

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 1 de 7</b>       |

28

**FECHA** jueves, 31 de enero de 2019

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>UNIDAD REGIONAL</b>                        | Sede Fusagasugá        |
| <b>TIPO DE DOCUMENTO</b>                      | Trabajo De Grado       |
| <b>FACULTAD</b>                               | Ingeniería             |
| <b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b> | Pregrado               |
| <b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>                     | Ingeniería de Sistemas |

El Autor(Es):

| <b>APELLIDOS COMPLETOS</b> | <b>NOMBRES COMPLETOS</b> | <b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b> |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Gonzalez Penagos           | Liceth Yhomary           | 1069765526                             |
| Torres Romero              | Leidy Mireya             | 1014214458                             |
|                            |                          |  |
|                            |                          |  |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| <b>APELLIDOS COMPLETOS</b> | <b>NOMBRES COMPLETOS</b> |
|----------------------------|--------------------------|
| Gordillo Ochoa             | Wilson Daniel            |
|                            |                          |
|                            |                          |

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 2 de 7</b>       |

|   |
|---|
| <b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>   |
| PROTOTIPO AGRÓNICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO EN LA FINCA EL SENDERO VEREDA GUCHIPAS DEL MUNICIPIO DE PASCA |

|  |
|--|
| <b>SUBTÍTULO</b><br>(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)   |
| PROTOTIPO AGRÓNICO DE BAJO COSTO ORIENTADO AL INTERNET DE LAS COSAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO EN LA FINCA EL SENDERO VEREDA GUCHIPAS DEL MUNICIPIO DE PASCA |

|   |
|---|
| <b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b><br>Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía<br>Ingeniero de Sistemas |
|---|

|                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| <b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b> | <b>NÚMERO DE PÁGINAS</b> |
| 2018                                | 68                       |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b><br>(Usar 6 descriptores o palabras claves) |                       |
| <b>ESPAÑOL</b>   | <b>INGLÉS</b>         |
| 1. Agrónica  | 1.Agronic             |
| 2. Automatización  | 2. Automation         |
| 3. Empoderamiento  | 3.Empowerment         |
| 4. Internet de las cosas   | 4. Internet of things |
| 5. Riego   | 5. Irrigation         |
| 6.Prototipo de bajo costo  | 6. Low cost prototype |

|  |
|--|
| <b>RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS</b><br>(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):   |
| Los pequeños agricultores nacionales están arraigados a realizar sus labores bajo los métodos tradicionales, el propósito de este proyecto es integrar el concepto de IoT a una de las prácticas agrícolas más importantes y tradicionales, el riego; lograr que el agricultor se empodere como determinante de su propio desarrollo económico y mediante talleres académicos para el buen uso de la tecnología transmitir la iniciativa de diseñar fácilmente y a bajo costo un dispositivo que transmita datos a través de una red y logre automatizar su sistema de riego, controlado desde su SmarthPhone. |

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 3 de 7</b>       |

El diseño e implementación del dispositivo se hace en el cultivo de hortalizas del señor Alberto Bermúdez, agricultor de la finca El Sendero vereda Guchipas del municipio de Pasca con quien se pudo evidenciar la diferencia del tiempo dedicado a labores que impliquen el cambio de riego, inicialmente debía efectuar entre cinco y seis desplazamientos diarios de una finca a otra para cambiarlo, cada desplazamiento implicaba aproximadamente 30 minutos, ahora la gestión de su sistema de riego está al alcance de su mano, optimizando el uso de su tiempo y en consecuencia reduciendo los costos de producción.

The small national farmers are accustomed to do their work with the traditional methods, the purpose of this project is integrate the concept of internet of things to the practice to one of the most important and traditional agricultural practices, irrigation; achieve that the farmer is empowered as a determiner of their own economic development and through academic workshops for the proper use of technology to transmit the initiative to easily and cheaply design a device that transmits data through a network and manages to automate their irrigation system, controlled from your SmartPhone.

The design and implementation of the device is made in the vegetable cultivation of Mr. Alberto Bermúdez, farmer of the El Sendero farm in Guchipas municipality of Pasca, with whom it was possible to demonstrate the difference of time dedicated to work involving the change of irrigation, initially had to make between five and six daily trips from one farm to another to change it, each displacement involved approximately 30 minutes, now the management of your irrigation system is at reach of your hand, optimizing the use of your time and consequently reducing production costs.

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito Autorizamos a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre nuestra obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

| AUTORIZAMOS  | SI | NO |
|--|----|----|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.   | X  |    |
| 2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet. | X  |    |

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 4 de 7</b>       |

|  |   |  |
|--|---|--|
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | X |  |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional.   | X |  |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso nuestra obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizamos en nuestra calidad de estudiantes y por ende autores exclusivos, que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaremos conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 5 de 7</b>       |

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO X**.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titulares del derecho de autor, conferimos a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) Los Autores, garantizamos que el documento en cuestión es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAr113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 6 de 7</b>       |

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

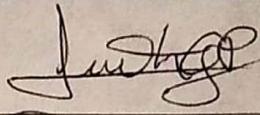
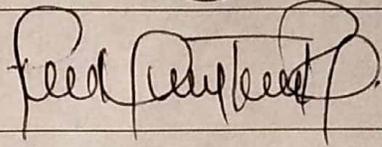
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| <b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión<br/>(Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>  | <b>Tipo de documento<br/>(ej. Texto, imagen, video,<br/>etc.)</b> |
|---|---|
| PROTOTIPO AGRÓNICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO EN LA FINCA EL SENDERO VEREDA GUCHIPAS DEL MUNICIPIO DE PASCA.pdf | Documento en formato portable (PDF)                               |
| GUÍA DE ENSAMBLE Y MANEJO DE PROTOTIPO.pdf  | Documento en formato portable (PDF)                               |
| ANÁLISIS DE VALOR   | Documento en formato portable (PDF)                               |

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAar113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 3</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 7 de 7</b>       |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| <b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b> | <b>FIRMA<br/>(autógrafo)</b>   |
|--------------------------------------|--|
| González Penagos Liceth Yhomary      |  |
| Torres Romero Leidy Mireya           |  |

12.1.50

PROTOTIPO AGRÓNICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO EN  
LA FINCA EL SENDERO VEREDA GUCHIPAS DEL MUNICIPIO DE PASCA

LICETH YHOMARY GONZÁLEZ PENAGOS

LEIDY MIREYA TORRES ROMERO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

FUSAGASUGÁ

2018

PROTOTIPO AGRÓNICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO EN  
LA FINCA EL SENDERO VEREDA GUCHIPAS DEL MUNICIPIO DE PASCA

LICETH YHOMARY GONZÁLEZ PENAGOS (161214211)

LEIDY MIREYA TORRES ROMERO (161214228)

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de  
Sistemas

DIRECTOR:

Ing. MsC. WILSON DANIEL GORDILLO OCHOA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
FUSAGASUGÁ

2018

## TABLA DE CONTENIDO

|        |                                     |    |
|--------|-------------------------------------|----|
| 1.     | Planteamiento Del Problema .....    | 10 |
| 1.1.   | Descripción Del Problema .....      | 10 |
| 1.2.   | Formulación del Problema .....      | 11 |
| 2.     | Objetivos De La Investigación ..... | 13 |
| 2.1.   | Objetivo General .....              | 13 |
| 2.2.   | Objetivos Específicos .....         | 13 |
| 3.     | Justificación .....                 | 14 |
| 4.     | Alcance .....                       | 15 |
| 5.     | Marco Referencial .....             | 16 |
| 5.1.   | Estado Del Arte .....               | 16 |
| 5.1.1. | UCundinamarca .....                 | 16 |
| 5.1.2. | UCatolica .....                     | 17 |
| 5.1.3. | UJaveriana .....                    | 17 |
| 5.1.4. | UNariño .....                       | 17 |
| 5.1.5. | UNavarra .....                      | 18 |
| 6.     | Marco Conceptual .....              | 19 |
| 6.1.   | Riego Por Goteo .....               | 19 |
| 6.1.1. | Componentes del sistema .....       | 19 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 6.2.     | Internet De Las Cosas.....                                | 20 |
| 6.3.     | Hardware Seleccionado .....                               | 21 |
| 6.3.1.   | Electroválvula .....                                      | 21 |
| 6.3.2.   | Relé de 1 canal .....                                     | 22 |
| 6.3.3.   | Módulo ESP8266 .....                                      | 22 |
| 6.3.4.   | Sensor de humedad del suelo .....                         | 24 |
| 6.4.     | Software Seleccionado.....                                | 25 |
| 6.4.1.   | Blynk .....   | 25 |
| 7.       | Marco Metodológico .....                                  | 27 |
| 7.1.     | Fase 1 - Definición Estratégica .....                     | 27 |
| 7.1.1.   | Plan estratégico para el diseño de un producto nuevo..... | 27 |
| 7.1.2.   | Plan de trabajo.....                                      | 28 |
| 7.1.3.   | Cronograma de actividades.....                            | 30 |
| 7.2.     | Fase 2 - Diseño De Concepto.....                          | 30 |
| 7.2.1.   | Pliego de condiciones .....                               | 30 |
| 7.2.1.1. | Disposiciones específicas .....                           | 31 |
| 7.2.1.2. | Criterios para evaluar los componentes .....              | 31 |
| 7.2.2.   | Tecnología .....  | 32 |
| 7.2.3.   | Funcionamiento.....                                       | 32 |
| 7.2.4.   | Forma del producto .....                                  | 33 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 7.3.     | Fase 3 - Diseño en Detalle .....                  | 35 |
| 7.3.1.   | Evaluación aspecto económico .....                | 36 |
| 7.3.2.   | Documentación técnica.....                        | 38 |
| 7.3.2.1. | Descripción técnica .....                         | 38 |
| 7.3.3.   | Usos del prototipo .....                          | 39 |
| 7.3.4.   | Componentes.....                                  | 39 |
| 7.3.4.1. | Electroválvula .....                              | 39 |
| 7.3.4.2. | Módulo relé .....                                 | 40 |
| 7.3.4.3. | Board ESP8266.....                                | 40 |
| 7.3.4.4. | Miniprotoboard.....                               | 40 |
| 7.3.4.5. | Sensor de humedad del suelo .....                 | 40 |
| 7.3.4.6. | Adaptadores de energía .....                      | 40 |
| 7.3.5.   | Plano circuito electrónico .....                  | 41 |
| 7.3.6.   | Guía de ensamble e instalación .....              | 41 |
| 7.3.7.   | Costos materiales.....                            | 42 |
| 7.3.8.   | Cronograma ajustado (Anexo 23).....               | 42 |
| 7.4.     | Fase 4 - Verificación y Testeo .....              | 44 |
| 7.4.1.   | Pruebas de funcionamiento .....                   | 45 |
| 7.4.1.1. | Prueba módulo ESP 8266.....                       | 45 |
| 7.4.1.2. | Prueba de voltajes – adaptadores de energía ..... | 45 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 7.4.1.3. | Prueba con electroválvula y módulo relé .....                     | 46 |
| 7.4.1.4. | Pruebas de humedad .....  | 46 |
| 7.4.1.5. | Pruebas de control desde app blynk.....                           | 47 |
| 7.5.     | Fase 5 - Implementación.....                                      | 48 |
| 7.5.1.   | Apropiación social - Alberto Bermúdez.....                        | 48 |
| 7.5.2.   | Reconocimiento del sitio de implementación .....                  | 48 |
| 7.5.3.   | Montaje del prototipo .....                                       | 50 |
| 8.       | Resultados.....   | 51 |
| 8.1.     | Resultados De Producción .....                                    | 51 |
| 8.2.     | Resultados de Costos de Mano de Obra .....                        | 52 |
| 8.3.     | Resultados De Transferencia De Conocimiento .....                 | 53 |
| 8.3.1.   | Universidad Piloto de Colombia – Sede Girardot.....               | 53 |
| 8.3.2.   | Instituto Tolimense de Formación Técnica Profesional- ITFIP ..... | 54 |
| 8.4.     | Resultados de Apropiación Social Del Conocimiento .....           | 59 |
| 8.4.1.   | Taller comunitario vereda Guavio Alto.....                        | 59 |
| 9.       | Conclusiones.....   | 61 |
| 10.      | Recomendaciones .....   | 63 |
| 11.      | Bibliografía.....   | 64 |

## LISTA DE TABLAS

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | Tabla de Requisitos, condicionantes y cuantificantes..... | 28 |
| Tabla 2 | Tabla de Componentes Propuesta Elegida .....              | 35 |
| Tabla 3 | Indicadores económicos evaluados.....                     | 37 |
| Tabla 4 | Tabla de Relación costo beneficio .....                   | 38 |
| Tabla 5 | Tabla de materiales y costos.....                         | 42 |
| Tabla 6 | Tabla comparativa de los cultivos de hortalizas .....     | 51 |
| Tabla 7 | Tabla de costos mano de obra por cambio de riego.....     | 52 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Esquema de un sistema de riego presurizado. Tomado de (Liotta, 2015).....                       | 20 |
| Ilustración 2 Electroválvula (Tomada de Vistronica).....  | 21 |
| Ilustración 3 Modulo relé y sus terminales Fuente: Propia .....   | 22 |
| Ilustración 4 Modulo Wifi NodeMCU ESP8266 Tomado de (VISTRONICA S.A.S, , s.f.) ...                            | 23 |
| Ilustración 5 Distribución de Pines Módulo ESP8266 Tomado de (Hernandez, 2018).....                           | 23 |
| Ilustración 6 Sensor de Humedad del Suelo. Tomado de CITATION VIS \l 3082<br>(VISTRONICA S.A.S, , s.f.) ..... | 24 |
| Ilustración 7Arquitectura Blynk Tomado de <a href="http://docs.blynk.cc/">http://docs.blynk.cc/</a> .....     | 26 |
| Ilustración 8 Cronograma de actividades tentativo .....   | 30 |
| Ilustración 9 Diagrama de Gantt- Cronograma de actividades tentativo.....                                     | 30 |
| Ilustración 10 Versión 1 del Prototipo Fuente: Autores .....  | 33 |
| Ilustración 11 Versión 2 del prototipo Fuente: Autores .....  | 34 |
| Ilustración 12 Prototipo en la caja de acrílico. Fuente: Autores .....  | 34 |
| Ilustración 13 Adaptador de 12V Fuente: Autores.....  | 41 |
| Ilustración 14 Plano Circuito Electrónico Fuente: Autores .....   | 41 |
| Ilustración 15 Cronograma de actividades ajustado .....   | 43 |
| Ilustración 16 Diagrama de Gantt ajustado.....  | 43 |
| Ilustración 17 Estructura Top Down del Prototipo Fuente: Autores.....   | 44 |
| Ilustración 18 Pruebas individuales Modulo ESP8266 Fuente: Autores.....                                       | 45 |
| Ilustración 19 Pruebas electroválvula - relé.....   | 46 |
| Ilustración 20 Pruebas sensor de humedad .....  | 47 |
| Ilustración 21 Pruebas de conexión entre blynk y el dispositivo Fuente: Autores .....                         | 47 |

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 22 Taller de apropiación con el agricultor Fuente: Autores .....                   | 48 |
| Ilustración 23 El sitio de implementación antes de instalar el prototipo Fuente: Autores ..... | 49 |
| Ilustración 24 Montaje del prototipo Fuente: Autores.....                                      | 50 |
| Ilustración 25 Taller Académico en Universidad Piloto sede Girardot Fuente: Autores .....      | 54 |
| Ilustración 26 Logo del Evento ITFIP Fuente: ITFIP .....                                       | 54 |
| Ilustración 27 Participación en modalidad ponencia ITFIP Fuente: Autores .....                 | 55 |
| Ilustración 28. Participación III Congreso Nacional de Ingeniería ITFIP Fuente: Autores .....  | 55 |
| Ilustración 29 Logo del evento UniMonserrate Fuente: UniMonserrate.....                        | 56 |
| Ilustración 30 Participación en modalidad Ponencia UniMonserrate .....                         | 57 |
| Ilustración 31 Participación en modalidad poster UniMonserrate .....                           | 57 |
| Ilustración 32 Logo del evento UNAD.....   | 58 |
| Ilustración 33 Participación en modalidad Ponencia UNAD.....                                   | 58 |
| Ilustración 34 Reconocimiento del área con el agricultor Fuente: Autores.....                  | 59 |
| Ilustración 35 Taller de apropiación Vereda Guavio Fuente: Autores.....                        | 60 |
| Ilustración 36 Aplicación Taller vereda Guavio Fuente: Autores.....                            | 61 |
| Ilustración 37 Culminación Taller Vereda Guavio Fuente: Autores.....                           | 61 |

## **1. Planteamiento Del Problema**

### **1.1. Descripción Del Problema**

El agricultor de la finca el Sendero Vereda Gúchipas del municipio de Pasca, basa su actividad económica principal en el cultivo de verduras en distintas fincas del municipio, su rutina diaria se torna ajetreada entre trasladarse desde su domicilio a uno de los cultivos para poner el riego, ir a la segunda finca a deshierbar, fumigar o recoger su cosecha y pocas horas después regresar a la primera finca a cambiar el lugar de riego. Para lograr que la producción siga su curso, es necesario efectuar varios cambios del riego en una noche y así lograr que todo el cultivo esté en un estado de humedad, lo que requiere por parte del agricultor, esfuerzo físico no sólo en el día sino también en la noche. En tiempo de sequía, es muy común que en zonas como la Vereda Guchipas del municipio de Pasca, se realicen jornadas de racionalización por parte de las empresas que proveen el agua para riego y este sólo sea activado en horas de la noche. Las ofertas comerciales para automatizar los sistemas de riego son difíciles de implementar y excesivamente costosos, por eso, aunque existen herramientas que han optimizado los procesos de automatización, los agricultores de la zona no se interesan en conocer las herramientas existentes y se mantienen con los métodos tradicionales.

## 1.2. Formulación del Problema

Según el Tercer Censo Nacional Agropecuario<sup>1</sup>, realizado por el DANE, 43 millones de hectáreas a nivel nacional hacen parte de la distribución del área destinada al uso agropecuario (DANE, 2014), con un gran porcentaje dedicado a la producción y exportación de flores, verduras y otros alimentos, de acuerdo al tipo de cultivo y la textura del suelo se han requerido diferentes métodos de riego, sin embargo los problemas ambientales, escasez de agua y el calentamiento global han exigido que el sistema de riego utilizado evolucione a lo largo de la historia, buscando optimizar el uso de los recursos, ahorrando agua, tiempo y maximizando la producción.

La principal actividad económica del municipio de Pasca refiere a la vocación agropecuaria<sup>2</sup>, siendo sus protagonistas pequeños agricultores cuyo sustento y dependencia económica se deriva en la producción de variedades de frutas y verduras que se comercializan en la plaza de mercado de Fusagasugá, actualmente algunos de ellos implementan el uso de Riego por goteo, que aunque contribuye al ahorro del líquido vital, en muchos casos por la falta de tiempo del administrador del riego puede ocasionar exceso o falta del agua requerida por el producto, originando así descompensaciones en los nutrientes demandados por el suelo y la generación de hongos o enfermedades que influyen directamente en la calidad del producto y aumentando los costos de producción, tiempo que el agricultor puede dedicar a otras actividades que logren mejorar la calidad en la producción. En muchas ocasiones, los agricultores se deben dirigir desde su lugar

---

<sup>1</sup> "entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario ...."  
<https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>. Fecha de acceso 10 jun.. 2018.

<sup>2</sup> "Sitio web del municipio PASCA en CUNDINAMARCA." <http://www.pasca-cundinamarca.gov.co/>. Fecha de acceso 10 jun.. 2018.

de vivienda hasta la finca y efectuar cambios en el riego en diferentes horas del día, lo que implica destinar bastante tiempo para esta tarea, pues, aunque la tecnología ha llegado a todos los hogares de estos pequeños agricultores, desconocen el mundo de posibilidades que se abre ante sí con las nuevas tendencias tecnológicas.

El proceso de adopción de nuevas tecnologías en las zonas rurales del país generalmente es lento, dar a conocer las últimas tendencias para automatizar procesos no es una tarea que se difunda rápida y eficazmente en estos sectores. Los campesinos de la región prefieren mantener los métodos tradicionales, destinar el tiempo que les requiera para garantizar que sus productos están siendo regados como debe ser, sin estimar si la cantidad de agua utilizada es la adecuada y si se desperdicia o no.

La Agromática acompañada de jornadas de concientización y adaptación para el agricultor de la finca el Sendero de la vereda Guchipas del municipio de Pasca, brindaría las herramientas y la posibilidad de acceso al control del cultivo y así lograr una producción con calidad en cualquier temporada del año, maximizando el uso de los recursos, contribuyendo a disminuir el uso de sustancias agroquímicas que contaminen el ambiente y manejando el tiempo en mejorar la producción, llevando de primera mano en un contexto asequible la agrónoma al campesino. En la finca el Sendero de la Vereda Guchipas, se ha implementado un sistema de riego por goteo para los productos de huerta que allí se cosechan, ¿es posible diseñar una herramienta de bajo costo que le permita al propietario del cultivo de la Finca el Sendero del Municipio de Pasca optimizar el uso de sus recursos y empoderarse como determinador de su propio desarrollo?

## **2. Objetivos De La Investigación**

### **2.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un prototipo agrónico de bajo costo orientado al Internet de las cosas para la automatización del riego por goteo que facilite y mejore la forma tradicional que emplea el pequeño agricultor de la Finca el Sendero, vereda Guchipas del Municipio de Pasca.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Desarrollar un proceso disciplinado en ambientes de laboratorio con cada uno de los dispositivos electrónicos seleccionados para el prototipo.
- Propiciar el buen uso de la tecnología permitiendo el empoderamiento a pequeños agricultores como gestores de su desarrollo económico.
- Postular una ponencia y/o artículo científico en un evento académico como opción de transferencia de conocimiento.

### **3. Justificación**

El mundo está en continuo cambio, en pleno siglo XXI, las Tecnologías de la Informática y las comunicaciones abordan la cotidianidad, incluso en las zonas rurales del país, allí donde se realiza la principal actividad económica de Colombia, los cambios han incurrido a mejorar las prácticas agropecuarias, específicamente para el caso los sistemas de riego, que buscan el ahorro de agua y brindar las cantidades requeridas de acuerdo con el tipo de cultivo que se maneje. La rutina del agricultor de la finca el Sendero, vereda Guchipas del municipio de Pasca no es solo suya, como él, muchos pequeños productores agrícolas deben desplazarse continuamente para el mantenimiento y óptimo cuidado de sus cultivos.

Se busca mediante el uso de las TIC e incorporación de dispositivos electrónicos diseñar un prototipo que permita que el productor rural se empodere como determinador de su propio desarrollo económico y mejore las condiciones productivas de su finca, maximizando el uso adecuado de los recursos, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y mediante la Agromática lograr en trabajo conjunto con profesionales de distintas áreas incorporar la tecnología en la agricultura.

#### **4. Alcance**

Este proyecto se desarrollará como piloto en la Finca el Sendero de la Vereda Guchipas Municipio de Pasca (Cundinamarca), en él existe un cultivo de hortalizas que inicialmente era regado con el método tradicional, con riego por aspersión, sin embargo, el agricultor de esta finca ha empezado a adoptar nuevas tendencias en sus labores agrícolas y ha implementado un sistema de riego por goteo.

El proyecto se inició en el mes de marzo de 2018, fecha en la cual se presentó la propuesta, aprobada por el Comité de evaluación de proyectos de grado; las actividades a realizar están previstas de ejecutar en un lapso de 8 (ocho) meses, irá hasta el mes de octubre de 2018, mes en el cual se tiene previsto efectuar la sustentación del mismo, en este transcurso de tiempo se realizarán las actividades propuestas en cada uno de los objetivos para alcanzar el objetivo general.

A pesar de que el proyecto se ejecutará en un predio del municipio de Pasca, de acuerdo a los resultados que nos permitan determinar un costo asequible del dispositivo automatizado para los pequeños agricultores, se realizará uno o varios talleres que permitan generar espacios de apropiación social y que otros pequeños cultivadores se animen a implementarlo en sus predios.

## **5. Marco Referencial**

### **5.1. Estado Del Arte**

El riego por goteo es una óptima forma de hidratar los cultivos ahorrando agua y precisando humedad en el sector de tierra requerido por el tipo de cultivo que se tenga sembrado.

Comercialmente en el país no es muy amplia la oferta que permita a los pequeños agricultores la posibilidad de adaptar un prototipo tecnológico para efectuar la automatización de su sistema de Riego y las posibilidades exceden los costos que un campesino del común pueda invertir para lograrlo. Sin embargo, esta alternativa se ha venido trabajando en diferentes proyectos académicos que han mostrado que existe la posibilidad y es viable efectuar esta práctica implementando la agrónica, aquí algunos de ellos:

#### **5.1.1. UCundinamarca**

En la Universidad de Cundinamarca, por el Programa de Ingeniería Electrónica se realizaron algunos proyectos de grado durante el año 2002 y 2003 los se enfocaron principalmente en automatizar los sistemas de riego en cultivos de tomate en invernaderos(referencias bibliográficas), realizado mediante el uso de microcontroladores, tensiómetros, transductores y sensores de temperatura y humedad; se ha buscado reducir el tiempo requerido por los agricultores en administrar sus sistemas de riego, los costos de adquisición superan el millón de pesos mcte (\$1.000.000) .

En el contexto nacional, se encuentran referencias cómo:

### **5.1.2. UCatolica**

Prototipo De Control Para Un Cultivo De Tomate Cherry En Un Invernadero

Proyecto realizado en la Universidad Católica de Colombia en el año 2015, efectuado a pequeña escala en una maqueta de invernadero, mediante dispositivos Arduino y la implementación de cámaras para el monitoreo permanente del invernadero y la integración a dispositivos móviles mediante una aplicación Android, concluye el autor del trabajo que es viable el proyecto, aunque costoso.

### **5.1.3. UJaveriana**

Automatización de sistema de riego para el cultivo de flores tipo exportación

Proyecto realizado en la Pontificia Universidad Javeriana en el año 2005 denominado IRRIGATION, está conformado por dos módulos independientes encargados de las diferentes actividades para la automatización del sistema.

### **5.1.4. UNariño**

Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo basado en control distribuido:

Este Proyecto fue realizado en la Universidad de Nariño durante el año 2015, administrado mediante dos nodos, uno de control y otro actuador, ubicados en el cultivo, donde se realizó la conexión de los sensores utilizados y los dispositivos Arduino, así como el Display LCD desde donde el usuario interactúa con la interfaz y activa su sistema de riego

### **5.1.5. UNavarra**

Automatización de un sistema de riego por goteo mediante plataforma Arduino:

En la Universidad de Navarra, España durante el año 2012, se desarrolló este proyecto que busca mediante dispositivos Arduino y diferentes tipos de sensores realizar una previa programación a su dispositivo de automatización que por la medición de variables determina cuándo activar o no el sistema de riego.

## **6. Marco Conceptual**

### **6.1. Riego Por Goteo**

Los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica. El agua se aplica en forma de gota por medio de goteros.

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo. La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el periodo de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas.

#### **6.1.1. Componentes del sistema**

Un equipo de riego presurizado consiste en:

- La Fuente de abastecimiento de agua
- Cabezal principal
- Tuberías de conducción principales
- Cabezales de campo
- Tuberías terciarias
- Laterales de riego con emisores

El sistema consta de sectores diferentes que se denominan

- **Subunidad de Riego:** Es el área que se riega con una válvula o cabezal de campo.
- **Unidad de Riego:** Es la superficie que se riega simultáneamente tomando un conjunto de subunidades de riego.
- **Operación de Riego:** Es la superficie que se riega a la vez en el conjunto de unidades de riego. (Liotta, 2015)



*Ilustración 1. Esquema de un sistema de riego presurizado. Tomado de (Liotta, 2015)*

## 6.2. Internet De Las Cosas

Internet de las cosas, revolución tecnológica que posibilita que Internet alcance el mundo real de los objetos físicos, convirtiendo objetos comunes en “cosas inteligentes” conectadas a Internet. Se está convirtiendo en una realidad capaz de generar gran cantidad de datos del mundo físico, los que, luego de ser analizados con herramientas informáticas, pueden ser útiles en la toma de decisiones al contar con información valiosa en tiempo real y así mejorar las actividades cotidianas de manera inmediata.

Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas (Universidad Politecnica de Cataluña, 2012)

De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos. Un PROCESO es la parte del sistema que a partir de una entrada de materia, energía o información se genera una transformación del entorno y que da lugar a la salida de un resultado.

### **6.3. Hardware Seleccionado**

#### **6.3.1. Electroválvula**

Una electroválvula, también conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo. Normalmente esta electroválvula impide el paso del agua, por lo tanto, cuando se aplica corriente en sus dos terminales, un electroimán baja el sello abriendo el paso de agua, este dispositivo trabaja con 12V de carga.



*Ilustración 2 Electroválvula (Tomada de Vistronica)*

### 6.3.2. Relé de 1 canal

El Módulo Relé de 1 Canal, es un dispositivo que se usa por lo general para el control o Switcheo de cargas de potencia. Es importante usarlo cuando se está trabajando en un sistema que tiene un circuito de alto (Electroválvula 12V) y de bajo voltaje (microcontrolador esp8266 3,3 V), que en el caso es el de bajo voltaje.

Este módulo relé de un canal dispone de un transistor para su activación, posee dos indicadores LED los cuales iluminan dependiendo del estado lógico suministrado a la entrada, (verde para la retransmisión, rojo para el suministro de energía) posee 3 terminales VCC, GND, y la entrada de señal de estado lógico, el módulo puede ser accionado por una board Arduino, microcontrolador o Raspberry Pi, para manejar cargas con una corriente máxima de 10A y hasta 250VAC. Permite controlar el encendido y apagado de cualquier aparato que se conecte a una fuente de alimentación eléctrica externa. El relé hace de interruptor y se activa y desactiva mediante una entrada de datos.



Ilustración 3 Modulo relé y sus terminales Fuente: Propia

### 6.3.3. Módulo ESP8266

La NodeMcu Lua WIFI v1.0 es una board de desarrollo de hardware libre que incorpora el chip de WIFI ESP8266 y el chip CP2102 lo que permite hacer la conexión USB directamente al computador y de esta manera permitir la programación con el IDE de ARDUINO.



Ilustración 4 Modulo Wifi NodeMCU ESP8266 Tomado de (VISTRONICA S.A.S, , s.f.)

Cuenta con una Interfaz de programación de aplicaciones avanzada para hardware IO (Input/Output), que puede reducir drásticamente el trabajo redundante para configurar y manipular hardware. API impulsado por eventos para aplicaciones de red, que facilita a los desarrolladores la escritura de código que se ejecuta en una MCU de 5 mm \* 5 mm en estilo Nodejs. Acelere enormemente su proceso de desarrollo de aplicaciones IOT.

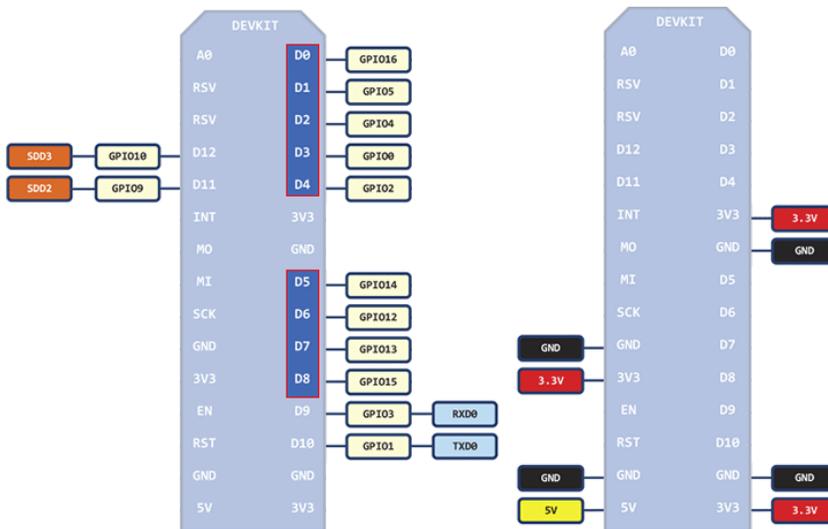


Ilustración 5 Distribución de Pines Módulo ESP8266 Tomado de (Hernandez, 2018)

#### 6.3.4. Sensor de humedad del suelo

Este es un sensor de humedad sencillo de usar, puede ser utilizado para probar la humedad del suelo. Cuando existe escasez de agua en el suelo, Este sensor se encarga de monitorear las condiciones en las que se encuentra el suelo, para hace accionar un riego automático para regar agua a las plantas sin la necesidad de estar presente para llevar a cabo dicha actividad manualmente. La sensibilidad de este sensor está condicionada por un potenciómetro que viene incluido en la pequeña board. Esta board tiene un agujero, permitiendo que esta pueda ser ubicada en cualquier tipo de superficie.

Posee un indicador luminoso de encendido (rojo) y un indicador de salida digital (verde). Para acondicionar la señal censada, este módulo cuenta con el chip LM393.



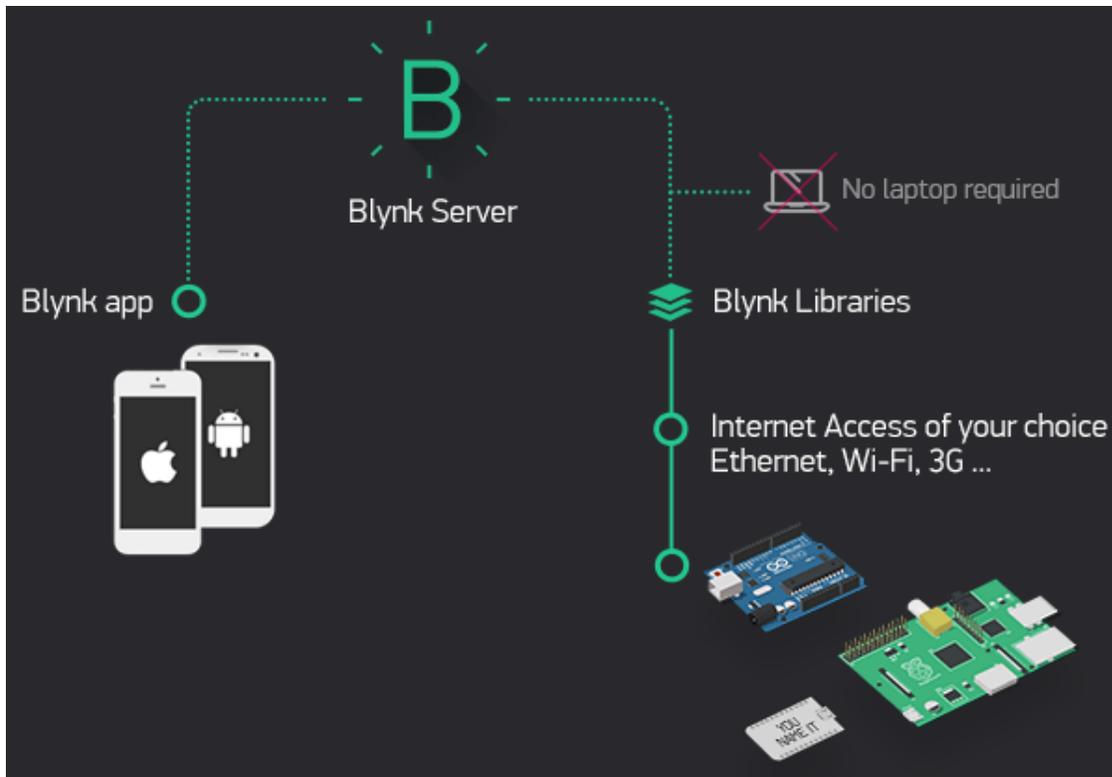
*Ilustración 6 Sensor de Humedad del Suelo. Tomado de CITATION VIS \I 3082 (VISTRONICA S.A.S, , s.f.)*

## 6.4. Software Seleccionado

### 6.4.1. Blynk

Blynk fue diseñado para Internet de las cosas. Puede controlar el hardware de forma remota, puede mostrar datos del sensor, puede almacenar datos, visualizarlo y hacer muchas otras cosas interesantes. Hay tres componentes principales en la plataforma:

- **APLICACIÓN BLYNK:** le permite crear interfaces asombrosas para sus proyectos utilizando diversos widgets que ofrecemos.
- **BLYNK SERVER:** responsable de todas las comunicaciones entre el teléfono inteligente y el hardware. Puede usar Blynk Cloud o ejecutar su servidor privado Blynk localmente. Es de código abierto, puede manejar fácilmente miles de dispositivos e incluso se puede iniciar en una Raspberry Pi.



*Ilustración 7Arquitectura Blynk Tomado de <http://docs.blynk.cc/>*

- **LIBRERÍAS BLYNK** para todas las plataformas de hardware populares, permiten la comunicación con el servidor y procesan todos los comandos entrantes y salientes, se implementan las siguientes librerías:
  - ESP8266WiFi.h
  - BlynkSimpleEsp8266.h

## **7. Marco Metodológico**

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó la metodología de desarrollo de Hardware TOP DOWN que consiste en capturar una idea con un alto nivel de abstracción e implementarla partiendo de la misma, en esta metodología el sistema inicial se va subdividiendo en módulos, estableciendo una jerarquía, para lo cual usamos el PROCESO DE DISEÑO: Fases para el desarrollo de producto, método planteado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI, de Buenos Aires Argentina, que considera para su desarrollo siete fases a considerar:

Fase 1. Definición Estratégica

Fase 2. Diseño de Concepto

Fase 3. Diseño en Detalle

Fase 4. Verificación y Testeo

Fase 5. Producción

Fase 6. Mercado

Fase 7. Disposición Final

Para el caso se consideraron cinco fases de las señaladas anteriormente, no se tuvieron en cuenta las fases de Mercado (Fase 6) y Disposición final (Fase 7) pues son fases que no están en función del proceso de diseño.

### **7.1. Fase 1 - Definición Estratégica**

Esta fase sugiere darle una orientación estratégica del proyecto,

#### **7.1.1. Plan estratégico para el diseño de un producto nuevo**

Para definir el problema y la solución al mismo se efectuó una entrevista al experto en el manejo del riego en el cultivo, de cuyas respuestas determinamos las necesidades que se

pretenden satisfacer con la solución propuesta, documentando esta información se crea el siguiente plan estratégico para el DISEÑO DEL PRODUCTO:

*Tabla 1 Tabla de Requisitos, condicionantes y cuantificantes*

| REQUISITOS   | CONDICIONANTES                                      | CUANTIFICANTES    |
|--|---|-------------------|
| Sistema de Riego por Goteo   | Conveniencia producto usuario:<br>Acceso a Internet | Humedad           |
| Practicidad funcional<br>Relación producto- usuario  | Fácil Acceso a un punto eléctrico                   | Tiempo de riego   |
| Sustentabilidad Bajo consumo de energía  | Smartphone  | Caudal Agua       |
| Fácil acceso a compra de elementos<br>Percepción: captación del producto a sus componentes | Fácil Mantenimiento y/o reparación                  | Impacto ambiental |

Datos obtenidos de entrevista al Agricultor . Fuente: Elaboración propia

### **7.1.2. Plan de trabajo**

El enfoque de este proyecto se centra en el empoderamiento del pequeño agricultor para que sea el gestor de su propio desarrollo económico mediante la generación de un nuevo producto con la integración de tecnologías existentes que permita el uso eficiente del agua utilizada en el riego de sus cultivos, así como el cuidado y disminución del tiempo dedicado al cambio de este.

En el plan de trabajo se consideran diversas actividades a desarrollar en cada fase:

- Fase 1. Definición Estratégica
  - Entrevista de acercamiento con el agricultor
  - Recolección de requerimientos
  - Análisis comparativo de productos (Anexo 4)
- Fase 2. Diseño de Concepto
  - Brainstorming (Anexo 5)

- Impact Mapping (Anexo 2)
- User story Mapping (Anexo 3)
- Fase 3. Diseño en Detalle
  - Planteamiento y selección de Propuestas
  - Evaluación Aspecto económico
  - Diseño carcasa externa
  - Diseño electrónico
  - Guías de uso
- Fase 4. Verificación y Testeo
  - Embalaje del prototipo
  - Verificación de pruebas
  - Instalación en campo
- Fase 5. Implementación
  - Reconocimiento del lugar de instalación
  - Empoderamiento con el agricultor
  - Talleres de Apropiación social del conocimiento
  - Transferencia de conocimiento

### 7.1.3. Cronograma de actividades

|    | Nombre de tarea                                  | Duración | Trabajo | Comienzo                 | Fin                      | Predecesor |
|----|--|----------|---------|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1  | Entrevista al usuario                            | 2 días   | 0 hrs   | jue. 8/03/18 9:00 a. m.  | vie. 9/03/18 7:00 p. m.  |            |
| 2  | Focus Group                                      | 1 día?   | 0 hrs   | lun. 12/03/18 9:00 a. m. | lun. 12/03/18 7:00 p. m. | 1          |
| 3  | Analisis comparativo de producto                 | 1 día?   | 0 hrs   | mar. 13/03/18 9:00 a. m. | mar. 13/03/18 7:00 p. m. | 2          |
| 4  | Analisis de Valor                                | 5 días   | 0 hrs   | mié. 14/03/18 9:00 a. m. | mar. 20/03/18 7:00 p. m. | 1          |
| 5  | Documentación                                    | 15 días? | 0 hrs   | lun. 26/03/18 9:00 a. m. | vie. 13/04/18 7:00 p. m. | 1,2,3,4    |
| 6  | Brainstorming                                    | 10 días? | 0 hrs   | vie. 13/04/18 9:00 a. m. | jue. 26/04/18 7:00 p. m. | 2          |
| 7  | Solicitud de requerimientos al usuario           | 7 días?  | 0 hrs   | vie. 27/04/18 9:00 a. m. | lun. 7/05/18 7:00 p. m.  |            |
| 8  | Generación Casos de Uso                          | 15 días? | 0 hrs   | mar. 8/05/18 9:00 a. m.  | lun. 28/05/18 7:00 p. m. | 7          |
| 9  | Elaboracion Manual Técnico y de usuario          | 30 días? | 0 hrs   | lun. 28/05/18 9:00 a. m. | vie. 6/07/18 7:00 p. m.  |            |
| 10 | Analisis economico, financiero y de rentabilidad | 30 días? | 0 hrs   | lun. 9/07/18 9:00 a. m.  | vie. 17/08/18 7:00 p. m. | 6,7        |
| 11 | Contextualización en ambientes de laboratorio    | 60 días? | 0 hrs   | lun. 4/06/18 9:00 a. m.  | vie. 24/08/18 7:00 p. m. | 6          |

Ilustración 8 Cronograma de actividades tentativo

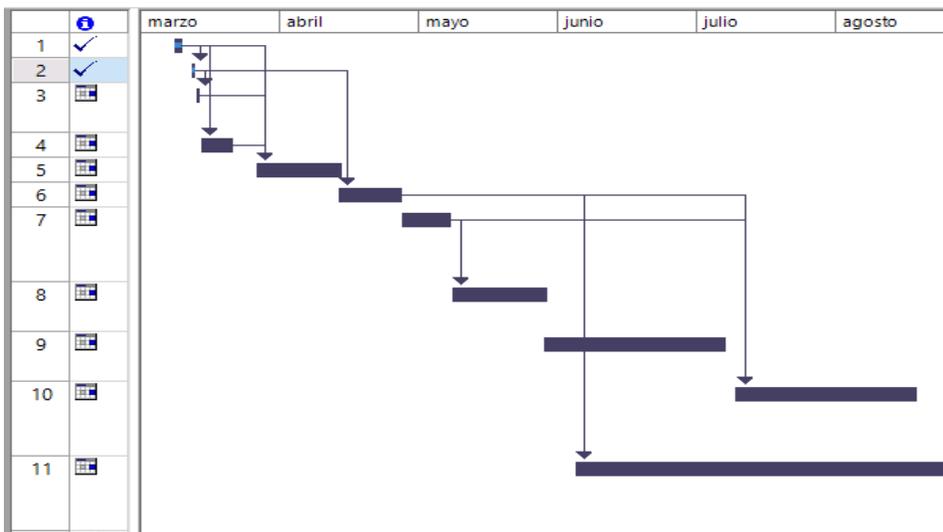


Ilustración 9 Diagrama de Gantt- Cronograma de actividades tentativo

## 7.2. Fase 2 - Diseño De Concepto

### 7.2.1. Pliego de condiciones

De manera experimental se inicia el proyecto en un cultivo de hortalizas que cuenta con un sistema de riego por goteo, ubicado cerca de un inmueble que provee energía eléctrica en la Finca el Sendero Vereda Guchipas del Municipio de Pasca. La administración del cultivo de hortalizas está a cargo del señor José Alberto Bermúdez, quien además de este, administra varios

cultivos ubicados en diferentes veredas del municipio de Pasca, a continuación, se establecerán las condiciones para el diseño del prototipo:

#### **7.2.1.1. Disposiciones específicas**

- El dispositivo debe evitar que el administrador de la finca se desplace a ella cada vez que deba cambiar el sitio de riego.
- Cuando se limite el uso en el servicio de agua para horas de la noche, el dispositivo debe facilitar la administración automática del sistema de riego
- Con el uso del dispositivo se debe evidenciar el ahorro en el pago a colaboradores
- Las utilidades o el ahorro generado por el dispositivo deben superar su costo en un tiempo inferior a 1 mes
- Los componentes deben ser de fácil adquisición y bajo costo para el agricultor
- Debe existir una guía de construcción y manejo del prototipo

#### **7.2.1.2. Criterios para evaluar los componentes**

Los dispositivos electrónicos requeridos deben ser:

- De fácil adquisición
- De bajo costo
- Adaptables a las condiciones del ambiente, alimentación eléctrica, enchufes, etc.
- El microcontrolador debe permitir la conexión wifi para que reciba datos a través de un smartphone
- Para conectar la electroválvula se requiere un adaptador de 12V

- Para alimentar la board NodeMcu Esp8266 se requiere un adaptador de 5V

### **7.2.2. Tecnología**

La board ESP8266 que contiene el dispositivo principal para el óptimo funcionamiento del prototipo, el microcontrolador, fue diseñado para Internet de las cosas y cuenta con la plataforma Blynk, aplicación que permite conectar los proyectos al celular para realizar la transmisión de datos desde allí

### **7.2.3. Funcionamiento**

El prototipo está ensamblado de la siguiente manera:

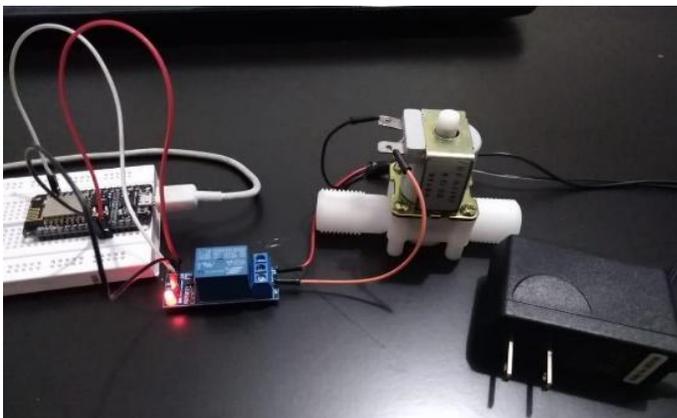
- I. La board ESP8266 se conecta a la miniprotoboard. Se hace de esta manera para conectar al módulo los demás dispositivos que componen el prototipo y garantizar el funcionamiento del dispositivo, la miniprotoboard garantiza que no haya daño en los pines del módulo.
- II. Se hace la conexión del módulo relé al ESP8266 y la electroválvula al módulo relé. Una vez conectados los dispositivos a los adaptadores de corriente se debe crear la conexión entre el proyecto Blynk y el código que se va a quemar en la board ESP8266.
- III. De esta forma, se crea en el proyecto de Blynk un botón - switch que envía al módulo ESP8266 un dato, 1 para abrir o 0 para cerrar. La board ESP8266 recibe el dato y se lo envía al módulo relé que actúa como switch y de acuerdo al dato recibido permite el

paso de energía a la electroválvula, activando o desactivando el paso del agua de acuerdo a la solicitud del usuario.

- IV. Para vincular el proyecto creado en Blynk con la board ESP8266 se usa el código proporcionado por uno de los ejemplos de la librería Blynk, se agrega el token que Blynk envía al correo cuando se crea el proyecto y es necesario especificar el nombre de la red y contraseña para conectarse a ella. ¡Este código se compila y se sube desde la interfaz de Arduino y Listo!!! a trabajar se dijo.

#### **7.2.4. Forma del producto**

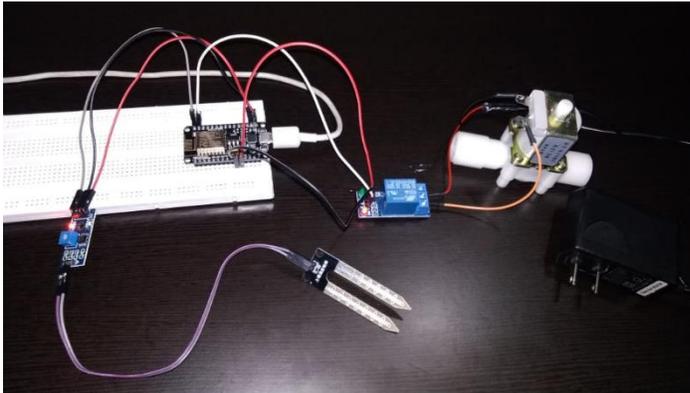
Este prototipo se construyó para la Finca el Sendero de la vereda Guchipas del municipio de Pasca, este lugar cuenta con las condiciones óptimas de energía e internet para la aplicación del prototipo, sin embargo, existen riesgos de caídas de la red que impedirían un constante funcionamiento del prototipo. Por lo tanto, en el desarrollo de este proyecto se gestaron dos (2) versiones del prototipo. La versión 1 tiene la función básica de abrir y cerrar el riego mediante orden enviada por el celular.



*Ilustración 10 Versión 1 del Prototipo Fuente: Autores*

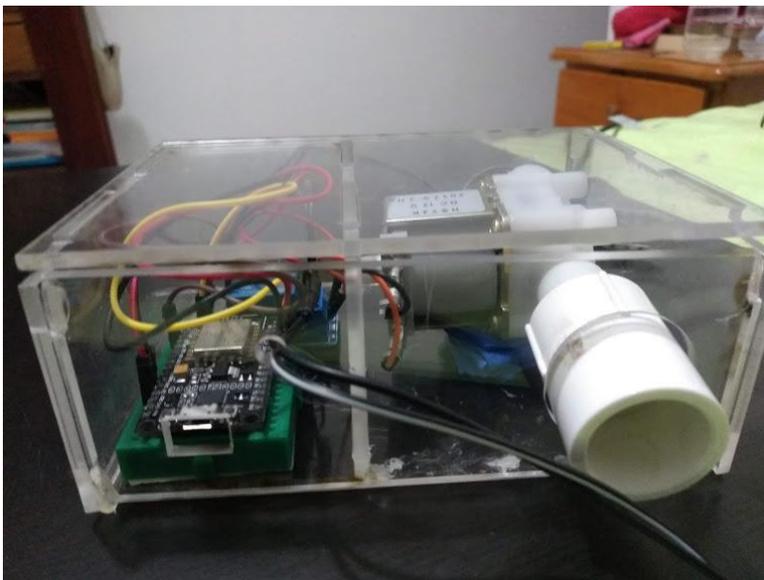
La versión 2 cuenta con un sensor que mide la humedad del suelo, también recibe la orden enviada por el celular, pero constantemente realiza comparaciones del nivel de humedad y

decidir si es necesario encender o apagar el riego.



*Ilustración 11 Versión 2 del prototipo Fuente: Autores*

Inicialmente se elaboró de forma artesanal con material reciclable la carcasa para el prototipo, sin embargo, las posibilidades del señor Alberto Bermúdez, permitieron la elaboración de una caja en acrílico que protegiera el dispositivo y garantizara su duración y funcionamiento.



*Ilustración 12 Prototipo en la caja de acrílico. Fuente: Autores*

### 7.3. Fase 3 - Diseño en Detalle

Consiste en realizar el diseño del prototipo en detalle, realizando toda la documentación técnica detallada del producto, manuales de usuario, memoria técnica, planos de conjunto, despiece y secciones.

Se efectuó un análisis de valor (Anexo 6) donde se hizo la comparativa de costos, de ventajas y desventajas, se plantearon las propuestas para el diseño del prototipo y se seleccionó la propuesta que más se ajustara al listado de requisitos, condicionantes y cuantificantes (Tabla 1), en este caso se escogió la propuesta No.6 como la óptima. A continuación, se presentan los elementos requeridos, y el cuadro de ventajas y desventajas en el que se basó la toma de decisión:

**PROPUESTA No.6:** Esta propuesta integra de forma sencilla, la posibilidad de automatizar el riego con o sin conexión a internet, integra todos los elementos en un pequeño espacio, requiere solo el uso del módulo 8266 lo que evita el aumento de costos y espacio.

#### VENTAJAS

- Permite el control y seguimiento del dispositivo mediante la aplicación Blynk (código abierto y de uso libre) en el celular
- Funciona con o sin internet, diseño orientado para cultivos que tengan red, pero en caso de que existan fallos en la misma, el dispositivo detecta la humedad y funciona automáticamente.

Tabla 2 Tabla de Componentes Propuesta Elegida

| COMPONENTES PROPUESTA No.6 |                 |           |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| ELEMENTO                   | LUGAR DE COMPRA | PRECIO    |
| Modulo esp8266             | Vistronica      | \$ 23.499 |

|                                     |              |                 |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|
| Modulo relé                         | Vistronica   | \$4.998         |
| Electroválvula                      | Vistronica   | \$26.775        |
| Miniprotoboard                      | Vistronica   | \$2.142         |
| Sensor de humedad                   | Vistronica   | \$5.800         |
| Adaptador 5v                        | Vistronica   | \$10.000        |
| Adaptador 12v                       | MercadoLibre | \$11.950        |
| Cables Dupont                       | Vistronica   | \$6.500         |
| Transporte                          | Vistronica   | \$3.000         |
| <b>ESTIMACIÓN INICIAL DE COSTOS</b> |              | <b>\$94.664</b> |

Datos tomados del Anexo 6 Análisis de Valor. Fuente: Elaboración Propia

Una vez seleccionada la propuesta para el diseño del producto, se establece un pliego de condiciones donde se describe la tecnología a usar, el funcionamiento y forma del prototipo, se delegan responsabilidades a cada miembro del equipo, verificando que se ejecute cada actividad como el cumplimiento de cada requisito.

### **7.3.1. Evaluación aspecto económico**

Es necesario resaltar que la ejecución de este proyecto tiene fines netamente sociales, se busca eliminar la brecha digital existente en las zonas rurales del país, la investigación realizada no tiene un fin lucrativo, sin embargo, se realiza un análisis económico si se decidiera ejecutar una inversión en el proyecto para empezar una producción de prototipos y un trabajo de mercadeo.

La evaluación económica se efectuó manteniendo la producción durante un periodo de 5 años, se tuvo en cuenta la inversión inicial y proyección en ventas para cada año, así como los egresos generados por el proyecto.

En ese orden de ideas se establece totalmente viable el proyecto al determinar los indicadores económicos como el VPN, TIR, RBC:

Tabla 3 Indicadores económicos evaluados

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Tasa Interna de Oportunidad TIO | 19,60%    |
| Valor Presente Neto VPN         | \$19,383. |
| Tasa Interna de Retorno TIR     | 136%      |
| Tasa Mínima de Rendimiento      | 19,60%    |
| P/O                             | 116,33%   |

Datos tomados del Anexo 8 Estudio Económico Prototipo. Fuente: Aplicación propia, formato UNAD

**VALOR PRESENTE NETO:** El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: MAXIMIZAR la inversión. Hecho el análisis se establece el VPN en un valor que hace el proyecto 100% viable, pues la inversión se maximiza en \$19.383.432

**TASA INTERNA DE RETORNO:** es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. El resultado obtenido de la Tasa Interna de Retorno hace ver que la rentabilidad del proyecto es del 136% superior por mucho a la Tasa Interna de Oportunidad (TIO) del 19,60%, por lo tanto, el proyecto es 100% viable.

**RELACIÓN COSTO BENEFICIO:** La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto

Tabla 4 Tabla de Relación costo beneficio

| AÑO | PRECIO UNITARIO | CANT. | Total, precio de producción y ventas | COSTO         | BENEFICIO            |
|-----|-----------------|-------|--------------------------------------|---------------|----------------------|
| 0   | \$ 150.000      | 10    | \$ 1.500.000                         | \$ 1.000.000  |                      |
| 1   | \$ 200.000      | 20    | \$ 4.000.000                         | \$ 2.000.000  | <b>\$ 2.000.000</b>  |
| 2   | \$ 250.000      | 50    | \$ 12.500.000                        | \$ 5.000.000  | <b>\$ 7.500.000</b>  |
| 3   | \$ 300.000      | 100   | \$ 30.000.000                        | \$ 10.000.000 | <b>\$ 20.000.000</b> |
| 4   | \$ 350.000      | 150   | \$ 52.500.000                        | \$ 15.000.000 | <b>\$ 37.500.000</b> |

| 19,60%     | 0            | 1            | 2            | 3             | 4             | VAL.PRESENTE  |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| BENEFICIOS |              | \$ 2.000.000 | \$ 7.500.000 | \$ 20.000.000 | \$ 37.500.000 | \$ 36.933.702 |
| COSTOS     | \$ 1.000.000 | \$ 2.000.000 | \$ 5.000.000 | \$ 10.000.000 | \$ 15.000.000 | \$ 19.344.079 |
|            |              |              |              |               | RBC           | 1,91          |

Datos tomados del Anexo 8 Estudio Económico Prototipo. Fuente: Aplicación propia, formato UNAD

Al hallar la relación Beneficio Costo, resulta que es mayor que 1 por lo tanto se debe considerar la ejecución del proyecto, una vez más los resultados demuestran que el proyecto es viable, en este caso se evidencia que los beneficios son mayores a los costos y que la rentabilidad del proyecto se maximiza lo que ratifica la viabilidad del 100% para la producción de prototipos de automatización.

### 7.3.2. Documentación técnica

#### 7.3.2.1. Descripción técnica

El prototipo de automatización para sistemas de riego es el resultado de un proceso de investigación que busca brindarle las herramientas necesarias para que el agricultor común, esté

en la capacidad de reunir ciertos componentes que al ensamblarlos generan un valor agregado en el desarrollo de los procesos que tradicionalmente realiza, específicamente en el control de un sistema de riego.

La base de esta investigación está fundamentada en el Internet de las cosas, adaptada a las condiciones y requerimientos obtenidos, se busca conservar la esencia de lo cotidiano en combinación con el buen uso de la tecnología.

### **7.3.3. Usos del prototipo**

Este prototipo pretende facilitar las funciones básicas de funcionamiento del sistema de riego, que son permitir o impedir el paso de agua. La primera versión lo realiza enviando la orden desde un smartphone, al crear un botón (switch) en la aplicación blynk que realiza la transmisión de datos al microcontrolador del dispositivo, por lo tanto, funciona mientras se garantice la conexión a internet del prototipo y el smartphone vinculado. Una segunda versión incluye la conexión del sensor que mide la humedad del suelo, basándose en los valores obtenidos y además en la vinculación de blynk. el prototipo deja de depender de una conexión a internet para funcionar automáticamente por los valores de humedad que recibe.

### **7.3.4. Componentes**

#### **7.3.4.1. Electroválvula**

Esta es la pieza que cuando recibe energía eléctrica cierra el paso del agua y cuándo no recibe electricidad permite el flujo de agua, pues su estado natural es estar normalmente abierta.

#### **7.3.4.2. Módulo relé**

Este dispositivo hace las veces de switch y recibe los datos del microcontrolador, recibe un 0 cuándo el usuario decide apagar el sistema o cuando la humedad tenga un nivel óptimo y este corta el flujo de energía hacia la electroválvula o recibe un 1 cuándo el usuario decide encender su sistema de riego o cuándo la humedad está por debajo del nivel establecido.

#### **7.3.4.3. Board ESP8266**

Este componente cumple la función principal para automatizar el proceso de administración de riego, permite que el prototipo se conecte a una red wifi y realiza el envío de datos hacia el módulo relé y recepción de datos del sensor de humedad.

#### **7.3.4.4. Miniprotoboard**

Es la placa que permite conectar dispositivos externos a la board ESP8266 y conservar el buen estado de los pines del módulo.

#### **7.3.4.5. Sensor de humedad del suelo**

Este dispositivo contribuye a que el prototipo funcione automáticamente sin depender de una conexión a internet, el sensor evalúa la humedad del suelo cada 5 segundos, y envía esta información al microcontrolador que realiza comparaciones de la variable de humedad y de acuerdo a esto, le indica al relé si permitir o no el flujo de energía.

#### **7.3.4.6. Adaptadores de energía**

Son los dispositivos que proveen el prototipo de energía, requerimos uno de 12V para la electroválvula, es necesario transformar los 110V que llegan a la red domiciliaria para garantizar su óptimo funcionamiento.

El segundo debe ser de 5V para proveer la board ESP8266.



Ilustración 13 Adaptador de 12V Fuente: Autores

### 7.3.5. Plano circuito electrónico

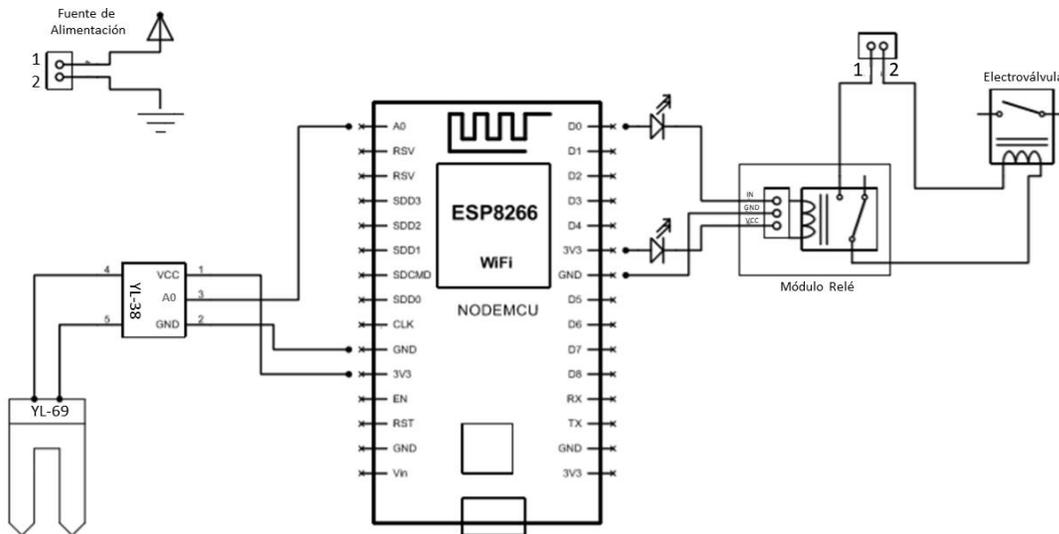


Ilustración 14 Plano Circuito Electrónico Fuente: Autores

### 7.3.6. Guía de ensamble e instalación

El proceso de ensamble, instalación, manejo e integración entre las aplicaciones y los componentes se encuentra contenido en el Anexo 7.

### 7.3.7. Costos materiales

Tabla 5 Tabla de materiales y costos

| <b>DISPOSITIVO</b>                                       | <b>PRECIO VISTRONICA</b> |
|--|--------------------------|
| Electroválvula de plástico 12V $\frac{3}{4}$ con presión | \$26.775                 |
| Modulo MCU8266   | \$23.499                 |
| Modulo relé1 canal                                       | \$4.998                  |
| Miniprotoboard   | \$2.142                  |
| Adaptador de corriente Output 12V                        | \$16.000                 |
| Cable de datos   | \$10.000                 |
| Cables Dupont Hembra –Macho                              | \$5.355                  |
| <b>TOTAL</b>   | <b>\$88.769</b>          |

### 7.3.8. Cronograma ajustado (Anexo 23)

|    | i | Task Name  | Duration | Start         | Finish        |
|----|---|--|----------|---------------|---------------|
| 1  | ✓ | Entrevista al usuario  | 2 days   | lun. 2/04/18  | mar. 3/04/18  |
| 2  | ✓ | Selección de Metodología   | 20 days  | mié. 4/04/18  | mar. 1/05/18  |
| 3  | ✓ | Bainstorming y Focus Group   | 8 days   | lun. 2/04/18  | mié. 11/04/18 |
| 4  | ✓ | Investigación Estado del Arte  | 15 days  | mié. 2/05/18  | mar. 22/05/18 |
| 5  | ✓ | Compra de Dispositivos   | 5 days   | mié. 23/05/18 | mar. 29/05/18 |
| 6  | ✓ | Saldo de Deuda Técnica con dispositivos                              | 25 days  | vie. 25/05/18 | jue. 28/06/18 |
| 7  | ✓ | Ensamble del prototipo   | 10 days  | lun. 25/06/18 | vie. 6/07/18  |
| 8  | ✓ | Pruebas de Funcionamiento  | 15 days  | lun. 9/07/18  | vie. 27/07/18 |
| 9  | ✓ | Instalación de prototipo en cultivo/<br>Primer Taller de Apropiación | 1 day    | sáb. 18/08/18 | sáb. 18/08/18 |
| 10 | ✓ | Taller de Apropiación Vereda Guavio                                  | 1 day    | vie. 7/09/18  | vie. 7/09/18  |
| 11 | ✓ | Postulación a ponencia y póster<br>UniMonserrate                     | 5 days   | jue. 20/09/18 | mié. 26/09/18 |
| 12 | ✓ | Taller Académico Universidad Piloto de<br>Girardot                   | 1 day    | mar. 23/10/18 | mar. 23/10/18 |
| 13 | ✓ | Instalación version 2.0 del prototipo                                | 2 days   | lun. 29/10/18 | mar. 30/10/18 |
| 14 | ✓ | Ponencia ITFIP   | 1 day    | jue. 8/11/18  | jue. 8/11/18  |
| 15 | ✓ | Ponencia y Póster Unimonserate                                       | 1 day    | sáb. 10/11/18 | sáb. 10/11/18 |
| 16 | ✓ | Ponencia UNAD  | 1 day    | sáb. 1/12/18  | sáb. 1/12/18  |

Ilustración 15 Cronograma de actividades ajustado

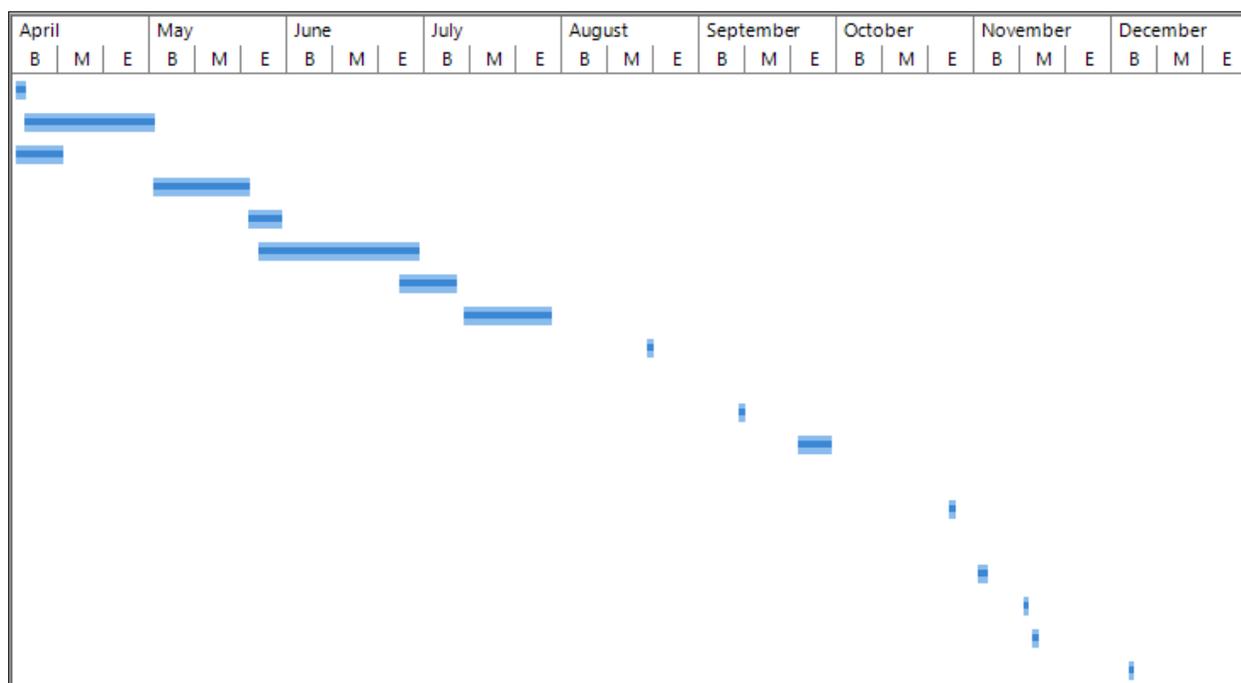


Ilustración 16 Diagrama de Gantt ajustado

#### 7.4. Fase 4 - Verificación y Testeo

Consiste en la verificación del producto, teniendo en cuenta que éste cumpla efectivamente con las características conceptuales. Se realizaron pruebas de estabilidad en entorno de estrés y pruebas de seguridad evaluando la usabilidad del producto frente a las necesidades estipuladas, antes de efectuar una entrega formal del prototipo al usuario final.

Para verificar el diseño en condiciones de uso lo más realista posible se hicieron inicialmente pruebas individuales de cada uno de los elementos, con el fin de contextualizar el uso y forma de funcionamiento para luego proceder a ensamblar.

El prototipo, está compuesto de tres (3) partes principales:

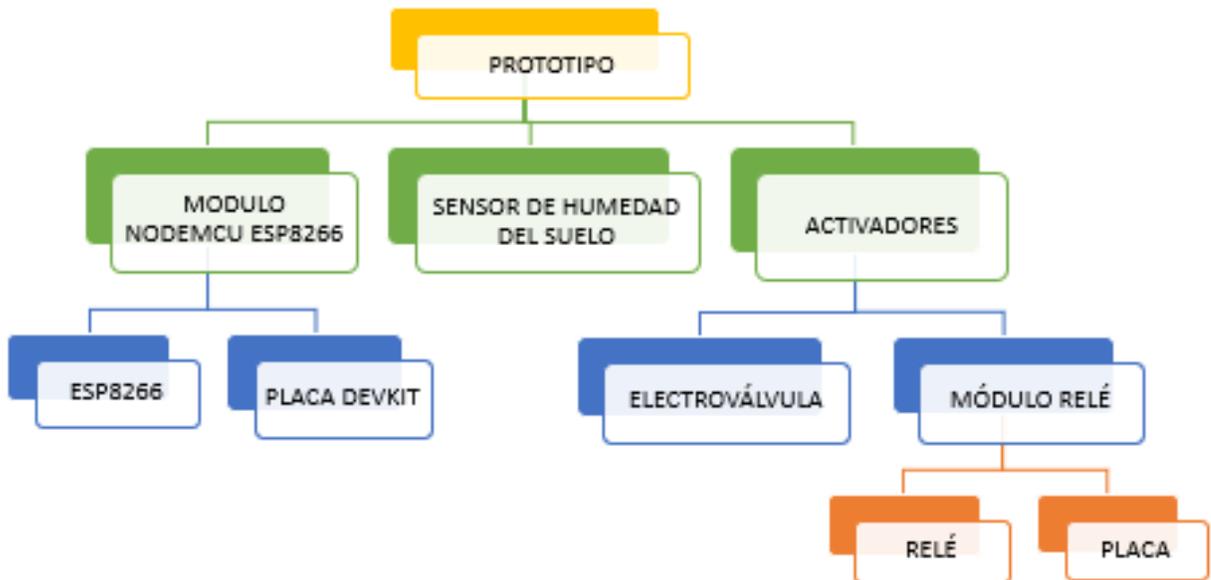
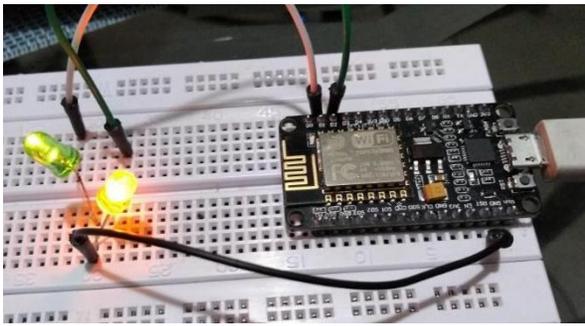


Ilustración 17 Estructura Top Down del Prototipo Fuente: Autores

## 7.4.1. Pruebas de funcionamiento

### 7.4.1.1. Prueba módulo ESP 8266

Primero se efectuaron las pruebas con el Módulo NodeMcu Esp8266 conectando leds y controlándolos desde el celular, se efectuaron pruebas conectando el dispositivo y el celular a la misma red, así como haciéndolo desde diferentes redes. En esta prueba se estableció la forma de funcionamiento de Blynk y los elementos que se agregarían al proyecto



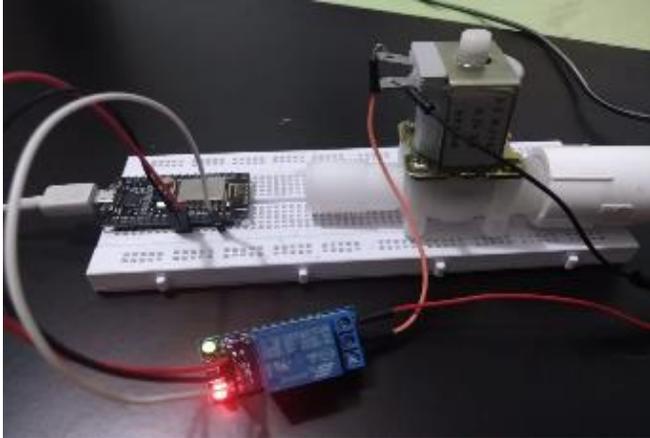
*Ilustración 18 Pruebas individuales Modulo ESP8266 Fuente: Autores*

### 7.4.1.2. Prueba de voltajes – adaptadores de energía

Con los adaptadores de energía se buscaron distintas alternativas que fueran de bajo costo y que permitieran alimentar el prototipo, se usó una fuente de poder que conectada con los cables blanco y verde que proporcionaron los 12 voltios requeridos por la electroválvula, se realizaron varios intentos con el fin de saldar la deuda técnica con respecto a la alimentación de energía, hasta encontrar en elementos reciclados un adaptador que cumpliera los requerimientos solicitados. Posteriormente se encontró que a nivel comercial es más viable hallar un adaptador como cargador de celular que adquirir una placa convertora de energía, así mismo, aunque la práctica con la fuente de poder fue efectiva, es una solución poco viable.

#### 7.4.1.3. Prueba con electroválvula y módulo relé

Inicialmente se realizó la prueba con el módulo relé comprobando que recibe datos y que activa su bobina, seguidamente se probó la electroválvula y se determinó que la misma se encuentra normalmente abierta, por lo tanto, al aplicarle energía se cierra.



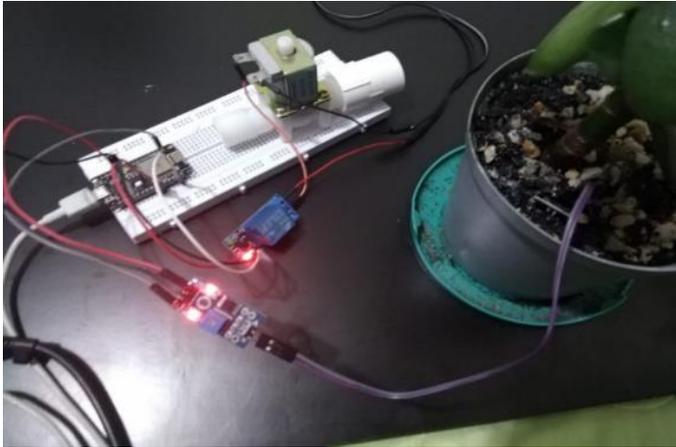
*Ilustración 19 Pruebas electroválvula - relé*

Posteriormente se conectó el módulo relé a la electroválvula y se probó activándolo directamente, comprobando su funcionamiento conectando una manguera con agua a presión.

Para la segunda versión del prototipo se probó solamente el sensor de humedad del suelo en una maceta, un vaso de agua y totalmente seco, para verificar los valores que muestra y su funcionamiento.

#### 7.4.1.4. Pruebas de humedad

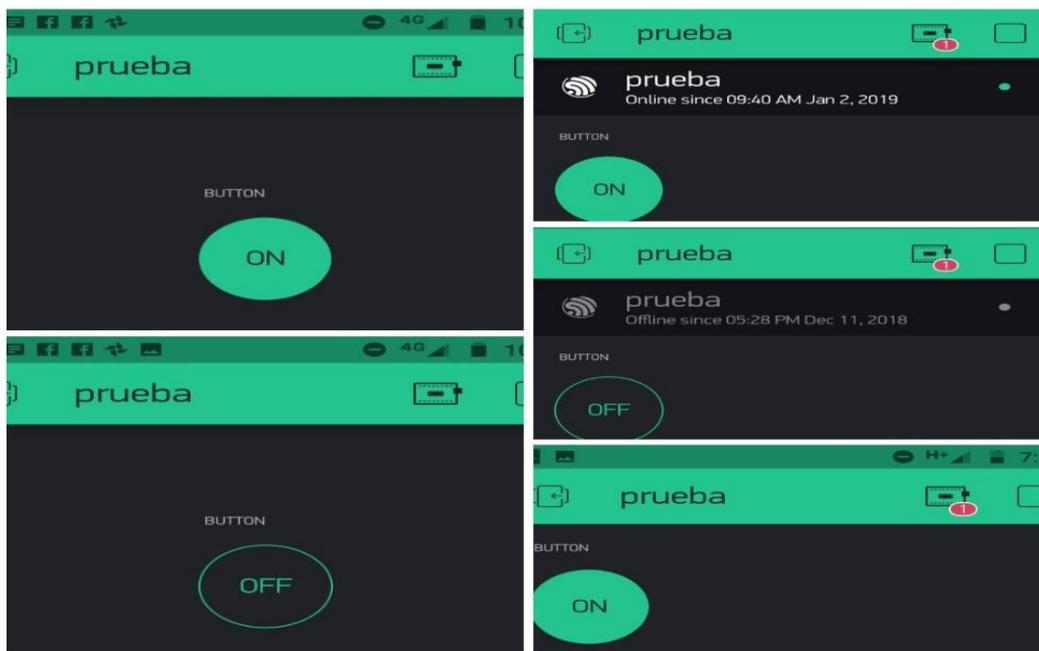
Con ayuda del agricultor se estableció que de 550 a 600 unidades de humedad es el nivel óptimo de humedad en el cultivo, por lo tanto, si la humedad es inferior a 550 el riego debe ser activado o desactivado si las unidades de medida de humedad son superiores a 600.



*Ilustración 20 Pruebas sensor de humedad*

El sensor envía cada 10 segundos al microcontrolador los datos de humedad del suelo y desde allí se decide si abrir o cerrar el paso de agua al cultivo.

#### **7.4.1.5. Pruebas de control desde app blynk**



*Ilustración 21 Pruebas de conexión entre blynk y el dispositivo Fuente: Autores*

## 7.5. Fase 5 - Implementación

### 7.5.1. Apropiación social - Alberto Bermúdez

Antes de realizar la entrega del prototipo se realizó un taller de apropiación con el señor Alberto Bermúdez donde él identificó y reconoció cada uno de los elementos y su funcionamiento, así como la relación entre los dispositivos y la manera de conectarlos, se efectuó la instalación de la Aplicación Blynk y a continuación se explicó la forma de usarla mediante un folleto de apoyo (Anexo 22).



*Ilustración 22 Taller de apropiación con el agricultor Fuente: Autores*

### 7.5.2. Reconocimiento del sitio de implementación

Para la implementación del prototipo se selecciona el terreno donde el señor Alberto Bermúdez tiene un cultivo de hortalizas (Lechuga, calabacín, zanahoria, coliflor, etc.) en un área de 1500 Mts<sup>2</sup>, terreno ubicado en la finca el Sendero vereda Guchipas del municipio de Pasca, el cultivo cuenta con un sistema de riego por goteo como se muestra en la figura.

La infraestructura hidráulica del sistema de riego instalado empieza en uno de los registros que proviene del punto principal del distrito de Riego existente que surte de agua la finca, allí hay conectada una manguera de ½ pulgada con un filtro en el extremo que se conecta al punto de agua y sellada al otro extremo, a lo largo de la cual hay uniones que permiten la conexión con las mangueras del riego y a la que van los cabezales del goteo y microaspersores.



*Ilustración 23 El sitio de implementación antes de instalar el prototipo Fuente: Autores*

### 7.5.3. Montaje del prototipo

Para el proceso de adecuación e instalación se contó con la ayuda de una de las colaboradoras permanentes del agricultor quien conoció de primera mano todo el proceso de funcionamiento del prototipo.

El prototipo debe ir conectado entre el registro y la manguera de ½ pulgada, se adecuaron los implementos de PVC necesarios para garantizar el flujo de agua sin escapes ni fallas. Fue necesario instalar una estructura que soportara el dispositivo y desde el inmueble cercano una extensión que permitiera proveer el prototipo de energía eléctrica.



*Ilustración 24 Montaje del prototipo Fuente: Autores*

## 8. Resultados

### 8.1. Resultados De Producción

Los cultivos de hortalizas sembrados en la finca El Sendero, tienen una duración de 3 meses desde que se germina la semilla hasta su cosecha. Allí hay un total de 20 surcos, cada uno con 180 plantas que deben ser regadas cada dos días.

Según la información suministrada por el Señor Alberto Bermúdez y sus obreros en las entrevistas realizadas durante el desarrollo del proyecto (Anexo 1), se precisó realizar un análisis comparativo de la producción de los cultivos realizados desde el mes de Mayo de 2018 con el fin de evaluar de primera mano el beneficio esperado del prototipo.

Tabla 6 Tabla comparativa de los cultivos de hortalizas

| Periodo           | Análisis  |
|-------------------|---|
| Mayo – Julio      | Este fue el cultivo previo a la instalación del prototipo, donde hubo una producción de 2460 plantas, es decir que se perdió aproximadamente el 40% del total del cultivo, según el diagnóstico del agricultor, se asume que la causa fue falta de humedad, ya que en este periodo no se realizó el proceso de riego disciplinadamente. |
| Agosto - Octubre  | Se instaló la primera versión del prototipo y se obtuvo una producción de 3060 plantas del total del cultivo  |
| Noviembre - Enero | Se incorporó la segunda versión del prototipo, con la integración del sensor de humedad se prevé eliminar totalmente el problema de humedad que generaba la pérdida de plantas. (en espera de la producción a obtenerse)  |

## 8.2. Resultados de Costos de Mano de Obra

Según información suministrada (Anexo 1) la remuneración económica diaria de los obreros que trabajan con Señor Alberto Bermúdez durante el año 2018 es de \$38.000 por una jornada de 8 horas en diferentes labores agrícolas, entre ellas se incluyen las de cambios de riego que en el caso de la finca El Sendero, se debe realizar cuatro días a la semana efectuando 6 cambios durante el transcurso del día, para esto se debe destinar alrededor de 30 minutos que implican el desplazamiento entre fincas y la labor a realizar.

Tabla 7 Tabla de costos mano de obra por cambio de riego

| <b>Cálculo Costos de Mano de Obra</b>        |   |                     |
|--|---|---------------------|
| Remuneración por hora                        | $\$38.000 / 8 \text{ hrs}$                                  | <b>\$4.750 hora</b> |
| Horas destinadas al riego                    | $6 \text{ cambios} * 30 \text{ min} = 180 \text{ min} / 60$ | <b>3 horas</b>      |
| Costo Diario ( <i>Remuneración * Horas</i> ) | $\$4.750 * 3 \text{ horas}$                                 | <b>\$14.250</b>     |
| Costo Semanal                                | $\$14.250 * 4 \text{ días}$                                 | <b>\$57.000</b>     |
| Costo Mensual                                | $\$57.000 * 4 \text{ semanas}$                              | <b>\$228.000</b>    |

Información proporcionada por el agricultor

El cálculo realizado refleja los costos que debía asumir el Señor Alberto para los cambios de riego en la finca El Sendero antes de la instalación del prototipo. Teniendo en cuenta el valor total del dispositivo, en el primer mes de implementación se estaría recuperando la inversión.

De este cálculo se concluye que, si bien el agricultor sigue pagando la misma cantidad de dinero a sus obreros, la ganancia real se ve reflejada en que las personas encargadas de efectuar los cambios de riego ahora destinan este tiempo en otras labores agrícolas que mejoran la producción de las fincas.

### **8.3. Resultados De Transferencia De Conocimiento**

Con el fin de generar espacios de apropiación social y empoderamiento en el diseño y elaboración del prototipo, se participó en diferentes actividades académicas, descritas a continuación:

#### **8.3.1. Universidad Piloto de Colombia – Sede Girardot**

Modalidad: Taller

En el mes de Octubre de 2018 se programó un taller práctico con estudiantes de Séptimo semestre del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia en el Municipio de Girardot, quienes se organizaron en grupos para adquirir los elementos necesarios en la construcción del prototipo.

El taller se ejecutó con una introducción de los conceptos básicos de Internet de las cosas, identificación y conceptualización de los elementos a utilizar. Basados en el Anexo 7 se realizó la orientación en el paso a paso para el ensamble del prototipo. Una vez armado el prototipo por los estudiantes, se probó el funcionamiento del mismo en campo con el paso de agua de una manguera de riego del jardín de la Universidad. Al efectuar las pruebas directas con el agua, se vio el interés de los estudiantes, quienes al retroalimentar el taller identificaron sus posibles usos además de resaltar los beneficios que tienen este tipo de iniciativas para el sector agrícola y los aportes que se pueden generar desde el área de Ingeniería.



*Ilustración 25 Taller Académico en Universidad Piloto sede Girardot Fuente: Autores*

### **8.3.2. Instituto Tolimense de Formación Técnica Profesional- ITFIP**

Modalidad: Ponencia (Anexo 10 y Anexo 11)

Evento: III Encuentro Nacional y II Internacional de Ingeniería 2018



*Ilustración 26 Logo del Evento ITFIP Fuente: ITFIP*

El día 8 de Noviembre de 2018 se participó en el III encuentro Nacional y II Internacional de Ingeniería 2018 del ITFIP del municipio de Espinal (Anexo 9) , donde se considera que: “La

evolución de la ingeniería siempre ha estado ligada a los avances de la ciencia y tecnología, las cuales responden a las necesidades humanas básicas, la reducción de la pobreza y ser motor de desarrollo económico y social de los países. El reto actual de la ingeniería se enfoca en sistemas de alertas tempranas y la atención de las emergencias en respuesta a desastres, reconstrucción, prevención, así como en la migración y la adaptación al cambio climático.”



*Ilustración 27 Participación en modalidad ponencia ITFIP Fuente: Autores*



*Ilustración 28. Participación III Congreso Nacional de Ingeniería ITFIP Fuente: Autores*

En este congreso, los asistentes eran estudiantes de Ingeniería de esta institución, los jurados, un docente de la Facultad y el director del Programa de Ingeniería de Sistemas, resaltaron el proceso investigativo llevado a cabo en este proyecto atribuyendo los costos asequibles para los agricultores promedio del país.

### 8.3.3. UniMonserrate

Modalidad: Ponencia (Anexo 14 y Anexo 15) y Póster (Anexo 17 y Anexo 18)

Evento: III Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación Marie Curie de UniMonserrate.



*Ilustración 29 Logo del evento UniMonserrate Fuente: UniMonserrate*

El día 10 de Noviembre se participó en el tercer encuentro de investigación interinstitucional “Marie Curie” como integrantes del semillero de Investigación RED FUSA LIBRE (Anexo 13) presentando el proyecto dentro de un entorno con problemáticas de tipo administrativo, económico y financiero, entre otros, partiendo desde los diferentes campos del saber y buscando concientizar a los jóvenes participantes sobre la importancia del uso y la producción del conocimiento científico, acercando el buen uso de la tecnología al campo.

La participación en este evento en la modalidad de Póster y Ponencia fue muy bien recibida por parte de los jurados y asistentes quienes apreciaron el prototipo y sugirieron la apertura del producto en el mundo comercial, atribuyendo que ideas de este tipo se debían llevar a zonas como los llanos orientales y que tecnologías de este tipo se podrían aplicar a otros campos de labores agrícolas.



*Ilustración 30 Participación en modalidad Ponencia UniMonserrate*



*Ilustración 31 Participación en modalidad poster UniMonserrate*

### **8.3.4. Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

Modalidad: Ponencia



*Ilustración 32 Logo del evento UNAD*

Evento: II Foro ambiental conservación de los recursos naturales del Sumapaz por la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente- ECAPMA

El día 01 de Diciembre se participó en el foro ambiental organizado por la ECAPMA de la UNAD, como integrantes del semillero de Investigación RED FUSA LIBRE presentando el proyecto, con asistentes profesionales y conocedores del sector agrícola, pecuario y ambiental.



*Ilustración 33 Participación en modalidad Ponencia UNAD*

Esta participación generó sugerencias como :” realizar una articulación con las UMATAS de los municipios, Asojuntas y simultáneamente abastecer como una idea de emprendimiento empresarial la demanda que surja en la región que puede ser infinita a nivel nacional, pues iniciativas de este tipo pueden tener aplicaciones en muchos otros aspectos económicos (avicultura, ganadería) y generar desde acá la producción de estos sistemas porque es una gran solución que sabemos genera aportes y los agricultores están bregando mucho por este tema”

Aporta el señor Julio Cesar Cortés, Presidente de la Corporación Ambiental de Colombia CORPOVISIÓN (Anexo 19) .

## **8.4. Resultados de Apropiación Social Del Conocimiento**

### **8.4.1. Taller comunitario vereda Guavio Alto**

Hay una notoria diferencia al realizar un taller académico a uno comunitario, en la academia comúnmente se realizan preguntas de carácter técnico y de la programación del prototipo, mientras en los talleres comunitarios se presentan más preguntas de aplicación real, porque son directamente los protagonistas de la historia quienes buscan implementar y adaptar el prototipo en su actividad económica y entorno.



*Ilustración 34 Reconocimiento del área con el agricultor Fuente: Autores*

El segundo taller comunitario de apropiación social se realizó el día 16 de Septiembre en la casa del señor Franklin, habitante de la vereda Guavio Alto del Municipio de Fusagasugá, agricultor e innovador social que se ha arriesgado a incluir en sus actividades de agricultura, nuevas técnicas aplicando el buen uso del espacio, y actividades que permitan la optimización en el uso de los recursos y mejorando la producción y sostenibilidad de sus cultivos.

En esta ocasión es el mismo quien contextualiza de su entorno y en un breve recorrido por su zona cuenta acerca de cómo realiza su actividad y pasión principal, al conocer el objetivo de prototipo, empieza a idealizar sobre los lugares donde ubicaría cada elemento, tema que recuerda que este es un trabajo en equipo y el prototipo que acomodamos en la carcasa para la Finca el Sendero debía cambiar su distribución para cumplir los requerimientos en este nuevo lugar, por lo tanto concluimos que en cada caso los requerimientos dependen del usuario. Además de interactuar con cada una de las piezas entendiendo su funcionamiento y buscando la posibilidad de utilizar cosas que ya tenía como una electrobomba que reemplazaría la electroválvula.



*Ilustración 35 Taller de apropiación Vereda Guavio Fuente: Autores*

Al terminar el taller aporta “Estas son iniciativas que deben ser promovidas para que lleguen a los agricultores de nuestra región que buscamos por medio de pequeños cultivos abastecer nuestras necesidades económicas, llevar el sustento a nuestro hogar y tener una mejor calidad de vida. Nosotros debemos incluir prácticas como esta que nos ayuden a darle un mejor manejo a nuestro tiempo, a veces uno se va al mercado campesino preocupado porque no puede dejar abierto el registro y que el cultivo se empape y se queme con el sol que hace o porque hace tanto sol que las maticas se secan y se mueren.”

Al preguntarle sobre la complejidad del prototipo, Don Franklin manifestó que le pareció sencillo y muy útil contar con la información necesaria en un folleto para comprar lo que necesita y al tener la guía armar su dispositivo por sus propios medios.



*Ilustración 36 Aplicación Taller vereda Guavio Fuente: Autores*



*Ilustración 37 Culminación Taller Vereda Guavio Fuente: Autores*

## **9. Conclusiones**

- El desarrollo de procesos disciplinados en ambientes de laboratorio y con el apoyo de tecnología actual, permite la creación de herramientas que faciliten la ejecución de procesos tradicionales llevados a cabo en comunidades rurales con el propósito de mitigar la brecha tecnológica en la que estas suelen encontrarse

- El prototipo agrónico facilita y mejora la forma tradicional que emplea el pequeño agricultor en la Finca el Sendero, vereda Guchipas del Municipio de Pasca, automatizando el sistema de riego por goteo a bajo costo, evitando así la pérdida de tiempo o la utilización de mano de obra innecesaria lo cual implica pérdida de dinero.
- Una de las ventajas del prototipo es su construcción y manejo, lo cual facilita el proceso de empoderamiento y apropiación del sistema en los pequeños agricultores.
- Los espacios generados de empoderamiento a pequeños agricultores como gestores de su desarrollo económico permitieron evidenciar que el diseño de la presentación externa del dispositivo puede variar adaptándose a las características del entorno del cultivo.
- La participación en diferentes eventos académicos permitió determinar que sin importar el área de aprendizaje todos destacaron la importancia de aportar al sector agrícola iniciativas como esta que contribuyan a disminuir la brecha digital existente.

## 10. Recomendaciones

- Este prototipo se alimenta de corriente eléctrica domiciliar se recomienda a los agricultores que no tengan acceso cercano a la red domiciliar utilizar baterías y dentro de las posibilidades un panel solar que permita el manejo de energías renovables.
- Que el agricultor reciba alguna recomendación sobre el manejo en el riego de acuerdo al tipo de cultivo que siembra
- En este proyecto se gestaron las versiones 1.0 y 2.0, para futuras versiones se podría buscar la forma que el prototipo genera alarmas por fallas en el sistema de riego o notificaciones al generar algún cambio de estado en el prototipo.
- En pro de promover la agricultura de precisión se recomienda la medición y control de otras variables integrando nuevos sensores monitoreándolos desde el celular con el fin de precisar los datos y mejorar las decisiones frente al cultivo.

## 11. Bibliografía

- Alvarez, M. A., & Pineda, A. M. (2003). *Diseño de Riegos y manejo del agua en el campo*. Bogotá: Angel Comunicaciones.
- Briceño, P. L. (2014). *Evaluación de proyectos de inversión. Herramientas financieras para analizar la creación de valor*. Lima: Ediciones de la U.
- Club Saber Electrónica. (2012). *Autómatas Programables*. Buenos Aires: QUARK S.R.L.
- CLUB SABER ELECTRONICA. (2012). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES PLC*. MEXICO: QUARK S.R.L.
- F. Ebel, S. I. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. © Festo Didactic GmbH & Co. KG.
- Hernandez, L. d. (01 de 02 de 2018). *Programarfacil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>
- Ignacio, G. C., & Briones Sanchez, G. (1997). *Sistemas de Riego por Aspersión y goteo*. México D.F.: Trillas S.A de C.V.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial- INTI. (2009). *Proceso de Diseño- Fases para el desarrollo de productos*. Buenos Aires, Argentina.
- Liotta, M. (2015). *Manual de Capacitación: Riego por goteo*. San Juan.
- Pompa, P. G. (1988). *Riegos a Presion, aspersión y goteo*. Barcelona: AEDOS S.A.
- Schweers, R. (2002). Metodologías de diseño de hardware. En *Descripción en VHDL de arquitecturas para implementar el algoritmo CORDIC* (pág. 6).
- UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (1 de 10 de 2009). *ITU*. Obtenido de <http://www.itu.int/ASIA2008/>

Universidad Politecnica de Cataluña. (2012). Diseño y Automatización Industrial. Cataluña,  
España.

VISTRONICA S.A.S, . (s.f.). *VISTRONICA Tienda Virtual de electrónica*. Obtenido de  
<https://www.vistronica.com/>