

AGRIMATION 1.0: PROTOTIPO AGRÍCOLA DE GERMINADOS
AUTOMATIZADO EN EL CENTRO SAN MARCELINO
CHAMPAGNAT

OSCAR LEONARDO COVALEDA ZABALA - 702105
MONICA ROJAS CARVAJAL - 702108



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

AGRIMATION 1.0: PROTOTIPO AGRÍCOLA DE GERMINADOS
AUTOMATIZADO EN EL CENTRO SAN MARCELINO
CHAMPAGNAT

OSCAR LEONARDO COVALEDA ZABALA - 702105
MONICA ROJAS CARVAJAL - 702108

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

Directora
MSc. BEATRIZ NATHALIA SERRATO PANQUEBA



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



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.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a Dios y a mi familia quienes me han apoyado en cada etapa de mi vida y a quienes aportaron directa e indirectamente al desarrollo de este.

Mónica Rojas Carvajal

Dedico este trabajo de grado a mi familia, en especial a mis padres, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral, económica y dándome consejos, a mis amigos que de alguna manera me ayudaron y aportaron durante toda mi carrera profesional y a Dios por permitir llegar hasta este punto de mi vida y poder culminar el desarrollo de este trabajo.

Oscar Leonardo Covaleda Zabala

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios, que nos ha permitido culminar una de las etapas más importantes de nuestra vida presentándonos en el camino obstáculos y situaciones en las cuales como personas y profesionales debemos actuar de manera ética, es así como después de este proceso hoy somos ingenieros con las capacidades suficientes para aportar a la sociedad Colombiana, buscando así un mejor futuro para las generaciones venideras.

Agradecemos a nuestras familias, padres, hermanos que han sido una motivación para que cada día demos lo mejor en lo poco o mucho que estemos haciendo, infinitas gracias porque siempre hemos tenido un apoyo incondicional, por su comprensión, por sus experiencias de vida que son motivo para alcanzar nuestras metas y objetivos que durante los años nos hemos venido trazando.

Agradecemos a la Universidad Católica de Colombia por acogernos durante cinco años, a toda su planta docente que de una u otra manera han aportado a este proceso, enseñándonos la importancia para ser un gran profesional sin perder valores como la humildad, el servicio, el bien común, a responsabilidad social y a la directora del proyecto institucional Yomasa, María Constanza del Portillo, en especial a la ingeniera Nathalia Serrato quien nos acompañó durante nuestro trabajo de grado, aportando a nuestra vida enseñanzas significativas para obtener muy buenos resultados en cada una de nuestras actividades del diario vivir.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. JUSTIFICACIÓN.....	19
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
4. METODOLOGÍA	22
4.1 INVESTIGACIÓN.....	23
4.2 SELECCIÓN	23
4.3 DISEÑO.....	24
4.4 IMPLEMENTACIÓN	24
4.5 DOCUMENTACIÓN Y DIVULGACIÓN.....	25
5. ANTECEDENTES.....	25
6. MARCO DE REFERENCIA	31
6.1 MARCO CONCEPTUAL.....	31
6.2 MARCO TEORICO	39
6.2.1 Elementos de un sistema de control.....	40
6.2.2 Tipos de sistemas de control.....	41
6.2.3 Tipos de controladores.....	41
6.2.4 Sensado.....	42

6.2.5 Sensor de temperatura.....	42
6.2.6 Sensor de humedad.....	44
6.2.7 Electroválvulas.....	44
7. GERMINADOS Y VARIABLES DE INSTRUMENTACIÓN	45
8. IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	47
8.1 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN	47
8.1.1 Sensor de temperatura.....	48
8.1.2 Sensor de humedad	53
8.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	58
9. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN AGRICOLA	62
10. DIVULGACIÓN A LA COMUNIDAD	72
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
12. CONCLUSIONES	87
13. TRABAJOS FUTUROS.....	89
14. REFERENCIAS	90
ANEXOS.....	95

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE BLOQUES USADO EN LA METODOLOGÍA.....	22
FIGURA 2. BANDEJA DE GERMINADOS.	32
FIGURA 3. PROCESO DE GERMINACIÓN DE UNA SEMILLA	32
FIGURA 4. GERMINACIÓN EPIGEA DE LA JUDÍA	35
FIGURA 5. GERMINACIÓN HIPOGEA DE LA ARVEJA.....	35
FIGURA 6. RIEGO POR GOTEO.....	36
FIGURA 7. RIEGO POR ASPERSIÓN.	37
FIGURA 8. RIEGO DE FORMA MANUAL.	39
FIGURA 9. SENSOR DE TEMPERTURA.....	43
FIGURA 10. LINEALIZACIÓN SENSOR DS18B20.....	53
FIGURA 11. LINEALIZACIÓN SENSOR DE HUMEDAD SIG0040.....	57
FIGURA 12. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO.....	58
FIGURA 13. DIAGRAMA DE FLUJO	59
FIGURA 14. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO	60
FIGURA 15. IMPRESIÓN FINAL DE LA PCB	60
FIGURA 16. ENSAMBLE DE ELEMENTOS REQUERIDOS.	61
FIGURA 17. IMPLEMENTACIÓN FINAL DE AGRIMATION 1.0.....	62
FIGURA 18. PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN.....	63
FIGURA 19. VISTA SUPERIOR DE LA PLATAFORMA	63
FIGURA 20. BANDEJA DE GERMINACIÓN TIPO FORRAJERA.....	64
FIGURA 21. BANDEJAS DE GERMINACIÓN EN LA PLATAFORMA PROPUESTA	65
FIGURA 22. NEBULIZADORES/MICRO-ASPERSORES.....	66
FIGURA 23. MICRO-ASPERSORES IMPLEMENTADOS EN LA MANGUERA.	66
FIGURA 24. ELECTROVÁLVULAS USADAS	67

FIGURA 25. DETERMINACIÓN CANTIDAD DE SENSORES POR BANDEJA.....	69
FIGURA 26. SENSOR DE HUMEDAD SIG0040	69
FIGURA 27. SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20.....	70
FIGURA 28. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA.....	70
FIGURA 29. COMUNICACIÓN DEL PROYECTO AGRIMATION 1.0	72
FIGURA 30. TALLER DE ELECTRÓNICA	73
FIGURA 31. TALLER DE ELECTRÓNICA	73
FIGURA 32. TALLER DE ELECTRÓNICA	74
FIGURA 33. TALLER USO DE MULTÍMETRO	74
FIGURA 34. TALLER CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA AGRIMATION 1.0.....	75
FIGURA 35. TALLER CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA AGRIMATION 1.0.....	76
FIGURA 366. TALLER CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA AGRIMATION 1.0.....	76
FIGURA 37. ESTRUCTURA FINAL DE AGRIMATION 1.0.....	77
FIGURA 38. TALLER INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN	78
FIGURA 39. TALLER INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN	79
FIGURA 40. TALLER DE ARDUINO	80
FIGURA 41. TALLER DE ARDUINO	80
FIGURA 42. TALLER 3 “PROGRAMACIÓN DE LOS SENSORES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA”	81
FIGURA 43. IMPLEMENTACIÓN FINAL DE AGRIMATION 1.0 HECHO POR LOS PARTICIPANTES DEL TALLER DE ELECTRÓNICA.	82

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Germinados dados en Cundinamarca.....	46
Tabla 2. Características e importancia para el sensor de temperatura 49	
Tabla 3. Grado de importancia de las características del sensor de temperatura.....	49
Tabla 4. Rubrica de evaluación	50
Tabla 5. Ponderación del sensor de temperatura	51
Tabla 6 Valores tomados Termómetro y Sensor DS18B20	52
Tabla 7. Características e importancia para el sensor de humedad	54
Tabla 8 Grado de importancia de las características del sensor de Humedad	55
Tabla 9. Rubrica de evaluación para el sensor de humedad	55

Tabla 10 Ponderación del sensor de humedad	56
Tabla 11. Valores tomados hidrómetro y Sensor SIG0040.....	57
Tabla 12. Tabla de verdad para la electroválvula 1	68
Tabla 13. Tabla de verdad electroválvula 2	68
Tabla 14. Medición de humedad sobre la bandeja de germinación	85

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Código del programa Arduino.....	95
Anexo B: Guía N° 1 “Construcción de la estructura Agrimation 1.0”	“99
Anexo C: Guía N° 2 “Guía básica de programación”	112
Anexo D: Guía N° 3 “Programación de instrumentos”	126

GLOSARIO

Abono inorgánico: es un fertilizante que se obtiene por medio de actividades mineras o de combustibles fósiles y requieren de un proceso industrial para su fabricación.

Abono orgánico: es un fertilizante que se produce por medio de las plantas, animales u hongos como por ejemplo los desechos orgánicos producido en la cocina.

Agricultura: son las técnicas y conocimientos que aplican las personas para cultivar y se realiza de diferentes maneras sobre la tierra para obtener vegetales o frutos que puedan ser utilizados con propósitos alimenticios, medicinales o estéticos.

Agricultura urbana: son las prácticas de agricultura que se desarrollan en las ciudades o que se encuentra muy cerca de ellas. Estas prácticas son a una escala menor, porque el espacio es más reducido que en una zona rural.

Control: es una acción que permite ordenar, corregir o dirigir el funcionamiento de un sistema.

Cultivo: es la acción o actividad que se realiza para cultivar algo.

Electroválvula: es una válvula electromagnética que por lo general es una bobina solenoide que permite abrir o cerrar el flujo que pasa a través de un tubo o un conducto.

Germinado: es la segunda fase de la semilla que se pueden utilizar como alimento o para seguir el proceso de producción del fruto, son altamente nutritivos porque contienen diferentes vitaminas y complejos.

Hortaliza: es un tipo de planta comestible que se cultiva en huertas, que se pueden consumir de forma cruda o preparada.

Humedad relativa: es la cantidad de vapor de agua que está contenida en el aire.

Humus: es una sustancia compuesta por algunos productos orgánicos que viene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos descomponedores.

Instrumentación: es un conjunto de elementos que se requieren para realizar una actividad o para poder cumplir una tarea en específica.

Nutrientes: son elementos o compuestos químicos que tienen los alimentos y son necesarios para que funcione correctamente el metabolismo de los seres vivos.

Sensor: es un dispositivo que tiene la posibilidad de detectar acciones o estímulos externos en forma de voltaje, corriente, resistencia, capacitancia entre otros.

Sistema: es una serie de pasos o procedimientos para cumplir un objetivo o una función.

RESUMEN

La desnutrición en la localidad de Usme ha sido un reto para las entidades competentes esto se debe a la falta de buenos hábitos alimenticios y a su vez de consumir alimentos sanos que aporten a su bienestar, de igual manera la situación económica de los hogares no es estable por lo que se hizo necesario buscar formas de suplir con las condiciones básicas, es allí donde interviene la agricultura urbana como una solución para los habitantes del sector.

Teniendo en cuenta lo anterior, las personas han optado por hacer agricultura de hortalizas, frutas en sus jardines, terrazas o espacios libres sin embargo este proceso se realiza de manera empírica dada la experiencia de las personas por lo que existe la posibilidad que la planta crezca en buen estado apta para el consumo, crezca, pero no

sea viable su consumo por diversos factores o simplemente que no crezca lo cual trae consecuencias como pérdida de dinero, más gasto de agua.

Es por ello que se presenta la alternativa AGRIMATION 1.0, que ayude a optimizar este proceso y a su vez enseñe a las personas a buscar soluciones que contribuyan en una alimentación sana.

Palabras Clave: Abono, control, divulgación, germinación, sistema de riego.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo y mientras avanza la tecnología, el ser humano se ha encargado de buscar diferentes alternativas para realizar cultivos en sus lugares de residencia, sin embargo, es difícil dedicar el tiempo suficiente a estas actividades, por lo que aún no se ha puesto en práctica.

Como consecuencia de lo anterior, las personas consumen alimentos vendidos en tiendas de barrio, así los vegetales y/o legumbres se pueden encontrar no aptos el consumo ya sea por contaminación del aire, de bacterias, moscas entre otros factores externos que afectan el estado del vegetal impidiendo que se consuma y se aproveche en su totalidad los nutrientes que cada uno contiene

Por tal razón, este trabajo de grado de práctica social denominado, AGRIMATION 1.0, se propuso como una alternativa para el desarrollo de actividades agrícolas en la comunidad del Centro San Marcelino Champagnat, mediante un prototipo de agricultura urbana para la segunda fase de la semilla cultivada, los germinados, realizando el proceso de automatización de un sistema de riego para el mismo, se busca que este se encuentre en las mejores condiciones para que tenga un buen crecimiento a través de la medición de las variables de temperatura y humedad. Como también se divulgó a la comunidad sobre este proceso, realizando capacitaciones con talleres teóricos-prácticos para entender los temas realizados al prototipo y a la construcción del mismo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comunidad de Yomasa, que se encuentra en la localidad de Usme, presenta índices de desnutrición, desde el año 2012, fue la segunda localidad con más casos de desnutrición crónica a nivel distrital con el 13.5%¹, Sin embargo para el año 2014 la Unidad de Planeación Zonal (UPZ) en donde está ubicado el sector de Yomasa, tiene una mayor población con índices de desnutrición en comparación con otros sectores, se debe a que son zonas con mayor susceptibilidad a factores como el ingreso económico inferior a un salario mínimo con

¹ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 2012.{En Línea} Disponible en: (<https://goo.gl/KdHw3E>)

dificultades de acceso a servicios básicos², este número puede aumentar pues solo el 62,5% de la población logra cubrir los gastos mínimos y estos gastos van en aumento de acuerdo al PIB (Producto Interno Bruto) en el país, mientras que el salario no aumenta³.

En la localidad de Usme se proyectaba un aumento de la población del 13,02% de 2011 a 2015, con una totalidad de 432.724 habitantes en 2015. En donde las personas entre 0 y 15 años representan el 30,6%, las personas dentro de los 15 y 34 años representan el 35%, las personas entre 35 y 59 años son el 7,9% y las personas mayores de 60 años son el 6,4%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a niños, adolescentes y jóvenes adultos⁴.

Con el aumento de personas en la localidad de Usme también puede aumentar el número de personas que sufren síntomas o problemas con la alimentación. De acuerdo con el análisis de SAN (Seguridad Alimentaria y Nutricional) del año 2009, el 19,7% de los hogares dejó de recibir una comida del día, una persona del núcleo familiar, el 17,3% de los hogares tuvieron que reducir la cantidad de alimentos a niños menores de cinco años por falta de dinero y el 18,3% de los hogares les hizo falta dinero para poder comprar sus alimentos⁵.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que la comunidad de Yomasa, busque alternativas que reduzcan estos niveles de desnutrición, el objetivo principal es que la agricultura urbana sea

²Secretaría de Salud. «Secretaría de Salud.» Diagnostico Local 2014.{En Línea} 12 de Abril de 2016 (último acceso: 10 de Marzo de 2018). Disponible en : (<https://goo.gl/a8avky>)

³ DIMAS HOYOS , Deison Luis, Ana Maria VALENCIA MOSQUERA , y Anyela María GUERRERO ALBARRACÍN. Observatorio de Desarrollo Economico.{En línea} 30 de Julio de 2015. Disponible en : (<https://goo.gl/4VJPc9>)

⁴LEON GARCIA Juan Carlos Secretaria Distrital de Ambiente [En línea]. - 2016. - 10 de Octubre de 2018. P9. <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883159/PAL+USME+2013-2016.pdf>.

⁵ HOSPITAL DE USME Instituto de Estudios Urbanos [En línea]. - 2010. - 10 de Octubre de 2018. - P.126 <https://bit.ly/2yG093N>.

una opción autosustentable para los hogares pues tienen mayor acceso a alimentos nutritivos y sanos⁶, una gran ventaja que tiene esta localidad y el sector es que cuenta con una gran extensión rural pues ocupa el 85.91%, aproximadamente 18.478 hectáreas de la extensión total de la localidad⁷, por tanto, ¿Qué alternativa se propone para la producción de germinados de forma automatizada en el Centro San Marcelino Champagnat?

2. JUSTIFICACIÓN

El sector de Yomasa ha sido un punto central e importante para la Universidad Católica de Colombia debido a su trabajo de responsabilidad social, en este territorio la universidad ha venido trabajando en diferentes sectores frente a problemáticas que se presentan en la comunidad, acceso a la justicia, violencia intrafamiliar, drogadicción, entre otras, por ende el entorno a nivel ingenieril no ha intervenido en alguna de estas problemáticas, es así como se presenta este proyecto, en respuesta a la problemática de acceso a una alimentación saludable.

⁶GOMÉZ RODRIGUÉZ, José Nicolás. «Universidad Nacional Abierta y a Distancia.» Repositorio Institucional. 2011. {En Línea} (último acceso: 12 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2749/1/15385851.pdf>)

⁷Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte [En línea]. - 14 de Diciembre de 2016. - 10 de Octubre de 2018. - <https://bit.ly/2AxsbzQ>.

Con el avance de las nuevas tecnologías, la optimización de procesos agrícolas ha sido un campo desde la electrónica en dónde se puede ayudar a cada uno de los agricultores, sin embargo, van enfocados a quienes producen gran cantidad de productos pues económicamente poseen la capacidad para financiar este tipo de procesos.

En sectores como Yomasa y sus alrededores existen personas que realizan agricultura urbana en sus casas, patios, terrazas de tal forma que pueden llegar a consumirlo o a venderlo a sus vecinos a pesar de esto, el proceso realizado es de forma empírica, la cual se basa en la experiencia y práctica que las personas han tenido a lo largo de su vida, en donde la mayoría de los casos cuando realizan el proceso de cultivo, siembran las semillas en un lugar específico sin tener en cuenta las condiciones que tiene el terreno, lo que puede impedir el crecimiento de la semilla y que exista un desperdicio o pérdidas del mismo.

Agrimation 1.0 permite que las dos primeras etapas en las que se forma la semilla dadas el brote y el germinado permanezcan en condiciones aptas para un adecuado trasplante hasta terminar a la fase de fruto, así con este proyecto se ayuda a que personas de comunidades de bajos recursos se interesen por mejorar en este tipo de labores a las cuales se dedican y a la adquisición de nuevos conocimientos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo agrícola de germinados automatizado (Agrimation 1.0) en el Centro San Marcelino Champagnat.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar información sobre los tipos de germinados a producir en concordancia de las variables involucradas en el proceso y a las formas de producción.
- Diseñar un sistema de control para un cultivo de germinados con la instrumentación previamente identificada.

- Implementar la plataforma de producción agrícola vinculando el sistema de control con la instrumentación seleccionada.
- Divulgar en el Centro San Marcelino Champagnat el proceso de producción a través del prototipo generado.

4. METODOLOGÍA

El trabajo de grado se desarrolló mediante 5 fases, en la figura 1. Se muestra el diagrama de bloques correspondiente al proceso que se llevó a cabo, en donde se identifica que se tienen dos fases simultáneas a las demás.

Figura 1. Diagrama de bloques usado en la metodología



Fuente: Autores

4.1 INVESTIGACIÓN

Se recopiló información acerca de los tipos de cultivos de germinados, las variables con mayor relevancia para el proceso de germinado, dentro de esta fase se realizó:

- Indagación acerca de los tipos de cultivos existentes para germinados.
- Identificación de las variables involucradas para el proceso de germinado.
- Investigación sobre los sistemas de control utilizados en los cultivos de germinados.
- Investigación acerca del tipo de sistemas de riego implementación en cultivos de germinados.
- Se definió que los participantes escogerían el tipo de germinado que deseen cultivar dadas las condiciones climáticas del sector y a su vez las mostradas en la tabla 1.

4.2 SELECCIÓN

Se escogió la instrumentación requerida y apropiada para la elaboración del prototipo, dentro de esta se hicieron necesarias las siguientes actividades:

- Se investigaron los sensores apropiados para la implementación del prototipo.
- Se indagaron los actuadores apropiados para la implementación del prototipo.

- Se seleccionaron los sensores y actuadores que se ajustaron a las necesidades del prototipo a través de la respectiva ponderación para las variables de temperatura y humedad.
- Se definió el sistema de riego a implementar.

4.3 DISEÑO

Para la obtención del óptimo diseño del prototipo se realizó una serie de actividades entre las cuales están:

- Definir el sistema de control para el riego del cultivo.
- Se realizó la linealización de los sensores escogidos en la fase anterior.
- Se definió la forma que llevaría la estructura del prototipo.

4.4 IMPLEMENTACIÓN

Posterior a la realización de las fases anteriores, se llevó a cabo la realización del prototipo siguiendo las actividades abajo mencionadas:

- Se implementó la estructura física en donde se decidió el material que se usaría, concluyendo que serían tubos de Policloruro de vinilo (PVC) dado su economía y la facilidad de realizar montajes.
- Se implementó el sistema de control establecido en la fase de diseño.
- Se estableció la ubicación de cada uno de los sensores de humedad y temperatura en las bandejas de germinados.

- Se implementó el sistema de riego por micro-aspersión el cuál se estableció en la fase de selección.
- Se reparó la tierra con abono orgánico y humus de lombriz de tal manera que se garantizó que el cultivo fuera orgánico.
- Se realizó la calibración y las pruebas finales del prototipo.

4.5 DOCUMENTACIÓN Y DIVULGACIÓN

Se llevó a cabo el proceso de documentación para cada una de las fases mencionadas las cuales conllevaron al prototipo final, además de ello se realizaron:

- Se elaboraron de guías prácticas para la capacitación sobre electrónica aplicada al proceso de cultivo de germinados y uso de herramientas para la construcción del prototipo.
- Se desarrollaron talleres teóricos-prácticos a la comunidad.
- Se hizo el acompañamiento a la comunidad durante el proceso.

5. ANTECEDENTES

La agricultura urbana ha ayudado a las poblaciones de bajos recursos a producir alimento y así poder consumirlos para ayudar a suplir las necesidades de vitaminas, minerales, proteínas de origen vegetal pues tienen acceso directo a hortalizas frescas con variedad de nutrientes⁸, sin embargo no es una opción a la que muchas personas acuden, pues no saben cómo hacerlo o lo hacen de manera empírica, acorde a la experiencia tenida en este campo, a través de

⁸BAUDOIN, WILFRIED. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. {En línea}. 2010. (último acceso: 10 de Marzo de 2018) disponible en: (<https://goo.gl/VYqdS4>).

la práctica mediante la visualización de está en otros lugares o el acompañamiento de personas que ya lo han realizado, lo que implica que la cosecha de lo que se ha cultivado no esté apto para el consumo o se pierda.

Por tanto la electrónica interviene en este escenario, proporcionando soluciones para automatizar procesos de cosecha y así ayudar a la necesidad de estar supervisando el cultivo⁹, por lo que se han implementado sistemas de automatización para la producción agrícola como por ejemplo el proceso de control de humedad y temperatura para invernaderos de flores o rosas, el cual consiste en conocer sus condiciones ambientales y así poder determinar si están creciendo de forma adecuada y a su vez dar una fecha tentativa de cosecha¹⁰, asimismo este tipo de técnicas también permiten que la automatización realice cambios estructurales y active sistemas de actuadores para controlar estas variables¹¹.

De igual forma, la ingeniería electrónica ha dado paso para hacer automatizaciones directamente a invernaderos de hortalizas como el tomate y la lechuga, donde se realiza el sensado de variables como la temperatura, humedad y luminosidad con el objetivo de mantener el clima adecuado para el cultivo¹² como también suministrar la cantidad de agua necesaria al cultivo¹³, teniendo en cuenta las

⁹BEDOYA JIMENEZ, Ana María. La República. Editorial La República S.A.S {En Línea}. 14 de Agosto de 2014. (último acceso: 10 de Marzo de 2018) disponible en: (<https://goo.gl/F5Vpf1>)

¹⁰CORREA OSPINA, Julián Augusto. «Universidad Católica de Colombia.» Repositorio Institucional {En línea}. 18 de Octubre de 2013 disponible en: (<http://hdl.handle.net/10983/1024>).

¹¹OSSA OCAMPO, Pablo Andrés. «Universidad Católica de Colombia.» Repositorio Institucional. {En línea} Enero de 2017. (último acceso: 10 de Marzo de 2018). Disponible en (<http://hdl.handle.net/10983/14137>).

¹²ACOSTA MELO, Edison Fabián, y Daniel Andrés León Lovera. «Universidad Católica de Colombia Repositorio Institucional. {En línea} 12 de Mayo de 2016. Dispñible en: (<http://hdl.handle.net/10983/3203>)

¹³BARRENECHE GONZÁLEZ , Juan David. «Universidad Católica de Colombia .» Repositorio Institucional {En línea}. 11 de Julio de 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/8294>

diferentes técnicas que se usan para el riego de los cultivos, se han diseñado sistemas de riego por goteo en donde el objetivo es mantener la humedad adecuada de los cultivos para que las plantas crezcan de forma correcta, por ello se implementó un sistema de monitoreo en tres niveles en donde la humedad sea determinada mediante la medición de voltaje y corriente entre electrodos puestos en la tierra, así se controla la cantidad de agua aplicada evitando pérdidas del mismo¹⁴, con el objetivo de hacer uso adecuado y eficiente del agua, se diseñó un sistema de riego basado en Arduino en donde el sistema diseñado, detecta la humedad que tiene el suelo y decide si es necesario que la bomba se active para regar la planta y cuánta agua se necesita¹⁵.

La automatización de la agricultura se ha extendido a nivel mundial, optimizando los diferentes procesos implicados en la agricultura, el proceso de siembra, el sistema de riego, la recolección del fruto y demás actividades en este sector haciendo uso de la electrónica, mecánica y áreas del conocimiento en las que se evidencie la ayuda a la construcción de diferentes prototipos, uno de los países con mayor enfoque en estos estudios es India, en donde el sector agrícola representa una alta contribución al Producto Interno Bruto (PIB), sin embargo según estudios dos problemas son la escasez de agua y el alto costo que es mantener a los trabajadores por ende han buscado diferentes alternativas para reducir y optimizar los procesos agrícolas

¹⁴SÁNCHEZ SALGUERO, Edmundo, y Hugo SÁNCHEZ SALGUERO . «Automated System of Irrigation for Drip based on Measurements of Dampness.» Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVII), 2017 IEEE 37th. Managua: IEEE, 2017. 1-6.

¹⁵CM, DEVIKA, KARTHIKA BOSE, Y VIJAYALEKSHMY S. «Automatic Plant Irrigation System using Arduino.» Circuits and Systems (ICCS), 2017 IEEE International Conference on. Thiruvananthapuram: IEEE, 2017. 1-4.

mediante la automatización y la agricultura de precisión desarrollando prototipos con tecnologías como IoT, los cuales permitan el uso de energías renovables dadas las altas temperaturas del país¹⁶.

Con el objetivo de aportar a este tipo de procesos, se diseñó un robot para ejecutar el riego en una granja en Bangalore, India, este robot permite el monitoreo de forma remota y es capaz de decidir en qué momento se debe regar la granja dados los datos de humedad y temperatura que se estén suministrando¹⁷.

Teniendo en cuenta lo anterior, se han desarrollado variedad de prototipos para el proceso agrícola, uno de ellos Agribot, un robot usado para la siembra de semillas, se realiza mediante un Arduino Nano y se controla mediante Wi-Fi y haciendo uso de las energías renovables alimentaban este robot mediante paneles solares, finalmente Agribot se potencializó como un robot que aumenta la productividad dado que la siembra la realiza de manera exacta en diferentes terrenos¹⁸.

De igual manera se han realizado procesos de optimización y modernización para los sistemas de riego en los diferentes cultivos en India, de tal manera que se dosifique el agua y solo se gaste el agua necesaria para la planta mediante tecnología IoT, este sistema se hace mediante sensores comerciales de humedad y temperatura, se clasifica como un desarrollo de agricultura de precisión con Cloud Computing que a su vez permitirá la maximización de la producción

¹⁶Rahul D S [et al.] IoT based Solar Powered Agribot for Irrigation and Farm Monitoring [Conference]. - Bangalore : Second International Conference on Inventive Systems and Control IEEE, 2018.p. 826

¹⁷ Rahul D S [et al.], Op. Cit., p. 831

¹⁸ UMARKAR Saurabh y KARWANKAR Anil Automated Seed Sowing Agribot using [Conferencia] // International Conference on Communication and Signal Processing, - INDIA: IEEE, 2016.

analizando la condiciones climáticas del campo en dónde se encuentre¹⁹.

Existen otros tipos de dispositivos mecatrónicos que en vez de realizar su trabajo completamente autónomo, tiene el objetivo de asistir al humano, de esta manera el proceso agrícola es compartido, en España, se diseñó un prototipo para la recolección de fruta a través de un brazo robótico, este realiza la detección de frutas mediante un telemetro láser, el computador procesa esta información y calcula las secuencias de recolección adecuadas además de controlar todo el movimiento de las piezas mecánicas, este prototipo se construyó en un ambiente de laboratorio, el objetivo para futuros trabajos es reducir la brecha tiempo entre la recolección manual y la recolección del brazo robótico²⁰.

Dado lo anterior, no solo se han construido prototipos enfocados a la agricultura de precisión sino también sistemas de monitoreo con el enfoque hacia lugares como los invernaderos capaces de tomar decisiones o acciones acorde a las condiciones climáticas en las que este se encuentre proporcionando datos de temperatura, humedad y enviando mensajes multimedia al agricultor, esto mediante tecnología IoT, para este caso se usó una LaunchPad de Texas Instruments en la que al finalizar las pruebas, se concluyó que este tipo de sistemas

¹⁹R. Nageswara Rao y B.Sridhar IOT BASED SMART CROP-FIELD MONITORING AND AUTOMATION IRRIGATION SYSTEM [Conferencia] // Second International Conference on Inventive Systems and Control. - INDIA: IEEE, 2018.

²⁰R. Ceres [y otros] Desing and implementation of anaided fruit-harvesting robot (Agribot) [Publicación periódica] // Research article. - Madrid : [s.n.]. - 5 : Vol. 25. - págs. 337-346.

de monitoreo es económico y el consumo de energía es menor lo que permitirá una mejor producción del cultivo²¹.

La construcción de prototipos o sistemas de control enfocados a la agricultura de precisión ha incluido una nueva variable a tener en cuenta al momento de diseñar, la distancia de monitoreo se ha convertido en factor diferenciador en cada uno de los proyectos de investigación del mundo, agregando un factor diferenciador a la medición de temperatura y humedad en cada uno de los invernaderos, en China, se realizó la implementación de un sistema de medición involucrando las variables mencionadas de forma inalámbrica mediante una topología de red tipo estrella, con nodos de sensores y un nodo principal, los datos tomados por los sensores se enviaban a una base de datos MYSQL, este realiza una curva de detección y si encuentra datos anormales se activa un sistema de alarma en tiempo real de tal manera que avisa al monitor que se deben realizar cambios²².

²¹ PRATHIBHA S R, ANUPAMA Hongal and Jyothi MP IOT BASED MONITORING SYSTEM IN SMART AGRICULTURE [Conference] // International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology. - Karnataka: IEEE, 2017.

²² TONGTON Yin, WENJIE Feng and ZHEYING Li Temperature and Humidity Wireless Sensing and Monitoring Systems Applied in Greenhouse [Conference] // International Conference on Computer Science and Network Technology. - Harbin, China: IEEE, 2011.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO CONCEPTUAL

Los germinados se consideran como el primer estado de vida de la semilla, es decir, la primera raíz en donde se forma un tallo pequeño tal como lo muestra la figura 2, al estar en esta condición, la semilla que está germinando es considerada fuerte enzimática y energéticamente²³, teniendo en cuenta esto los germinados requieren de factores ambientales tales como la luminosidad, la humedad, la temperatura, el riego adecuado así los germinados crecerán en condiciones óptimas.

²³ Brotes Chile. Brotes Chile. s.f.{En Línea} (último acceso: 17 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://broteschile.cl/content/2-brotes-y-germinados>)

Figura 2. Bandeja de germinados.



Fuente: KIMUAK. 2013. <http://www.kimuak.es/denda/tienda-online/65-bandeja-germinadora.html> (último acceso: 30 de Mayo de 2018).

De los factores ambientales, la humedad es la que más destaca, dado que está directamente implicada con el riego que se esté utilizando, así dependiendo del cultivo si la humedad es muy baja, la semilla no podrá llegar al proceso de germinado como se observa en la figura 3 y si el caso es inverso, sí la humedad excede impediría la que la semilla tenga el oxígeno necesario para empezar a germinar, se debe garantizar un nivel mayor a 60% de humedad en el medio ambiente y la humedad relativa debe oscilar entre 70% y 80%²⁴ .

Figura 3. Proceso de germinación de una semilla

24 CASTILLEJO HERNANDEZ, Pablo. «Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicacion.» 30 de Abril de 2014. {En Línea} (último acceso: 30 de Abril de 2018). Disponible en: (<https://goo.gl/Xo9Zgn>)



Fuente: FUNDACIÓN SECRETOS PARA CONTAR. s.f.
<https://bit.ly/2ENxUpj> (último acceso: 30 de Mayo de 2018).

Existen factores internos y externos que influyen en la germinación, los internos son aquellos característicos de la semilla, madurez y viabilidad de las semillas; los externos son los que se ven afectados por el ambiente los más relevantes son la humedad y la temperatura.

- **Madurez de la semilla:** Se considera que una semilla es madura cuando se ha desarrollado morfológica y fisiológicamente. La madurez morfológica consiste en el desarrollo completo de todas las estructuras de las semillas, sin embargo, aunque las semillas sean maduras morfológicamente no pueden germinar por lo que se necesitan transformaciones fisiológicas, la madurez fisiológica puede lograr al mismo tiempo de la morfológica o puede existir una discrepancia de semanas, meses entre ambas.

- **Viabilidad de las semillas:** Consiste en el rango de tiempo en que una semilla puede germinar, es variable pues depende del tipo de semilla y las condiciones en las que se halla almacenado.
- **Humedad:** Es uno de los principales factores de la germinación pues es necesario la absorción de agua para que se rehidraten sus tejidos y la semilla retome su metabolismo, se debe tener especial cuidado pues el exceso de agua podría afectar la germinación debido a que se dificulta la llegada de oxígeno al embrión.
- **Temperatura:** Es un factor determinante en el proceso de germinación dado que influye en la enzima que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que se producen en la semilla después de la rehidratación, para ello la germinación de las semillas se produce bajo un rango de temperaturas pues si es muy alta o muy baja la germinación no tendrá lugar, las semillas en zonas frías germinan a temperaturas entre 5°C y 15°C.

Existen dos tipos de germinados, la germinación epigea y la germinación hipogea.

- **Germinación epigea:** los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplasto, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Presentan este tipo de germinación las semillas de cebolla, ricino, judía,

lechuga, mostaza blanca, en la figura 4, se muestra el proceso de germinación para la semilla judía.

Figura 4. Germinación epigea de la judía



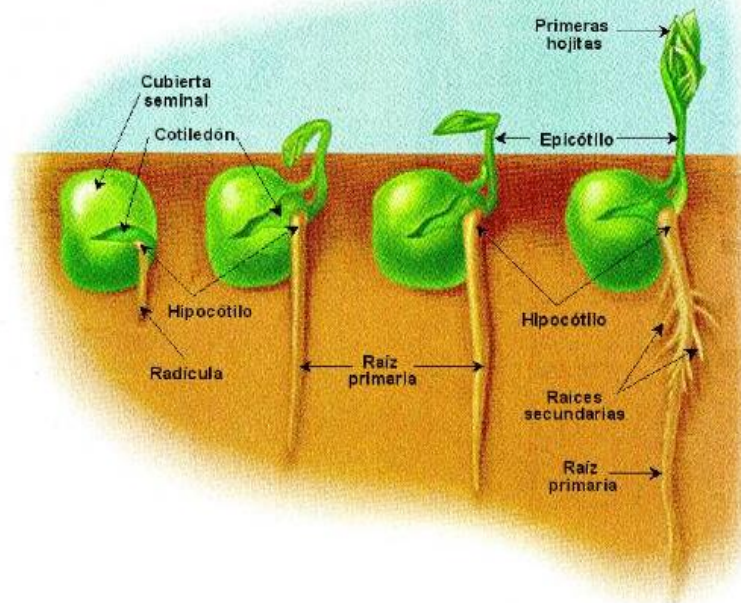
Fuente: (*Phaseolus vulgaris*). (Figura modificada de Rost, Th. et al. 1997. "Plant Biology". Wadsworth Publishing Company

- **Germinación hipogea:** Los cotiledones permanecen enterrados, la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto, el epicótilo se alarga, aparecen las primeras hojas verdaderas, que son los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula, se presenta en semillas de cereales, trigo, maíz, cebada, haba, en la figura 5 se muestra el proceso hipogeo para una arveja .²⁵

Figura 5. Germinación hipogea de la arveja

²⁵GARCIA BREIJO, F. (2003). UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA . Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de <https://goo.gl/kCAzpe>

Germinación hipogea



Fuente: (*Pisum sativum*). (Figura modificada de Rost, Th. et al. 1997. "Plant Biology". Wadsworth Publishing Company.)

Con el fin de asegurar que lo anterior se cumpla, es fundamental tener un riego óptimo por el cual los tres que más se destacan son: por goteo, por aspersión y de forma manual.

El goteo que tiene una eficiencia entre 85%-95%, en este riego se moja solo la parte del suelo próxima a las plantas, el agua a baja presión llega mediante tuberías hasta las plantas tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Riego por goteo.



Fuente: Irrigación y Construcción IRCON. s.f. {En Línea} (último acceso: 26 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://irconsistemasderiego.com/sistemas-de-riego-por-goteo-1>).²⁶

En el riego por aspersión, el agua es conducida a presión al llegar a los aspersores produce gotas que mojan todo el terreno de una manera similar a la que hace la lluvia el cual se observa en la figura 7, su eficiencia está entre 65% y 85%.

Figura 7. Riego por aspersión.

²⁶ Irrigación y Construcción IRCON. s.f. {En Línea} (último acceso: 26 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://irconsistemasderiego.com/sistemas-de-riego-por-goteo-1>).



Fuente: Durman Riego. s.f. {En Línea} (Último acceso: 26 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://agroipsa.com.mx/riego-por-aspersion/>)²⁷

Para la forma manual o a pie se tiene una eficiencia entre 30-70%, con este riego se suele mojar la totalidad del terreno como se observa en la figura 8, esto depende de cómo la persona que esté haciendo el riego pues debe controlar su distribución, es un técnica de riego empírica²⁸.

²⁷ Durman Riego. s.f . {En Línea} (último acceso: 26 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://agroipsa.com.mx/riego-por-aspersion/>)

²⁸ FlorProhibida Grow Shop. *Controladores para el cultivo de interior*. 03 de Enero de 2017. {En Línea} (último acceso: 10 de Octubre de 2017). Disponible en: (<https://goo.gl/hRYmZG>)

Figura 8. Riego de forma manual.



Fuente: VELASCO, José Luis. Interempresas. 27 de Abril de 2017. <http://www.interempresas.net/Ferreteria/Articulos/185220-El-riego-correcto.html>²⁹.

6.2 MARCO TEORICO

Control se define como aquella acción que se aplica a la entrada para causar valores deseados en las variables del sistema a los que se les llama referencia, un sistema de control se compone por la conexión entre sub-sistemas tales como el proceso, controlados, compensador, actuadores, sensores, estos subsistemas al interconectarse se encargan del comportamiento del sistema que se desea lo que se le llama una salida de proceso controlada o deseada.

Cada uno de estos subsistemas de componentes representa una relación entrada-salida, la salida de un subsistema puede ser la entrada para otro. Un sistema de control está formado por, entradas

²⁹ VELASCO, José Luis. Interempresas. 27 de Abril de 2017. <http://www.interempresas.net/Ferreteria/Articulos/185220-El-riego-correcto.html>.

independientes que son aquellas variables manipuladas y por salidas resultantes que son las variables que el sistema controla³⁰.

Hoy en día existen diversos tipos de controladores que se pueden usar en los cultivos, existen aquellos que controlan la temperatura, la humedad, otros que combinan temperatura y humedad, inclusive controladores de Dióxido de Carbono (CO₂) y controladores de nutrientes. El objetivo de los controladores es buscar mantener las condiciones que los cultivadores deseen, aunque las condiciones varíen (días fríos, lluviosos, soleados) que sean capaces de tener controlado al 100% cualquier aspecto del cultivo aunque las condiciones cambien³¹.

6.2.1 Elementos de un sistema de control. Un sistema de control posee diferentes elementos entre los cuales están principalmente:

- La planta, que representa el sistema físico o proceso por controlar, puede funcionar en lazo abierto o en lazo cerrado.
- La unidad de control, es el componente central del sistema de control, puede consistir de hardware o software, decide sobre las operaciones que deben realizarse.
- Los accionamientos, son los que permiten gobernar la planta.

³⁰En *Control automático, estrategias de control clásico*, de José Aldemar Muñoz Hernández, Luis Alfonso Muñoz Hernández y Carlos Antonio Rivera Barrero. Ibagué: Universidad del Tolima, 2014.

³¹DICKENS, Alexander. *FlorProhibida*. 28 de Diciembre de 2016. <http://www.florprohibida.com/blog/controladores-cultivo-interior/> (último acceso: 17 de Octubre de 2017).

- Transductores, son lo que corresponden al conjunto sensor-interfaz, un sensor convierte las magnitudes físicas de la planta por controlar en magnitudes eléctricas³².

6.2.2 Tipos de sistemas de control. Existen dos tipos de sistemas de control, el sistema en lazo abierto y en lazo cerrado.

- En el sistema de control en lazo abierto, el controlador o regulador no tiene en cuenta el valor de la señal de salida.
- Para el sistema de control de lazo cerrado, se comparan las variables a controlar con una señal de referencia de forma tal que la diferencia entre una y otra, el controlador modifica la acción de control sobre los actuadores de la planta o sistema³³.

6.2.3 Tipos de controladores. Se pueden encontrar tres tipos de controladores principales, los sistemas On/Off, controladores analógicos/digitales y controladores lógicos programables.

- Los sistemas on/off, son sistemas físicos que consideran solamente dos estados de operación.
- Controladores analógicos/digitales, son aquellos dispositivos que realizan los cálculos requeridos para el control de un sistema de una manera analógica, sin discretizar la señal de control para su procesamiento en una computadora o microcontrolador.
- Los controladores lógicos programables (PLC), son dispositivos de control que son programable y están fabricados para resistir un ambiente industrial, diferencias de temperatura y cambios bruscos

³²En *Control automático, estrategias de control clásico*, de José Aldemar Muñoz Hernández, Luis Alfonso Muñoz Hernández y Carlos Antonio Rivera Barrero. Ibagué: Universidad del Tolima, 2014.

³³ En *Apuntes de sistemas de control*, de Ramon P. Ñeco García, Oscar Reinoso García, Nicolás García Aracil y Rafael Aracil Santonja. Alicante: Club Universitario, 2003.

de voltaje, al igual que cierto nivel de impactos mecánicos, a través de programación permiten una amplia gama de opciones de control, considerando para ello entradas tanto analógicas como digitales³⁴.

6.2.4 Sensado. En los procesos en donde se desea realizar un monitoreo, es indispensable un sistema de sensado teniendo en cuenta las variables que se desean controlar, así el uso de sensores como dispositivos capaces de detectar una determinada acción externa y transmitirla de forma adecuada³⁵.

6.2.5 Sensor de temperatura. Los sensores de temperatura son aquellos instrumentos capaces de convertir una señal recibida de forma externa a señales eléctricas y estas son procesadas por dispositivos electrónicos³⁶. Existen diversidad de sensores de temperatura en el mercado, sin embargo, estos se pueden dividir en tres categorías, el termistor, el termopar y los RTD (Resistance Temperature Detector), en la figura 9 se muestra un tipo de sensor tipo termómetro.

- Termistor. Es un tipo de sensor el cual se basa en la variación de la resistencia eléctrica bajo condiciones de la variable temperatura, dentro de esta categoría hay dos tipos los que tiene coeficiente de temperatura negativa, que se caracterizan por ser inversamente proporcionales a la resistencia pues al aumentar la

³⁴En Sistemas de control moderno. Volumen I: sistemas de tiempo, de Rubén Morales Menéndez y Ricardo Ambrosio Ramírez Mendoza. Monterrey: Digital del Tecnológico de Monterrey, 2013

³⁵ Real Academia Española, Definición Sensor.

³⁶ MURDOCCA MARTÍN, Roberto. 2009. Universidad Nacional de San Luis, Argentina. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Octubre de 2018.] <https://bit.ly/2AE9R86>.

temperatura su resistencia disminuirá y los de coeficiente de temperatura positiva, al aumentar la temperatura su resistencia aumenta³⁷.

- Termopar. Estos dispositivos se conforman a partir de la unión entre dos metales diferentes de forma que si la temperatura de uno de los metales es mayor, se produce un diferencial de potencial el cual permite el flujo de corriente entre ambos materiales pg61³⁸.
- Resistance Temperature Detector (RDT). Estos sensores son detectores de temperatura resistivos y su funcionamiento se basa en la variación de esta de un conductor con la temperatura, a mayor temperatura habrá una mayor agitación térmica por ende su resistencia aumentará³⁹.

Figura 9. Sensor de temperatura



Fuente: Autores

³⁷SERNA RUIZ, Antonio, ROS GARCÍA, Francisco Antonio y RICO NOGUERA, Juan Carlos. 2010. Guía Práctica de Sensores. s.l.: Creaciones Copyright, 2010, pág. 37.

³⁸ Ibid. pág. 61

³⁹GUTIÉRREZ, Marllelis y ITURRALDE, Sadi. 2017. Fundamentos Básico de Instrumentación y Control. SANTA ELENA, ECUADOR: UPSE, 2017, Pág. 29.

6.2.6 Sensor de humedad. Los sensores de humedad, permiten realizar la detección de la cantidad de líquido que se encuentra en la tierra o aquello en donde se desee conocer qué porcentaje de agua posee, entre la humedad, se destacan tres tipos diferentes; la humedad absoluta, la humedad relativa y la humedad específica⁴⁰.

6.2.7 Electroválvulas. Las electroválvulas son algunos de los actuadores usados en un sistema de control y se define como aquellos dispositivos capaces de permitir el paso de flujo en su interior⁴¹.

⁴⁰KOURO Samir and GLARÍA Jaime Universidad Técnica Federico Santa María [Online]. - 01 Octubre 2001. - 10 Octubre 2018. - <https://bit.ly/1Lcj55Z>.

⁴¹ En Electroimanes, de Manuel Álvarez Pulido. San Vicente, Alicante: Club Universitario, 2012.

7. GERMINADOS Y VARIABLES DE INSTRUMENTACIÓN

Los germinados se caracterizan por ser una de las fases de las semillas para cultivar, específicamente es la segunda fase, la primera raíz en donde se forma un pequeño tallo, cuando la semilla se encuentra en este estado es considerada un alimento nutritivo en especial para vitaminas A,C,E,K y complejo B⁴².

Cundinamarca es un departamento netamente agrícola, para el año 2013 aportó un 10.7% en agricultura, ganadería, silvicultura y pesca al producto interno del país, siendo el 11.1% en los productos agrícolas, entre los cultivos que más se destacan son, la zanahoria (5%), la cebolla (3,4%), la lechuga (3,1%), el tomate (3%), el maíz (2,7%), siendo estos cultivos antecesores por los germinados.⁴³

De igual manera se realizó la investigación acerca de los germinados que se dan en el departamento de Cundinamarca, dado que es clima frío, en la tabla 1, se escogieron lo germinados más potenciales para la siembra en el prototipo AGRIMATION 1.0.

Teniendo en cuenta la información recopilada en la fase de investigación, se determinó que las variables de instrumentación implicadas en el proceso de germinado son la temperatura y la humedad relativa.

⁴² Braunstein, Mark. Germinados: guía para cultivarlos en casa. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2012 pág 12. Accessed August 20, 2018. ProQuest Ebook Central.) <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/reader.action?docID=4422058&query=germinados#>

⁴³Herrera, J. A. (26 de Junio de 2015). *OBSERVATORIO DE DESARROLLO ECONOMICO*. Recuperado el 17 de Agosto de 2018, de <https://goo.gl/yfKgjB>.

Tabla 1. Germinados dados en Cundinamarca

Nombre del germinado	Nombre Científico	Duración del germinado (Días)	Profundidad de siembra (cm)	Temperatura de germinado (°C)	Humedad Relativa
Tomate	Solanum lycopersicum	7 - 10 Días	0,5-1 cm	20-25	60 - 85 %
Zanahoria	Daucus carota	7 - 10 Días	0,5-1 cm	25-30	70 - 80 %
Lechuga	Lactuca sativa	4 -6 Días	0,5-1 cm	20-25	68 - 70 %
Maíz	Zea mays	4 -6 Días	3-4 cm	25-30	50 - 80 %
Pepino	Cucumis sativus	4 -6 Días	3-4 cm	>30	60 -70 %
Cebolla	Allium cepa	4-6 Días	0,5-1 cm	25-30	60 - 70 %
Espinaca	Spinacia oleracea	4 -6 Días	1-2 cm	15-20	60 - 75 %

Fuente: Autores con ayuda de Google.

Dada la tabla anterior, se eligieron los germinados de lechuga y zanahoria para la primera producción de germinados, con el objetivo de realizar observar el comportamiento de cada germinado frente a las condiciones de humedad y temperatura requeridas.

8. IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la selección de los instrumentos requeridos los cuales ayudaron a la medición de variables de temperatura y humedad, se realizó una rubrica de evaluación a los requerimientos que se se hicieron necesarios en el prototipo, a cada uno de estos se le asignó un porcentaje según su grado de importancia.

La selección del sistema de control se basó en la necesidad y el funcionamiento que se deseaba para el prototipo, de esta manera, se seleccionó un control ON/OFF en lazo cerrado puesto que se deseaba mantener el rango de humedad entre 60% y 80% y la temperatura de ambiente debía mantenerse entre 10°C y 25°C.

8.1 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN

Para cada requerimiento necesario, se asignó un porcentaje entre 0% y 100%, este porcentaje define el grado de importancia (G_i), el cual se basó en las necesidades que requería el proyecto entre ellas la más relevante fue el precio dado que es un prototipo pensado para las comunidades de bajos recursos por tanto se busca que su precio sea asequible, la sumatoria de dichos porcentajes tendrá un valor máximo de 100%, dado que este proyecto tiene un enfoque social, es necesario darle un porcentaje alto al costo del mismo.

Posteriormente las características que se tomaron para cada instrumento, se asignaron un valor de importancia (V_i), evaluados de 0 a 10 puntos, donde 0 puntos es el valor mejor, por lo tanto, los requerimientos no son los adecuados para el sistema y 10 puntos es

el valor mayor, si los requerimientos son los adecuados para el sistema.

Obteniendo el valor de importancia para cada uno de los instrumentos de medición, se realizó una multiplicación con el grado de importancia, para obtener un valor de 0 a 10 puntos obteniendo el valor de la ponderación (V_p). Esto se puede apreciar en la siguiente ecuación:

$$V_p = (G_{i_1} * V_{i_1}) + (G_{i_2} * V_{i_2}) + \dots (G_{i_n} * V_{i_n})$$

Dónde:

V_p = Valor de la Ponderación

G_i = Grado de importancia de la variable n

V_i = Valor de Importancia de la variable n

8.1.1 Sensor de temperatura: Este sensor permite monitorear la temperatura del germinado, dichos sensores manejan unas características determinadas que permitieron la mejor elección para el monitoreo. A continuación (véase tabla 2), se muestran las características con los que cuentan los sensores a ponderar.

Tabla 2. Características e importancia para el sensor de temperatura

SENSOR DE TEMPERATURA	
CARACTERÍSTICA	IMPORTANCIA EN EL PROTOTIPO
RANGO DE LECTURA (°C)	El rango de temperatura arroja el valor de la temperatura mínima y la máxima que puede medir el sensor, los germinados manejan una temperatura entre 10°C a 30°C, donde hay sensores que soporte temperaturas mayores, como también menores temperaturas.
PRECISIÓN (°C)	Ayuda a determinar el grado de exactitud del sensor con respecto a los instrumentos de medición que en este caso se utiliza un termómetro higrómetro como patrón para demostrar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o dar el resultado deseado preciso.
COSTO (COP)	Se utilizó en una población vulnerable donde sus condiciones monetarias no son muy altas, se busca que el proyecto sea lo más económico posible.
RESOLUCIÓN (BITS)	Al indicar la variación de la señal, entre mayor sea la resolución el sensor es más preciso en la toma de datos.
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN (V)	Determinó si se requiere la utilización de un módulo adicional que proporcione las salidas de voltaje necesarias para la alimentación de los sensores.

Fuente: Autores

Para cada uno de las características se le asignó un grado de importancia (Gi) como se puede observar en la tabla 3 para realizar la ponderación del sensor de temperatura.

Tabla 3. Grado de importancia de las características del sensor de temperatura

Características	Grado de importancia
Rango de lectura	20%
precisión	15%
costo	40%
Resolución	15%
Voltaje de alimentación	10%
Total	100%

Fuente: Autores.

Posteriormente se le asignan valores de importancia (V_i) para cada una de las características teniendo en cuenta las necesidades para el proyecto, esto se puede visualizar en la tabla 4.

Tabla 4. Rubrica de evaluación

Características	Rango	Valor de importancia (V_i)
Rango de lectura	0 - 40° C	10
	0 - > 40° C	7
	< 0 - 40° C	2
	< 0 - > 40° C	2
Precisión	0.2 ° C	10
	0.5 ° C	8
	1 ° C	2
	> 2 ° C	0
Costo (COP)	\$ 6.000	10
	\$ 10.000	8
	\$15000 - 20000	5
	\$ 20.000	0
Resolución	16 bits	10
	12 bits	8
	10 bits	6
	< 10 bits	0
Voltaje de alimentación	5 V	10
	3.3V	8
	>5V	2
	<3.3V	0

Fuente: Autores

Se realizó la respectiva ponderación para el sensor de temperatura la cual se visualiza en la tabla 5. El sensor DS18B20 se seleccionó para el proyecto porque fue el que mayor puntaje, obtuvo 7.8 de 10 puntos, dado que es que cumple con las características deseadas.

tabla 5. Ponderación del sensor de temperatura

Sensor	Rango de lectura		Precisión		Costo		Resolución		Voltaje de alimentación		Total
	V _i	20%	V _i	15%	V _i	40%	V _i	15%	V _i	10%	
MLX90615 SSG	2	0,40	8	1,20	1	0,40	10	1,50	0	0	3,50
DFR0024	2	0,40	8	1,20	5	2,00	8	1,20	10	1	5,80
DFR0023	7	1,40	2	0,30	5	2,00	6	0,90	10	1	5,60
Ds18b20	2	0,40	8	1,20	10	4,00	8	1,20	10	1	7,80
LM35	2	0,40	8	1,20	10	4,00	6	0,90	10	1	7,50

Fuente: Autores.

Para verificar el correcto funcionamiento del sensor de temperatura, se realizó una comparación con el instrumento patrón de medición de temperatura llamado termómetro, se expusieron a condiciones de ambiente iguales tomando un tiempo de referencia de 15 minutos, posteriormente se hicieron variaciones de temperatura mediante una vela cada 10 segundos y se registraron los valores en la tabla 6.

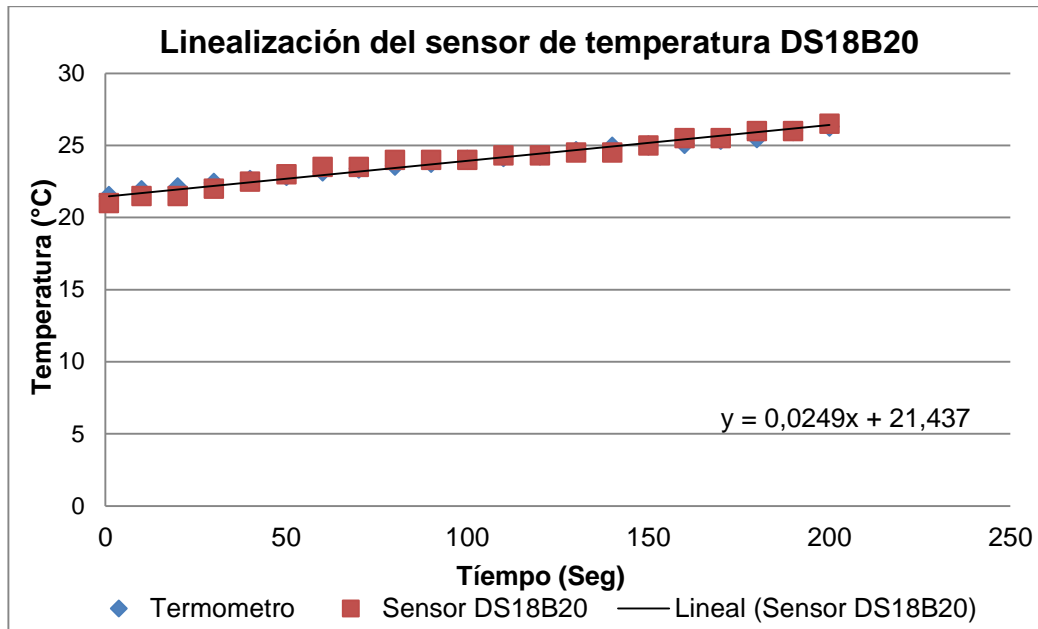
Tabla 6 Valores tomados Termómetro y Sensor DS18B20

Tiempo (Seg)	Termómetro (°C)	Sensor DS18B20 (°C)
1	21,5	21
10	21,9	21,5
20	22,1	21,5
30	22,4	22
40	22,6	22,5
50	22,9	23
60	23,2	23,5
70	23,4	23,5
80	23,6	24
90	23,8	24
100	24	24
110	24,2	24,3
120	24,3	24,3
130	24,6	24,5
140	24,9	24,5
150	25	25
160	25,1	25,5
170	25,4	25,5
180	25,5	26
190	26	26
200	26,3	26,5

Fuente: Autores.

Obteniendo los valores para cada uno de los instrumentos de medición, se procedió a realizar la gráfica y la respectiva linealización para cada uno mencionados anteriormente. Como se pudo observar en la figura 10 los valores del sensor DS18B20, se encontraban por debajo y por arriba de los valores de temperatura sin una diferencia considerable de esta manera se garantizaba que el margen de error era menor, se obtuvo la ecuación característica la cual describe el comportamiento del sensor DS18B20.

Figura 10. Linealización sensor DS18B20



Fuente: Autores

8.1.2 Sensor de humedad: Este sensor permite monitorear la humedad del suelo del germinado, para la selección del sensor que mejor se adecua al prototipo, se tuvo en cuenta las principales características que estos poseen las cuales se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Características e importancia para el sensor de humedad

SENSOR DE HUMEDAD	
CARACTERÍSTICA	IMPORTANCIA EN EL PROTOTIPO
TIPO DE SALIDA	Es importante porque se encontraron sensores de humedad tanto análogos como digitales, los digitales tienen establecido un valor de humedad y si ese valor es menor, envía un 1 lógico, pero no permite saber a qué porcentaje se encuentra. Por lo tanto, el sensor de humedad análogo sí permite leer el porcentaje de humedad que se encuentra en el suelo en cualquier instante.
SENSIBILIDAD (%)	Ayuda a determinar el grado de exactitud del sensor con respecto a los instrumentos de medición que en este caso se utiliza un hidrómetro como patrón para demostrar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o dar el resultado deseado preciso.
COSTO (COP)	Se utilizó en una población vulnerable donde sus condiciones monetarias no son muy altas, se busca que el proyecto sea lo más económico posible.
PROTECCIÓN	Es importante que el sensor tenga protección porque siempre está expuesto a la tierra, por lo tanto, si no tiene protección puede presentar oxidación o daños en el sensor.
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN (V)	Determina si se requiere la utilización de un módulo adicional que proporcione las salidas de voltaje necesarias para la alimentación de los sensores.

Fuente: Autores

Para cada uno de las características se le asignó un grado de importancia (G_i) como se puede observar en la tabla 8 para realizar la ponderación del sensor de humedad.

Tabla 8 Grado de importancia de las características del sensor de Humedad

Características	Grado de importancia (Gi)
Tipo de salida	15%
Sensibilidad	15%
Precio	35%
Protección	20%
Voltaje de alimentación	15%
TOTAL	100%

Fuente: Autores

Se realizó la asignación de valores de importancia (V_i) para cada una de las características dadas las necesidades del prototipo, estos valores se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Rubrica de evaluación para el sensor de humedad

Características	rango	Valor de importancia (V_i)
TIPO DE SALIDA	Análoga	10
	Digital	7
SENSIBILIDAD	Ajustable	10
	Fija	8
PRECIO (COP)	\$ 3.000 - 7000	10
	\$ 8000- 12.000	8
	\$15000 – 20000	5
	> \$ 20.000	0
PROTECCION	SI	10
	NO	7
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN (V)	5 V	10
	3.3V	8
	>5V	2
	<3.3V	0

Fuente: Autores

Se realizó la respectiva ponderación para el sensor de humedad, la cual se visualiza en la tabla 10. El sensor SIG0040 distribuido por Sigma Electrónica, se seleccionó para el proyecto porque fue el que mayor puntaje obtuvo 9.40 de 10 puntos, es el que mejor cumple con los requerimientos propuestos.

Tabla 10 Ponderación del sensor de humedad

Sensor	Tipo de salida		Sensibilidad		Precio		Protección		Voltaje de alimentación		Total
	V _i	15%	V _i	15%	V _i	35%	V _i	20%	V _i	15%	
SIG0040	10	1,50	10	1,50	10	3,50	7	1,40	10	1,5	9,40
SEN0114	10	1,50	8	1,20	5	1,75	10	2,00	10	1,5	7,95
SEN0193	10	1,50	8	1,20	0	0	10	2,00	10	1,5	6,20
YL 100	10	1,50	10	1,50	10	3,50	5	1,00	10	1,5	9,00

Fuente: Autores

La calibración del sensor seleccionado, se realizó mediante la comparación con un instrumento patrón, el hidrómetro, en donde se sometieron a condiciones de suelo idénticas tomando un tiempo de referencia de 5 minutos para iniciar la toma de medidas, posteriormente se fueron agregaron cantidades de agua y se registraron los valores en la tabla 11.

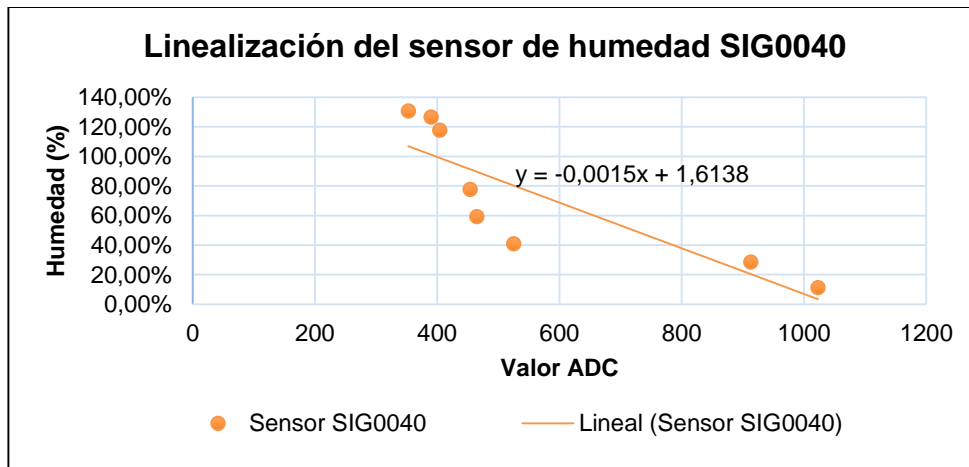
Tabla 11. Valores tomados hidrómetro y Sensor SIG0040

SENSOR SIG0040 (Valor ADC)	HIDROMETRO (Porcentaje de Humedad)
1023	11,28%
913	28,560%
525	40,941%
465	59,164%
454	77,696%
404	117,662%
390	126,599%
353	130,700%

Fuente: Autores

Con los resultados obtenidos anteriormente, se realizó la gráfica de humedad vs el valor ADC del sensor, como se puede observar en la figura 11, los valores ADC se encuentran muy dispersos por lo que se hizo necesario realizar una linealización para garantizar que el margen de error se este sea menor, se obtuvo la ecuación característica el cual describe el comportamiento del sensor.

Figura 11. Linealización sensor de humedad SIG0040.

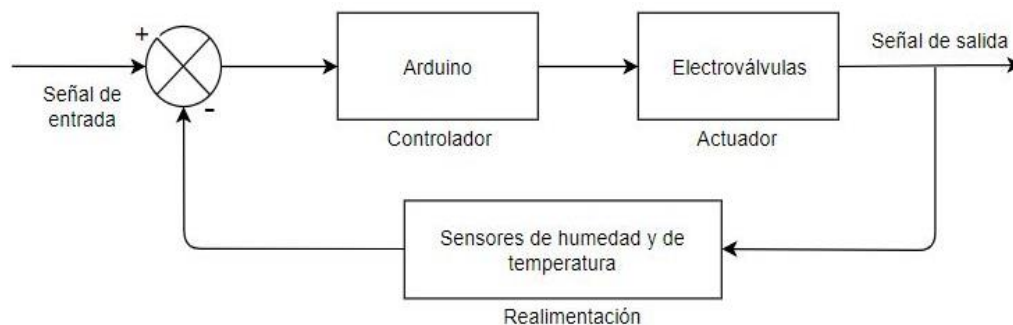


Fuente: Autores

8.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En la figura 12, se muestra el diagrama de bloques para el sistema de control propuesto, es un sistema un sistema ON/OFF en dónde el controlador usado fue un Arduino nano, como actuadores se usaron electroválvulas para permitir el paso del flujo del agua bajo las condiciones requeridas y la realimentación se realizó mediante los sensores de humedad y temperatura.

Figura 12. Diagrama de bloques del sistema de control propuesto



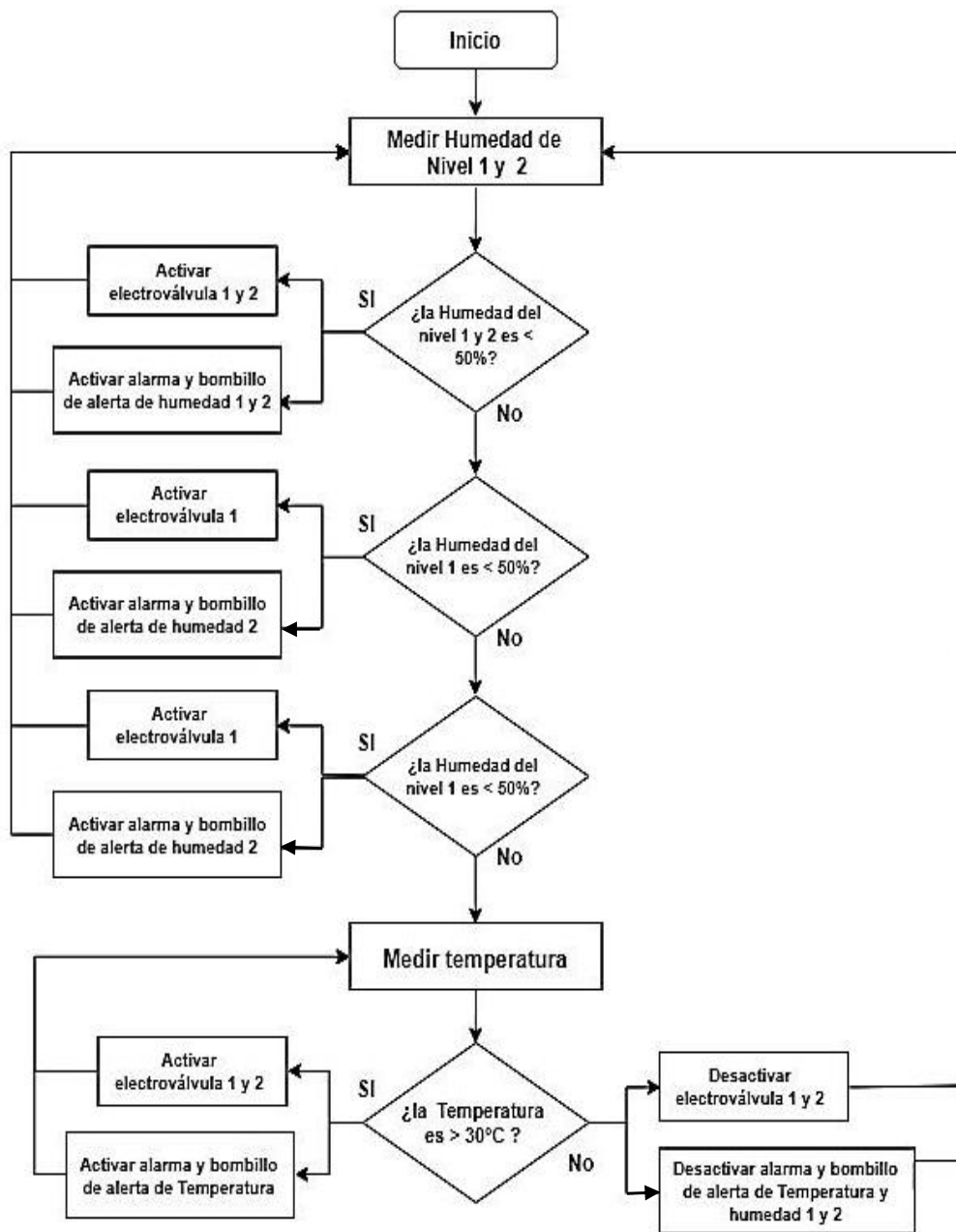
Fuente: Autores

Para entender la lógica del sistema de control bajo las condiciones de los germinados, se planteó el diagrama de flujo de la figura 13, en donde se pueden ver los pasos necesarios para poder activar las electroválvulas y los sistemas de alarma como los leds y el buzzer. En el anexo A, podemos observar la programación utilizada en el Trabajo de Grado.

Físicamente este diagrama se traslada a un circuito en PCB el cual permite un correcto funcionamiento del sistema, en la figura 14, se

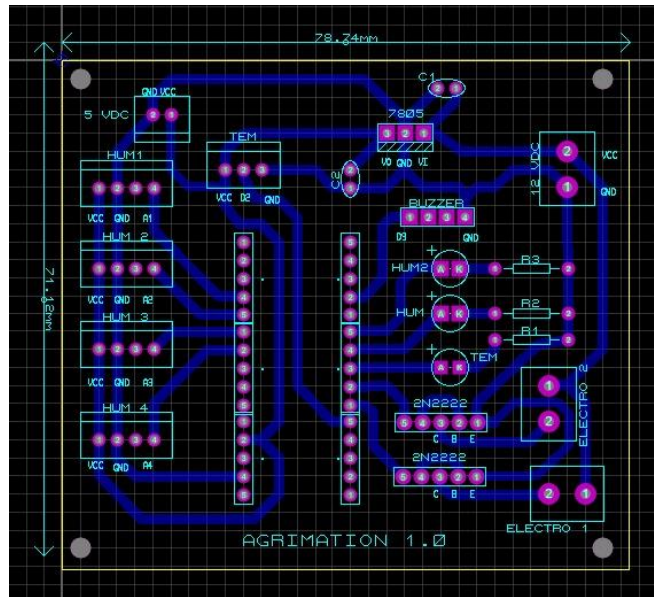
muestra el diseño del circuito impreso que se realizó mediante el software Proteus.

Figura 13. Diagrama de flujo



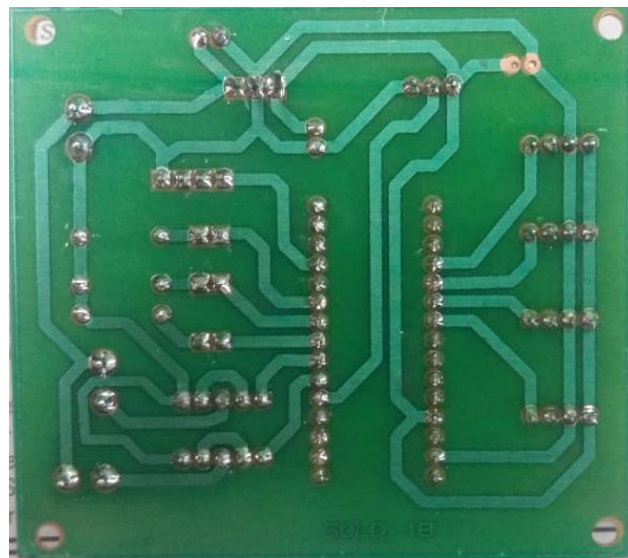
Fuente: Autores

Figura 14. Diseño del circuito impreso



Fuente: Autores

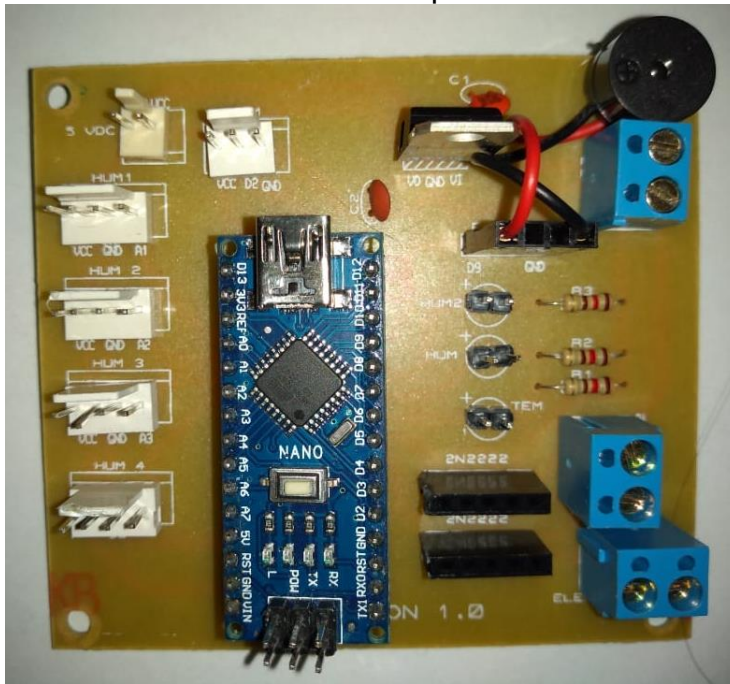
Figura 15. Impresión final de la PCB



Fuente: Autores

Como paso final se hizo el ensamble de cada uno de los elementos requeridos del sistema, este se observa en la figura 16.

Figura 16. Ensamble de elementos requeridos.



Fuente: Autores

9. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN AGRICOLA

Para el desarrollo de la plataforma se tuvieron en cuenta criterios de implementación dado que se realizó en un ambiente indoor, por ende, se buscó que esta fuera lo más práctica posible en términos de desplazamiento de un lugar a otro, fácil implementación y que el costo de los materiales fueran asequibles (véase figura 17).

Figura 17. Implementación final de AGRIMATION 1.0



Fuente: Autores

Dado lo anterior, se escogieron tubos de PVC, en donde el diseño la estructura tuvo dimensiones de 64x62x73 cm, en la figura 18,19 se puede observar el diseño final del prototipo generado.

Figura 18. Plataforma de producción



Fuente: Autores

Figura 19. Vista superior de la plataforma



Fuente: Autores

Para la germinación se seleccionó el tipo de cultivo que se plantaría en la plataforma, escogiendo las hortalizas lechuga y zanahoria, a su vez se definió que sería un cultivo orgánico para esto se abonó la tierra con humus y finalmente se hizo la plantación en bandejas para germinar del tipo forrajera.

En la figura 20, 21, se observan las bandejas forrajeras instaladas en la plataforma propuesta, en donde se aprecian que son dos bandejas para cada nivel.

Figura 20. Bandeja de germinación tipo forrajera



Fuente: Autores

Figura 21. Bandejas de germinación en la plataforma propuesta



Fuente: Autores

Para el sistema de riego se escogieron nebulizadores/micro-aspersores debido a que el riego más óptimo para esta plataforma es por aspersión pues según lo investigado previamente se garantiza un 70% de riego en toda el área, en la figura 22, se puede visualizar el nebulizador implementado.

La adecuación de los micro-aspersores se realizó mediante una manguera de $\frac{1}{2}$ " (pulgada), tanto para el nivel uno como para el nivel dos del prototipo se usaron 2 micro-aspersores los cuales cubrieron el riego uniforme en las bandejas de germinación tal como se muestra en la figura 23.

Figura 22. Nebulizadores/micro-aspersores



Fuente: Autores

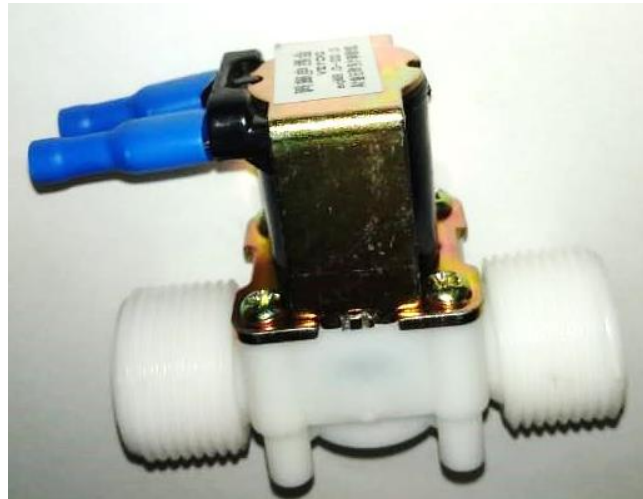
Figura 23. Micro-aspersores implementados en la manguera.



Fuente: Autores

El control del flujo del agua se hizo a través de la manguera, se emplearon 2 electroválvulas de presión que según las características provistas por el vendedor son de 12V (voltios) y manejan corriente de 1 A (Amperio), las electroválvulas usadas se muestran en la figura 24. La activación se hizo mediante el driver de potencia L298N, en su hoja técnica maneja voltajes de alimentación de hasta 46 Voltios, tiene 2 canales de salida, 4 canales de control, tiene corrientes de salida hasta 2 Amperios por canal, voltaje de salida de 5 voltios que permite la alimentación directa de los sensores y del Arduino Nano, se utilizó la alimentación de 12V y dos canales de control para abrir y cerrar las electroválvulas para ello se realizó una tabla de verdad para cada actuador.

Figura 24. Electroválvulas usadas



Fuente: Autores

Donde ENA (ver tabla 12) Y ENB (ver tabla 13), son los habilitadores de los canales de salida y EN 1, EN2 corresponden a los canales de control, 1 significa un nivel de 5 voltios y 0 un nivel de 0 voltios.

Tabla 12. Tabla de verdad para la electroválvula 1

ENA	EN 1	EN 2	Descripción
0	N / A	N / A	Electroválvula 1 está apagada
1	0	0	Electroválvula 1 está apagada
1	0	1	Electroválvula 1 está encendida
1	1	0	Electroválvula 1 está encendida
1	1	1	Electroválvula 1 está apagada

Fuente: Autores

Tabla 13. Tabla de verdad electroválvula 2

ENB	EN1	EN2	Descripción
0	N / A	N / A	Electroválvula 2 está apagada
1	0	0	Electroválvula 2 está apagada
1	0	1	Electroválvula 2 está encendida
1	1	0	Electroválvula 2 está encendida
1	1	1	Electroválvula 2 está apagada

Fuente: Autores

Los dos canales de control del driver de potencia y los sensores de humedad y temperatura se manejaron por medio la tarjeta de control Arduino nano.

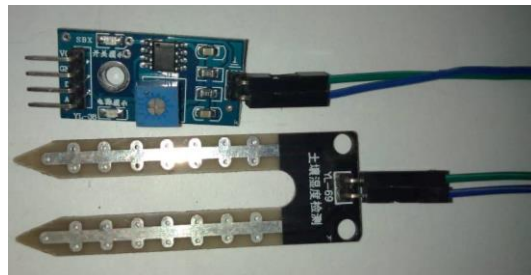
Se utilizaron 4 sensores de humedad SIG0040 tal como se aprecia en la figura 25 y Figura 26 para determinar la cantidad de sensores por cada bandeja llegando a la conclusión que solo se usaría uno dado que según los datos tomados en la tabla 1, la diferencia de porcentaje entre los cuatro no superó el 8%. El sensor de temperatura DS18B20 que se muestra en la figura 27, para el monitoreo constante de las condiciones que presento el prototipo.

Figura 25. Determinación cantidad de sensores por bandeja



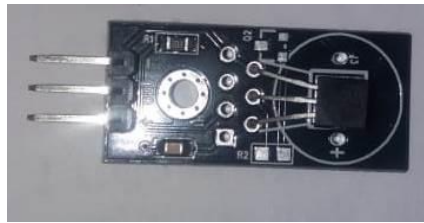
Fuente: Autores

Figura 26. Sensor de humedad SIG0040



Fuente: Autores

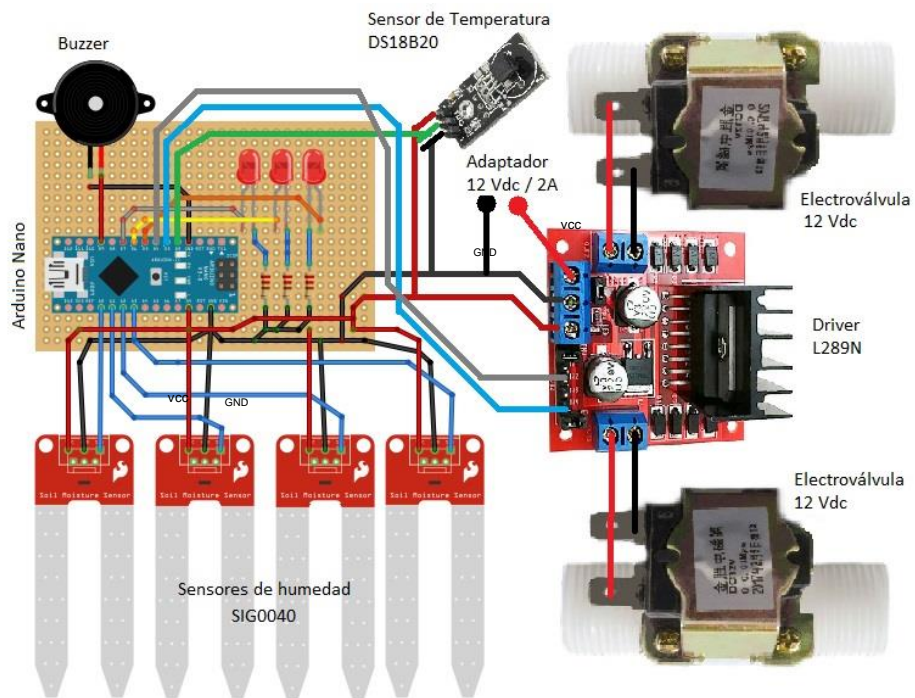
Figura 27. Sensor de temperatura DS18B20



Fuente: Autores

En la figura 28, se observan las conexiones y los elementos que fueron seleccionados para la implementación y el funcionamiento del prototipo.

Figura 28. Diagrama de conexiones del sistema



Fuente: Autores

La implementación de todo el prototipo se puede observar en la figura 17, donde está la estructura con las bandejas de 55x28 cm, el sistema de riego con los micro-aspersores sobre la manguera y la parte de control que se encuentra en la caja negra, lo que permite protegerlo del agua para no provocar ningún corto circuito. El costo total del prototipo fue de \$220.000 (COP) para una plataforma de 4 bandejas de germinación y de \$170.000 (COP) para una plataforma de 2 bandejas de germinación.

10. DIVULGACIÓN A LA COMUNIDAD

La divulgación del TRABAJO DE GRADO se inició el 21 de Julio de 2018, haciendo la respectiva convocatoria a los jóvenes en el Centro Pastoral y de Servicios San Marcelino Champagnat, dando a conocer el proyecto, la práctica se desarrolló en 16 sesiones los días sábados (véase figura 29).

Figura 29. Comunicación del proyecto AGRIMATION 1.0



Fuente: Autores

Se dio inicio con una serie de actividades y talleres teórico-prácticos a través de kits Elenco Snap Circuits®, estos kits son un conjunto de elementos de electrónica, los cuales con ayuda de la rama estudiantil IEEE de la Pontificia Universidad Javeriana se lograron utilizar para llevar a cabo el objetivo del trabajo de grado, de esta manera se realizó un reconocimiento acerca de los conocimientos previos de las personas que asistieron, para darle sentido de pertenencia al

proyecto se denominó taller de electrónica, el cual se trabajó con 3 personas, dos jóvenes de 15 y 13 años y un adulto de 45 años (véase figura 30-34).

Figura 30. Taller de electrónica



Fuente: Autores

Figura 31. Taller de electrónica



Fuente: Autores

Figura 32. Taller de electrónica



Fuente: Autores

Figura 33. Taller uso de multímetro



Fuente: Autores

Se realizaron guías para el desarrollo del prototipo, en las cuales se desarrolló el paso a paso de la construcción del mismo; se da una introducción a la programación en Arduino Nano y finalmente se realiza la implementación total de la electrónica al prototipo generado en la guía de construcción (véase figura 34-37).

Figura 34. Taller construcción de la estructura AGRIMATION 1.0



Fuente. Autores

Figura 35. Taller construcción de la estructura AGRIMATION 1.0



Fuente: Autores

Figura 366. Taller construcción de la estructura AGRIMATION 1.0



Fuente: Autores

En la figura 37, observamos la finalización del prototipo AGRIMATION 1.0 por los estudiantes, donde se basaron por las guías 1 (ver anexo B), obteniendo éxito.

Figura 37. Estructura final de AGRIMATION 1.0



Fuente: Autores

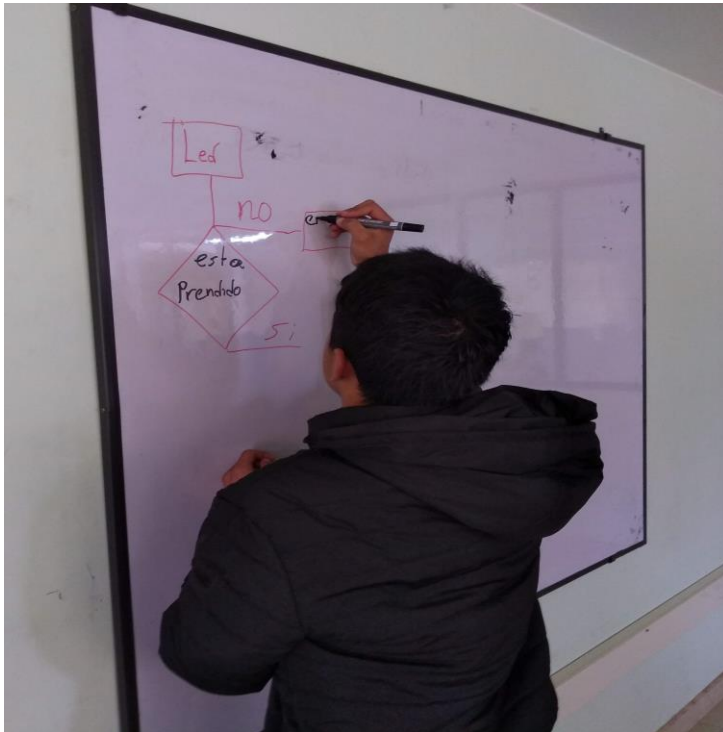
Para el desarrollo de la guía de introducción a la programación en Arduino Nano, se dio inicio a través de diagrama de flujo dando casos de la cotidianidad, en donde se explicó de manera gráfica los pasos o secuencia que se debe tener en cuenta para la programación con respecto a estos casos, como por ejemplo los pasos para preparar un arroz (véase figura 38,39).

Figura 38. Taller introducción a la programación



Fuente: Autores

Figura 39. Taller introducción a la programación



Fuente: Autores

Seguido de esto, se realizó el segundo taller “Introducción a la programación” (ver anexo C), en dónde los participantes se familiarizaron con el entorno de programación en el software Arduino y a su vez la realización de prácticas sencillas como prender y apagar un led en determinado tiempo, a través de un pulsador, secuencia de leds (semáforo). (véase figura 40,41)

Figura 40. Taller de Arduino



Fuente: Autores

Figura 41. Taller de Arduino



Fuente: Autores

Para finalizar, se realizó el taller “Programación de instrumentos” (ver anexo D), en donde se hizo el paso a paso de la programación de los sensores de humedad y temperatura seleccionados para el prototipo y la combinación de ambos códigos en uno solo para obtener la programación final de AGRIMATION 1.0. (véase figura 42).

Figura 42. Taller 3 “Programación de los sensores de humedad y temperatura”



Fuente: Autores.

Para finalizar el prototipo hecho por los participantes, se implementó el sistema de riego a través de las electroválvulas y se hizo el respectivo acople de los sensores de humedad a las bandejas de germinación la cuales se llenaron con tierra abonada, ver figura 43.

Figura 43. Implementación final de AGRIMATION 1.0 hecho por los participantes del taller de electrónica.



Fuente: Autores.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A través del desarrollo de cada una de las fases planteadas en la metodología del trabajo de grado, se evidenció el proceso de germinado en donde se identificó que las variables implicadas para un buen crecimiento de la semilla son la temperatura y la humedad, cada una de estas variables se debe encontrar en un rango para garantizar que la semilla nazca dependiendo de lo que se cultive, sin embargo la humedad se debe encontrar entre 60% y 80%, la temperatura se debe encontrar en un rango de 15°C a 30°C. Como consecuencia si este rango de valores para cada una de las variables no se cumple, la semilla no brotará, por ende, no se obtendrá fruto.

Para garantizar los parámetros requeridos se utilizaron sensores que se encuentran en el mercado electrónico de referencias SIG0040, DS18B20 para la medición de humedad y temperatura respectivamente, los cuales permitieron el monitoreo del prototipo y accionamiento las electroválvulas según se requiera, sí bien el actuador se activó frente a temperaturas mayores a 30°C y a humedad menor a 60% no se tuvieron en cuenta los casos en donde la temperatura era menor 15°C y la humedad mayor a 80%, no obstante se introdujo un sistema de alerta mediante un buzzer e indicadores led para avisar a la persona que los germinados necesitan luminosidad.

El sistema de riego seleccionado fue el de micro-aspersión dadas las características de este tipo de riego el cuál se realiza mediante gotas muy finas asegurando un riego uniforme a lo largo de las bandejas de germinación, inicialmente se emplearon micro-aspersores de 4

vías formando ángulos de 90° pero estos no cubrían el 100% de las bandejas así que los germinados que se estaban debajo de estos no les llegó agua por consiguiente se tuvo que cambiar a micro-aspersores de dos vías formando ángulos de 180°, los micro-aspersores seleccionados trabajan a una presión máxima de 20 Psi según los datos del proveedor, en las pruebas realizadas estos pueden trabajar con la presión del agua de las casas por lo cual no se hizo necesario el uso de motobomba.

La activación del sistema de riego se puede realizar mediante un sistema conmutador ya sea un arreglo de transistores o los habilitadores de los drivers de potencia, para este caso se realizaron pruebas con ambos y se implementó el driver de potencia L298N dado que el arreglo de transistores 2N2222 no garantizó la corriente necesaria para la activación de las electroválvulas para control del flujo de agua, se usaron 2, una para la parte inferior y otra para la parte superior de modo que desempeñaron la función de actuadores.

La estructura del prototipo realizado tuvo una resistencia proporcional al peso aplicado y a su vez se evitaron problemas como corrosión u oxidación pues su material fue tubo PVC de $\frac{3}{4}$ " (pulgada), el prototipo fabricado contiene 2 pisos, los cuales dadas las dimensiones tuvo 2 bandejas cada uno, la forma se definió pensando en la optimización de espacio en los hogares los cuales no cuenten con zonas de jardín o patios y a su vez permitió la fácil instalación del sistema de riego.

La cantidad de sensores que se requirieron para cada bandeja de germinación se estableció mediante la toma y análisis de datos tomados en 4 lugares diferentes en la bandeja, de esta manera se compararon los datos tomados y se halló que la diferencia no superaba el 8% de humedad, por lo tanto, se determinó el uso de un sensor por bandeja. Aunque se tuvieron 4 sensores en total, el sistema de control realizó un promedio entre la medición de los sensores de la parte superior y los dos sensores de la parte inferior para la toma de decisión de activar o no el sistema de riego para cada nivel.

En la tabla 14, se puede evidenciar la toma de los datos en dos ambientes diferentes, la medición 1 cuando la tierra estaba seca y la medición 2, cuando la tierra estaba mojada, allí se observa que la diferencia entre la máxima y mínima medición no supera el 8%.

Tabla 14. Medición de humedad sobre la bandeja de germinación

	Medición 1 Humedad (%)	Medición 2 Humedad (%)
Sensor 1	17	85
Sensor 2	21	93
Sensor 3	24	92
Sensor 4	16	89

Fuente: Autores

Se sembró lechuga y zanahoria en dónde el proceso de germinación tuvo una duración de 6 y 9 días respectivamente tal y como se evidenció en la tabla 1, según la investigación, se repitió el proceso de germinación una segunda vez debido a que la primera producción de germinado no se tuvo en cuenta la luminosidad así que el tallo del

geminado nació débil por lo que este tipo de germinados no pueden ser trasplantados para obtener frutos.

Por otra parte, durante la divulgación del prototipo a través de los talleres proporcionados se pudo apreciar que en el Centro San Marcelino Champagnat, la academia se ha preocupado por las diferentes problemáticas del sector por lo que se trabaja en las diferentes áreas del conocimiento, derecho, arquitectura, ingeniería civil, trabajo social, psicología y a su vez que cada una de estas alberga diferente tipo de población, desde niños hasta personas de la tercera edad. Al realizar la convocatoria al taller de electrónica Agrimation 1.0 llegaron niños entre 8 y 15 años, al hacer la respectiva introducción del trabajo de grado se evidenció que el aprovechamiento de la tecnología en el sector es muy bajo por lo que al iniciar con el proyecto, se inició y finalizó con 3 personas.

12. CONCLUSIONES

La alternativa propuesta para la producción de germinados automatizado en el Centro San Marcelino Champagnat cumplió a cabalidad los objetivos planteados dado que se realizó la investigación acerca de los principales cultivos en el departamento de Cundinamarca y a su vez los que más se producen en la comunidad de Yomasa teniendo en cuenta la temperatura y la humedad relativa que se requieren en el proceso de germinados y las cuales se controlaron en el prototipo, cabe destacar que una variable que no se tomó en cuenta en este proceso fue la luminosidad y al final del proyecto se concluyó que debe ser tenida en cuenta debido a que , el proceso de producción se hizo de forma totalmente orgánica pues el abono que se usó fue humus de lombriz y se ejecutó para ambientes indoor por lo que se adaptaron dos niveles para la optimización de espacio.

El sistema de control se diseñó a partir de la lectura de los sensores considerando los parámetros establecidos para asegurar los rangos de temperatura y humedad que necesitan los germinados así se define si el actuador se activa y cuando se debe apagar.

La plataforma de producción agrícola se implementó de manera exitosa, logrando adecuar el sistema de control y el sistema de riego propuesto para el monitoreo de la humedad relativa del germinado y la temperatura del ambiente , el consumo en Watts del prototipo, tiene un consumo total de 50W/Hora en los dos niveles siempre y cuando el sistema de riego esté funcionando completamente, cuando funciona solo un nivel, el consumo es de 38Watts/Hora; cuando el

sistema de riego está apagado el consumo total es de 25Watts/Hora. El prototipo tiene un peso de aproximadamente 20 Kilogramos para 4 bandejas con tierra.

El proceso de producción de germinados se divulgó en la comunidad de Yomasa mediante el prototipo generado, a su vez durante la realización los participantes realizaron un prototipo reducido a la mitad del original de tal manera que la construcción fuera propia gracias a las guías prácticas que se diseñaron, dentro de este acompañamiento se evidenció que el sector aún desconoce las aplicaciones de la tecnología para la optimización de procesos agrícolas.

Al terminar los talleres, los participantes se llevaron un nuevo conocimiento adquirido gracias a Agrimation 1.0 en dónde se vio aplicada la electrónica a través de diferentes temáticas tales como simbología y componentes electrónicos, sensorica, introducción a la programación con Arduino Nano.

13. TRABAJOS FUTUROS

Para la mejora del prototipo presentado AGRIMATION 1.0, se puede implementar el sensor de luminosidad para garantizar una mejor fotosíntesis de la semilla, a su vez se puede contemplar cómo se debe realizar el proceso de post-cosecha del germinado.

El uso de sistemas de comunicación inalámbrica que permita tener la información de los sensores mediante el celular o el computador a través de una interfaz gráfica y la activación del sistema de riego remotamente.

14. REFERENCIAS

2009. Autómatas programables y sistemas de automatización. [aut. libro] Enrique MANDADO PÉREZ, y otros. Segunda. s.l. : Marcombo , 2009, pág. 469.

ACOSTA MELO, Edison Fabián, y Daniel Andrés León Lovera. «Universidad Católica de Colombia .» Repositorio Institucional. {En línea} 12 de Mayo de 2016. Disponible en: (<http://hdl.handle.net/10983/3203>)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 2012.{En Línea} Disponible en: (<https://goo.gl/KdHw3E>)

ARDUINO [Online]. - s.f . - 10 Octubre 2018. - www.arduino.cc

BARRENECHE GONZÁLEZ , Juan David. «Universidad Católica de Colombia .» Repositorio Institucional {En línea}. 11 de Julio de 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/8294>

BAUDOIN, WILFRIED. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. {En línea}. 2010. (último acceso: 10 de Marzo de 2018) disponible en: (<https://goo.gl/VYqdS4>).

BEDOYA JIMENEZ, Ana María. La República. Editorial La República S.A.S {En Línea}. 14 de Agosto de 2014. (Último acceso: 10 de Marzo de 2018) disponible en: (<https://goo.gl/F5Vpf1>)

BRAUNSTEIN, Mark. Germinados: guía para cultivarlos en casa. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2012 pág. 12. Accessed August 20, 2018. ProQuest Ebook Central.) <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/reader.action?docID=4422058&query=germinados#>

BROTOS CHILE. Brotes Chile. s.f.{En Línea} (último acceso: 17 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://broteschile.cl/content/2-brotes-y-germinados>)

CASTILLEJO HERNANDEZ, Pablo. «Escuel Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicacion.» 30 de Abril de 2014.

{En Línea} (último acceso: 30 de Abril de 2018). Disponible en: (<https://goo.gl/Xo9Zgn>)

CM, DEVIKA, KARTHIKA BOSE, Y VIJAYALEKSHMY S. «Automatic Plant Irrigation System using Arduino.» Circuits and Systems (ICCS), 2017 IEEE International Conference on. Thiruvananthapuram: IEEE, 2017. 1-4.

CORREA OSPINA, Julián Augusto. «Universidad Católica de Colombia.» Repositorio Institucional {En línea}. 18 de Octubre de 2013 disponible en: (<http://hdl.handle.net/10983/1024>).

DICKENS, Alexander. *FlorProhibida*. 28 de Diciembre de 2016. <http://www.florprohibida.com/blog/controladores-cultivo-interior/> (último acceso: 17 de Octubre de 2017).

DIMAS HOYOS , Deison Luis, Ana Maria VALENCIA MOSQUERA , y Anyela María GUERRERO ALBARRACÍN. Observatorio de Desarrollo Economico.{En línea} 30 de Julio de 2015. Disponible en : (<https://goo.gl/4VJPC9>).

Durman Riego. s.f . {En Línea} (último acceso: 26 de Marzo de 2018).Disponible en: (<http://agroipsa.com.mx/riego-por-aspersion/>)

En *Apuntes de sistemas de control* , de Ramon P. Ñeco García, Oscar Reinoso García, Nicolás García Aracil y Rafael Aracil Santonja. Alicante: Club Universitario , 2003.

En *Control automático, estrategias de control clásico*, de José Aldemar Muñoz Hernández, Luis Alfonso Muñoz Hernández y Carlos Antonio Rivera Barrero. Ibagué: Universidad del Tolima, 2014.

En *Control automático, estrategias de control clásico*, de José Aldemar Muñoz Hernández, Luis Alfonso Muñoz Hernández y Carlos Antonio Rivera Barrero. Ibagué: Universidad del Tolima, 2014.

En *Electroimanes*, de Manuel Álvarez Pulido.San Vicente, Alicante: Club Universitario,2012.

En *Sistemas de control moderno. Volumen I: sistemas de tiempo*, de Rubén Morales Menéndez y Ricardo Ambrosio Ramírez Mendoza. Monterrey: Digital del Tecnológico de Monterrey, 2013

FlorProhibida Grow Shop. *Controladores para el cultivo de interior*. 03 de Enero de 2017. {En Línea} (último acceso: 10 de Octubre de 2017). Disponible en: (<https://goo.gl/hRYmZG>)

FUNDACIÓN SECRETOS PARA CONTAR. s.f. <http://www.secretosparacontar.org/Lectores/Contenidosytemas/Germinaci%C3%B3ndelassemillas.aspx?CurrentCatId=449> (último acceso: 30 de Mayo de 2018).

GARCIA BREIJO, F. (2003). *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA*. (último acceso: 17 Agosto de 2018)., de <https://goo.gl/kCAzpe>

GOMÉZ RODRIGUÉZ , José Nicolas. «Universidad Nacional Abierta y a Distancia .» Repositorio Institucional. 2011.{En Línea} (último acceso: 12 de Marzo de 2018). Diponible en: (<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2749/1/15385851.pdf>)

GUTIÉRREZ, Marllelis e ITURRALDE, Sadi. 2017. *Fundamentos Básico de Instrumentación y Control*. SANTA ELENA, ECUADOR: UPSE, 2017, Pág. 29.

HERRERA, J. A. (26 de Junio de 2015). *OBSERVATORIO DE DESARROLLO ECONOMICO*. (último acceso: 17 Agosto de 2018). <https://goo.gl/yfKgjB>.

HOSPITAL DE USME Instituto de Estudios Urbanos [En línea]. - 2010. - 10 de Octubre de 2018. – P.126 <https://bit.ly/2yG093N>.

Irrigación y Construcción IRCON. s.f. {En Línea} (último acceso: 26 de Marzo de 2018). Disponible en: (<http://irconsistemasderiego.com/sistemas-de-riego-por-goteo-1>).

KIMUAK. 2013. <http://www.kimuak.es/denda/tienda-online/65-bandeja-germinadora.html> (último acceso: 30 de Mayo de 2018).

KOURO Samir and GLARÍA Jaime Universidad Técnica Federico Santa María [Online]. - 01 Octubre 2001. - 10 Octubre 2018. - <https://bit.ly/1Lcj55Z>.

LEON GARCIA Juan Carlos Secretaria Distrital de Ambiente [En línea]. - 2016. - 10 de Octubre de 2018. P9.

<http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883159/PAL+USME+2013-2016.pdf>.

MURDOCCA MARTÍN, Roberto. 2009. Universidad Nacional de San Luis, Argentina. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Octubre de 2018.] <https://bit.ly/2AE9R86>.

OSSA OCAMPO, Pablo Andrés. «Universidad Católica de Colombia.» Repositorio Institucional. {En línea} Enero de 2017. (Último acceso: 10 de Marzo de 2018). Disponible en (<http://hdl.handle.net/10983/14137>).

PRATHIBHA S R, ANUPAMA Hongal and Jyothi MP IOT BASED MONITORING SYSTEM IN SMART AGRICULTURE [Conference] // International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology. - Karnataka : IEEE , 2017.

Rahul D S [et al.] IoT based Solar Powered Agribot for Irrigation and Farm Monitoring [Conference]. - Bangalore : Second International Conference on Inventive Systems and Control IEEE, 2018.

R. Ceres [y otros] Desing and implementation of anaided fruit-harvesting robot (Agribot) [Publicación periódica] // Research article. - Madrid : [s.n.]. - 5 : Vol. 25. - págs. 337-346.

R. Nageswara Rao y B.Sridhar IOT BASED SMART CROP-FIELD MONITORING AND AUTOMATION IRRIGATION SYSTEM [Conferencia] // Second International Conference on Inventive Systems and Control . - INDIA : IEEE, 2018.

SÁNCHEZ SALGUERO, Edmundo, y Hugo SÁNCHEZ SALGUERO . «Automated System of Irrigation for Drip based on Measurements of Dampness.» Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVII), 2017 IEEE 37th. Managua: IEEE, 2017. 1-6.
Secretaría de Salud. «Secretaría de Salud.» Diagnostico Local 2014.{En Línea} 12 de Abril de 2016 (último acceso: 10 de Marzo de 2018). Disponible en : (<https://goo.gl/a8avky>)

SERNA RUIZ, Antonio, ROS GARCÍA, Francisco Antonio y RICO NOGUERA, Juan Carlos. 2010. Guía Práctica de Sensores. s.l.: Creaciones Copyright, 2010, pág. 37.

TONGTON Yin, WENJIE Feng and ZHEYING Li Temperature and Humidity Wireless Sensing and Monitoring Systems Applied in Greenhouse [Conference] // International Conference on Computer Science and Network Technology. - Harbin, China: IEEE , 2011.

UMARKAR Saurabh y KARWANKAR Anil Automated Seed Sowing Agribot using [Conferencia] // International Conference on Communication and Signal Processing,. - INDIA : IEEE, 2016.

VELASCO, José Luis. Interempresas. 27 de Abril de 2017. <http://www.interempresas.net/Ferreteria/Articulos/185220-El-riego-correcto.html>.

VERITAS. s.f. <http://www.veritas.es/guia-basica-de-germinados/> (último acceso: 25 de Agosto de 2018).

ANEXOS

Anexo A: Código del programa Arduino.

```
////////////////////////////////////
//Pines de los sensores
////////////////////////////////////
int sensor1 = A0;
int sensor2 = A1;
int sensor3 = A2;
int sensor4 = A3;
////////////////////////////////////
//variable donde se guarda el valor de los sensores
////////////////////////////////////
int sensorValue1 = 0;
int sensorValue2 = 0;
int sensorValue3 = 0;
int sensorValue4 = 0;
////////////////////////////////////
//valor de la humedad de los sensores
////////////////////////////////////
int Humedad1 = 0;
int Humedad2 = 0;
int Humedad3 = 0;
int Humedad4 = 0;
int Humedadsuperior = 0;
int Humedadinferior = 0;
////////////////////////////////////
// variables de la electroválvulas
////////////////////////////////////
int electrovalvula1 = 3;
int electrovalvula2 = 4;
////////////////////////////////////
// sistema de alerta //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
int buzzerPin=9;
int numTonos=12;
int tonos[]={900,500,900,500,900,500,900,500,900,500,500,700};
////////////////////////////////////7
//variables diferentes
////////////////////////////////////
int led = 5;
```

```

int led2= 6;
int led3= 7;
float temp;

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
OneWire ourWire(2);
DallasTemperature sensor(&ourWire);

////////////////////
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(led2,OUTPUT);
  pinMode(led3,OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula1, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula2, OUTPUT);
  sensor.begin(); //Se inicia el sensor
}

void loop() {

  //lectura de sensores////////////////////
  //////////////////sensor 1 //////////////////////
  sensorValue1 = analogRead(sensor1);
  Humedad1 = ((-0.0015*(sensorValue1)+ 1.6138)*100);
  //////////////////sensor 2 //////////////////////
  sensorValue2 = analogRead(sensor2);
  Humedad2 = ((-0.0015*(sensorValue2)+ 1.6138)*100);
  //////////////////sensor 3 //////////////////////
  sensorValue3 = analogRead(sensor3);
  Humedad3 = ((-0.0015*(sensorValue3)+ 1.6138)*100);
  //////////////////sensor 4 //////////////////////
  sensorValue4 = analogRead(sensor4);
  Humedad4 = ((-0.0015*(sensorValue4)+ 1.6138)*100);

  //////////////////sensor de temperatura////////////////////
  sensor.requestTemperatures();
  temp = sensor.getTempCByIndex(0);
}

```



```

////////// promedio de humedad por nivel //////////
Humedadsuperior = (Humedad1 + Humedad2) / 2;
Serial.print("Humedad superior = ");
Serial.print(Humedadsuperior);
Serial.print("% ");
Humedadinferior = (Humedad3 + Humedad4) / 2;
Serial.print("Humedadinferior = ");
Serial.print(Humedadinferior);
Serial.print("% ");
//////////condiciones //////////

if (Humedadsuperior <= 60 && Humedadinferior <= 60) {
  digitalWrite(electrovalvula1, HIGH);
  digitalWrite(electrovalvula2, HIGH);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA 1 Y 2");
  digitalWrite(led, HIGH);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  for(int i=0;i<numTonos;i++){
    tone(buzzerPin,tonos[i]);
    delay(200);
  }
}
else if (Humedadsuperior <= 60) {
  digitalWrite(electrovalvula1, HIGH);
  digitalWrite(electrovalvula2, LOW);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA 1");
  digitalWrite(led, HIGH);
  digitalWrite(led2, LOW);
  for(int i=0;i<numTonos;i++){
    tone(buzzerPin,tonos[i]);
    delay(200);
  }
}
else if (Humedadinferior <= 60) {
  digitalWrite(electrovalvula1, LOW);
  digitalWrite(electrovalvula2, HIGH);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA 2");
  digitalWrite(led, LOW);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  for(int i=0;i<numTonos;i++){
    tone(buzzerPin,tonos[i]);
    delay(200);
  }
}

```

```

    }
  }
  else if (temp > 30) {
    digitalWrite(electrovalvula1, HIGH);
    digitalWrite(electrovalvula2, HIGH);
    Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA 1 Y 2");
    digitalWrite(led3, HIGH);
    for(int i=0;i<numTonos;i++){
      tone(buzzerPin,tonos[i]);
      delay(200);
    }
  }
  else {
    digitalWrite(electrovalvula1, LOW);
    digitalWrite(electrovalvula2, LOW);
    Serial.println(" HUMEDAD EN ESTADO ÓPTIMO");
    digitalWrite(led, LOW);
    digitalWrite(led2,LOW);
    digitalWrite(led3,LOW);
    noTone(buzzerPin);
  }
}

```

////////////////////////////////////Fin del código //////////////////////////////////////

Anexo B: Guía N° 1 “Construcción de la estructura Agrimation 1.0”



Universidad Católica de
Colombia

CREATED USING
POWTOON

¿Qué es AGRIMATION 1.0?

Es un prototipo de producción de germinados que será de forma automatizada, este lo construiremos juntos a través de este taller.



Queremos que los interesados hagan su propio prototipo en casa, que este cultivo sea de forma orgánica y a su vez que las semillas que cultives crezcan sanamente, así podrás hacer un trasplante con un germinado sano y obtener un fruto saludable.

¿Qué busca AGRIMATION 1.0?

CREATED USING
POWTOON

TALLER 1 Construcción de la estructura AGRIMATION 1.0



En esta sección aprenderemos a realizar mediciones y construiremos nuestra estructura.

CREATED USING
POWTOON

Materiales:

Par iniciar a construir nuestra estructura, debemos tener los siguientes materiales:

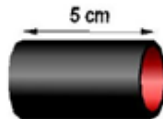
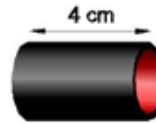
- Tubo de PVC 3/4 de pulgada: 8 metros.
- Conectores para tubo PVC 3/4 : Codos (x8), T (x12), tapones (x4).
 - Cegeta (1)
 - Metro (1)
 - Un nivel
- Pegante para tubo PVC

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 1

Con ayuda del metro, medir 4 cm y cortar con la cegueta,, realizar el mismo proceso 4 veces.

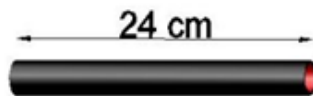


PASO 2

Ahora mide 5 cm y corta con la cegueta, realiza el mismo proceso 8 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:



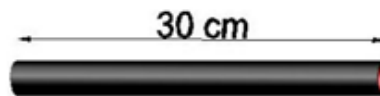
PASO 3

mide 24 cm en el tubo y corta con la cegueta, repite el mismo proceso 8 veces.



PASO 4

Ahora mide 30 cm y corta con la cegueta, realiza el procedimiento 4 veces.

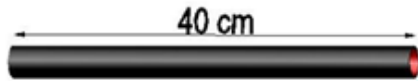
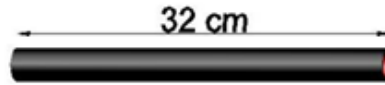


CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 5

Continúa midiendo, con ayuda del metro, mide 32 cm y corta con la cegueta, repite el proceso 6 veces



PASO 6

Por ultimo mide 40 cm y corta con la cegueta, repita el proceso 4 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 7

Para este paso requieres:

- 4 Tubos de 30 cm.
- 4 uniones tipo T.

Ahora coges un tubo de 30 cm junto con una T para que formes la estructura A.
Repita este paso 4 veces



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:



PASO 8

Para este paso requieres:

- 4 Tubos de 4 cm.
- 4 uniones tipo codo.

Ahora coges un tubo de 4 cm junto con el codo para que formes la estructura B. Repite este paso 4 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 9

Para este paso requieres:

- 4 Estructuras A.
- 4 Tubos de 5 cm.

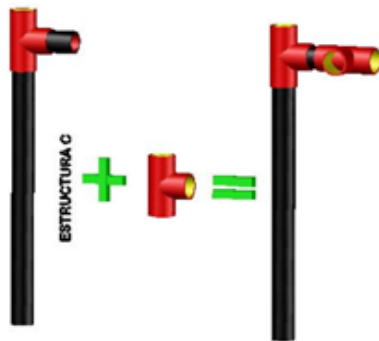
Ahora coges la estructura A con el tubo de 5 cm y lo unes en la unión tipo T para formar la estructura C. Repite este paso 4 veces



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

ESTRUCTURA D



PASO 10

Para este paso requieres:

- 4 Estructuras tipo C.
- 4 Uniones tipo T.

Ahora coges la estructura tipo C y la ensamblas con la unión tipo T, para formar la estructura D.

Repite este paso 4 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 11

Para este paso requieres:

- 4 uniones tipo T.
- 8 Tubos de 24 cm.

Toma una T y dos tubos de 24 cm y realiza la unión para formar la estructura E.

Repite este paso 4 veces

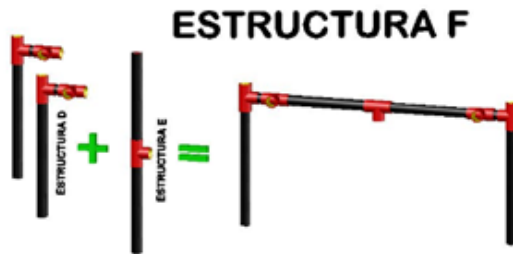


ESTRUCTURA E

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 12



Para este paso requieres:
- 4 Estructuras tipo D.
- 4 Estructuras tipo E.

Ahora coges la estructura D y la unes con la estructura E para formar la estructura F.
Repite este paso 4 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 13

Para este paso requieres:
- 2 Estructuras tipo F.
- 2 Estructuras tipo B.



Toma la estructura F y en la unión tipo T de la mitad únala con la estructura B para formar la estructura G.
Repite este paso 2 veces.

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 14

Para este paso
requieres:

- 2 Estructuras G.
- 3 tubos de 32cm

Toma la estructura G, y has la unión
de los 3 tubos de 32cm a las T para
formar la estructura H.



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

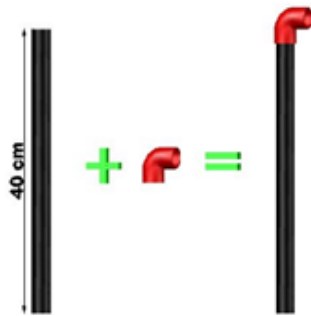
¡Ya casi esta listo!, debes tener
esta estructura de lo contrario
revisa los pasos anteriores.



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

ESTRUCTURA I



PASO 15

Para este paso requieres:
- 4 uniones tipo codo.
- 4 Tubos de 40 cm.

Toma el tubo de 40 cm y únelo a un codo para formar la estructura I, has este paso 4 veces.

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 16

Para este paso requieres:
- 4 Estructuras I.
- 4 Tubos de 5 cm.

Une a la estructura I con un tubo de 5 cm para formar a estructura J.
Repite este paso 4 veces.

ESTRUCTURA J



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 17



Para este paso requieres:
- 4 Estructuras J.
- 4 Uniones tipo T.

Toma la estructura J y únela a un extremo de la T para formar la estructura K.
Repite este paso 4 veces

CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 18

Para este paso requieres:
- 4 Estructuras K.
- 2 Estructura E.

Toma dos estructuras K y unelas junto a la estructura E, así formarás la estructura L.
Repite este paso 2 veces



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

ESTRUCTURA M

PASO 19



Para este paso
requieres:
- 2 Estructuras L.
- 1 Estructura B.

Toma la estructura L y unela junto con una estructura B para formar la estructura M, repite el proceso 2 veces.

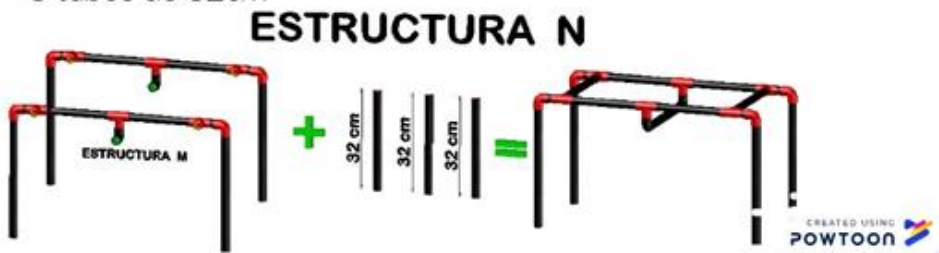
CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

PASO 20

Para este paso
requieres:
- 2 Estructuras M.
- 3 tubos de 32cm

Toma la estructura M, y has la unión de los 3 tubos de 32cm a las T para formar la estructura N.



CREATED USING
POWTOON

Procedimiento:

ESTRUCTURA N



PASO 21

Esta es la estructura que debes tener al final del procedimiento



Procedimiento:

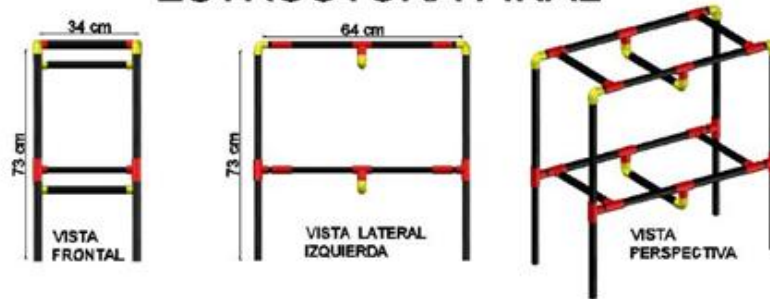
ESTRUCTURA FINAL



Toma la estructura H y ponla encima de la estructura H, y tendremos la estructura final.



ESTRUCTURA FINAL



Es hora de que escogas que tipo de germinado deseas cultivar en Agrimation 1.0, dadas las condiciones de tu sector, puedes cultivar lechuga, zanahoria, tomate, pepino, cebolla, entre otras.

CREATED USING
POWTOON



TALLER 2

GUÍA BÁSICA DE PROGRAMACIÓN



CREATED USING
POWTOON

En esta sección aprenderemos los conceptos básicos de programación los que usaremos en nuestro prototipo y simbología electrónica que nos servirá para realizar algunos ejemplos.



CREATED USING
POWTOON



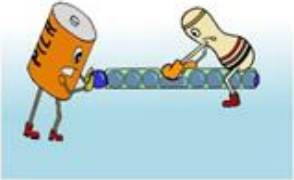
Primero veremos algunos símbolos dentro de la electrónica que serán necesarios para realizar nuestras prácticas de programación



SMBOLOGÍA ELECTRÓNICA

RESISTENCIA

Es un material formado por elementos resistivos que nos permite disminuir o oponerse al flujo la corriente. La unidad de medida de la resistencia es el Ohmios (Ω).



Simbolo



Componente



SIMBOLOGÍA ELECTRÓNICA DIODO EMISOR DE LUZ LED

Es una fuente de luz que se utilizan como indicadores en diferentes dispositivos. El LED tiene una polaridad, es decir un orden de conexión y al conectarlo al revés se puede quemar. La extremidad más larga es la parte positiva y la extremidad corta es el negativo.



Símbolo

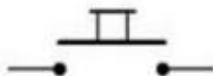


Componente

CREATED USING
POWTOON

SIMBOLOGÍA ELECTRÓNICA PULSADOR

Un botón o pulsador es utilizado para activar alguna función. Los botones son por lo general activados cuando se genera una fuerza sobre el botón que se encuentra en la parte superior. Puede funcionar de dos maneras, la primera cuando no tiene ninguna fuerza, el botón no permite el paso de la corriente y cuando pulsamos el botón nos permite el paso de la corriente y la segunda cuando no tiene ninguna fuerza, el botón permite el paso de la corriente y cuando pulsamos el botón no permite el paso de la corriente.



Símbolo



Componente

CREATED USING
POWTOON

SIMBOLOGÍA ELECTRÓNICA POTENCIOMETRO

Un potenciómetro es una resistencia cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito.



Simbolo



Componente

CREATED USING
POWTOON

¿QUÉ ES PROGRAMAR?

Para entender el concepto de programación, imagina que estas aprendiendo a montar bicicleta, para que puedas moverla, debes realizar una serie de pasos, relacionado con la programación. La llamamos algoritmo. Esta serie de pasos se pueden relacionar por medio de un diagrama de flujo.



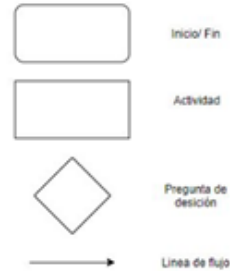
CREATED USING
POWTOON

¿QUÉ ES UN DIAGRAMA DE FLUJO?



El diagrama de flujo es una manera de representar gráficamente un algoritmo o un proceso, a través de una serie de pasos para realizar alguna actividad o proceso.

En los diagramas de flujo, se utilizan figuras geométricas que representan cada paso puntual del proceso que está siendo evaluado. Estas formas se conectan entre sí a través de flechas y líneas que marcan la dirección del flujo y establecen el recorrido del proceso.



CREATED USING
POWTOON

¿DÓNDE PROGRAMAR?



Así como existen academias de ciclismo o guías para aprender a montarla, la programación tiene una plataforma de acceso libre para escribir nuestros algoritmos, en este caso usar la plataforma Arduino, el cual sirve para la creación de algoritmos básicos y se utiliza a través de sus placas programables.

CREATED USING
POWTOON

ADVERTENCIA



- Realizar las respectivas conexiones de las siguientes prácticas, con el arduino desconectado para evitar algún corto por mal conexión.
- Verificar que todas las conexiones estén en la posición correcta.
- Cuando cargues la programación asegúrate que el arduino se encuentra en el puerto seleccionado.
- No dejes el cable UTP sin protección, solo lo necesario porque puede producir un corto.

CREATED USING
POWTOON

Veamos algunas prácticas sencillas en donde conocerás el funcionamiento de la placa arduino.



CREATED USING
POWTOON

PRENDER Y APAGAR UN LED

Esta práctica consiste en que puedas prender y apagar un diodo emisor de luz (LED) en un tiempo específico.

MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Led
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)

CREATED USING
POWTOON

PRENDER Y APAGAR UN LED

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



Copia el siguiente código en el programa de Arduino.

```
void setup () {  
  pinMode (13, SALIDA);  
}  
void loop () {  
  digitalWrite (13, HIGH);  
  retraso (1000);  
  escritura digital (13, BAJA);  
  retraso (1000);  
}
```



PRENDER Y APAGAR UN LED CON PULSADOR

Esta práctica consiste en que puedas prender y apagar un diodo emisor de luz (LED) mediante un pulsador.

MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Resistencia de 1000 Ohmios
- 1 Led
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)



PRENDER Y APAGAR UN LED CON UN PULSADOR

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.

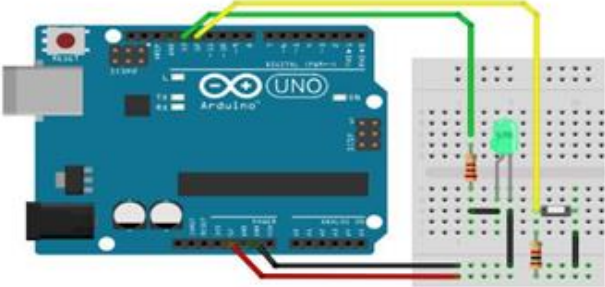
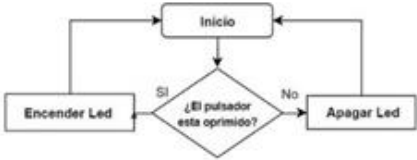


Diagrama de Flujo



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
int pulsador = 12;
int led = 13;
void setup () {
  pinMode (pulsador, INPUT);
  pinMode (led, OUTPUT);
}
void loop () {
  if (digitalRead (pulsador) == HIGH) {
    digitalWrite (led, HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite (led, LOW);
  }
}
```



EL SEMÁFORO

La práctica consiste en realizar un semáforo a través de los leds, cuando se encienda el Arduino deberá comenzar con el led rojo por un tiempo de 5 segundos. Después se apaga el led Rojo y se enciende el led Amarillo, dura prendido 2 segundos y se apaga, se enciende el led verde durante 5 segundos y se vuelve a prender el led amarillo apagando el led verde primero, pasando 2 Segundos se apaga el led Amarillo y vuelve a repetirse la misma secuencia. A continuación, se muestra que materiales necesitamos:

CREATED USING
POWTOON

EL SEMÁFORO

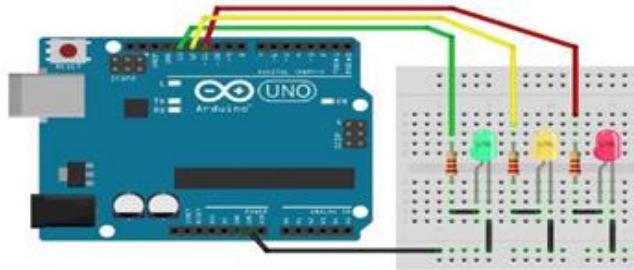
MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 3 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Led Rojo
- 1 Led Amarillo
- 1 Led Verde
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)

CREATED USING
POWTOON

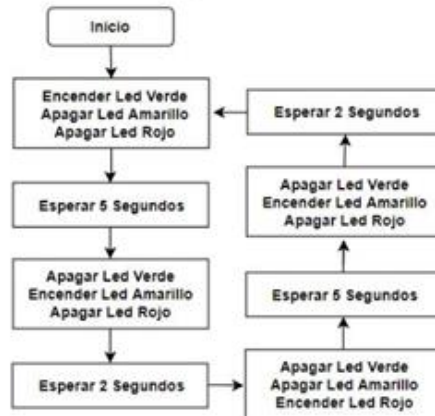
EL SEMÁFORO

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



CREATED USING
POWTOON

Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
void setup () {  
  pinMode (13, OUTPUT);  
  pinMode (12, OUTPUT);  
  pinMode (11, OUTPUT);  
}  
void loop () {  
  digitalWrite (11, HIGH);  
  digitalWrite (12, LOW);  
  digitalWrite (13, LOW);  
  delay (5000);  
  digitalWrite (11, LOW);  
  digitalWrite (12, HIGH);  
  digitalWrite (13, LOW);  
  delay (2000);  
  digitalWrite (11, LOW);  
  digitalWrite (12, LOW);  
  digitalWrite (13, HIGH);  
  delay (5000);  
  digitalWrite (11, LOW);  
  digitalWrite (12, HIGH);  
  digitalWrite (13, LOW);  
  delay (2000);  
}
```



VARÍA LA INTENSIDAD DEL LED CON UN POTENCIÓMETRO

Esta práctica consiste en que varies la intensidad luminica de un LED mediante un potenciómetro de acuerdo a la resistencia interna que este trae así el LED aumentará o disminuirá según esta resistencia de nueva

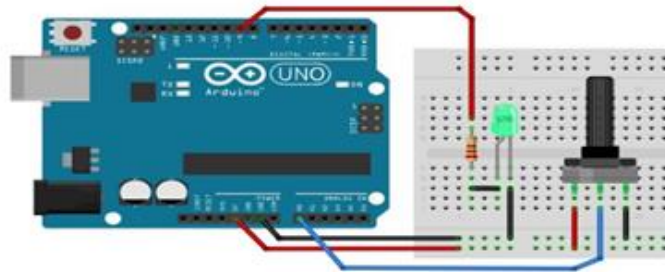
MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Potenciómetro
- 1 Led - 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)



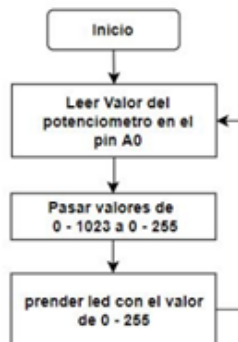
VARÍA LA INTENSIDAD DEL LED CON UN POTENCIÓMETRO

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
int led = 9;
void setup() {
  pinMode(led,OUTPUT);
}
void loop() {
  int valor = analogRead(A0);
  valor = map(val, 0, 1023, 0, 255);
  analogWrite(led, valor);
}
```

CREATED USING
POWTOON



FELICITACIONES
CULMINASTE LA GUÍA
NÚMERO 2



CREATED USING
POWTOON

TALLER 3 PROGRAMACIÓN DE INSTRUMENTOS



CREATED USING
POWTOON

En esta taller veremos ejemplos de los instrumentos que usaremos en nuestro prototipo, de como funcionan y como podemos leer la información que nos proporcionan estos instrumentos.



CREATED USING
POWTOON



Antes de comenzar, Arduino maneja unas librerías que son funciones que incluyes de una manera muy sencilla, que proporciona una cierta funcionalidad específica, donde las puedes encontrar directamente a la página: www.arduino.cc/en/Reference/Libraries



Existen muchas librerías que sirven como por ejemplo para manejar los sensores, motores, realizar comunicaciones alámbricas o inalámbricas con solo poner `#include` y el nombre de la librería en la programación y ya puedes hacer el uso de las librerías.



ADVERTENCIA



- Realizar las respectivas conexiones de las siguientes prácticas, con el arduino desconectado para evitar algún corto por mal conexión.
- Verificar que todas las conexiones estén en la posición correcta.
- Cuando cargues la programación asegúrate que el arduino se encuentra en el puerto seleccionado.
- No dejes el cable UTP sin protección, solo lo necesario porque puede producir un corto.

CREATED USING
POWTOON

Comencemos a programar nuestro arduino con las siguientes prácticas:



CREATED USING
POWTOON

MEDIR LA TEMPERATURA AMBIENTE

Esta práctica consiste en medir la temperatura ambiente utilizando un sensor por medio del Arduino y si la temperatura es mayor o igual de 25°C encender un led.

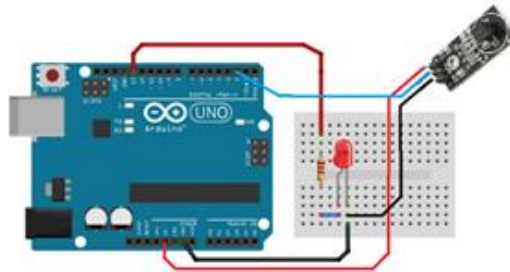
MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Sensor de temperatura DS18B20
- 1 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Led
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)

CREATED USING
POWTOON

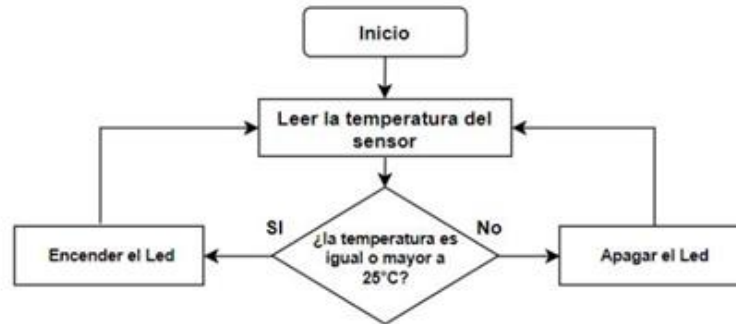
MEDIR LA TEMPERATURA AMBIENTE

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



CREATED USING
POWTOON

Copia el siguiente código en el programa de Arduino.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
float temp=0;
int led=13;
OneWire ourWire(2);
DallasTemperature sensor(&ourWire);

void setup() {
  pinMode(led,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  sensor.begin();
}

void loop() {
  sensor.requestTemperatures();
  temp= sensor.getTempCByIndex(0);
  Serial.print("Temperatura = ");
  Serial.print(temp);
  Serial.print(" °C ");
  if(temp>=25){
    digitalWrite(led,HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(led,LOW);
  }
  delay(1000);
}
```

CREATED USING
POWTOON

MEDIR EL VALOR DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Esta práctica consiste en medir la humedad del suelo utilizando un sensor por medio un Arduino en el pin A0, si el valor de humedad es igual o menor al 50% encender un led.

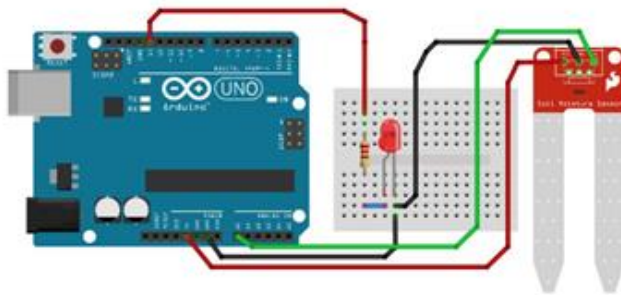
MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Resistencia de 220 Ohmios
- 1 Sensor de humedad SIG0040
- 1 Led
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)

CREATED USING
POWTOON

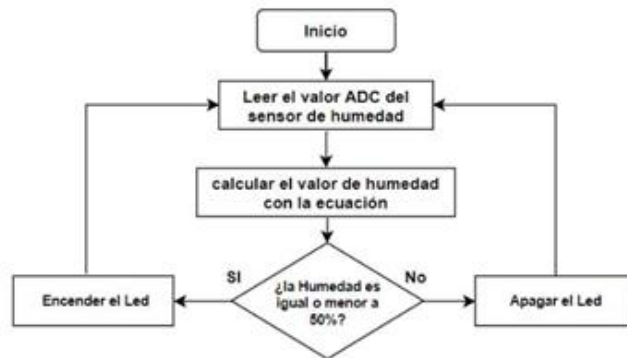
MEDIR EL VALOR DE HUMEDAD DEL SUELO

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



CREATED USING
POWTOON

Copia el siguiente código en el programa de Arduino.

```
int sensorValue=0;
float humedad=0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  sensorValue = analogRead(A0);
  humedad = ((-0.0015*(sensorValue)+ 1.6138)*100);
  Serial.println(humedad);
  delay(1000);
}
```

CREATED USING
POWTOON

GENERAR SONIDOS CON UN BUZZER

Esta práctica consiste en generar sonidos a través del buzzer por medio del Arduino utilizando diferentes frecuencias y determinar cuantas veces se va repetir el sonido.

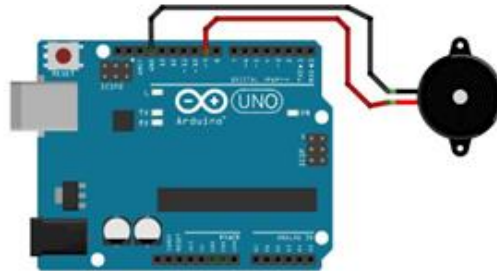
MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Buzzer pasivo
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)

CREATED USING
POWTOON

GENERAR SONIDOS CON UN BUZZER

A continuación realiza el montaje que muestra la figura y escribe el código de la siguiente página en el programa Arduino.



CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



CREATED USING
POWTOON

Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
int buzzerPin=9;
int numTonos=12;
int tonos[]={900,500,900,500,900,500,900,500,900,500,500,700};
int parada=0;
void setup() {
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
}
void loop() {
  if(parada<5){
    for(int i=0; i<numTonos; i++){
      tone(buzzerPin, tonos[i]);
      delay(200);
    }
    parada=parada+1;
  }
  else{
    noTone(buzzerPin);
  }
}
```

CREATED USING
POWTOON



Para finalizar, realizamos la programación del prototipo de AGRIMATION 1.0 en donde utilizaremos toda la instrumentación requerida como son los sensores, la electroválvula para abrir y cerrar el flujo del agua a través de un driver L298A y el buzzer para hacer las alertas. A continuación veremos todos los materiales que necesitamos.

CREATED USING
POWTOON

AGRIMATION 1.0

Para realizar el proyecto requerimos de los siguientes materiales.

MATERIALES

- 1 Cable USB tipo AB
- 1 Arduino Uno
- 1 Buzzer pasivo
- 3 resistencias 220 Ohmios
- 3 Led rojos
- 1 Protoboard
- Cable para conexión (UTP)
- 2 Sensores SIG4000
- 1 Sensor DS18B20
- 1 Driver L298A
- 1 Electrovalvula

CREATED USING
POWTOON

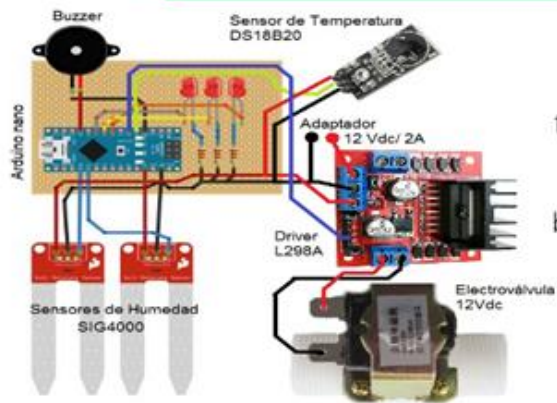
ADVERTENCIA



Para realizar la siguiente practica, tener desconectado el arduino nano y el adaptador de 12 Vdc, revisar bien todas las conexiones, que se encuentren en su posición correcta para evitar algún corto y luego de que todo este en el lugar indicado, proceder a conectarlos.

CREATED USING
POWTOON

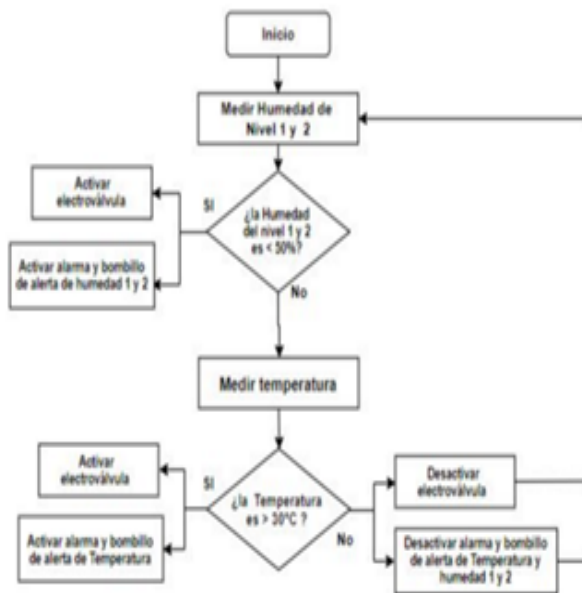
AGRIMATION 1.0



A continuación realiza el montaje que muestra la figura y para que entiendas el funcionamiento vamos a observar el diagrama de bloques que se encuentra a continuación..

CREATED USING
POWTOON

Diagrama de Flujo



Entendiendo el diagrama de flujo pasamos a la programación que se muestra a continuación.



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
//Pines de los sensores de humedad
int sensor1 = A0;
int sensor2 = A1;
//variable donde se guarda el valor de los sensores
int sensorValue1 = 0;
int sensorValue2 = 0;
//valor de la humedad de los sensores
int Humedad1 = 0;
int Humedad2 = 0;
// variable de la electroválvula
int electroválvula = 3;
// sistema de alerta
int buzzerPin=9;
int numTonos=12;
int tonos[]={900,500,900,500,900,500,900,500,900,500,500,700};
//variables diferentes
int led = 5;
int led2= 6;
int led3= 7;
float temp=0;
```

↓ Continúa
del código



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
OneWire ourWire(2);
DallasTemperature sensor(&ourWire);

void loop() {
  //lectura de sensores de humedad
  sensorValue1 = analogRead(sensor1);
  Humedad1 = ((-0.0015*(sensorValue1)+ 1.6138)*100);

  sensorValue2 = analogRead(sensor2);
  Humedad2 = ((-0.0015*(sensorValue2)+ 1.6138)*100);

  //sensor de temperatura
  sensor.requestTemperatures();
  temp = sensor.getTempCByIndex(0);
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(electrovalvula, OUTPUT);
  sensor.begin();
}
```

↓ Continuación
del código



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
//Condiciones
if (Humedad1 <= 50 && Humedad2 <= 50) {
  digitalWrite(electrovalvula, HIGH);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA");
  digitalWrite(led, HIGH);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  for(int i=0; i < numTonos; i++){
    tone(buzzerPin, tonos[i]);
    delay(200);
  }
}

if (Humedad1 <= 50) {
  digitalWrite(electrovalvula, HIGH);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA");
  digitalWrite(led, HIGH);
  digitalWrite(led2, LOW);
  for(int i=0; i < numTonos; i++){
    tone(buzzerPin, tonos[i]); delay(200);
  }
}

if (Humedad2 <= 50) {
  digitalWrite(electrovalvula, HIGH);
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA");
  digitalWrite(led, LOW);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  for(int i=0; i < numTonos; i++){
    tone(buzzerPin, tonos[i]);
    delay(200);
  }
}
```

↓ Continuación
del código



Copia el siguiente código en el programa de Arduino

```
else if (temp > 30) {  
  digitalWrite(electrovalvula, HIGH);  
  Serial.println("ACTIVAR ELECTROVALVULA");  
  digitalWrite(led3, HIGH);  
  for(int i=0; i < numTonos; i++){  
    tone(buzzerPin,tonos[i]);  
    delay(200);  
  }  
}  
else {  
  digitalWrite(electrovalvula, LOW);  
  Serial.println(" HUMEDAD EN ESTADO  
  ÓPTIMO");  
  digitalWrite(led, LOW);  
  digitalWrite(led2,LOW);  
  digitalWrite(led3,LOW);  
  noTone(buzzerPin);  
}  
}
```

