS AL AGRO PARA EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

8.1. DIVULGACIÓN DEL PROYECTO AGRODROYD

En el marco de la responsabilidad con la sociedad, la Universidad Católica de Colombia involucra dentro de sus actividades, espacios relacionados con trabajos de integración, colaboración y solidaridad. El programa Institucional Yomasa, se constituye como núcleo de la Responsabilidad Social, en búsqueda de la equidad y bienestar para las personas que hacen parte de la comunidad. Es por esto que se hizo necesario realizar una conferencia de este programa (*Véase Figura 7*) para crear espacios de participación, discusión y aportes frente al tema, teniendo en cuenta que el presente proyecto se enmarca en un contexto social. Aquí se expusieron los principales avances que el programa ha tenido en la comunidad de Yomasa que habita la localidad de Usme, además de los futuros proyectos que se realizarán en esta zona. Es importante conocer y divulgar la opinión que tiene la comunidad universitaria frente al tema, porque este enfoque implica una verdadera relación desde el punto de vista profesional con la realidad social del país.

Figura 7. Conferencia programa Institucional Yomasa



Fuente: El Autor.

Dentro de los proyectos que se realizaron en dicha zona, se encontraba el proyecto AGRODROYD, el cual fue presentado en esta conferencia, explicando al público asistente (*Véase Figura 8*) las funciones que desarrollaría el dispositivo, mediante la utilización de herramientas de software y hardware, y la creación de una aplicación sencilla para Android; además de la labor social y de enseñanza que este

tiene para con la comunidad de Yomasa y especialmente para los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta. (Véase *Figura 9*)

Figura 8. Asistentes a la conferencia programa Institucional Yomasa



Fuente: El Autor.

Figura 9. Socialización del proyecto AGRODROYD en conferencia del programa Institucional Yomasa.



Fuente: El Autor.

8.2. INICIO DEL PROYECTO EN EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

Para contextualizar e informar sobre AGRODROYD, el presente proyecto se presentó a los docentes del colegio Ofelia Uribe de Acosta, porque eran ellos las personas facultadas para divulgar, incentivar e integrar a la comunidad estudiantil a participar con el desarrollo del mismo, (Véase *Figura 10*) esto con el fin de definir el punto de partida para llevar a cabo los objetivos planteados en el proyecto. Fue posible conformar un semillero de estudiantes, que participarían activamente en la actividad y desarrollo del cultivo urbano.

Figura 10. Presentación general del proyecto AGRODROYD a docentes del colegio Ofelia Uribe de Acosta



Fuente: El Autor.

Una vez escogido el grupo de estudiantes, se implementó una herramienta de evaluación para medir el grado de comprensión frente al tema propuesto (Véase *Tabla 7*), la cual permitiría determinar los conocimientos previos de los estudiantes frente a temas y conceptos propios que contiene AGRODROYD, los cuales vinculan aspectos relacionados con software y hardware, esto con el fin de establecer un punto de partida claro que permitiera fijar las pautas a desarrollar en el proyecto.

PREGUNTAS	SI	NO
1. ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?		
2. ¿Ha implementado un Cultivo Urbano?		
3. ¿Sabe usted que es un Microprocesador?		
4. ¿Sabe usted que es un Arduino?		
5. ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?		
6. ¿Ha escuchado el término de agricultura de Precisión?		
7. ¿Sabe usted que es pH?		
8. ¿Conoce usted un sensor de Humedad?		
9. ¿Conoce usted un sensor de Temperatura?		
10. ¿Conoce usted un sensor de pH?		
11. ¿Sabe usted que es MIT App Inventor?		
12. ¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?		
13. ¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?		
14. ¿Conoce la Energía Solar?		
15. ¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?		

Tabla 7. Herramienta de Evaluación para estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta

Fuente: El Autor.

En las encuestas realizadas, se evidenció que el conocimiento sobre tecnología y agricultura era muy bajo, (Véase *Anexo A*, *Anexo B* y *Anexo C*) por lo tanto, se procedió a explicar al grupo de estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, las generalidades de los temas a tratar para la realización del proyecto AGRODROYD, de esta manera pudieron entender de manera puntual, los conceptos e información necesaria para la realización del proyecto. Esto permitió continuar con las actividades propuestas, y logró un avance en cuánto a la transferencia del conocimiento que implicaba el buen desarrollo de AGRODROYD en términos conceptuales.

8.3. REALIZACIÓN DEL CULTIVO

AGRODROYD presenta un dispositivo, que en su fundamento se encuentra destinado para huertas urbanas, por esto se hizo necesario crear el cultivo urbano en el colegio Ofelia Uribe de Acosta (Véase *Figura 11*), como base principal para el funcionamiento del dispositivo que posteriormente tendría que implementarse dentro del cultivo, para la medición de las variables representativas.

Para la realización del cultivo se tuvieron en cuenta los parámetros vistos en la *Tabla 2* con la que se permitió determinar que la mejor opción de siembra, según las condiciones de la zona fue la remolacha.

Las condiciones de la remolacha exigen un terreno suelto no arcilloso, que le permita desarrollar la hortaliza dentro de la tierra sin obstaculizar el crecimiento de sus raíces, por esto la tierra que se utilizó fue previamente escogida para este fin.

Con la realización de este cultivo, se logró crear un espacio de integración y esparcimiento con los estudiantes del semillero, que a su vez fomentó un sentido de pertenencia y adquisición de conocimientos experienciales para llevar a cabo el adecuamiento del lugar destinado para desarrollar y monitorear el cultivo urbano; esto permitió en los estudiantes, de manera práctica entender algunas generalidades como condiciones de siembra y característica de la hortaliza, que hacen parte significativa en el desarrollo del presente proyecto.

Figura 11. Preparación de la tierra para sembrado de remolacha



Fuente: El Autor.

Para la preparación de este cultivo se utilizó tierra con abono, la cual ya disponía el Colegio Ofelia Uribe de Acosta. En principio, se dispuso una huerta en el suelo (Véase *Figura 12*), que posteriormente se trasladó a una huerta temporal (Véase *Figura 13*), por limitaciones de espacio, pues el primer terreno destinado a la siembra, se encontraba en mantenimiento según indicaciones del colegio.

Figura 12. Huerta Inicial para el sembrado de remolacha



Fuente: El Autor.

Figura 13. Huerta temporal para el sembrado de remolacha



Fuente: El Autor.

En esta huerta temporal, se inició la siembra de la remolacha, teniendo en cuenta los parámetros ya vistos en la *Tabla 2* para su sembrado. Dicha siembra, fue realizada por los estudiantes, con una rigurosa inspección bajo las indicaciones establecidas para la apropiada plantación y utilizando las semillas dispuestas para este propósito (*Véase Figura 14*).

Figura 14. Semillas de remolacha



Fuente: El Autor.

La culminación del proceso de sembrado, generó el espacio para el crecimiento y desarrollo de la remolacha. Esto es fundamental para AGRODROYD, ya que un adecuado entorno que propicie las características esenciales para el desarrollo de la remolacha, hace factible la medición de las principales variables que participan en el crecimiento de la hortaliza (*Véase Figura 15*).

Figura 15. Resultado de la germinación de las semillas.



Fuente: El Autor

8.4. CAPACITACIÓN

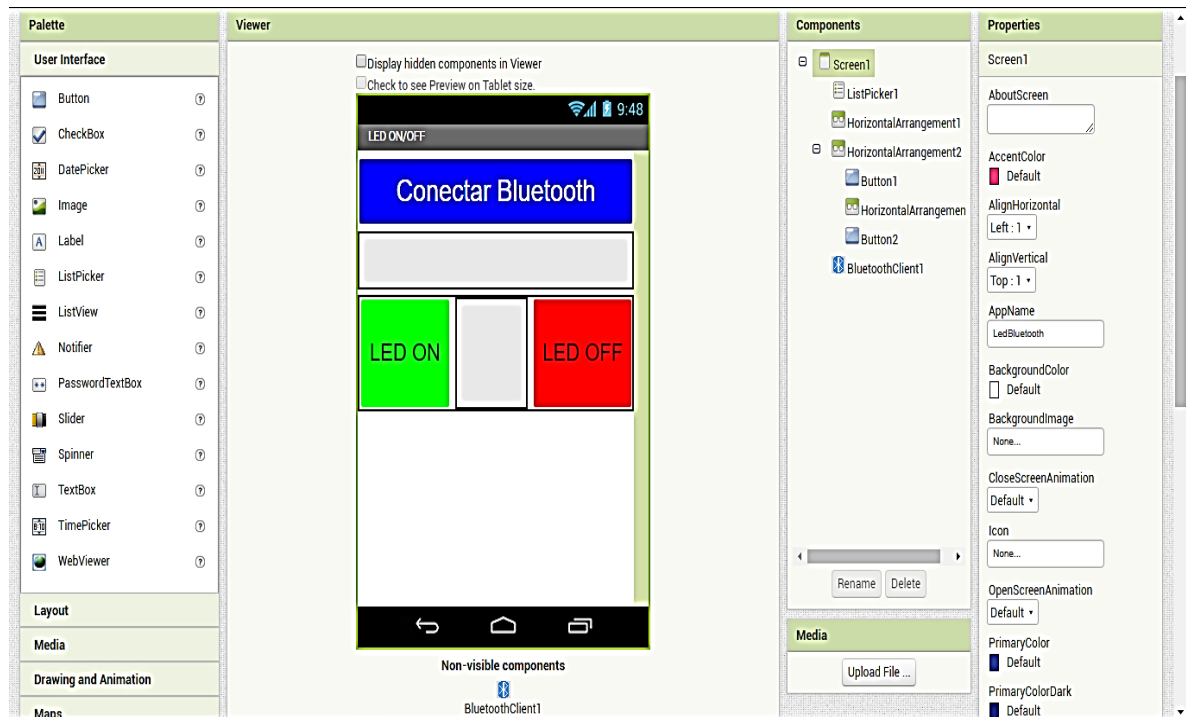
Para la comprensión en los estudiantes del Colegio sobre el sistema utilizado por AGRODROYD, y en contribución a la resolución de los problemas futuros relacionados con el funcionamiento del dispositivo, se manejaron espacios donde los estudiantes tuvieron interacción con las distintas tecnologías que se utilizaron. En primer lugar, se analizaron los sensores para medir las principales variables de la huerta, dejando claro los parámetros y el porqué de la utilización de esos sensores para la realización de este proyecto (*Véase Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5*), con esto se logró una visión clara y concreta sobre el sistema de AGRODROYD por parte de los estudiantes del semillero del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, quienes entendieron puntualmente la función de cada componente de hardware utilizado por AGRODROYD.

Continuando esta explicación y como complemento de lo anterior, se expuso y presentó la interfaz IDE de Arduino, la cual permite programar de manera sencilla. Esto se obtuvo mediante un ejemplo haciendo uso de un bombillo led para una

intermitencia de luz, con el fin de que pudieran ver las instrucciones básicas de programación e interactuaran con el dispositivo. Esto se realizó utilizando el Arduino, lo que *permitió* a los estudiantes, entender de manera fácil y práctica la forma de hacer el cuerpo de una programación en C++ disponiendo de la IDE de Arduino, así adquirieron las capacidades para examinar y evaluar los comandos básicos que se llevó a cabo en la programación para el funcionamiento de AGRODROYD.

Una vez entendido el funcionamiento básico de los sensores y las placas de Arduino, se procedió a explicar a los estudiantes, la creación de aplicaciones para Android mediante App Inventor, realizando una interfaz gráfica similar a la expuesta en la *Figura 16*, enfatizando en los distintos procedimientos que se deben realizar para la creación de esta aplicación, como la colocación de los Buttons, Layouts, ListPiker, Imágenes darle nombre a la aplicación, entre otros.

Figura 16. Interfaz gráfica en App Inventor



Fuente: El Autor.

Esto se realizó porque AGRODROYD contiene una aplicación móvil para Android, que permite monitorear y visualizar las alteraciones que se presentan en las

variables representativas del cultivo de remolacha, por esto la importancia de evaluar cómo fue posible la realización de la aplicación y la tarea que esta cumple.

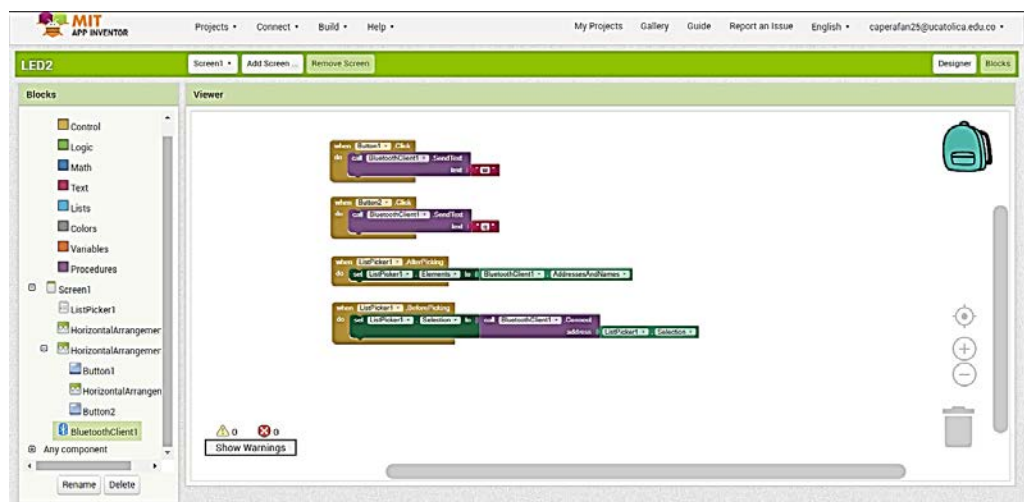
Con la interfaz ya realizada, se procedió a generar la programación de la aplicación, y gracias a la forma didáctica que tiene App Inventor, los estudiantes pudieron entender fácilmente el procedimiento que tiene la aplicación para enviar los datos (Véase Figura 17), los cuales permiten encender o apagar el bombillo led, utilizando variables de tipo Char, que permiten determinar en qué punto se realiza la acción que tiene como fin la aplicación (Véase Figura 18).

Figura 17. Explicación de App Inventor



Fuente: El Autor.

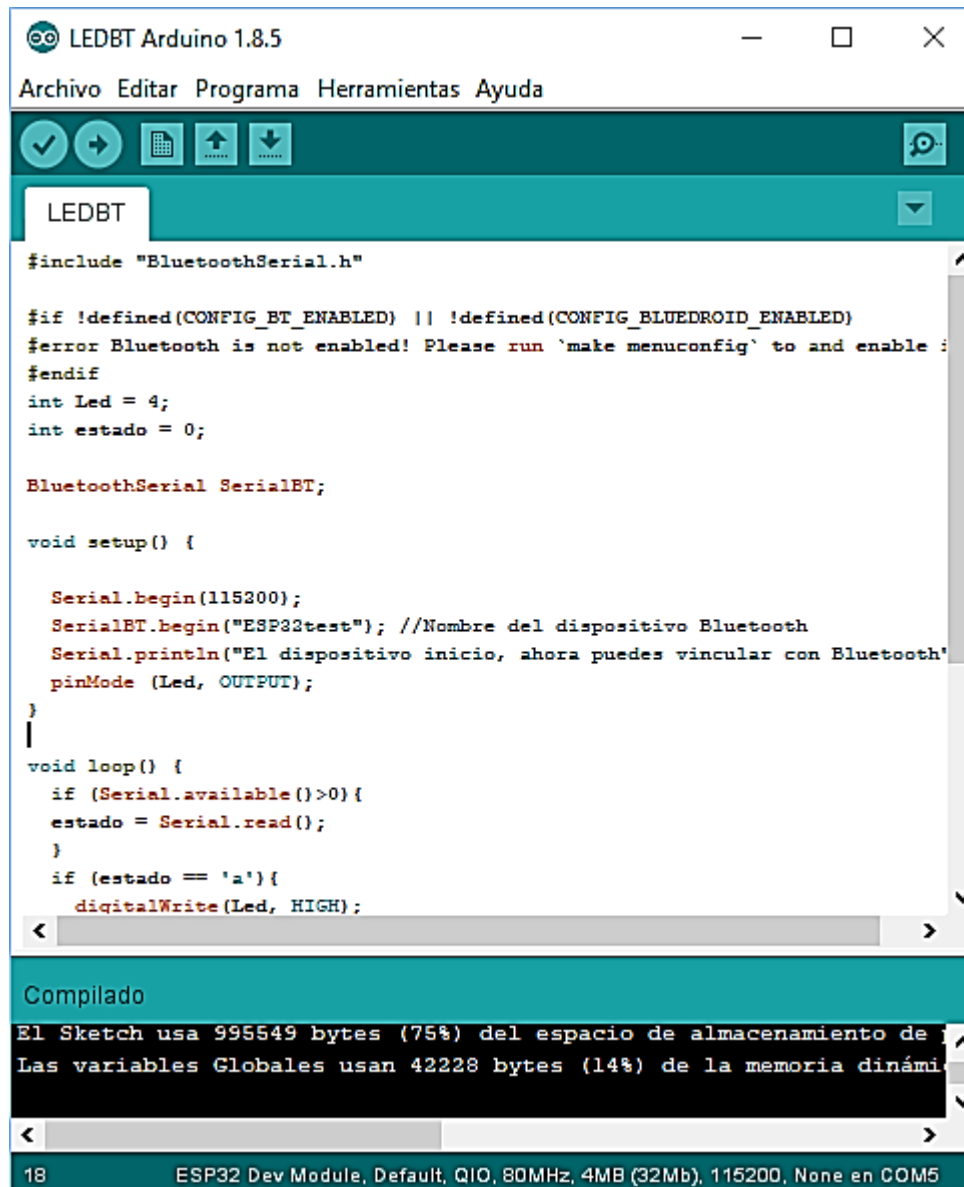
Figura 18. Programación de la aplicación en App Inventor



Fuente: El Autor.

Una vez realizada la aplicación, se procedió a generar la programación en la IDE de Arduino (Véase Figura 19), explicando los distintos procedimientos que se realizó en la programación, mostrando así la conexión que se realiza entre el dispositivo móvil y el ESP32 de manera inalámbrica por Bluetooth (Véase Anexo G).

Figura 19. IDE de Arduino



```
LEDBT Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

LEDBT

#include "BluetoothSerial.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable
#endif

int Led = 4;
int estado = 0;

BluetoothSerial SerialBT;

void setup() {

  Serial.begin(115200);
  SerialBT.begin("ESP32test"); //Nombre del dispositivo Bluetooth
  Serial.println("El dispositivo inicio, ahora puedes vincular con Bluetooth");
  pinMode (Led, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (Serial.available()>0){
    estado = Serial.read();
  }
  if (estado == 'a'){
    digitalWrite(Led, HIGH);
  }
}
```

Compilado

El Sketch usa 995549 bytes (75%) del espacio de almacenamiento de
Las variables Globales usan 42228 bytes (14%) de la memoria dinámi

18 ESP32 Dev Module, Default, QIO, 80MHz, 4MB (32Mb), 115200, None en COM5

Fuente: El Autor.

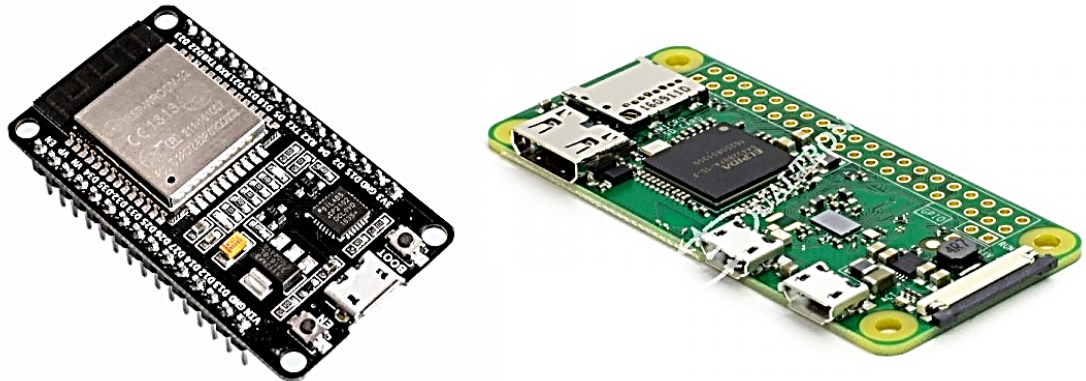
La capacitación para entender el funcionamiento de AGRODROYD, permitió en los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta, un entendimiento claro del tema. Mediante la resolución de inquietudes, presentación de ejemplos y explicación puntual al respecto, los estudiantes del semillero, adquirieron la capacidad de comprender e interpretar como se relaciona cada componente en función al propósito del dispositivo

9. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA AGRODROYD

9.1. DISPOSITIVO AGRODROYD

Para la realización del dispositivo AGRODROYD, se tuvo en cuenta que las diferentes tarjetas desarrolladoras contaran con una conexión inalámbrica, las cuales, podrían suplir las necesidades que este tenía en la implementación en el cultivo urbano, como la facilidad de comprensión educativa que se generó en los estudiantes del Semillero Ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta (Véase *Figura 20*).

Figura 20. ESP32 Y Raspberry Pi Zero



Fuente: Mactronica. ESP32 Y Raspberry Pi Zero. Obtenido de: <http://www.mactronica.com.co>

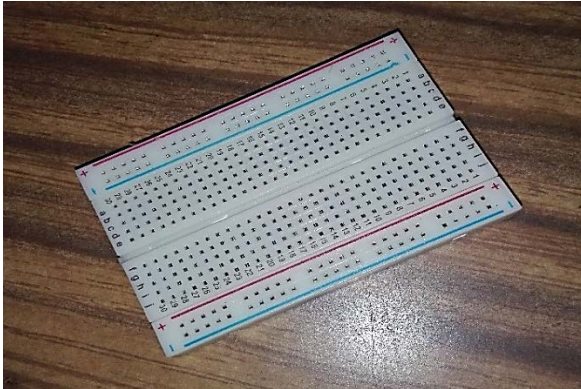
Se escogieron dos posibles tarjetas, las cuales contaban con herramientas que pudiesen suplir las necesidades anteriormente expuestas, estas son el módulo ESP32 y la tarjeta Raspberry Pi Zero, y se presentaron sus principales características (Véase *Tabla 6*).

Teniendo en cuenta las características vistas en la *Tabla 6* **Tabla 6**. Ponderación placa de procesamiento y envío de señales, Se escogió la tarjeta ESP32 para desarrollar el proyecto AGRODROYD, que cumple con las necesidades que se requieren para el dispositivo, además de su bajo precio y fácil accesibilidad.

En el desarrollo del dispositivo, se dispuso de una protoboard que permitiera la conexión sencilla para los distintos elementos que este contiene (Véase

Figura 21), esto con el fin, de que los estudiantes del Semillero Ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta, pudieran disponer de manera fácil de los elementos que contiene el dispositivo, incentivando así, la realización de proyectos futuros, o en su defecto, realizar mejoras en el dispositivo AGRODROYD.

Figura 21. Protoboard ZY-60



Fuente: El Autor

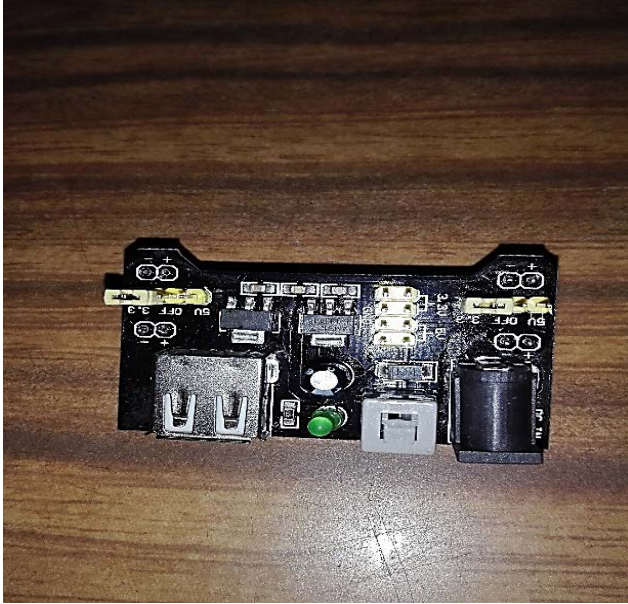
Para la para la alimentación del dispositivo, se utilizó tres baterías en serie de litio de 3.7 Voltios, que lograron un voltaje aproximado de 12 Voltios (*Véase Figura 22*), esto ya que no se pudo disponer de un conector a energía eléctrica. Dicha batería permitió la alimentación de la fuente para protoboard Power MB V2 AMS1117 (*Véase Figura 23*), que se encuentra en el rango de 6.5 y 12 Voltios para su alimentación.

Figura 22. Batería de litio 12 V



Fuente: El Autor

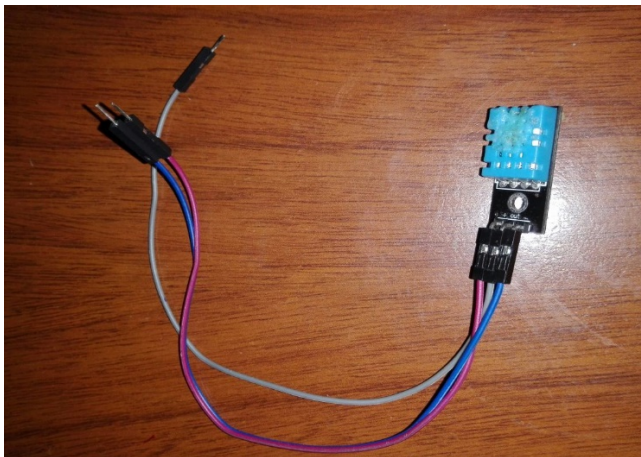
Figura 23. Fuente para protoboard Power MB V2 AMS1117



Fuente: El Autor

La fuente para protoboard Power MB V2 AMS1117, permite disponer de salidas de 3.3 y 5 Voltios, lo que es ideal para la alimentación tanto del ESP32 como de los sensores DHT11 y MSP430. El DHT11 (Véase *Figura 24*), funciona con un voltaje de mínimo 3.3 Voltios hasta 5.1 Voltios (Véase *Tabla 3*), por lo tanto, para asegurar que los datos sensados por el DHT11, no recibieran ninguna perturbación por un bajo voltaje, se decidió alimentar este sensor con los 5 Voltios proporcionados por la fuente para protoboard.

Figura 24. Sensor DHT11



Fuente: El Autor

Para el caso del sensor de pH (Véase

Figura 25), fue necesario alimentarlo con 5 Voltios, por lo tanto, se dispuso de los 5 voltios proporcionados por la fuente.

Figura 25. Sensor MSP430



Fuente: El Autor.

Para el correcto funcionamiento del sensor de pH es necesario realizar una calibración. El sensor MSP430 cuenta con un circuito y la sonda, este circuito cuenta con los siguientes pines:

- VCC: DC 5V+
- GND: DC 5V-
- GND: pH Sensor –
- Po: Salida análoga al sensor de pH
- T1: Salida analógica del sensor de temperatura (LM35)
- T2: Salida digital del sensor de temperatura (DS18B20)

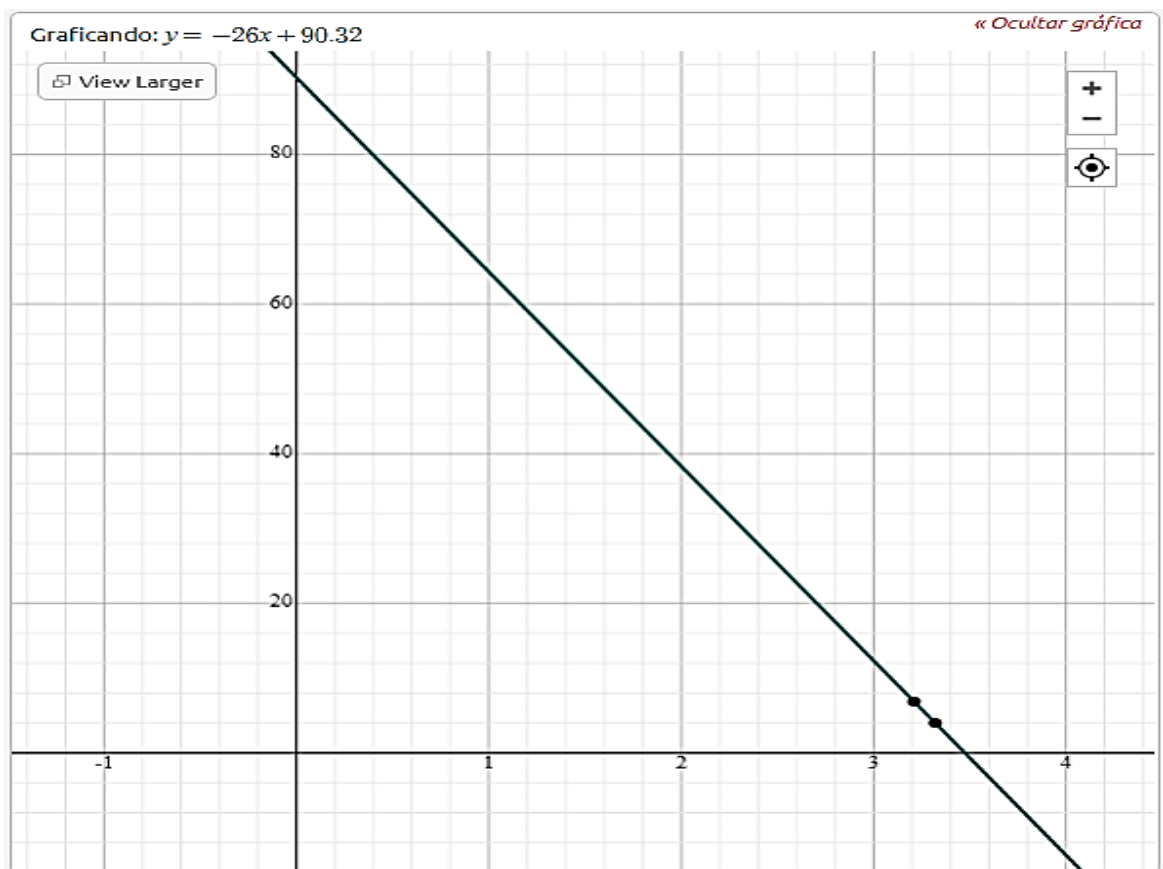
Como se observa en la *Figura 25* en el circuito hay dos potenciómetros. El que se encuentra más cercano al conector BNC de la sonda es el que regula el offset, el otro es del límite de pH. El rango de media de la sonda oscila entre valores negativos y positivos. El 0 representa un pH de 7.0. Para poder utilizarlo con Arduino este circuito añade un valor de offset al valor medido por la sonda, de esta forma el ADC solo tendrá que tomar muestras de valores positivos de tensión. Por lo tanto,

se fuerza a un pH de 7.0 desconectando la sonda del circuito y cortocircuitando la parte interna del conector BNC con la exterior. Con un multímetro se toma el valor de voltaje del pin Po y se ajusta el potenciómetro para que sea 2.5V.

El potenciómetro que controla el límite de pH es para establecer un valor límite del circuito para el sensado de este. Se calculó la conversión del voltaje que se obtiene para el sensor de pH, teniendo dos valores de referencia y midiendo el voltaje que devuelve este en la salida Po.

Utilizando sobres con pH 4.00 y pH 6.86 se obtuvieron voltajes en el pin Po de 3.32 Voltios y 3.21 Voltios. Teniendo en cuenta que el sensor es lineal se utilizaron estos dos puntos para realizar una recta y de esta obtener su ecuación, tomando como valores en el eje X el voltaje y el pH en el eje Y. obteniendo como resultado **$y = -26x + 90.32$** (Véase *Figura 26*), la cual permite linealizar el sensor dentro de la programación mostrada en el *Anexo H*.

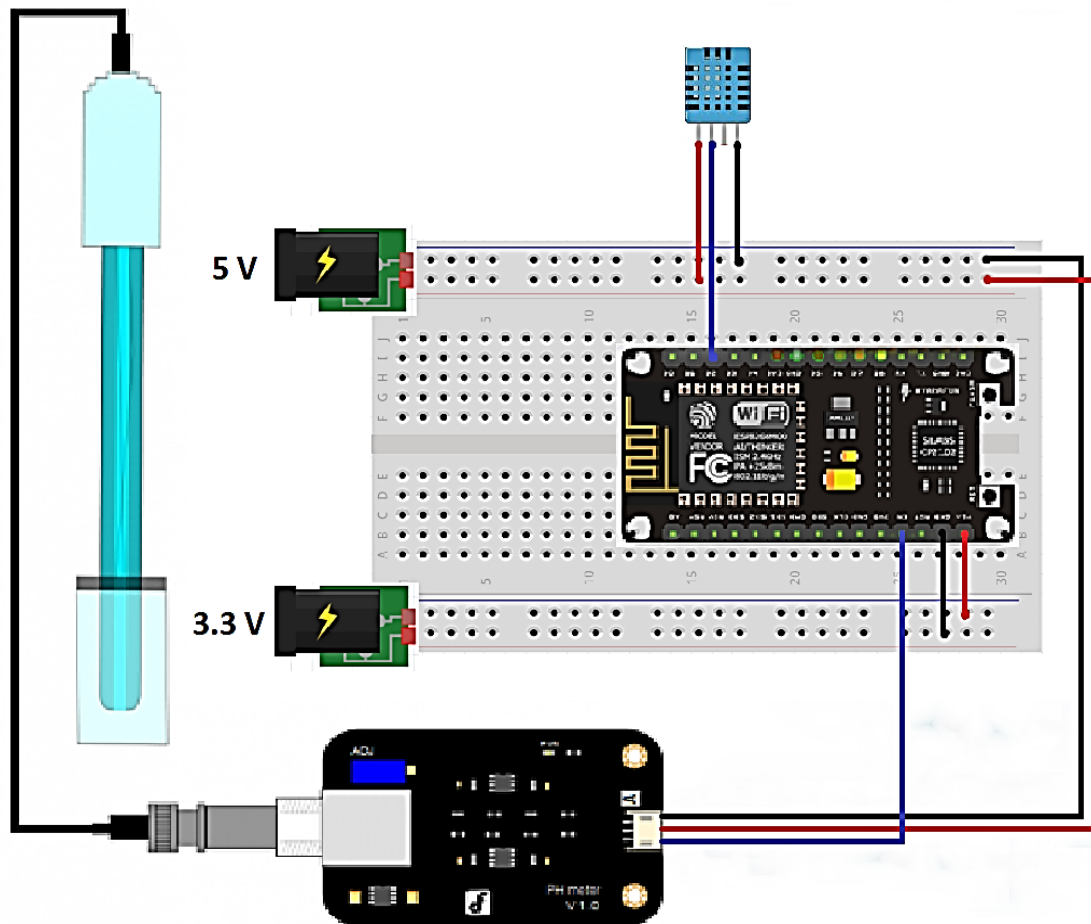
Figura 26. Grafica de linealización.



Fuente: El Autor

Una vez realizada la calibración se pudo conectar el sensor de pH sin problema al dispositivo AGRODROYD. Cada componente ya mencionado, fue destinado a la integración y conformación del dispositivo AGRODROYD, se realizó un diagrama, que permitió ver las conexiones y la distribución de los módulos que lo integraron (Véase *Figura 27*).

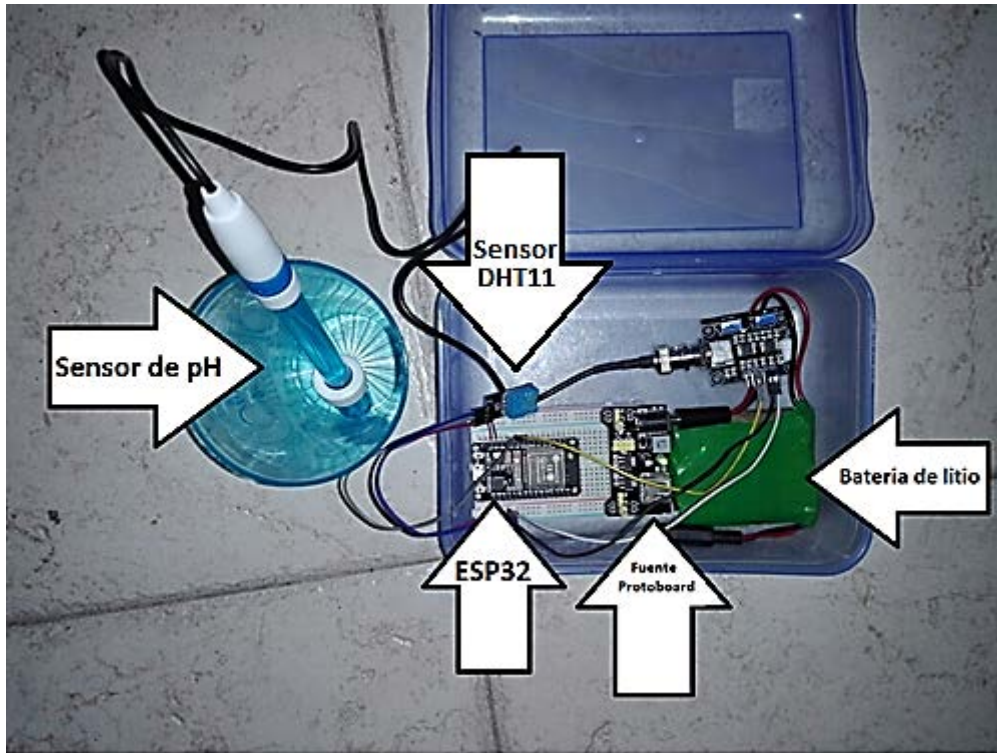
Figura 27. Diagrama dispositivo AGRODROYD



Fuente: El Autor

Con base en el diagrama, se realizó la programación y ensamblaje del dispositivo (Véase *Figura 28*) para realizar la comunicación entre el ESP32 y el servidor Web y su posterior almacenamiento de datos, lo cual permitiría visualizar los datos en la aplicación para Android.

Figura 28. Dispositivo AGRODROYD



Fuente: El Autor

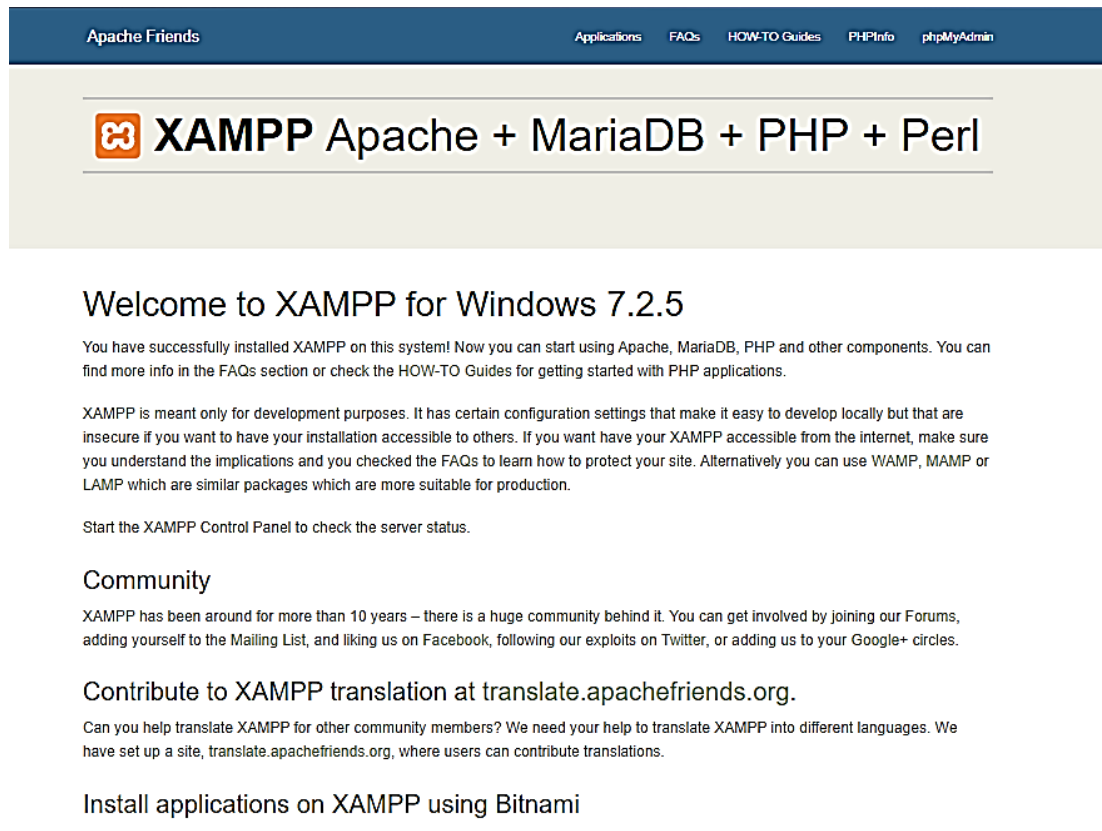
Si bien, la realización del dispositivo presentó inconvenientes por la calibración principalmente del sensor de pH, no se vio afectado el funcionamiento final de AGRODROYD, por la oportuna intervención y corrección del percance. El dispositivo permite la conexión entre los sensores y la base de datos para el óptimo monitoreo de las variables ambientales medidas en el cultivo urbano de remolacha.

9.2. BASE DE DATOS Y SERVIDOR WEB

Por lo general una página web está montada en servidores o hostings que brindan varios servicios. Para la elaboración del servidor web, se procedió a montar en una computadora, un hosting que brinda servicios habituales, para esto se utilizó la herramienta XAMPP (Véase Figura 29) la cual permite tener un servidor web completo para trabajar, incluyendo los servicios de Apache y MySQL. Una vez esté instalado XAMPP se ejecuta y permite tener los distintos servicios de Apache y MySQL.

Luego, desde cualquier navegador se escribe: localhost y se genera una página con la confirmación de XAMPP, exista o no conexión a internet.

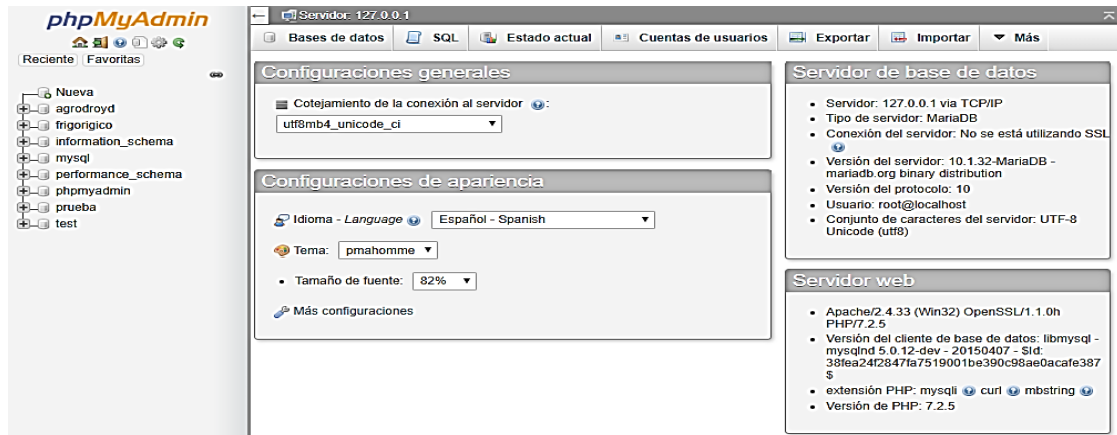
Figura 29. Herramienta XAMPP



Fuente: El Autor

Por lo general usuarios expertos en bases de datos de Lenguaje de Consulta Estructurado SQL (Structured Query Language, por su sigla en inglés) manejan la creación y edición de estas bases de datos a través de una consola. Para crear una nueva base de datos, se dispuso del programa phpMyAdmin (Véase *Figura 30*), que permite administrar y crear una base de datos, mediante una interfaz gráfica de fácil entendimiento para el administrador.

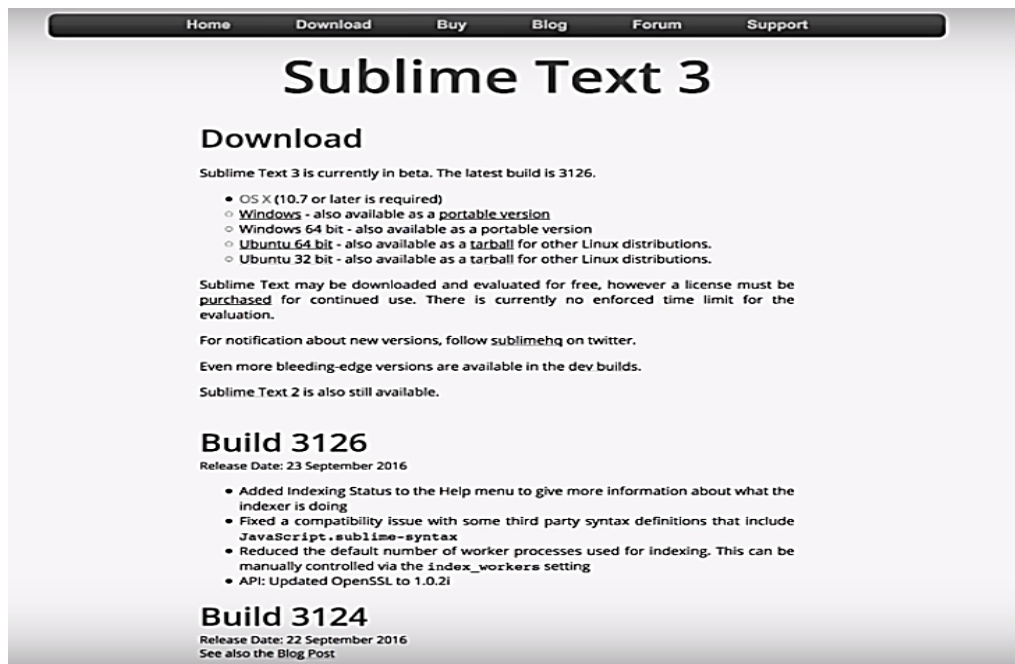
Figura 30. PhpMyAdmin para base de datos



Fuente: El Autor

Se dispuso de un editor de texto llamado Sublime Text 3 (Véase Figura 31). Además, se le adicono un instalador de paquetes al que se le pueden colocar códigos creados por terceros para ayudar a programar.

Figura 31. Programa Sublime Text 3



Fuente: El Autor

Se cargaron todos los repositorios y el primero se llamaba HTMBeautify (este snippet ayuda a mejorar la apariencia de un código y ordenarlo). El segundo repositorio a instalar fue SublimeLinter (Véase *Figura 32*)

Figura 32. Repositorio SublimeLinter

```
1 Package Control Messages
2 =====
3
4 SublimeLinter
5 -----
6
7
8
9
10 SublimeLinter
11
12
13
14
15 Welcome to SublimeLinter, a linter framework for Sublime Text 3.
16
17     * * * IMPORTANT! * * *
18
19     SublimeLinter 3 is NOT a drop-in replacement for
20     earlier versions.
21
22     Linters *NOT* included with SublimeLinter 3,
23     they must be installed separately.
24
25     The settings are different.
26
27     * * * READ THE DOCS! * * *
28
29     Otherwise you will never know how to install linters, nor will
30     you know about all of the great new features in SublimeLinter 3.
31
32     For complete documentation on how to install and use SublimeLinter,
33     please see:
34
35     http://www.sublimelinter.com
36
37
```

Fuente: El Autor

Se llevó a cabo una verificación de los repositorios colocando “<HTML” en el programa y este predijo lo que se iba a escribir, lo cual permite crear el esqueleto de una página web entre las que se encuentran las etiquetas de título (Véase *Figura 33*).

Figura 33. Esqueleto página web

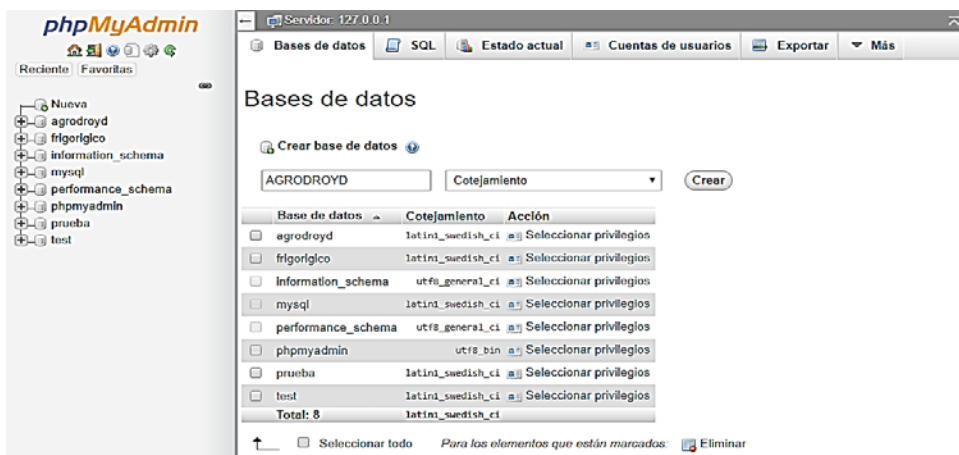
```
prueba1.html x
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4   <title></title>
5 </head>
6 <body>
7
8 </body>
9 </html>
```

Fuente: El Autor

Posteriormente se abrió el navegador, se escribió localhost/prueba.html que permitió visualizar la página web creada, de ser modificados los códigos ya no se altera la página web, sólo se adiciona el texto demás que se coloque. Cuando se modifican los códigos y aparece un punto en el nombre de la ventana, significa que no se han guardado los cambios, teniendo esto, en el navegador se escribió la dirección localhost/phpmyadmin/

Como se muestra en la *Figura 34* la página presenta el almacenamiento de datos y un permiso para que los usuarios se registren.

Figura 34. Base de Datos phpMyAdmin



Fuente: El Autor

Para la base de datos, fue necesario registrar toda la información que requería siguiendo los siguientes ítems:

- Registrar todos los datos que se requieran.
- Crear una tabla llamada Datos: Se va encargar de registrar la información que envían.
- Se debe especificar el número de columnas, la primera columna va a tener de nombre Id (siempre es recomendable que cuando se ingresen los datos cada uno de esos dispositivos tenga un id o número de identificación)
- En la primera casilla se va a elegir qué tipo de dato es el Id (numero entero INT)
- En la siguiente, se registra la longitud máxima que puede adquirir ese entero (con el tiempo se puede modificar, pero 10 dígitos es una buena cifra).
- En la segunda columna se coloca la fecha en el que ingresa ese dato.
- El tipo de dato que se elige es TIMESTAMP
- En la casilla Predeterminado se coloca “CURRENT_TIMESTAMP” para que cada vez que entre un dato automáticamente ponga como fecha la hora actual y posteriormente se llena la tabla con los datos faltantes (Véase Figura 35).

Figura 35. Tabla de la base de datos.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'agrodroyd'. The table 'datos_sensores' is selected, and its structure is displayed. The table has five columns: 'id' (int(10), PRIMARY), 'Fecha' (timestamp, CURRENT_TIMESTAMP), 'Temperatura' (float(4,2)), 'Humedad' (float(5,2)), and 'pH' (float(4,2)). Below the table structure, there are options to add a new column and a section for indices. The 'Índices' section shows a PRIMARY index on the 'id' column.

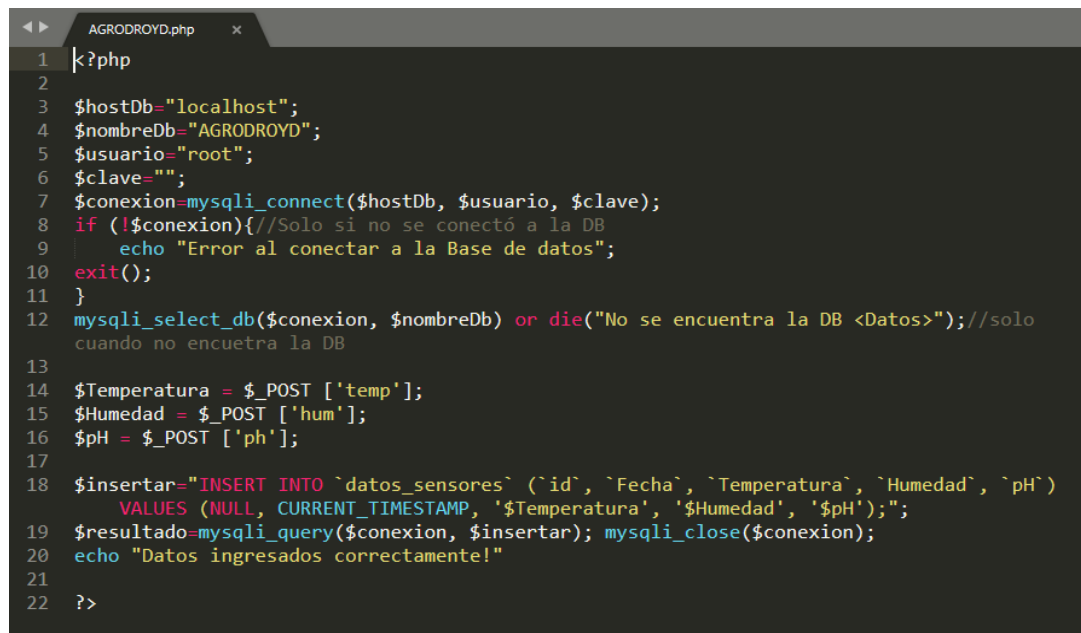
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id	int(10)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	Fecha	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	No	CURRENT_TIMESTAMP		ON UPDATE CURRI
3	Temperatura	float(4,2)			No	Ninguna		
4	Humedad	float(5,2)			No	Ninguna		
5	pH	float(4,2)			No	Ninguna		

Fuente: El autor

Finalmente se hizo clic en Examinar, y ya está la tabla de datos creada con sus correspondientes datos.

Para realizar el envío de datos se utilizó el protocolo TCP, con el fin de mantener los datos en una transmisión segura, de esta manera se evidenció si los datos se encontraban o no transmitiéndose, se realizó la función conectar, con el fin de estar informando a la base de datos si la información se encontraba ingresando de manera correcta, esta función se encontraba en el archivo PHP principal, los cuales ingresaron desde el módulo ESP32, con los valores de las variables ambientales medidas (Véase Figura 36).

Figura 36. Datos conectar



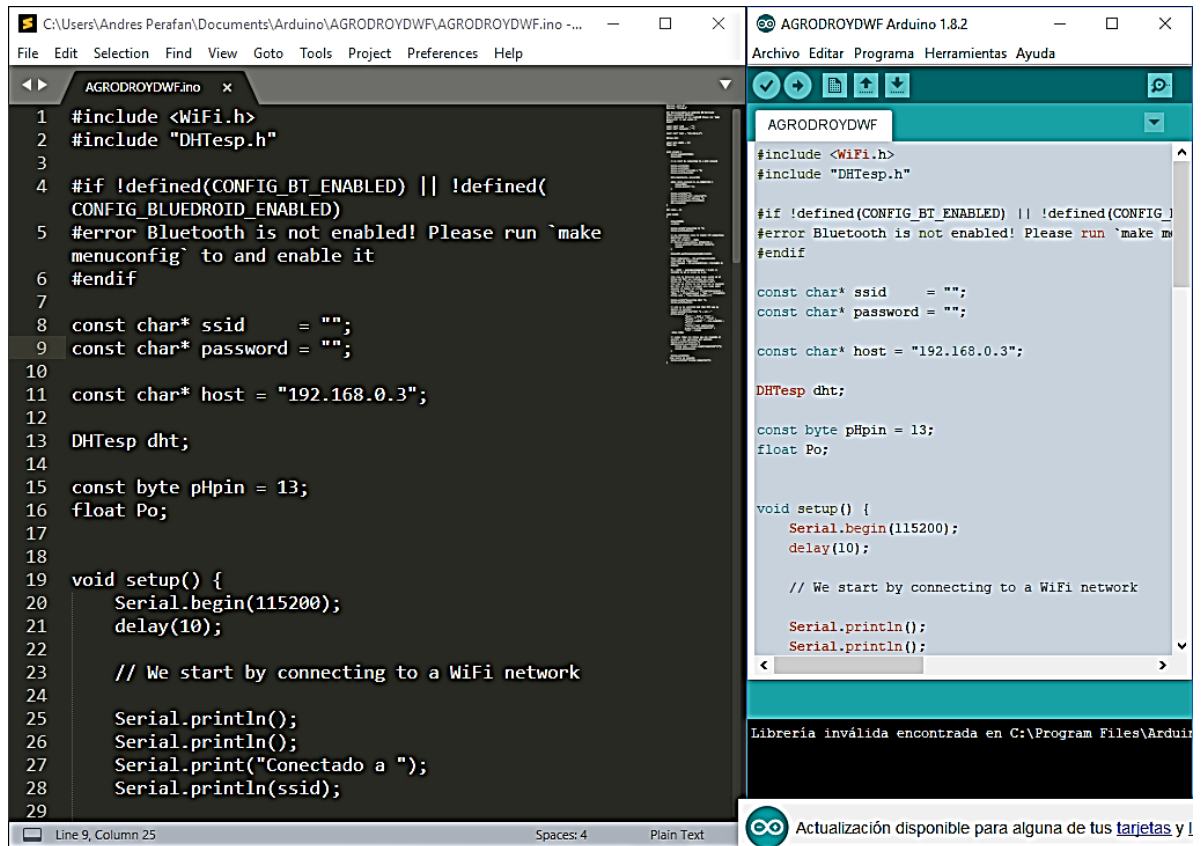
```
AGRODROYD.php x
1 <?php
2
3 $hostDb="localhost";
4 $nombreDb="AGRODROYD";
5 $usuario="root";
6 $clave="";
7 $conexion=mysqli_connect($hostDb, $usuario, $clave);
8 if (!$conexion){//Solo si no se conectó a la DB
9     echo "Error al conectar a la Base de datos";
10    exit();
11 }
12 mysqli_select_db($conexion, $nombreDb) or die("No se encuentra la DB <Datos>");//solo
    cuando no encuentra la DB
13
14 $Temperatura = $_POST ['temp'];
15 $Humedad = $_POST ['hum'];
16 $pH = $_POST ['ph'];
17
18 $insertar="INSERT INTO `datos_sensores` (`id`, `Fecha`, `Temperatura`, `Humedad`, `pH`)
    VALUES (NULL, CURRENT_TIMESTAMP, '$Temperatura', '$Humedad', '$pH')";
19 $resultado=mysqli_query($conexion, $insertar); mysqli_close($conexion);
20 echo "Datos ingresados correctamente!"
21
22 ?>
```

Fuente: El Autor

Es importante ver que desde la base de datos que proporcionó phpMyAdmin, se obtuvo información importante como la fecha y hora en la cual ingreso el dato, estos también pueden ser agregados a la aplicación para así poder observar que tan actualizada se encuentra la información que presenta la aplicación.

Gracias al módulo ESP32, se dispuso de librerías las cuales permiten optimizar la programación. Utilizando el "sublime text 3" se logró ver la programación del Arduino y editarla. Desde allí se realizaron los procedimientos de edición más fácil, ya que la visualización de los datos HTML creados con anterioridad para la base de datos, permite ver los datos. Desde allí se definió el password y la SSID de la red que requiere AGRODROYD (Véase Figura 37).

Figura 37. Programación de Arduino en Sublime Tex 3



Fuente: El Autor

Una vez realizada la conexión entre el Servidor Web y el ESP32, se visualizó en la prueba si la conexión se realizó de forma correcta en el monitor serie, ya que en este se indica si la tarjeta se encuentra conectada o no. Al ingresar a la base de datos fue posible evidenciar que la conexión se realizó de forma correcta (es de anotar que las páginas de la base de datos se irán llenando a medida que se envía información a esta). Es entonces como los datos, ingresan a la plataforma donde se encuentra contenida la base de datos, y de manera instantánea se trasfiere a la aplicación móvil.

9.3.INTERFAZ DE USUARIO

Con el fin de que el usuario pudiese verificar los datos obtenidos por los sensores, y así poder realizar acciones en el cultivo, se diseñó una interfaz de usuario, utilizando la herramienta MIT App Inventor (Véase Figura 38), ya que su utilización es de manera gratuita y posibilita realizar aplicaciones para Android de manera

lúdica, esto permitió el fácil entendimiento de la aplicación en los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta.

Figura 38. MIT App Inventor

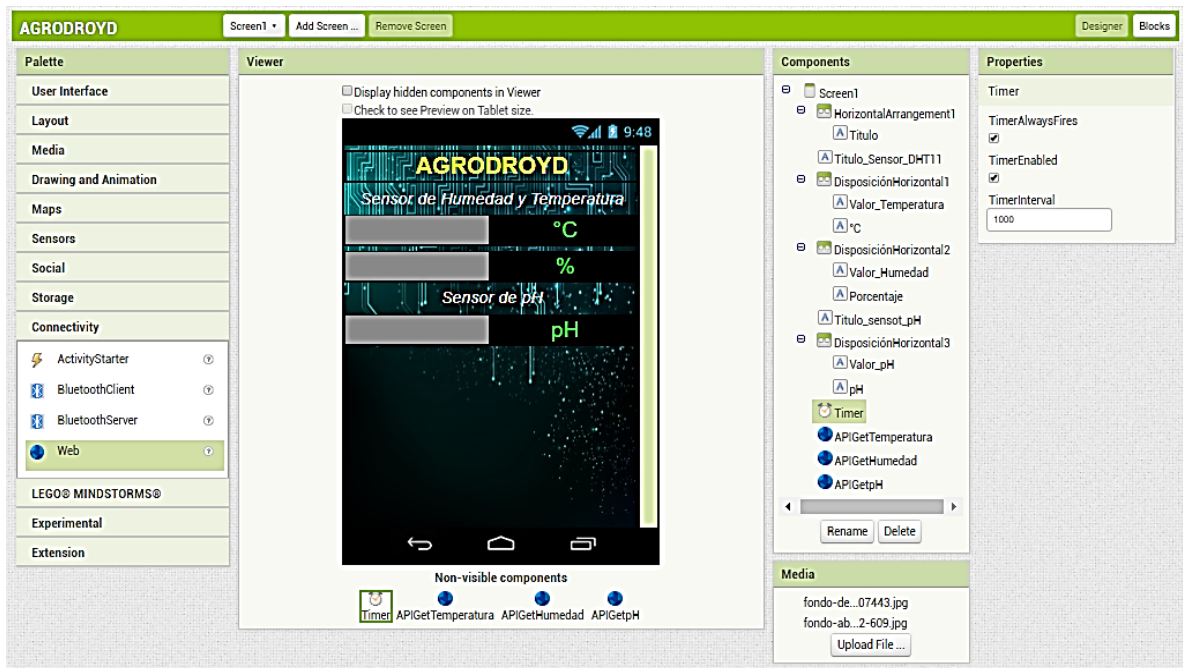


Fuente: MIT App Inventor. Obtenido de: <http://appinventor.mit.edu/explore/>

Se realizó una interfaz gráfica, teniendo en cuenta el previo diseño de la base de datos, la cual será la que alimente de información a la aplicación, donde a su vez, se encuentra conectada con el ESP32 y los distintos sensores.

MIT app Inventor, es una plataforma que permite realizar muchas operaciones según la necesidad, además que su estructura, permite manejar la interfaz para que esta sea cómoda para el usuario (Véase Figura 39).

Figura 39. Aplicación de AGRODROYD en MIT App Inventor



Fuente: El Autor

La interfaz contiene diferentes Label, ubicados en Layouts, los cuales permiten ubicar de mejor manera los lugares donde irán las variables de los sensores, esto básicamente define lo visible para el usuario. Para la programación de la interfaz, se utiliza los diagramas de bloques de MIT app Inventor, los cuales permiten la programación de los Label que contiene la interfaz, para asignar así los valores tanto de temperatura, humedad y pH (*Véase Anexo I*), estos valores vienen directamente desde la base de datos y tienen un determinado tiempo de actualización, que permitirá al usuario tener los datos en tiempo real, de esta manera se pueden realizar las acciones que sean necesarias para el óptimo desarrollo del cultivo.

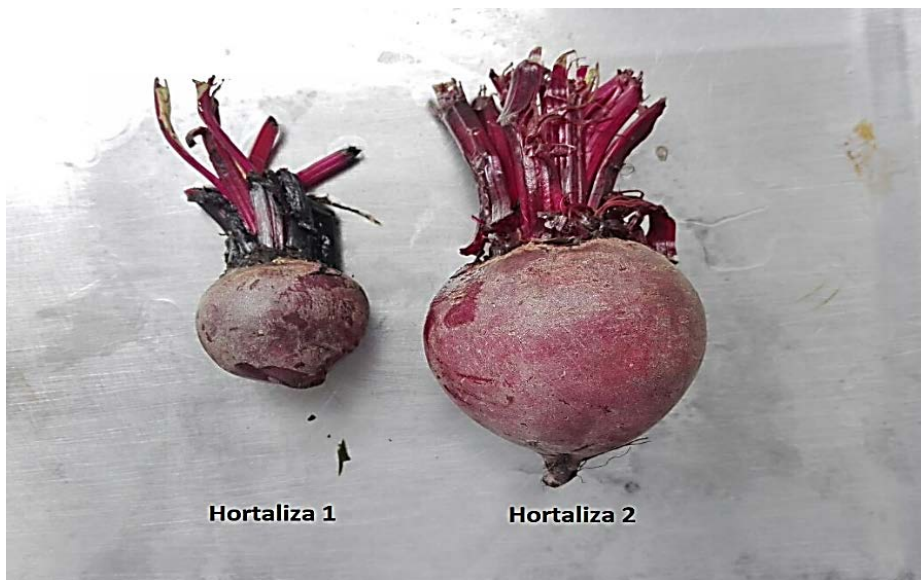
10. CALIFICACION DEL PRODUCTO

Este capítulo, se fundamentó: teniendo en cuenta el Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, calificando el producto a entregar, mediante los cuatro ítems para la calidad de estos alimentos que presenta dicho manual. Los cuatro ítems son, apariencia, flavor, valor nutritivo y seguridad alimentaria, es importante resaltar que los dos primeros ítems son cualitativos, mientras los segundos, son cuantitativos.

La calidad en un producto, principalmente en los alimenticios es fundamental, ya que de esto depende la satisfacción del consumidor y los beneficios que el alimento trae para con él, por esto se realizó esta calificación, ya que AGRODROYD, además de presentar un dispositivo para monitoreo de variables ambientales significativas en una huerta urbana, pretende dar como resultado, un producto alimenticio con calidad, que se deriva, de las oportunas acciones que se tomaron en el cultivo teniendo en cuenta, las alteraciones ambientales que pudieran afectar el cultivo en su desarrollo.

Como primera medida se optó por comparar la hortaliza obtenida a partir del cultivo urbano de remolacha “Hortaliza 1”, con una hortaliza, que se adquirió en el mercado “Hortaliza 2” (Véase *Figura 40*)

Figura 40. Hortaliza 1 y 2



Fuente: El Autor

Esto con el fin de determinar en qué grado de calidad cumple la hortaliza 1, los 4 ítems propuestos en el Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, frente a la hortaliza 2 que se infiere ya debió haber pasado por una evaluación de calidad y seguridad alimentaria. Esto permite determinar si la opción de cultivo, el sistema de monitoreo y las acciones para contrarrestar los efectos negativos que puede causar la alteración de variables ambientales, fueron efectivos y viables para el desarrollo del presente proyecto.

De esta manera, se tuvieron en cuenta los ítems anteriormente ya nombrados, los cuales nos permiten tener características tanto cualitativas como cuantitativas que determinaron la calidad de la Remolacha.

10.1. APARIENCIA

Teniendo en cuenta las características que tiene una remolacha en óptimo estado, se decide calificar la apariencia de manera cualitativa con respecto a la observación y comparación frente a la remolacha comprada en el mercado. La ausencia de manchas en el fruto, el color de las hojas y la presencia de raíces firmes son el estándar general guía para determinar en qué estado se deben encontrar en lo que a apariencia respecta.

Como se observa en la *Figura 40*, el tamaño de la hortaliza comprada en el mercado es mucho mayor a la germinada en el cultivo urbano ya que el tiempo de maduración de la remolacha no se cumplió en su totalidad, lo que influyo en su crecimiento.

La hortaliza del cultivo urbano no presenta manchas en ninguna de sus hojas ni en su fruto, lo que permitió evidenciar que el monitoreo en los huertos urbanos permite mejorar la calidad de la planta ya que se pueden tomar decisiones oportunas ante los cambios presentes en el ambiente.

Se observa en la *Figura 41*, que la hortaliza 1 presenta el color rojizo purpura, típico en las remolachas, aunque su dureza al tacto es mayor a la hortaliza 2 debido a su falta de madurez.

Figura 41. Remolacha resultante del sembrado en el cultivo urbano “Hortaliza 1”



Fuente: El Autor

El anterior ítem permite determinar que la remolacha sembrada en el cultivo urbano, presenta una excelente apariencia a pesar de que se encuentre aún en estado de inmadurez.

10.2. FLAVOR

Entendido el flavor como el sabor de la hortaliza para este caso, se tiene que una remolacha en adecuadas condiciones presentará un sabor dulce, teniendo en cuenta que contiene una elevada proporción de azúcares.

Para el caso en particular, debido a las limitaciones de tiempo, el fruto no pudo estar en su auge de maduración óptima, lo que repercutió en un sabor dulce, pero no el acostumbrado por el de la remolacha, por lo tanto, se considera que el producto presenta calidad frente a las características normales del flavor, ya que a pesar de que el fruto no se encuentra en óptimas condiciones para el consumo por su prematura cosecha, no varía significativamente el sabor en comparación a la remolacha que se encuentra en óptimas condiciones para el consumo.

10.3. VALOR NUTRITIVO

Según el Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, la obtención de los sólidos solubles permite determinar el valor nutritivo que tiene un determinado producto. Teniendo en cuenta que, para obtener dichos sólidos, es necesario conocer los grados Brix de la hortaliza, se decidió realizar la toma de estos datos con una persona que oriento el proceso, en uno de los laboratorios que hacen parte de la Universidad Católica de Colombia. La facilidad para acceder a estos espacios e instrumentos de medición como el refractómetro (*Véase Figura 42*), posibilitó hacer las adecuadas pruebas para determinar el valor nutritivo en la remolacha.

Figura 42. Refractómetro



Fuente: El Autor

Para iniciar la toma de estos datos, se dispuso de la remolacha obtenida en el cultivo urbano y la comprada en el mercado. Como primer paso, se midieron los pesos de una muestra tomada en cada una de las remolachas y puestas en una báscula, se adecuó el tamaño de la porción para las dos muestras, obteniendo un peso de 3.98 gramos en ambas (*Véase Figura 43 y Figura 44*).

Figura 43. Peso Muestras Remolacha



Fuente: El Autor

Figura 44. Muestra Remolacha 1 y 2



Fuente: El Autor

Una vez pesadas las muestras se procedió a macear las muestras para obtener una textura suelta, esto con el fin de poder realizar la muestra de los grados Brix (Véase Figura 45 y Figura 46).

Figura 45. Muestra 1 Maceada.



Fuente: Elaboración Propia

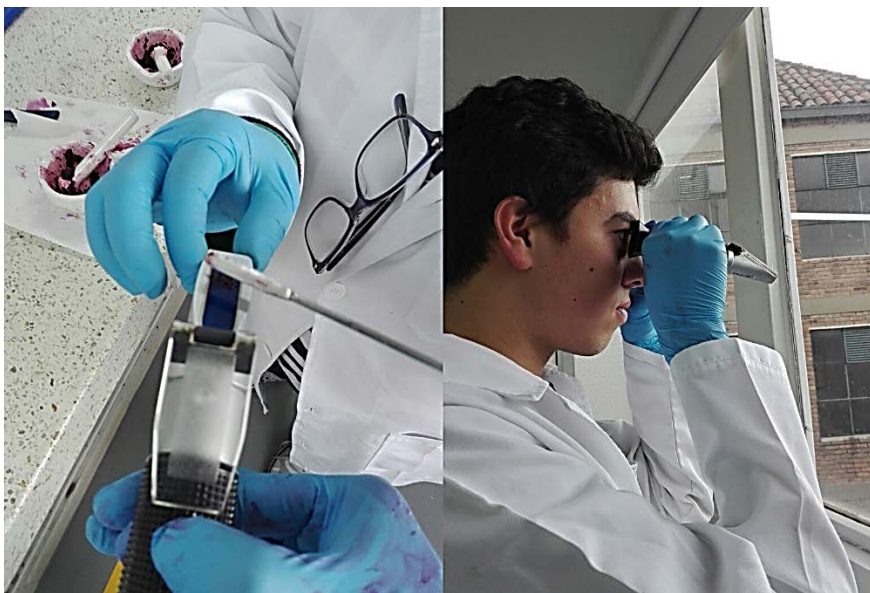
Figura 46. Muestra 2 Maceada



Fuente: Elaboración propia

Obtenida una contextura suelta en ambas muestras, se procedió a agregar una muestra de cada una en el refractómetro, lo cual permitió la lectura de los grados Brix para cada remolacha (Véase *Figura 47*).

Figura 47. Medición grados Brix



Fuente: El Autor

Se obtuvo entonces como resultado, los valores puestos en la *Tabla 8*

Tabla 8. Resultados lectura de grados Brix

N° Muestra	Brix %
Muestra 1	7.9
Muestra 2	8.05

Fuente: El Autor

Se evidencia en la *Tabla 8*, que los valores de grados Brix entre las dos muestras no son alejados, por lo tanto, la cantidad de azúcares y sólidos solubles se asemeja, ya que en una solución de 10 grados Brix contiene alrededor de 10 gramos de azúcar por cada 100 gramos de solución, de esta forma, se puede obtener la cantidad de azúcares en nuestra remolacha.

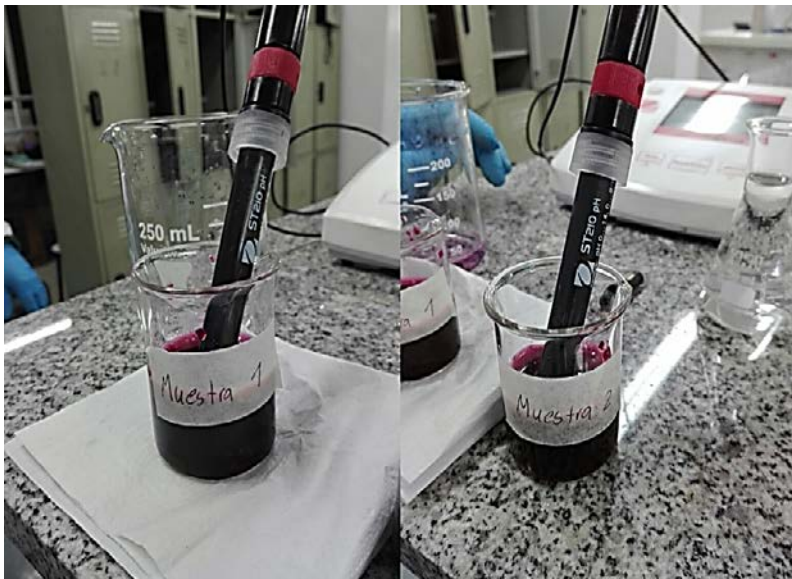
10.4. SEGURIDAD

La seguridad en un producto agrícola es fundamental, ya que consiste en la ausencia de sustancias que puedan ser perjudiciales para la salud del consumidor en la hortaliza, en la actualidad, la mayor preocupación se deriva por los plaguicidas que se esparcen en los cultivos, para este caso, durante la germinación del cultivo, no se agregó ningún tipo de plaguicida, por lo que la remolacha, hecha en el huerto urbano, no poseía ningún tipo de peligro en cuanto a ese tema, más sin embargo, se decidió examinar las condiciones de las dos remolachas en un microscopio ya que existen factores como el CO₂ o partículas que pueden generar algún tipo de daño para la salud del consumidor, de esta forma se observaría si se encontraban libres de impurezas o no.

Se pudo analizar que ambas muestras, mantenían un color constante, no se veían manchas o líneas de otros colores que pudieran evidenciar la presencia de hongos, o gusanos (teniendo en cuenta que estos pueden aparecer desde el inicio de la germinación de la hortaliza), que se encontraran en el fruto, de esta manera se pudo dar un visto bueno para la remolacha producida en el huerto urbano.

Aun así, se hizo conveniente medir el pH del fruto, ya que esto permitió tener más criterios de discusión en cuanto a la calificación de la calidad del producto (Véase *Figura 48*).

Figura 48. Lectura de pH en las muestras



Fuente: El Autor

Figura 49. Valor de pH en muestras



Fuente: El Autor

Como se aprecia en la *Figura 49*, ambas lecturas se encuentran en el rango de pH para la remolacha visto en la *Tabla 2*, pero teniendo en cuenta que su pH óptimo es de 7, el valor que más se aproxima es el de la muestra 2, la cual fue la remolacha comprada en el mercado, esto se debe principalmente a la falta de madures de la germinada en el cultivo urbano.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la integración final de las unidades anteriores, fue posible presentar los resultados que permitieron indagar y analizar el comportamiento del cultivo, las variables ambientales, el dispositivo en sí mismo y la proyección social.

El terreno que se dispuso para la siembra de la remolacha, presentó algunos limitantes que irrumpieron en el desarrollo normal del cultivo. Un terreno demasiado arcilloso alteraba la correcta germinación de las semillas de remolacha, es por esto que se escogió un terreno apto dentro del colegio, sin embargo, por indicaciones administrativas, el cultivo tuvo que ser trasplantado a un huerto temporal, en dónde se desarrolló hasta obtener una hortaliza no madurada en su totalidad por limitaciones de tiempo, pues los tiempos de ejecución del proyecto estaban sujetos a la implementación del dispositivo.

Conforme se integraron los componentes del dispositivo, surgió un inconveniente en cuánto a la fuente de alimentación ya que no se podía suplir solo un voltaje porque el DHT11 contaba con un voltaje de 3.3 voltios y los sensores de 5 voltios, por lo tanto se determinó recurrir a una adecuación que permitiera alimentar el ESP32 que conjuntamente se provee de la fuente de alimentación Power MB V2 AMS1117 y se encuentra conectada a 3 pilas de litio en serie que le proveen aproximadamente 12 Voltios. Teniendo en cuenta que la fuente puede proveer voltajes de 3.3 voltios para la placa ESP32 y 5 voltios para los sensores se decidió acondicionar la fuente de alimentación a la Protoboard. La tasa promedio transmisión de información que AGRODROYD presentó de manera general oscilan en un rango de 15 a 40 segundos.

Por otra parte, el sistema de comunicación durante las pruebas fue posible mediante el uso de una Red de Área Local proporcionada por un servidor aparte al del Colegio Ofelia Uribe de acosta, ya que esta red es privada y manejada por el estado, lo que no permite la conexión de dispositivos nuevos sin previa autorización. Teniendo en cuenta que dicha autorización dura un determinado tiempo y además se requiere de un login, el cual no se proporciona en una página, sino directamente desde los ajustes del panel de control de una computadora, lo cual dio como resultado el complicado acceso del ESP32 a la red, por esto se recurrió a la red de área local mencionada antes para las pruebas y tomas de datos de este proyecto, sin embargo, un anterior enfoque obedecía al uso de una red WAN que no fue posible en términos de acceso por motivos económicos.

Los sensores de humedad relativa y temperatura registraron un promedio de 77% y 18.6° C respectivamente durante algunos días del mes de abril, teniendo en cuenta

que el porcentaje óptimo de humedad relativa en la remolacha es del 85% y la temperatura óptima es de 20°C se infiere que las variables ambientales se encontraron por debajo de los requerimientos del cultivo en cuestión, no obstante la temperatura no generó una influencia de gran magnitud puesto que la remolacha en particular soporta temperaturas desde los 4°C hasta los 30°C. Con el fin de aumentar la humedad relativa de la planta se hizo uso de aspersores de agua, para rociar el cultivo, mayormente hacia hora del medio día.

Es importante señalar que el sensor MSP430 es un dispositivo, que puede obtener una medición efectiva de la variable pH, pero genera una complicación en su calibración, ya que se sale de los parámetros impuestos muy frecuentemente. Esto se debe a la comparación que este realiza entre el líquido a medir y la solución líquida que este dispone para hacer la comparación de pH. Debido a que el cultivo es en tierra, se hace necesario la medición del pH diluyendo la tierra en un compuesto líquido, idealmente agua destilada, lo que requiere una acción manual por parte del usuario. El pH óptimo para la remolacha está en un rango de 5.5 y el 7. El resultado que arrojó el sensor MSP430 fue de aproximadamente 7, por esto se decidió incorporar al cultivo materia orgánica que puede reducir gradualmente el pH del suelo.

El producto final del cultivo, permitió inferir que la implementación de AGRODROYD ayudó en el crecimiento y óptimo desarrollo de la hortaliza, gracias a las oportunas acciones que se tomaron frente a las alteraciones ambientales, entregando así un producto el cual pasó por los estándares básicos de calidad, más sin embargo, se debe realizar la implementación de dicho dispositivo en otros cultivos para determinar así si del dispositivo permite evidenciar calidad en otros productos (Véase *Figura 50*).

Figura 50. Dispositivo AGRODROYD implementado en el cultivo.



Fuente: El Autor

En el ámbito social se permitió en los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta, un entendimiento claro del tema. Mediante la resolución de inquietudes, presentación de ejemplos y explicación puntual al respecto, los estudiantes del semillero, adquirieron la capacidad de comprender e interpretar como se relaciona cada componente en función al propósito del dispositivo.

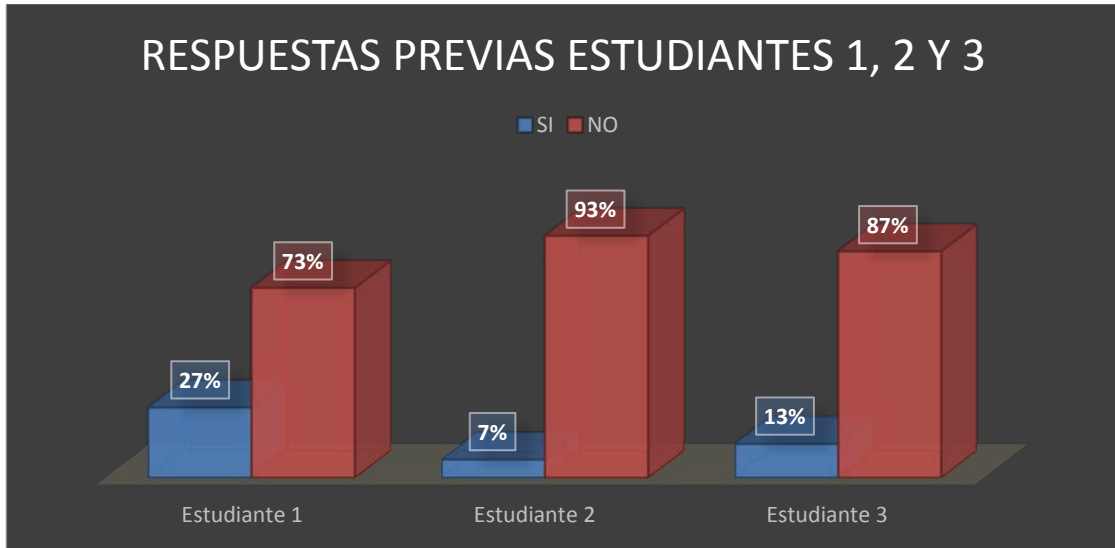
Se realizó un análisis del aumento de sus conocimientos, realizando una prueba al inicio y al final del proyecto (véase Anexo A, Anexo B, Anexo C, Anexo D, Anexo E y Anexo F), de esta manera, se pudo sintetizar el porcentaje de conocimiento que pudieron adquirir los estudiantes durante el desarrollo de este. Se determinó utilizar valores de 0 a 1 para poder realizar la gráfica de conocimiento previo en los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, donde 0 significa una respuesta negativa en la prueba y 1 una respuesta positiva (Véase Figura 51).

Figura 51. Análisis evaluación de conocimientos previos estudiante 1,2 y 3



Fuente: El Autor

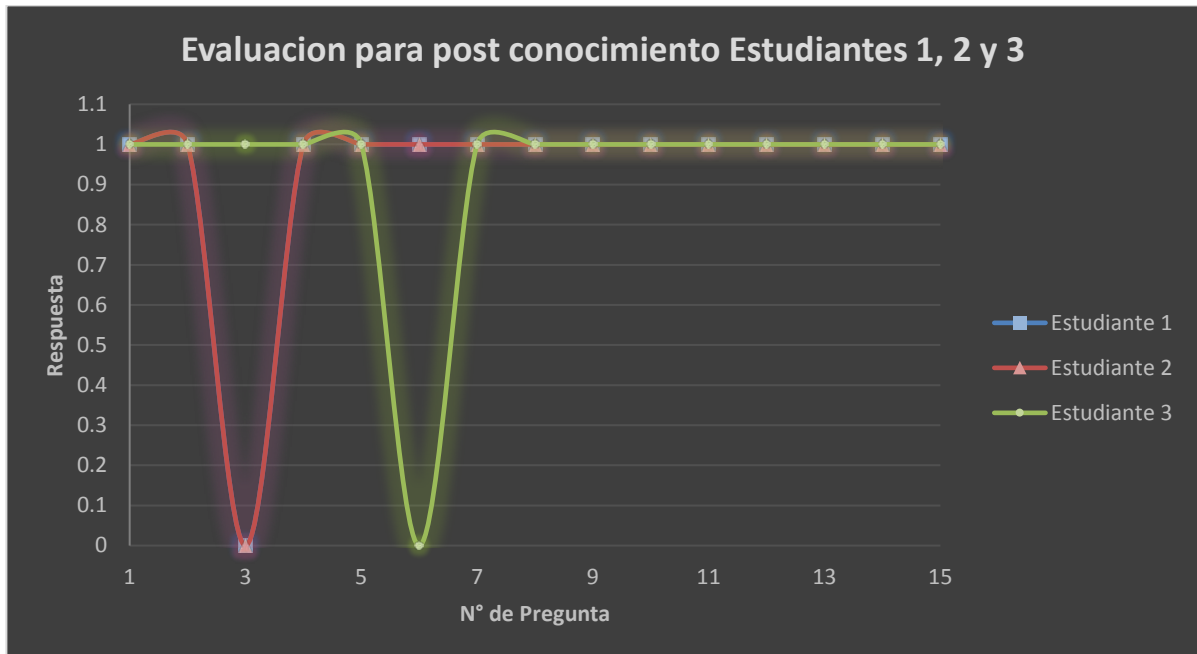
Cuadro 2. Porcentaje de conocimiento previo estudiantes 1, 2 y 3.



Fuente: El Autor

Como se pudo evidenciar en el *Cuadro 2*, el porcentaje de preguntas que respondieron afirmativamente los estudiantes no supera más del 13%, lo que permitió determinar la ausencia de conceptos de esta índole en su educación.

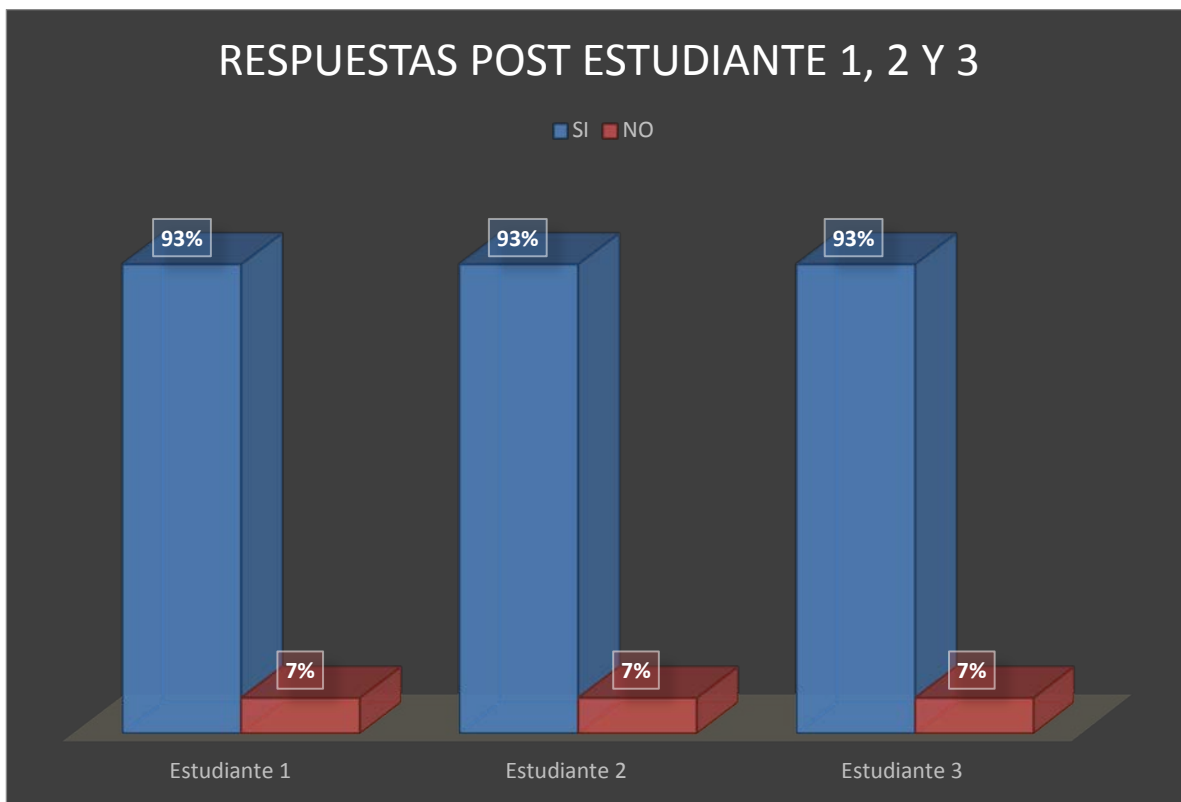
Figura 52. Análisis evaluación de conocimientos post estudiantes 1, 2 y 3



Fuente: El Autor

Para la *Figura 52* al igual que en la *Figura 51*, se determinó utilizar valores de 0 a 1 para poder realizar la gráfica de conocimiento post en los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta. El inminente progreso en cuanto a conocimiento en los estudiantes se refleja en los resultados mostrados en la *Figura 52* Y el *Cuadro 3*, donde se evidencio que el porcentaje de respuestas afirmativas en la prueba realizada es superior al 93%, lo que supone una efectiva metodología de capacitación y divulgación de la información.

Cuadro 3. Porcentaje de conocimiento post estudiantes 1,2 y 3



Fuente: El Autor

12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

12.1. CONCLUSIONES

El proyecto AGRODROYD presenta un sistema de monitoreo para cultivos urbanos que en este caso se realizó para remolachas. Para esto se utilizó una conexión punto a punto inalámbrica que integra la medición de las variables ambientales que requiere el cultivo para su desarrollo, tales como el pH, temperatura y humedad relativa, a través del protocolo IEEE 802.11, así mismo el sistema captura, procesa y permite visualizar la señales ambientales, esta información se transfiere a un servidor web que a su vez la transmite a una base de datos, haciendo posible el almacenamiento, adaptación y posterior visualización en una aplicación para Android.

El sistema de monitorización manifestó ser una herramienta útil en el sector agrícola, concretamente en el cultivo urbano de remolachas. En dónde el dispositivo que se encuentra conectado a una red de topología en estrella, permitió visualizar alteraciones del cultivo desde la base de datos, la temperatura registrada por el dispositivo indicó que está por debajo de la temperatura óptima para la remolacha que es de 20°C, no obstante, puede variar entre el 4°C al 30°C según la ponderación realizada. La Humedad Relativa medida por el sensor estuvo por debajo de la humedad óptima. Sin embargo, se corrigió mediante la utilización de un aspersor, que permitiera rociar agua y aumentar su humedad. La oportuna intervención fue posible al hecho en particular, y al sistema de información y monitoreo.

La integración de estos sistemas tecnificados en los cultivos urbanos comprobó un inminente aumento en el control oportuno frente a alteraciones de las variables características del cultivo. En cuanto a los sistemas de comunicación, la movilidad del dispositivo debido a su reducido tamaño, mejora la conexión a la red, teniendo en cuenta la facilidad para el traslado de su ubicación de ser necesario. La recolección de datos e implementación del sistema de monitorización, son entonces, el resultado efectivo del envío de información de manera inalámbrica por parte de la placa ESP32.

El conocimiento teórico práctico de los estudiantes del Semillero Ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta para entender el funcionamiento de AGRODROYD y su implementación en el cultivo urbano de remolacha, aumentó considerablemente conforme avanzó el desarrollo del presente proyecto. Adquirieron las capacidades para entender y discutir los temas propuestos y se generaron espacios de integración. El producto final del cultivo urbano de remolacha, en su mayoría cumplió con los estándares de calidad propuestos para determinar si el producto es apto para el consumo.

12.2. TRABAJOS FUTUROS

Un uso y aprovechamiento de las energías alternativas presenta un enfoque sostenible y una forma para alimentar un sistema de monitoreo. Una de estas puede ser la energía solar, que mediante paneles solares genera la capacidad de funcionamiento en dispositivos electrónicos para su mayor eficiencia y retroalimentación. Esto, integrado con otros sensores como el de Humedad de la tierra, proximidad para medir si la planta se encuentra o no germinada y actuadores que permitan optimizar procesos como el riego y fumigación del cultivo, suponen un sistema mejorado y adecuado para el monitoreo y cuidado de los cultivos urbanos.

De igual manera, el enfoque social permite generar un extenso panorama de implementación de sistemas automatizados y de energías alternativas, incluyendo poblaciones rurales, en dónde la economía es un factor relevante y el poco avance en sus técnicas de cultivo o la falta de implementación de huertos urbanos en poblaciones vulnerables, irrumpe en el progreso de sus actividades económicas.

El cultivo de remolacha, puede proveer beneficios tanto de combustibles fósiles, como medicinales, dentro de los combustibles fósiles se encuentra la obtención del bioetanol, que podría reducir la dependencia de combustibles fósiles. En cuanto a la salud, la remolacha puede tratar la anemia, infecciones a la sangre, entre otras. La implementación de sistemas de monitoreo para el cultivo de la remolacha con estos propósitos implica un avance y optimización en los procesos incurridos.

Se considera importante nombrar dentro del marco social del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, la posible integración de los proyectos sociales que vienen y vendrán en desarrollo, ya que este proyecto permite la unión de más dispositivos los cuales requieran un almacenamiento en una base de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Revista Ingenierías Universidad de Medellín. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura.
- Acosta Melo, R., & Leon Lovera, D. A. (2015). *"Prototipo de control para un cultivo de tomate cherry en un invernadero"*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.
- Amaya, A., & Cruz, L. (2016). Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidropónicos de uso doméstico. *Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidropónicos de uso doméstico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 3 - 4.*
- Angeoletto, F., da Silva, F. F., Santos, J. W., Carvalho, A. L., & Araújo, A. Y. (2017). Jardines domésticos urbanos: sitios potenciales de conservación biológica y de producción agrícola. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 915-931.
- Aponte, L. A., & Roca, A. M. (2000). *El crecimiento económico de las ciudades colombianas y sus determinantes, 1973-1998*. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de <https://goo.gl/L6gFxz>
- Bariongio, F. (2013). *Diccionario de las ciencias agropecuarias*. Córdoba, Argentina: Brujas.
- Bariongio, F. (2013). *Diccionario de Produccion Animal*. Cordoba, Argentina: Brujas.
- Barreneche González, J. D. (2016). *"Desarrollo de un sistema de riego para cultivos de lechuga en el municipio de Chía"*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.
- BC Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (1994). Understanding Humidity Control in Greenhouses Floriculture" .
- Biodic. (09 de 2017). Recuperado el 25 de 10 de 2017, de Biodic: <https://www.biodic.net/?s=humedad>
- Bolivariano. (2017). *Bolivariano, Vamos Por Colombia*. Obtenido de <https://goo.gl/gxiH1t>
- CANNA Research. (20 de Abril de 2018). *Influencia de la temperatura ambiental en las plantas*. Obtenido de <https://goo.gl/SRLUmm>

- Carbonell G., J. A. (2008). *Experiencia del sector cañicultor en agricultura específica por sitio*. Bucaramanga, Colombia: Palmas, vol. 29.
- Castro Hernandez, D. E., & Sachoque Mesa, F. A. (2016). "Diseño de sistema de control para dosificación de agroquímico en cultivo". *Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones*. Bogotá, Colombia.
- Cervantes, D. (2018). *Scidle*. Obtenido de Scidle: <https://goo.gl/7x1obj>
- CIAT Comunicaciones. (2016). Agricultura de precisión, un manejo eco-eficiente de cultivos para la Altiplanicie Colombiana. Bogotá: CIAT blog.
- Cock, J. (2011). "Crop management based on field observations: Case studies in sugarcane and coffee", *Agricultural Systems*.
- Conway, G. R. (1995). Agroecisystem Analysis. *Centre for Environmental Technology and Department of Pure and Applied Biology*, 31-55.
- DANE. (11 de agosto de 2015). www.dane.gov.co. Obtenido de <https://goo.gl/8QWh3C>
- de Souza, Z. (2010). "Analyze the soil attributes and sugarcane yield culture with the use of geostatistics and decision trees. *Ciência Rural*.
- Demmatê, J., Demmatê, L., Alves, E., Negrão, R., & Morelli, J. L. (2014). "Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions." *Acta Scientiarum. Agronomy*.
- Departamento de Telemática, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. (2013). Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización. *Fernando Aparicio Urbano-Molano: Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización*.
- Driemeier, C. (2014). *Data Analysis Workflow for Experiments in Sugarcane Precision Agriculture*. Guarujá, Brasil: in 2014 IEEE 10th International Conference on e-Science (e-Science).
- Ecohabitar. (1 de Abril de 2016). Lámpara que funciona con agua y sal. *Ecohabitar*, págs. 1-3.
- El Tiempo. (2014). *Prometeo: un proyecto de integración y función social*, pág. 1.
- Gardey, J. P. (2010). *definicion de* . Recuperado el 24 de 10 de 2017, de definicion de: <https://definicion.de/planta/>
- Gardey, J. P. (2011). *definicion de* . Recuperado el 25 de 10 de 2017, de definicion de : <https://definicion.de/humedad/>

- Gibilisco, S., & Sclater, N. (1994). *Electronica: Diccionario Enciclopédico. Tomo 2*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Gibilisco, S., & Sclater, N. (1994). *Electronica: Diccionario Enciclopédico. Tomo 3*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Hunt, E., Daughtry, S., Mirsky, S., & Hively, W. (2014). *Remote Sensing With Simulated Unmanned Aircraft Imagery for Precision Agriculture Applications*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 7, n.º 11.
- Keating, B., & McCown, R. (2001). *Advances in farming systems analysis and intervention*. Agricultural Systems, vol. 70, n.º 2–3.
- López, D. (2002). *Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF)*. Terra Latinoamericana.
- Markley, J., & Hughes, J. (2013). *Understanding the Barriers to the Implementation of Precision Agriculture in the Central Region*. Presentado en 35th Annual Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Townsville, Australia.
- Merino, J. P. (2011). *definicion de* . Recuperado el 25 de 10 de 2017, de definicion de: <https://definicion.de/red-inalambrica/>
- Merino, J. P. (2015). *definicion de*. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de definicion de: <https://definicion.de/agricultura-urbana>
- Monsato. (15 de November de 2017). *The FeedAgricultura de Precisión*. Obtenido de <https://goo.gl/yWKX6s>
- Moran Alonso, N. (2008). *Huertos y jardines comunitarios*. Madrid España.
- Moran Alonso, N. (2008-2009). *Huertos Urbanos en tres ciudades europeas: Londres, Berlín, Madrid*. Madrid (España).
- National research council. (1997). *Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management*. Pest Management Science, vol. 56 nº 8.
- Nawi, N., Chen, G., & Jensen, T. (2014). *"In-field measurement and sampling technologies for monitoring quality in the sugarcane industry: a review."* Precision Agriculture, vol. 15, n.º 6.
- News, W., & Jacksonville. (28 de 10 de 2016). *Espressif Implements CEVA Bluetooth in ESP32 IoT Chip*. Close-Up Media, Inc.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (20 de Abril de 2018). *Es necesario invertir en innovación agrícola para combatir la pobreza y el hambre*. Obtenido de <https://goo.gl/t8kTz9>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018 de 04 de 26). *www.fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>

Pecha Robayo, R. (2016). *“Dispositivo de control para sistema mecánico de riego”*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia.

Price, R., Johnson, R., Viator, R., Larsen, J., & Peters, A. (2011). *Fiber Optic Yield Monitor for a Sugarcane Harvester*. Transactions of the ASABE.

Ramirez, v. (06 de 06 de 2011). *concepto definicion*. Recuperado el 24 de 10 de 2017, de concepto definicion: <http://conceptodefinicion.de/fotosintesis/>

Rey, R. C. (2004). Barrios Marginales En El Ordenamiento De Bogotá. *Bitacora*, 56-63.

Santana Fuentes, F. (2008). *Proyecto de huertos Urbanos hacia la sostenibilidad*. Servicio de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.

Serrano, J., Peca, J., Silva, J., & Shahidian, S. (2014). Aplicação de fertilizantes: tecnologia, eficiência energética e ambiente. *Revista de Ciências Agrárias*.

Silva, C., Morales, M., & Molin, J. (2010). *Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil, Precision Agriculture*, vol. 12.

Stray, B., Van Vuuren, J., & Bezuidenhout, C. (2012). *"An optimisation-based seasonal sugarcane harvest scheduling decision support system for commercial growers in South Africa," Computers and Electronics in Agriculture*.

Sudduth, K., Drummond, S., & Kitchen, N. (2001). *Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture*. Computers and Electronics in Agriculture.

UAL. (15 de Abril de 2018). *Elaboración de proyectos Sociales*. Obtenido de <https://goo.gl/AA3FBn>

Universidad Católica De Colombia. (2011). *Responsabilidad Social*. Obtenido de <https://goo.gl/gc2a6m>

Universidad Santo Tomas. (2018). *www.ustatunja.edu.co*. Obtenido de <https://goo.gl/H3Lwst>

Urbano Molano, F. (2013). *Redes de sensores inalámbricos aplicadas a optimización en agricultura de precisión para cultivos de café en Colombia*. Popayán, Colombia: Journal de Ciencia e Ingeniería.

Vega Lebrum, C. A., Arvizu Gutierrez, D., & Garcia Santillan, A. (2008). *Algoritmos para encriptacion de datos*. Veracruz, Mexico.

Wang, Y., Qi, X., & Xu, L. (2009). *OPAIMS: open architecture precision agriculture information monitoring system,*". Grenoble, Francia: Presentado en Proceedings of the 2009 International conference on Compilers, architecture, and synthesis for embedded systems.

Warka Wather. (2 de Junio de 2018). *www.warkawather.org*. Obtenido de <http://www.warkawater.org/>


Ye, J., Chen, B., Liu, Q., & Fang. (2013). A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS,. Kaifeng, China: Presentado en 2013 21st International Conference on Geoinformatics (Geoinformatics).

Zhang, C., Walters, D., & Kovacs, J. (2014). "*Applications of Low Altitude Remote Sensing in Agriculture upon Farmers' Requests – A Case Study in Northeastern Ontario, Canada*". PLoS ONE, vol. 9, n.º 11.

ANEXOS

Anexo A. Evaluación conocimiento previo estudiante 1

20/03/2018

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p>	<p>AGRODROID: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.</p>
--	---	---

NOMBRE: Natalia Fey Faras CURSO: 11-^o A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?	X	
¿Ha implementado un Cultivo Urbano?		X
¿Sabe usted que es un Microprocesador?		
¿Sabe usted que es un Arduino?		X
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?		X
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?		X
¿Sabe usted que es PH?		X
¿Conoce usted un sensor de Humedad?		X
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?	X	
¿Conoce usted un sensor de PH?		X
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?		X
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?	X	
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?		X
¿Conoce la Energía Solar?	X	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?		X

Fuente: El Autor

Anexo B. Evaluación conocimiento previo estudiante 2

21/03/2018


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p>	<p>AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.</p>
---	--	--

NOMBRE: Amy Dayana Silva Guzmán CURSO: 71 A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?		X
¿Ha implementado un Cultivo Urbano?		X
¿Sabe usted que es un Microprocesador?		X
¿Sabe usted que es un Arduino?		X
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?		X
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?		X
¿Sabe usted que es PH?		X
¿Conoce usted un sensor de Humedad?		X
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?		X
¿Conoce usted un sensor de PH?		X
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?		X
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?		X
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?		X
¿Conoce la Energía Solar?	X	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?		X

Anexo C. Evaluación conocimiento previo estudiante 3


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia	AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS	FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.
--	--	--

NOMBRE: Jonathan Cardoso Hernandez CURSO: 11 A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?	/	
¿Ha implementado un Cultivo Urbano?		/
¿Sabe usted que es un Microprocesador?		/
¿Sabe usted que es un Arduino?		/
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?		/
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?		/
¿Sabe usted que es PH?		/
¿Conoce usted un sensor de Humedad?		/
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?		/
¿Conoce usted un sensor de PH?		/
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?		/
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?		/
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?		/
¿Conoce la Energía Solar?	/	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?		/

Anexo D. Evaluación Conocimiento post estudiante 1

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia	AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS	FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.
--	--	--


NOMBRE: Natalia Rey Torres CURSO: 11A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?	X	
¿Ha implementado un Cultivo Urbano?	X	
¿Sabe usted que es un Microprocesador?		X
¿Sabe usted que es un Arduino?	X	
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?	X	
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?	X	
¿Sabe usted que es PH?	X	
¿Conoce usted un sensor de Humedad?	X	
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?	X	
¿Conoce usted un sensor de PH?	X	
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?	X	
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?	X	
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?	X	
¿Conoce la Energía Solar?	X	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?	X	

Fuente: El Autor

Anexo E. Evaluación Conocimiento post estudiante 2

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p>	<p>AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.</p>
---	--	--


NOMBRE: Anny Dayana Silva Guano CURSO: 47A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?	X	
¿Ha implementado un Cultivo Urbano?	X	
¿Sabe usted que es un Microprocesador?		X
¿Sabe usted que es un Arduino?	X	
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?	X	
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?	X	
¿Sabe usted que es PH?	X	
¿Conoce usted un sensor de Humedad?	X	
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?	X	
¿Conoce usted un sensor de PH?	X	
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?	X	
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?	X	
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?	X	
¿Conoce la Energía Solar?	X	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?	X	

Fuente: El Autor

Anexo F. Evaluación Conocimiento post estudiante 3

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia	AGRODROYD: SISTEMA DE MONITOREO PARA CUIDADO Y RIEGO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CULTIVOS URBANOS	FACULTAD DE INGENIERIA. PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES.
--	--	--

NOMBRE: Jonathan Cardoso Hernandez CURSO: 11 A

EVALUACIÓN PARA CONOCIMIENTOS PREVIOS COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA

PREGUNTAS	SI	NO
¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?	✓	
¿Ha Implementado un Cultivo Urbano?	✓	
¿Sabe usted que es un Microprocesador?	✓	
¿Sabe usted que es un Arduino?	✓	
¿Ha programado un dispositivo alguna vez?	✓	
¿Ha escuchado el termino de agricultura de Precisión?		✓
¿Sabe usted que es PH?	✓	
¿Conoce usted un sensor de Humedad?	✓	
¿Conoce usted un sensor de Temperatura?	✓	
¿Conoce usted un sensor de PH?	✓	
¿Sabe usted que es MIT App Inventor?	✓	
¿Conoce algún desarrollador para Aplicaciones Móviles?	✓	
¿Sabe Usted que es un Enlace Inalámbrico?	✓	
¿Conoce la Energia Solar?	✓	
¿Conoce una Celda, o un Panel Solar?	✓	

Anexo G. Programación Led ON/OFF Bluetooth

```
#include "BluetoothSerial.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
#endif

int Led = 4;
int estado = 0;

BluetoothSerial SerialBT;

void setup() {

  Serial.begin(115200);
  SerialBT.begin("ESP32test"); //Nombre del dispositivo Bluetooth
  Serial.println("El dispositivo inicio, ahora puedes vincular con Bluetooth");
  pinMode (Led, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (Serial.available()>0){
    estado = Serial.read();
  }
  if (estado == 'a'){
    digitalWrite(Led, HIGH);
  }
  if (estado == 'b'){
    digitalWrite(Led, LOW);
    digitalWrite(2, HIGH);
  }
  if (Serial.available() {
    SerialBT.write(Serial.read());
  }
  if (SerialBT.available() {
    Serial.write(SerialBT.read());
  }
  delay(20);
}
```

Fuente: El Autor

Anexo H. Programación Dispositivo AGRODROYD

```
#include <WiFi.h>
#include "DHTesp.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
#endif

const char* ssid = "FAMILIAPERAFAN";
const char* password = "20743516";

const char* host = "192.168.0.3";

DHTesp dht;

const byte pHpin = 13;
float Po;

|
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(10);
}
```

```

// We start by connecting to a WiFi network

Serial.println();
Serial.println();
Serial.print("Conectado a ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
dht.setup(12);
}

int value = 0;

void loop()
{

    delay(5000);
    ++value;

    Serial.print("connecting to ");
    Serial.println(host);

    // Use WiFiClient class to create TCP connections
    WiFiClient client;
    const int httpPort = 8080;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        Serial.println("connection failed");
        return;
    }

    delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());

    float temperatura = dht.getTemperature(); //Variable de Temperatura
    float humedad = dht.getHumidity(); //Variable de Humedad

    Po = (90.32 - 26*analogRead(pHpin)); // variable de pH en escala de 0-14.

```



```

when Screen1.Initialize
do
  set APIGetThreshold.RequestHeaders to get global auth
  call APIGetThreshold.Get
  set APIGetTemperatura.RequestHeaders to get global auth
  call APIGetTemperatura.Get
  set APIGetHumedad.RequestHeaders to get global auth
  call APIGetHumedad.Get
  set APIGetpH.RequestHeaders to get global auth
  call APIGetpH.Get
  set Timer.TimerEnabled to true

```



```

when APIGetTemperatura.GoText
url responseCode responseType responseContent
do
  set Valor_Temperatura.Text to trim select list item list split text get responseContent
  at at "."
  index 2

```



```

when APIGetHumedad.GoText
url responseCode responseType responseContent
do
  set Valor_Humedad.Text to trim select list item list split text get responseContent
  at at "."
  index 2

```



```

when APIGetpH.GoText
url responseCode responseType responseContent
do
  set Valor_pH.Text to trim select list item list split text get responseContent
  at at "."
  index 2

```



```

when APIGetThreshold.GoText
url responseCode responseType responseContent
do
  set global theshold to trim select list item list split text get responseContent
  at at "."
  index 2
  set global Temperatura to get global theshold
  set global Humedad to get global theshold
  set global pH to get global theshold

```

```

when Timer .Timer
do
  set APIGetThreshold . RequestHeaders to get global auth
  call APIGetTemperatura .Get
  if get global Temperatura ≠ get global theshold
  then
    set APISetThreshold . RequestHeaders to get global auth
    set APISetThreshold . Uri to join | https://ic2pro.com/Wire/connector/set?id=111-222... | get global Temperatura
    call APISetThreshold .Get
    set global theshold to get global Temperatura
  call APIGetHumedad .Get
  if get global Humedad ≠ get global theshold
  then
    set APISetThreshold . RequestHeaders to get global auth
    set APISetThreshold . Uri to join | https://ic2pro.com/Wire/connector/set?id=111-222... | get global Humedad
    call APISetThreshold .Get
    set global theshold to get global Humedad
  call APIGetpH .Get
  if get global pH ≠ get global theshold
  then
    set APISetThreshold . RequestHeaders to get global auth
    set APISetThreshold . Uri to join | https://ic2pro.com/Wire/connector/set?id=111-222... | get global pH
    call APISetThreshold .Get
    set global theshold to get global pH

```

Fuente: El Autor

FIRMA DEL ESTUDIANTE



Carlos Andres Perafan Martin
C.C. 1.073.245.872
Código: 702025

FIRMA DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Ver original

Firma del director de trabajo de grado
Nombre: German Andrés Álvarez Botero

FECHA

(16/05/2018)