



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

Diseño e Implementación de un Ambiente de Aprendizaje en
población Rural de Ciudad Bolívar, basado en la automatización
de un sistema de riego en un invernadero.

Proyecto de Grado

VICTOR MAURICIO MARTINEZ SARMIENTO

Código: 2006203038

Junio de 2014

Bogotá D.C.

Documento presentado como Trabajo de Grado para obtener el Título de Licenciado En Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional, en el cual se busca que a partir del método Experimental con el diseño y la implementación de un artefacto tecnológico se desarrolle un ambiente de aprendizaje en una zona rural de la ciudad de Bogotá D.C.

Diseño e Implementación de un Ambiente de Aprendizaje en población Rural de Ciudad Bolívar, basado en la automatización de un sistema de riego en un invernadero.

VICTOR MAURICIO MARTINEZ SARMIENTO

Código: 2006203038

Trabajo de grado para optar por el título de
Licenciado en Electrónica

Director de proyecto de grado
Lic. DIEGO FERNANDO QUIROGA
Docente del Departamento de Tecnología

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.

JUNIO DE 2014

Nota de Aceptación

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Bogotá D.C. Junio de 2014

*Dedico éste trabajo a Dios que me
bendice cada día, a mi abuela Concepción que
me acompaña desde el cielo y quisiera que
estuviera aquí en éste momento de mi vida.*

¡Es un logro nuestro!

Agradecimientos

A mi familia, sobre todo a mis padres Luis Enrique y María Cristina, por su amor y apoyo constante en todo sentido y desde la distancia. Gracias a ustedes por mi formación inicial, los amo.

A mi bella esposa Catalina, quien siempre le da el toque de felicidad a mi vida. La persona que hace latir mi corazón más fuerte y rápido, mi gran amor.

Al profesor Diego Quiroga, quien orientó de manera incondicional éste trabajo durante un año. Infinitas gracias.

A tantas personas que han estado conmigo en diferentes etapas...

Son muchas las personas a las que tengo que agradecer por éste logro. Mis más sinceras gratitudes.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Diseño e Implementación de un Ambiente de Aprendizaje en población Rural de Ciudad Bolívar, basado en la automatización de un sistema de riego en un invernadero.
Autor(es)	Martínez Sarmiento, Víctor Mauricio.
Director	Quiroga Páez, Diego Fernando.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2014. 127 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	Ambiente de aprendizaje, experimentación, trabajo colaborativo, germinación de hortalizas, automatización, riego, invernadero.

2. Descripción
<p>Trabajo de grado que se propone el diseño y la implementación de un ambiente de aprendizaje en una población rural de la ciudad de Bogotá, basado en el desarrollo de la automatización del riego de un invernadero.</p> <p>La implementación se realiza mediante un sistema de riego por nebulización en un invernadero de la IEDR Pasquilla. Se utiliza un sistema embebido basado en un microcontrolador de Texas Instruments, sensores para la medición de cada variable, automatizando el riego por medio de la automatización de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo. Como actuadores se utiliza una motobomba de agua, junto con electroválvulas controladas que permiten o no, el paso del fluido para el riego. Como parte fundamental del ambiente de aprendizaje se evidencian resultados en la participación activa de los estudiantes en el planteamiento de un proyecto propio y su posterior experimentación en la germinación de hortalizas.</p>

3. Fuentes
<p>Total de 39 fuentes consultadas, entre las que se destacan:</p> <p>A, H. (2000). <i>Entretemas</i>. Obtenido de http://www.entretemas.com/lineai/ArticulosAnteriores/guia_de_analisis.htm</p> <p>Bogotá, C. d. (s.f.). <i>Bogotá Como Vamos</i>. Obtenido de http://bogotacomovamos.org/media/uploads/informeconcejo/new/boletin_virtual_abril_concejo.pdf</p> <p>Carrillo, D., & Vázquez, J. (2008). <i>Automatización de un invernadero con PLC S7-200</i>. Zacatecas MEX.</p> <p>Casa, L. h. (s.f.). <i>La huerta en Casa</i>. Obtenido de http://huertoencasa.mx/downloads/Manual_del_Usuario.pdf</p> <p>Colombia Aprende - Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). <i>Colombia Aprende</i>. Obtenido de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/productos/1685/w3-article-288989.html</p> <p>Cruz, J. M. (16 de Agosto de 2013). <i>Laboratorio de Sistemas Embebidos</i>. Obtenido de Laboratorio de Sistemas Embebidos: http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/</p>

División de Manejo de Aguas - Técnica internacional. (31 de Enero de 2014). Obtenido de División de Manejo de Aguas - Técnica internacional: <http://tecnicainternacional.com/manejodeaguas/>

4. Contenidos

Se expone las consideraciones para el diseño e implementación del ambiente de aprendizaje en cuatro (4) capítulos los cuales se encuentran organizados de manera secuencial.

Se muestran "Aspectos Iniciales", que contienen una descripción introductoria al ambiente de aprendizaje y abarca hasta antecedentes como referentes del trabajo. Seguido de los aspectos iniciales, se desglosa el "Marco Conceptual", en donde se presentan las temáticas sobre varios ejes fundamentales en el desarrollo de conceptos y fundamentación: Teorización de ambientes de aprendizaje, Rol de los ambientes de aprendizaje en la reorganización curricular por ciclos (RCC), Sistema electrónico y de control, invernadero, Sistema de Riego, Estudio de suelo y cultivo de hortalizas a producir; Posteriormente, se describe el "Proceso metodológico y desarrollo del proyecto", en busca de presentar la aplicación del ambiente de aprendizaje como un proceso ordenado por fases, con metodología clara y el desarrollo secuencial de acuerdo a necesidades propias del entorno. Por último, se dan a conocer los "Aspectos Finales" de la organización del documento, en donde se presentan los resultados que se obtuvieron con el ambiente de aprendizaje desarrollado, así como las conclusiones, dificultades, recomendaciones y proyecciones a las que condujo este trabajo.

5. Metodología

Fundamentado en la experimentación, mediante módulos guías de trabajo elaborados con fines específicos y propios de la situación, un ambiente colaborativo y acompañamiento permanente. El trabajo en el ámbito técnico está presente en todo el proceso, puesto que existen parámetros para cada una de los sistemas a trabajar, y por ello, la investigación y aprendizaje es constante en relación con las sesiones trabajadas.

La concreción del ambiente de aprendizaje se desarrolla por fases y componentes, los cuales, organizadas cronológicamente, permiten dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

Primera Fase: Presentación del Proyecto y Acondicionamiento del invernadero.

Segunda Fase: Diseño y construcción del sistema de riego.

Tercera Fase: Elaboración de guías de trabajo para la Construcción.

Cuarta Fase: Desarrollo del Sistema Electrónico.

Quinta Fase: Experimentación en la germinación de hortalizas.

Sexta Fase: Elaboración de guías de trabajo para la Experimentación.

6. Conclusiones

Por medio de un ambiente de aprendizaje que combine el trabajo en diferentes áreas del conocimiento se logra satisfacer una necesidad específica, al plantearse como un ejercicio pedagógico que busca la implementación de un dispositivo tecnológico.

A partir del proceso de desarrollo técnico de un ambiente de aprendizaje, se forja escenario de colaboración entre los diferentes integrantes del grupo de trabajo.

El proceso de desarrollo del Ambiente de Aprendizaje comprendido como un enfoque

de desarrollo humano, con estímulos y acompañamiento constante por parte del maestro, genera en los estudiantes un aprendizaje significativo.

La planeación de actividades y asignación de tareas, permite hacer uso de las tecnologías de la información y comunicación, encontrando alternativas para una comunicación efectiva, por medio de herramientas específicas como Facebook.

La motivación de los estudiantes en procesos pedagógicos institucionales, como el ambiente de aprendizaje desarrollado, genera en los padres de familia una expectativa amplia, lo que conlleva a que se involucren en actividades que se relacionan con el trabajo de sus hijos.

Mediante el diseño y construcción de una ayuda tecnológica, con aportes de especialistas dedicados a diversas áreas del conocimiento, se logra evidenciar aprendizajes integrados en estudiantes del ciclo quinto de la IEDR Pasquilla.

La experimentación con el proceso de germinación de hortalizas, hace que los estudiantes se motiven por dar solución a problemas técnicos que interfieren en el proceso. Se refleja una simpatía por la investigación en ésta etapa.

El contacto directo con el ambiente de trabajo, permite al docente entender las temáticas, de tal manera que facilite mejorar didácticas alrededor del ambiente, aún cuando no es su área de conocimiento.

La posibilidad de medir y alterar variables físicas del entorno, provoca que los estudiantes evalúen soluciones tecnológicas a situaciones específicas y comunes.

La implementación de sensores para determinar variables físicas, como la humedad del suelo, genera muchas expectativas y forja en el estudiante inquietudes para encontrar respuestas por medio de la tecnología, que sustenten la validación de hipótesis previas.

La unión de aspectos pedagógicos con técnicos, alrededor del ambiente de aprendizaje, suscita un ambiente de estudio institucional diferente.

La inclusión de los estudiantes en el ambiente de aprendizaje, aporta en el comportamiento y desarrolla sentido de responsabilidad acerca del cuidado de la naturaleza y el recurso hídrico.

La inclusión de los padres de familia de los estudiantes en actividades agrícolas, establece un escenario agradable y divertido fuera de la rutina citadina, que invita a la práctica de valores relacionados con la familia.

Elaborado por:	Víctor Mauricio Martínez Sarmiento
Revisado por:	Diego Fernando Quiroga P.

Fecha de elaboración del Resumen:	11	06	2014
--	----	----	------

Índice de Contenido

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	9
General	9
Específicos	9
PROBLEMA DE DESARROLLO	10
ALCANCES Y DELIMITACIONES	12
Alcances	12
Delimitaciones.....	12
ANTECEDENTES.....	14
TEORIZACIÓN DE AMBIENTES DE APRENDIZAJE.....	20
el ambiente de aprendizaje y el desarrollo humano	20
Propósito Articulador del ambiente de aprendizaje	22
AMBIENTES DE APRENDIZAJE (AA) EN LA REORGANIZACIÓN CURRICULAR POR CICLOS (RCC)	22
La estructura de los ambientes de aprendizaje en la rcc.....	24
SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL.....	25
Sistema Embebido (S.E.)	26
Requerimientos Temporales de los Sistemas Embebidos (S.E.).....	28

	1
INVERNADERO	31
Invernadero Asimétrico o Inacral.....	32
SISTEMA DE RIEGO	34
Riego por Aspersión.....	35
Riego por Microaspersión	36
Riego por nebulización	37
ESTUDIO DE SUELO	38
Contenido de Humedad del suelo	39
CULTIVO Y PRODUCCIÓN	42
La Lechuga (Lactuca sativa L.).....	43
GENERALIDADES	47
METODOLOGÍA	48
Fases del Proyecto.....	49
DESARROLLO DEL PROYECTO	56
El Ambiente de Aprendizaje como Principio y Finalidad.....	56
El Invernadero como Centro de Estudio	57
El sistema de riego como novedad.....	59
El sistema electrónico como Eje integrador.....	66
RESULTADOS	94
CONCLUSIONES	97
DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES	100

PROYECCIONES.....	102
ANEXOS.....	104
Anexo 1. Memorias de Trabajo de cada una de las sesiones	104
Anexo 2. Características de los componentes del sistema de riego.	104
Anexo 3. Caracterización de los Sensores	104
Anexo 4. Diagramas de Flujo Variables Programación.....	104
Anexo 5. Interfaz Humano – Maquina.....	104
Anexo 6. Resultados Facebook y capeta web	104
Anexo 7. La Lógica Difusa en el Invernadero	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de Ubicación Pasquilla, Bogotá D.C.....	12
Figura 2. Niveles de Implementación de la Reorganización curricular.....	23
Figura 3. Estructura pedagógica de un ambiente de aprendizaje mediante acuerdos de nivel I, II y III.	25
Figura 4. Estructura Básica de un Sistema Embebido.....	27
Figura 5. Posibles Fallas en un sistema en tiempo real	29
Figura 6. Componentes Sistema de Control que incluye relación Humano – Máquina.	31
Figura 7. Ejemplo Gráfico de Invernadero Asimétrico o Inacral	32
Figura 8. Ubicación de Nebulizadores para Cultivo en Camas	38
Figura 9. Ubicación de Nebulizadores para Regulación de temperatura.....	38
Figura 10. El ambiente de aprendizaje como principio y finalidad.	56
Figura 14. Boceto de la conexión inicial realizado por Estudiantes.....	60
Figura 16. Diagrama General del sistema Electrónico	67
Figura 17. Diagrama de Circuito electrónico Módulo YL-69.	71
Figura 18. Diagrama y Protocolo de Aplicación Típica del Sensor DHT11.	78
Figura 19. Diagrama General del Sistema Embebido.	81
Figura 20. Diagrama LaunchPad Msp430g2553.....	82
Figura 21. Diagrama de Pines Microcontrolador Msp430g2553	82
Figura 22. Diagrama conexión Reloj (RTC) a partir del C.I. DS1307.....	83
Figura 23. Diagrama de conexión de pines Memoria EEPROM 24LC512.....	85
Figura 24. Diagrama de conexión Etapa de Potencia a partir del Relé de Estado Sólido (TRIAC).....	86

Figura 25. Diagrama de Conexión Etapa de Potencia a partir de la conexión de Relé mecánico.	87
Figura 26. Esquema de PCB del Sistema Electrónico.	87
Figura 27. Diseño PCB Sistema Electrónico Capa Superior.	88
Figura 28. Diseño PCB Sistema Electrónico Capa Inferior.	88

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Registro Fotográfico de un sistema de Riego por Aspersión.	35
Ilustración 2. Registro Fotográfico de Riego por microaspersión.	37
Ilustración 3. Fragmento de Registro Fotográfico de la Primera Fase	49
Ilustración 4. Fragmento de Registro Fotográfico de la Segunda Fase	50
Ilustración 5. Fragmento de Registro Fotográfico de la Tercera Fase	51
Ilustración 6. Fragmento de Registro Fotográfico de la Cuarta Fase	52
Ilustración 7. Fragmento de Registro Fotográfico de la Cuarta Fase	53
Ilustración 8. Fragmento de Registro Fotográfico de la Quinta Fase	54
Ilustración 9. Fragmento de Registro fotográfico del Invernadero intervenido.	57
Ilustración 10. Registro fotográfico de las camas en proceso de limpieza	58
Ilustración 11. Proceso de construcción conexión inicial de tubos	60
Ilustración 12. Registro fotográfico Conexión de Nebulizador a la línea de Riego.	61
Ilustración 13. Registro Fotográfico primera conexión Línea de Riego Central del invernadero.	62
Ilustración 14. Registro fotográfico Segunda conexión Motobomba y electroválvula principal	63
Ilustración 15. Registro Fotográfico Conexiones válvulas de líneas de riego. Izquierda: Conexión Válvula mecánica. Derecha: Conexión Electroválvula.....	64
Ilustración 16. Registro Fotográfico funcionamiento de nebulizadores cama central segunda conexión.	65
Ilustración 17. Registro Fotográfico de Tercera Conexión, adaptación de micro- manguera y nebulizadores de las camas laterales	66
Ilustración 18. Módulo Higrómetro Humedad Suelo YL-69.	70

Ilustración 19. Fragmento de Registro Fotográfico Ubicación Sensor Humedad Suelo.....	73
Ilustración 20. Sensor DHT11.....	77

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Humedad Gravimétrica del suelo en términos de porcentaje.....	39
Ecuación 2. Porcentaje de Humedad en el Suelo de acuerdo al método gravimétrico.	40
Ecuación 3. Contenido de Agua por el método Gravimétrico.....	72
Ecuación 4. Ecuación utilizada para la Parametrización del Sensor de Humedad del Suelo en el Laboratorio.	74
Ecuación 5. Ecuación para calcular la Humedad Relativa	75

Capítulo 1

Aspectos Iniciales

INTRODUCCIÓN

La elaboración del presente ambiente de aprendizaje es animada por el interés de apreciar al estudiante como sujeto activo y actor principal del proceso de enseñanza, contextualizando el aprendizaje del cual serán protagonistas, mediante la orientación constante del maestro.

Para este ejercicio, resulta fundamental entender el ambiente en el contexto rural, en el cual se desarrolla la vida escolar de los jóvenes dentro de la institución educativa rural Pasquilla, para que ellos se sientan motivados e interesados por lo que van a aprender. Durante el desarrollo de nuestro ambiente de aprendizaje es fundamental que los estudiantes conozcan los objetivos de las actividades, puedan hacer sus aportes y convertirse en sujetos activos en su proceso de aprendizaje.

Las actividades desarrolladas estimulan la interacción entre los docentes y los estudiantes, de manera que se asignan roles diversos que potencian el desarrollo de los aprendizajes por parte de los estudiantes y que ofrecen oportunidades al maestro para la reflexión pedagógica. Toda la interacción es guiada, siguiendo pautas claras que permitan la consolidación de buenas relaciones interpersonales y el refuerzo de habilidades emocionales positivas. “Todas las acciones del ambiente son una excelente oportunidad para que el estudiante desarrolle no sólo las actitudes, conocimientos y habilidades que se han fijado para el ambiente, sino todos los procesos orientados a potenciar su inteligencia emocional” (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012, p. 81).

En las actividades desarrolladas se hace evidente ante el estudiante las relaciones interdisciplinarias de los aprendizajes que está adquiriendo; no se trata de que él lo aprenda todo en un mismo proceso pedagógico, sino de que comprenda cómo lo que él construye en el invernadero se relaciona y potencia con lo que desarrolla con otros

maestros. Teniendo en cuenta que los ambientes de aprendizaje han sido concebidos desde una perspectiva interdisciplinar, el estudiante debe darse cuenta que la escuela es un ambiente con un proceso articulado y coherente desde todas las áreas del conocimiento, lo que enriquece su comprensión del mundo.

Se tiene muy presente que los estudiantes puedan proyectar los aprendizajes del ambiente a su realidad diaria. Con cada una de las etapas de implementación del ambiente, se pretende que el estudiante pueda construir sus aprendizajes, alcanzando los propósitos y vinculando lo que ocurre en la escuela y, en general, en su vida diaria.

Mediante el planteamiento de una solución práctica ante la necesidad de optimizar los recursos agrícolas en la granja de la institución IEDR Pasquilla, surge la implementación de un ambiente de aprendizaje, que interactúa, desde la pedagogía, con las diferentes áreas de la ingeniería como son: agronomía, hidráulica, electricidad, física, química y electrónica, entre otras.

Bajo la concreción del producto físico del ambiente de aprendizaje se mejora eficientemente el sistema de riego del invernadero y se muestra una mejor opción de cultivo, ya que se puede optimizar al máximo el uso del recurso hídrico, sin causar degradación o perjuicio del ambiente.

El lugar de trabajo es un invernadero con las siguientes características: longitud = 11 mts, amplitud = 6.35 mts, altura lateral = 2.55 mts, altura copa = 3.10 mts, perímetro de 34,7 mts, con estructura de madera y plástico. La característica distintiva del invernadero, si se compara con la producción a campo abierto, es la presencia de una barrera entre el cultivo y el ambiente externo. Esta barrera crea un microclima en el interior (temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, CO₂, cantidad y calidad de luz, etcétera) que protege contra viento, lluvia, plagas,

enfermedades y animales. Todas estas características hacen que la producción en ambiente protegido tenga rendimientos más altos que a campo abierto. Cultivar en invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos en cualquier época del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles. El aprovechamiento y buen uso de la estructura del invernadero y el sistema de riego automatizado se reflejan en una mejora de los rendimientos y calidad del producto final.

Para la implementación de la automatización del sistema de riego se utiliza la tarjeta microcontroladora LaunchPad msp430 que es un dispositivo electrónico que cumple con las características dispuestas para tal fin. Tiene una aplicación amplia y es económico en relación con otros dispositivos. Los sensores utilizados para determinar la humedad de suelo son YL-69; el sensor de humedad relativa y temperatura ambiente es el DHT11.

El actual documento expone las consideraciones para el diseño e implementación del ambiente de aprendizaje en cuatro (4) capítulos los cuales se encuentran organizados de manera secuencial. Preliminarmente se muestran “Aspectos Iniciales”, que contienen una descripción introductoria al ambiente de aprendizaje y abarca hasta antecedentes como referentes del trabajo. Seguido de los aspectos iniciales, se desglosa el “Marco Conceptual”, en donde se presentan las temáticas sobre varios ejes fundamentales en el desarrollo de conceptos y fundamentación: Teorización de ambientes de aprendizaje, Rol de los ambientes de aprendizaje en la reorganización curricular por ciclos (RCC), Sistema electrónico y de control, invernadero, Sistema de Riego, Estudio de suelo y cultivo de hortalizas a producir; Posteriormente, se describe el “Proceso metodológico y desarrollo del proyecto”, en busca de presentar

la aplicación del ambiente de aprendizaje como un proceso ordenado por fases, con metodología clara y el desarrollo secuencial de acuerdo a necesidades propias del entorno. Por último, se dan a conocer los “Aspectos Finales” de la organización del documento, en donde se presentan los resultados que se obtuvieron con el ambiente de aprendizaje desarrollado, así como las conclusiones, dificultades, recomendaciones y proyecciones a las que condujo este trabajo.

JUSTIFICACIÓN

La institución educativa distrital rural Pasquilla es un colegio en contexto rural, su énfasis se refiere a las explotaciones agropecuarias ecológicas.

En el marco de una educación promovida por el trabajo en el campo, con vivencias prácticas en un espacio diseñado y suscitado por el colegio como bandera institucional, la granja o finca del colegio se convierte en un punto de referencia y un centro de interés de toda la institución. Para los estudiantes, el trabajo y aprendizaje en la granja es obligatorio. Allí se llevan a cabo la mayoría de los encuentros institucionales.

Todas las labores que se desarrollan en la granja son visibles ante toda la institución, el terreno se divide en zonas, en donde se encuentran módulos de diferentes proyectos, tanto agrícolas como pecuarios. En dichas zonas se desarrollan “proyectos productivos” los cuales son propuestos y ejecutados por grupos de estudiantes a partir de décimo grado.

De acuerdo a la reorganización curricular por ciclos (RCC), adelantada en Bogotá durante el 2008-2012 y continuada por la articulación de la apuesta pedagógica de Bogotá durante los últimos años, en donde se ha retado a las comunidades educativas a transformar las prácticas pedagógicas, el ciclo quinto de la institución educativa distrital rural Pasquilla incita a un trabajo interdisciplinar y continuado en la granja mediante el desarrollo visible de proyectos con objetivos de materialización del conocimiento mediante la producción de bienes agrícolas en donde se benefician los estudiantes por medio de la orientación institucional.

El proyecto busca desarrollar un ambiente de aprendizaje en el área de agricultura basado en la automatización de un sistema de riego en el invernadero de la IEDR Pasquilla. Dicho proyecto es incluyente, interdisciplinar y transversal, con él, un

grupo de estudiantes inician el proceso de construcción en la primera parte del ciclo quinto, es decir en décimo grado y continúan en la segunda parte del ciclo: undécimo grado. Todo el proceso se lleva a cabo de la mano de los profesores de agricultura de la institución, el instructor del Sena y el licenciado en electrónica en formación de la universidad pedagógica nacional. Es un proceso basado en la consigna del acompañamiento y la orientación constante a los estudiantes como parte fundamental del proceso de formación. Con la perspectiva de desarrollo humano que reconoce la reorganización curricular por ciclos (RCC), “la importancia del ciclo quinto radica en que el estudiante desarrolle proyecto profesional y laboral, teniendo como eje de proceso la investigación y desarrollo de la cultura para el trabajo” (SED Bogotá D.C., p. 40).

El diseño, implementación y sostenibilidad del ambiente de aprendizaje planteado constituye la materialización del Proyecto Educativo institucional en términos del área de agricultura. Teniendo en cuenta que los ambientes de aprendizaje son procesos pedagógicos que favorecen la formación de los estudiantes, de una u otra manera, todas las acciones de formación deben estar en consonancia con la búsqueda de aprendizajes esenciales, es decir, conocimientos, habilidades y actitudes que los formen para la vida en sociedad. Éste proyecto de formación, es puesto en acto con los estudiantes en todos los espacios escolares del área de agricultura; todos los tiempos y espacios dispuestos buscan la formación de ciudadanos críticos y éticos. Es así como toma fuerza la concepción del ambiente de aprendizaje que está diseñado con el fin de crear condiciones y circunstancias que propicien el aprendizaje del estudiante. “En la medida en que se diseñan e implementan los ambientes de aprendizaje, la misión y la visión de la institución toman forma y se

materializan en acciones concretas encaminadas a las transformaciones pedagógicas” (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012).

Al ser la granja un espacio tan visible y de referencia para el colegio, se hace importante intervenir en el lugar teniendo en cuenta la importancia que tienen para la institución los diferentes proyectos y aprendizajes que allí se desarrollan. Tener en cuenta la transversalidad del proceso que se desarrolla en el ciclo quinto de la institución, hace que la posibilidad de intervención sea viable desde varios frentes en la concreción efectiva de los diferentes proyectos productivos planteados por los estudiantes, viabilizados durante la primera fase del ciclo (grado 10) por parte de los maestros y llevado a la praxis durante toda la segunda fase del ciclo (grado 11).

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar un ambiente de aprendizaje en el área de agricultura basado en el control de humedad y sensado de temperatura mediante riego por aspersión en un invernadero de la IEDR Pasquilla.

ESPECÍFICOS

- ✓✓ Elaborar módulos guía de apoyo al proceso de enseñanza – aprendizaje del ciclo quinto de la IEDR Pasquilla en las áreas de agricultura y tecnología.
- ✓✓ Implementar un sistema de riego que se acople a las condiciones de infraestructura del invernadero.
- ✓✓ Desarrollar un controlador para la humedad y temperatura del invernadero.
- ✓✓ Identificar el comportamiento de la germinación de las hortalizas de hoja ancha y clima frío a tres diferentes humedades relativas, a través de módulos guiados.

PROBLEMA DE DESARROLLO

En el marco de la implementación de las políticas del plan Sectorial de Educación de calidad 2008 - 2012 en Bogotá D.C, se presenta una desarticulación entre la educación rural y urbana. Las políticas educativas son indiferentes ante la situación rural y ante la educación de frontera en los barrios subnormales de las localidades de la ciudad. Las miradas gubernamentales han tenido puesta una venda respecto a las propuestas que harían de la región rural un espacio productivo. “La SED adelantó un proceso de reorientación del desarrollo de estrategias pedagógicas pertinentes, capaces de potenciar el talento humano requerido y más apropiado a la cultura del entorno rural. En este ambiente se ha venido validando lo que en la educación rural colombiana se conoce como “trabajo escolar con enfoque de Aprendizajes Productivos –AP–” (SED Bogotá D.C., 2008, p. 33). Con recursos de la localidad 19 – Ciudad Bolívar, la SED desarrolló diversas obras de infraestructura para mejorar las instalaciones educativas del área rural, lo cual es evidente en la granja de la IEDR Pasquilla. El problema principal es la carencia de ambientes de aprendizaje en el ámbito rural, a partir de la necesidad del trabajo por proyectos desarrollados en la institución en el ciclo Quinto (Grados 10° y 11°), con los cuales se evidencian algunos conceptos, que se conviertan en prácticos y donde el maestro desarrolla actividades propias del área disciplinar agrícola por medio de ayudas tecnológicas. Siendo propicio un ambiente interdisciplinar, en donde distintas áreas de conocimiento, entre ellas la electrónica, hagan parte de la construcción de saberes propios en los estudiantes.

En la cultura popular, la tecnología se ve reflejada en términos industriales, artefactos, máquinas, sistemas y desarrollos que nos sorprenden cada vez más por su

concepción y adaptación a nuestro medio y por la utilidad ante la facilidad en la realización de tareas. La visión popular, no observa, a menos de primera mano, la tecnología en el entorno rural, en la labor del agricultor y mucho menos en los procesos agrícolas. Se hace importante entender el agro como un brazo fuerte en la sociedad industrial, que crece con la tecnología, por lo cual, debe convertirse en objeto de estudio, no solo desde una mirada científica o tecnológica, sino también desde una posición crítica y reflexiva mediada por una alfabetización tecnológica encaminada por la escuela.

Es fundamental que el sector agrícola sea pensado desde la escuela, planteando el trabajo a partir de la solución de problemas como el uso inapropiado del agua y la optimización de los procesos agrícolas para una mejor producción de cultivos.

ALCANCES Y DELIMITACIONES

ALCANCES

El proyecto está orientado al trabajo de los docentes y estudiantes del áreas disciplinares de Agropecuaria (énfasis del colegio) de ciclo quinto de la IEDR Pasquilla en la localidad 19 - Ciudad Bolívar.

DELIMITACIONES

Delimitación Geográfica:

Estudiantes de ciclo quinto (grados 10° y 11°) de la asignatura de Agropecuaria, finca de la IEDR Pasquilla, Corregimiento de Pasquilla, Localidad 19 – Ciudad Bolívar, Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia. Se trata de una población con características definidas en torno al trabajo del área de agricultura, con la infraestructura, docentes y mano de obra propicia para la realización del proyecto.



Figura 1. Mapa de Ubicación Pasquilla, Bogotá D.C.

Fuente: <http://portel.bogota.gov.co/>

Delimitación Temporal:

El proyecto tiene un período de implementación de treinta y dos (32) semanas o Dos (2) Semestres: A partir de Junio de 2013 hasta Julio de 2014.

Aspectos del Conocimiento:

Se trata de un ejercicio didáctico, con aplicación técnica en el área de agricultura por medio de ayudas tecnológicas: Implementación de un ambiente de aprendizaje para el área disciplinar agrícola en una zona rural de Bogotá D.C y diseño e implementación de un sistema de riego por aspersión que cuenta con un desarrollo electrónico para el control de la humedad del suelo, la humedad relativa y la temperatura ambiente, en un cultivo de hortalizas de hoja ancha y clima frío, bajo condiciones de un invernadero con las siguientes características: longitud = 11 mts, amplitud = 6.35 mts, altura lateral = 2.55 mts, altura copa = 3.10 mts, perímetro de 34,7 mts, con estructura de madera y plástico. Por medio de la experimentación se encuentra la humedad y temperatura adecuada para el desarrollo del proceso de germinación de hortalizas de hoja ancha en clima frío (alrededor de 70% de humedad relativa y de 10° C de Temperatura).

ANTECEDENTES

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada en torno al tema del cual trata el proyecto, se encontraron algunos documentos que se relacionan con el trabajo planteado.

✓✓ *Construcción de una estrategia educativa para la vinculación del área de tecnología e informática, con la visita a la granja pedagógica y productiva Altamira para el primer ciclo de educación. (Sánchez & Alvarado, 2010)*

Trabajo de grado desarrollado en la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, para optar por el título de Licenciado en Diseño Tecnológico con énfasis en Sistemas Mecánicos y Licenciado en Electrónica en el año de 2010.

Por medio de la metodología de investigación cualitativa, se realiza un estudio de caso alrededor de *La Visita a la Granja Pedagógica y Productiva Altamira*, en donde nace una estrategia que le brinda al docente de primer ciclo de educación, un modelo teórico de intervención pedagógica que concreta esta experiencia extraescolar, con algunos de los ejes temáticos propuestos en la matriz del Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional - Diseño Tecnológico (DTE); teniendo en cuenta además, algunas orientaciones para la Educación en Tecnología que ofrece el Ministerio de Educación Nacional (MEN).

Surge una estrategia didáctica concreta que permite abordar la Educación en Tecnología a través de un entorno extraescolar, mediante recursos didácticos (creados y adaptados) y de temáticas que reflejan el interés de pequeños entre edades de 6 a 8 años del Colegio García Herreros. Como producto material de la estrategia

se elabora una cartilla. Un referente didáctico sugerido al docente que se decide a aprovechar la tecnología que ofrece un entorno rural para la educación.

✓✓ *Diseño y construcción de un invernadero a escala con climatización, para el laboratorio de termodinámica de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito Ecuador. (Palacios, 2010).*

Tesis previa a la obtención del título de ingeniero mecánico de la UPS en el año 2010. Se sustenta en la inexistencia un sistema termodinámico unificado de aire acondicionado (refrigeración) y de calefacción (transferencia de calor). Se plantea el diseño y construcción de un invernadero a escala con climatización para el laboratorio de termodinámica de Ingeniería Mecánica de la UPS, donde se pueda realizar pruebas, mediciones, análisis, y toma de decisiones con respecto a las diferentes variables que intervienen dentro de un proceso termodinámico; aportando criterios aprendidos durante la carrera y vincular la teoría con la práctica.

Se calcula las cargas de flujo de calor, cambios de aire, carga del producto y cargas varias en las cuales intervienen: cargas por alumbrado, cargas por ventiladores y cargas por personas. Posteriormente se realiza un estudio psicométrico del aire del invernadero. Para la climatización del invernadero a escala de laboratorio se utiliza un micro controlador PIC18F2550 y un sensor DC SS500. Se realiza el diseño del software y del firmware para el micro controlador PIC18F2550, así como el software para el desarrollo de la interfaz gráfica para el Computador.

✓✓ *Experiencias institucionales en la implementación de ambientes de aprendizaje. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012)*

Se trata del capítulo cuarto del documento Ambientes de aprendizaje para el desarrollo humano en reorganización curricular por ciclos Vol. 3, producido por la Secretaría de Educación de Bogotá (SED), Bogotá Humana en el año 2012. Se muestran diferentes trabajos de docentes en instituciones educativas distritales que fueron acompañadas por la Fundación Alberto Merani en el marco de convenio con la Secretaría de Educación Distrital, en la implementación de la propuesta pedagógica de ambientes de aprendizaje para el desarrollo humano.

A través de los espacios de reflexión y socialización de experiencias, los maestros de las localidades de San Cristóbal y Ciudad Bolívar, presentan sus vivencias de aula como procesos estructurados en fases de diseño, implementación y retroalimentación de sus ambientes de aprendizaje. Algunas de las experiencias de estos maestros muestran un alto grado de apropiación de los diferentes aspectos que componen los ambientes de aprendizaje. Los docentes describen diferentes procesos de aprendizaje que han formulado, muestran cómo ha sido el camino para llevarlos a la práctica y cuáles han sido algunos de sus resultados. Todas las experiencias presentadas son productos en construcción y en constante búsqueda de mejoramiento para lograr, poco a poco en el trabajo colectivo, convertirse en ambientes de aprendizaje sostenibles. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012, p. 93)

✓✓ *Automatización de un invernadero con el plc s7-200. (Carrillo & Vázquez, 2008)*

Tesis de Licenciatura para obtener el título de ingeniero en comunicaciones y electrónica, presentada en la unidad académica de ingeniería eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México año 2008. Se plantea una solución práctica a los problemas que presentan los invernaderos semiautomatizados. Específicamente se centró en los problemas que agravan el invernadero de agronomía, como el excesivo consumo de energía eléctrica, el mal sensado de las principales variables y el desperdicio de agua. Se utilizó el PLC s7-200 y sensores adecuados para la medición de cada variable para el mejor desempeño del invernadero automatizado. Para el control de temperatura y humedad relativa se utilizó la teoría del Razonamiento Aproximado, la cual es una parte introductoria del control difuso. Esto permite que dos variables interactúen en un solo control, ya que una está en función de otra.

✓✓ *Proyecto Granja Pedagógica Integral. (Institucional, 2014)*

En programa televisivo proyectado por el canal institucional de Colombia- señal Colombia, se muestra el trabajo de una docente de cuarto grado de primaria, encaminado en el desarrollo de saberes por medio de la práctica en la granja de un colegio en un municipio del departamento de Cundinamarca. La docente enseña por medio de la práctica en el espacio de la granja, saberes esenciales de matemáticas, biología, física, química y lenguaje, haciendo concreción de conceptos llevados a la práctica por medio de la interdisciplinariedad en el espacio de la granja. El objetivo es obtener frutos y alimento de la tierra sanos y frescos, haciendo uso de buenas prácticas agrícolas y cultivando en el estudiante sentido de pertenencia por lo el trabajo y por lo propio. Se resaltan frases de la docente como: *“Aquí no se siembran plantas, se siembra las matemáticas, la física, la química y el lenguaje de la*

naturaleza". "El aula como espacio para la concreción del conocimiento".

"Trabajo en la transversalidad: un tena en todas las áreas". "Desde mi punto de vista, el aula debe ir a la vía (huerta), porque la huerta es un gran laboratorio".

"La tierra es un factor de conocimiento y sentido de pertenencia".

✓✓ *Control de un sistema de riego con el PLC S7-200. (Pacheco, 2007)*

Trabajo de pregrado para optar por el título de ingeniero en comunicaciones y electrónica en la Universidad Autónoma De Zacatecas México en el año de 2007.

Se trata de un sistema de riego automatizado con el cual se pretende contribuir de manera sobresaliente a mejorar la calidad de los cultivos regados en forma eficiente.

Se describe el problema del mal uso del agua en el riego, por aplicar métodos tradicionales y que resultan poco efectivos para los cultivos, así mismo se plantea un control para automatizar el riego con un PLC, usando un sensor en el que se lee el voltaje que es proporcional a la humedad del suelo. Se presenta el funcionamiento general del sistema, en donde se realizará una comparación de la humedad del suelo y la humedad óptima determinada por el usuario. El sistema se encuentra diseñado para que funcione mediante la programación del PLC S7-200.

Al final del documento se describen las pruebas y resultados realizados para la muestra de suelo, finalmente se dan las conclusiones y resultados de la investigación.

Capítulo 2

Marco Conceptual

En éste capítulo, se analizan varios ejes fundamentales en el desarrollo de conceptos y fundamentación del ambiente de aprendizaje: Teorización de ambientes de aprendizaje, Rol de los ambientes de aprendizaje en la reorganización curricular por ciclos (RCC), Sistema electrónico y de control, invernadero, Sistema de Riego, Estudio de suelo y cultivo de hortalizas a producir.

TEORIZACIÓN DE AMBIENTES DE APRENDIZAJE

EL AMBIENTE DE APRENDIZAJE Y EL DESARROLLO HUMANO

Para la comprensión y aplicación del proceso del ambiente de aprendizaje propuesto, se toma como base el enfoque mostrado en un documento de la secretaría de educación distrital de Bogotá, publicado en el año 2012: *Ambientes de aprendizaje para el desarrollo humano en la Reorganización curricular por ciclos*, donde se muestran los ambientes de aprendizaje como ámbitos escolares de desarrollo humano. Con la propuesta de desarrollo de los estudiantes en tres aspectos principales: socioafectivo, cognitivo y físico-creativo.

Se busca que a partir de circunstancias que se han vivido de manera casual, se genere un desarrollo formativo de los estudiantes. Para el ambiente, es importante la visión del ser humano y su interacción con varios escenarios como la casa, la escuela, la calle, los lugares públicos, entre otros. “Todos los ámbitos de desarrollo humano, sin importar su propósito o características, conllevan al desarrollo de las personas las dimensiones socioafectiva, cognitiva y físico-creativa. En todos ellos se modifican los lazos afectivos, las estructuras de pensamiento y los lenguajes críticos y creativos”. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012).

El documento que se ha tomado como referencia, es una herramienta de consulta y orientación para el diseño e implementación de los ambientes de aprendizaje, en

dónde se muestran ejemplos de casos, en los cuales a partir de experiencias de la vida diaria, se modifican lazos afectivos, estructuras mentales, lenguaje crítico y creativo. A modo de ejemplo, en el documento de la secretaría de educación distrital que se ha tomado como referencia, se expone la siguiente situación: Un joven de 13 años que, en compañía de sus vecinos, observa como ellos roban a los transeúntes. El muchacho modifica sus lazos afectivos en la medida en que le da una valoración axiológica al comportamiento de sus amigos y determina si él considera esta conducta adecuada o reprobable. Modifica sus estructuras de pensamiento pues comprende qué es robar, quién lo hace y cómo lo hace; y, finalmente, modifica sus lenguajes críticos y creativos en tanto que puede manifestarse a favor o en contra de estas prácticas, puede aprender cómo hacerlo, crear maneras más ingeniosas de robar y puede imaginarse muchas circunstancias posibles durante un robo. Como éstas, todas las experiencias de un ser humano son un posible escenario de aprendizaje, pero no necesariamente de aprendizajes deseables; todas las circunstancias vitales de una persona son interpretadas y reinterpretadas para modificar sus estructuras afectivas, cognitivas y creativas. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012).

Es relevante entender que no todo lo que se aprende en la vida a partir de la experiencia es deseable y no siempre se potencia el desarrollo humano, ni beneficia el diario vivir de manera positiva. Por tanto, se piensa en el ambiente de aprendizaje como un espacio que garantice el desarrollo deseable del sujeto en todos los aspectos, mediante experiencias que tengan un fin formativo.

Las experiencias y estímulos que ocurren en escenarios educativos, como por ejemplo la escuela, se encuentran determinados por una intención formativa para el ser humano como sujeto. Sin que ello signifique que los estudiantes no adquieran

aprendizajes no deseados, como actitudes y acciones que van en contra del beneficio de la sociedad y del propio sujeto.

En los ambientes de aprendizaje que se generan a partir del vínculo con un escenario educativo, debe estar presente siempre una intención formativa.

El ambiente de aprendizaje se piensa como un escenario que es transversal e incluye todos los espacios en donde adquiere experiencia el estudiante. Tal como se menciona en el documento tomado como referencia:

“Los ambientes de aprendizaje, entonces, ocurren siempre en el marco escolar y buscan brindar a los estudiantes las herramientas para que logren fortalecer habilidades para el aprendizaje autónomo”. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012)

PROPÓSITO ARTICULADOR DEL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Para comprender el propósito del ambiente de aprendizaje, se tiene en cuenta que el estudiante experimenta y adquiere actitudes, habilidades y conocimientos que buscan el beneficio del sujeto y de la sociedad. Así se concibe de acuerdo al planteamiento realizado en el documento de referencia: “El propósito de los ambientes de aprendizaje será que los sujetos en formación logren unos aprendizajes esenciales para la vida y, así, se formen de manera integral”. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012)

AMBIENTES DE APRENDIZAJE (AA) EN LA REORGANIZACIÓN CURRICULAR POR CICLOS (RCC)

Los ambientes de aprendizaje, como se encuentran enmarcados en la RCC, buscan la transformación pedagógica que tiene en cuenta al estudiante como actor principal del

proceso de aprendizaje. Desde la perspectiva de la secretaría de educación distrital se entiende la articulación del ambiente en la RCC, de la siguiente manera:



Figura 2. Niveles de Implementación de la Reorganización curricular

Fuente: SED Bogotá 2008

La figura mostrada anteriormente hace referencia a la aplicación del ambiente de aprendizaje, como un sistema en donde se tiene en cuenta la ubicación respecto al nivel de articulación institucional, “Este proceso de articulación por ciclos se implementa en tres grandes niveles lógicos de complejidad, lo que evidencia la visión sistémica del proceso”. (SED Bogotá D.C., 2008, p. 33)

Los niveles establecidos, involucran a la institución, la organización curricular por ciclos y el ambiente en el que se desenvuelve la propuesta pedagógica. Desde la institución, se contempla la misión y la visión, los valores y PEI; de acuerdo a éstos aspectos, el nivel II se dinamizan los procesos de enseñanza – aprendizaje de un ciclo en particular. En el nivel III, los ambientes de aprendizaje, se establecen como el escenario de implementación de los enfoques institucionales. Lo anterior de acuerdo a la concepción desde la secretaría de educación distrital.

“En consecuencia, los ambientes de aprendizaje son importantes pues materializan los acuerdos de los niveles I y II de la reorganización curricular por ciclo”. (SED Bogotá - Bogotá Humana, 2012)

LA ESTRUCTURA DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE EN LA RCC

Estructuralmente, el ambiente de aprendizaje debe estar organizado de tal manera que en todo momento tenga claro el principio , medios y fin del ambiente. Así, el ambiente de aprendizaje debe tener en cuenta la interacción del ciclo y la institución, en donde se pueden encontrar unos propósitos que aporten a la intención formativa, debe tener unos aprendizajes, debe utilizar un proceso de evaluación que sea coherente con las estrategias de evaluación acordadas para el ciclo y que se articule con el sistema de evaluación institucional, debe contar con una secuencia de aprendizaje, debe utilizar unas estrategias didácticas coherentes con la integración curricular, y finalmente, el ambiente de aprendizaje debe utilizar los recursos destinados para tal fin.



Figura 3. Estructura pedagógica de un ambiente de aprendizaje mediante acuerdos de nivel I, II y III.

Fuente: Elaboración Propia.

SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

La rama principal de control a utilizar es la automatización. Ésta tecnología trata de la aplicación de sistemas mecánicos y electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar determinado sistema. Tiene como beneficios el incremento de la

productividad, mayor seguridad para el operario, y una mano de obra mínima. Mejora la calidad del producto y la reducción del tiempo de producción. (Carrillo & Vázquez, 2008).

El sistema electrónico del proyecto se basa en la operación de control por medio de un sistema embebido, programado con lógica difusa, que responde ante estímulos de un timer y varios sensores.

Resulta arriesgado definir conceptos que se han desarrollado en innumerables contenidos alrededor de Control. Por ello, hago una relación introductoria al concepto de sistema embebido y los tipos de requerimientos temporales del mismo.

SISTEMA EMBEBIDO (S.E.)

Un sistema embebido hace referencia a equipos electrónicos que incluyen procesamiento de datos. A diferencia de una PC (en cualquiera de sus diversos formatos), los sistemas embebidos se diseñan para satisfacer una función específica (reloj digital, reproductor de MP3, teléfono celular, router, sistema de control de automóvil –ECU– o de satélite o de planta nuclear, etc.). Los Sistemas Electrónicos Embebidos están constituidos tanto de elementos hardware como de software, diseñados para abordar un problema específico de manera eficiente; cumpliendo requisitos en cuanto a tamaño, consumo, confiabilidad y costo. (Segura, 2014)

Un sistema embebido es un sistema electrónico contenido (“embebido”) dentro de un equipo completo que incluye otras partes (mecánicas, electromecánicas, etc.). (Cruz, 2013).

Muchas veces, un sistema embebido es un componente de un sistema mucho más grande, como por ejemplo los sistemas de frenos o el sistema de inyección de combustible, en automóviles actuales con sistemas embebidos.

Estructura

Las principales características de un sistema embebido son el bajo costo y consumo de potencia. Dado que muchos sistemas embebidos son concebidos para ser producidos en miles o millones de unidades, el costo por unidad es un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa de diseño. (Cruz, 2013)

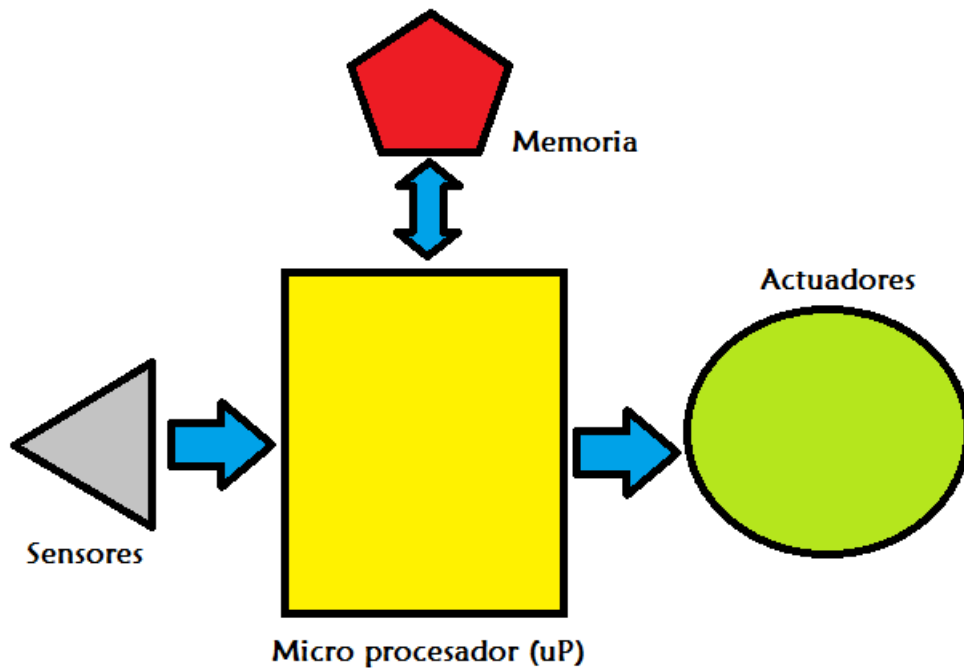


Figura 4. Estructura Básica de un Sistema Embebido.

Fuente: Elaboración Propia.

Generalmente, los sistemas embebidos emplean herramientas de Hardware y Software. Esta combinación puede ser reemplazada en muchos casos por un circuito integrado que realice la misma tarea. Pero una de las ventajas de los sistemas embebidos es su flexibilidad. Ya que a la hora de realizar alguna modificación resulta mucho más sencillo modificar líneas de código al software del sistema embebido que reemplazar todo el circuito integrado.

Hardware

Los programas en estos sistemas se ejecutan minimizando los tiempos muertos y enfrentando fuertes limitaciones de hardware, ya que usualmente no tienen discos duros, ni teclados o monitores, una memoria flash reemplaza los discos y algunos botones y una pantalla LCD normalmente reemplazan los dispositivos de interfaz. Además posee sensores específicos, microprocesador, tarjeta electrónica o PCB, componentes electrónicos varios y actuadores para aplicaciones específicas.

Software

Un sistema embebido debe enfrentar fuertes restricciones de recursos, por tanto normalmente deberá hacer uso de sistemas operativos especiales, denominados de tiempo real (RTOS Real time operating system). El software que controla un dispositivo de hardware, por ejemplo una memoria ROM, Flash o un circuito integrado se conoce como Firmware. Típicamente la programación en estos dispositivos se realiza en lenguaje ensamblador o en lenguaje C y C++.

REQUERIMIENTOS TEMPORALES DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS (S.E.)

Para que el funcionamiento del sistema sea correcto no basta con que las acciones sean correctas (validez lógica), sino que tienen que ejecutarse dentro del intervalo de tiempo especificado (instante en que se produce la corrección).

El tiempo en que se ejecutan las acciones del sistema es significativo para asegurar determinismo, tiempo de respuesta y tiempo de ejecución (contemplar el caso más desfavorable). (Cruz, 2013).

Se entiende tiempo de respuesta, como el tiempo que tardan las salidas de un sistema en reaccionar ante un cambio en una o en varias entradas.

Definición del Sistema de Tiempo Real

Un uso muy común de los sistemas embebidos (S. E.) es en los sistemas de tiempo real, entendiéndose por sistemas en tiempo real a aquellos sistemas en los que el control del tiempo es fundamental para el correcto funcionamiento. Los sistemas en tiempo real necesitan realizar ciertas operaciones o cálculos en un límite de tiempo.

Un sistema embebido de tiempo real interacciona repetidamente con su entorno físico y responde a los estímulos que recibe del mismo dentro de un plazo de tiempo determinado. Se debe tener en cuenta que Tiempo Real no es igual a Rápido. (Cruz, 2013).

Los sistemas en Tiempo Real son sistemas que deben responder a la velocidad que sus tareas lo exijan o sino el sistema correrá el riesgo de presentar una falla parcial o total. Un sistema falla cuando no es capaz de cumplir con los requerimientos y las restricciones previamente establecidas. (Universidad de los Andes, 2014).

Posibles Fallas en un Sistema en Tiempo Real

FALLA PARCIAL	FALLA TOTAL
El sistema es capaz de cumplir con su función pero incumple algún requerimiento o restricción.	El sistema no cumple con los requerimientos, no cumple con su labor.

Figura 5. Posibles Fallas en un sistema en tiempo real.

Fuente: (Universidad de los Andes, 2014)

Tipos de Sistemas de Tiempo Real

De cierta forma todos los sistemas existentes son sistemas de tiempo real ya que de algún modo en todos los sistemas hay restricciones de tiempo. Sin embargo, en

algunos casos las restricciones son más estrictas y su incumplimiento puede ocasionar fallos catastróficos.

A un sistema de tiempo real lo definen las restricciones de tiempo y sus efectos.

Sistemas Hard

Son aquellos sistemas en los cuales el incumplimiento de alguna restricción temporal tiene consecuencias catastróficas en el funcionamiento del sistema. En este tipo de sistemas las fallas parciales no son admisibles.

Sistemas Firm

Son aquellos sistemas que admiten cierto número de incumplimientos a las restricciones temporales antes de presentar una falla catastrófica.

Sistemas Soft

Son aquellos sistemas en los cuales los incumplimientos temporales no representan una falla del sistema, aunque sí representan un bajo desempeño. Ejemplo: Un video Juego.

Interfaz Humano - Máquina (HMI)

Del inglés *Human Machine Interface*. Antes de buscar requerimientos propios del diseño de sistemas embebidos, es importante considerar que los sistemas de control, al igual que algunos otros sistemas, pueden dividirse en 3 componentes.

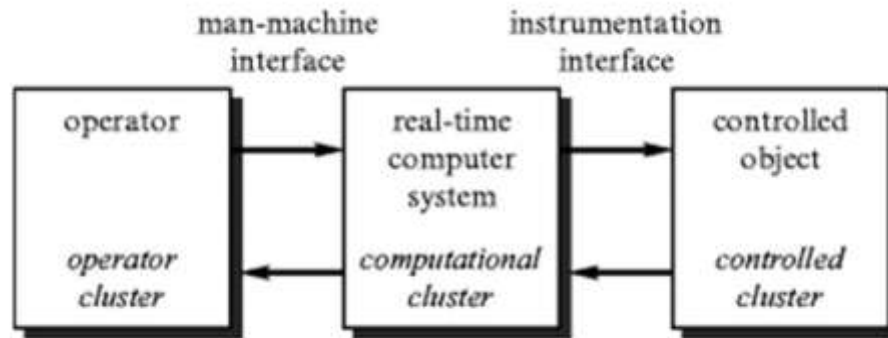


Figura 6. Componentes Sistema de Control que incluye relación Humano – Máquina.

Fuente: (Universidad de los Andes, 2014).

INVERNADERO

Un invernadero es toda aquella estructura que protege al cultivo de las condiciones climatológicas externas, permitiendo su crecimiento y la realización de las labores culturales en el interior del mismo, durante todo su ciclo. Dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. (InfoAgro, 2013)

En la construcción de un invernadero hay que tomar en consideración al menos los siguientes factores:

- ❖❖ Los materiales que configuran la estructura deben resistir los esfuerzos mecánicos a los que van a ser sometidos y no deformarse con el paso del tiempo.
- ❖❖ El peso de la propia estructura, el empuje del viento y la sobrecarga de nieve son los efectos más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar e instalar un invernadero.
- ❖❖ Los materiales de cobertura o recubrimiento han de ser resistentes a los factores climáticos adversos (lluvia, viento, nieve y granizo) y permitir la mayor transmisión posible de la radiación solar que reciben.

- ❖❖ La superficie y el volumen del invernadero tienen que ser lo suficientemente grandes como para permitir una mecanización que resulte utilizable rápida y cómodamente.
- ❖❖ La orientación y el diseño del invernadero han de reunir características tales que le permitan recibir la mayor radiación solar posible y que se produzca una renovación del aire satisfactoria, especialmente durante las épocas del año en que estos aspectos son más necesarios: solar en invierno y ventilación en verano.
- ❖❖ Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atienda a determinadas características de sus elementos constructivos (por ejemplo: por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc.).

Para el proyecto se dispone de un invernadero con una estructura conocida como asimétrico o Inacral. Las características generales para éste tipo de invernaderos se describen a continuación.

INVERNADERO ASIMÉTRICO O INACRAL



Figura 7. Ejemplo Gráfico de Invernadero Asimétrico o Inacral

Fuente: <http://tecnicainternational.com/manejodeaguas/>

La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal. Presenta aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol. La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a 60° , pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulos comprendidos entre los 8° y 11° en la cara sur y entre los 18° y 30° en la cara norte.

La altura máxima de la cumbrera varía entre 3.0 m y 5.0 m, y su altura mínima de 2.3 m a 3.0 m. La altura de las bandas oscila entre 2.15 m y 3.0 m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2.0 m x 4.0 m.

✓✓ *Sus principales ventajas son:*

- ✓✓ Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- ✓✓ Su economía.
- ✓✓ Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- ✓✓ Es estanco a la lluvia y al aire.
- ✓✓ Buena ventilación debido a su elevada altura.
- ✓✓ Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

✓✓ *Sus principales desventajas:*

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano. (Carrillo & Vázquez, 2008)

SISTEMA DE RIEGO

El agua en las plantas es necesaria, ya que los tres átomos que constituyen su molécula, con la consiguiente polaridad de sus cargas eléctricas, facilitan mucho la disolución en agua de otras sustancias, y con esta pueden producir la fotosíntesis la cual es un proceso en el que la planta fabrica sustancias necesarias para su nutrición y desarrollo.

El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan (alimento) favoreciendo así su crecimiento, mientras que el fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Se busca tener un equilibrio en el riego y la fertilización para que haya un ahorro de agua y la planta tenga un crecimiento óptimo.

En la mayor parte de los cultivos hortícolas se utiliza el riego como técnica habitual para conseguir la máxima producción. Existen varios sistemas de riego: el riego tradicional por gravedad, ya sea por desbordamiento, por inundación (a manta) o por surcos; el riego por aspersión, mediante sistemas fijos, semifijos y móviles, y el riego localizado (por goteo). (Carrillo & Vázquez, 2008)

✓✓ *Existen varios sistemas de riego, entre los cuales sobresalen:*

- ✓✓ Aspersión, microaspersión y nebulización
- ✓✓ Puentemóvil
- ✓✓ Goteo

RIEGO POR ASPERSIÓN

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. Para conseguir un confiable riego por aspersión es necesario tener presentes aspectos como:

- ✓✓ Presión en el agua.
- ✓✓ Una dedicada red de tuberías adecuadas a la presión del agua.
- ✓✓ Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución.
- ✓✓ Depósito de agua que conecte con la red de tuberías.



Ilustración 1. Registro Fotográfico de un sistema de Riego por Aspersión.

Fuente: <http://jardinplantas.com/el-riego-por-aspersion/>

RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Es una variante del riego por aspersión, del tipo de riego localizado, pues la lluvia va dirigida hacia la zona de suelo cercana a la planta, ocupada por las raíces. Consiste en aplicar agua en forma de lluvia fina mediante dispositivos (llamados microaspersores) que la distribuyen en un radio no superior a los 3 metros. Atendiendo su funcionamiento hidráulico, los dispositivos de micro aspersión pueden ser de largo conducto, de orificio, de remolino o autocompensante.

El riego por microaspersión se diferencia de las variadas formas de aspersión convencional debido a que el caudal y la presión de cada aspersor son bajos. Las características más importantes del sistema de riego por microaspersión son:

- ✓✓ El área húmeda que cubre cada micro aspersor es reducida pero bastante uniforme.
- ✓✓ Los componentes convencionales del sistema de riego por microaspersión son pequeños y económicos.
- ✓✓ La instalación del sistema de riego generalmente es fija mejorando la eficiencia de riego.
- ✓✓ El sistema de riego por microaspersión requiere bajos caudales para su operación.
- ✓✓ El sistema de riego por microaspersión es aplicable al riego de hortalizas, plantas aromáticas y flores ornamentales.
- ✓✓ Los costos de operación se reducen a diferencia de los sistemas de riego convencional.
- ✓✓ Se adapta a cualquier topografía y suelo. (Rodas & Cisneros, 2000).



Ilustración 2. Registro Fotográfico de Riego por microaspersión.

Fuente: <http://www.riegosariel.com.ar/>

RIEGO POR NEBULIZACIÓN

Es cuando en el sistema, se expulsa agua en forma de neblina, a través de emisores colocados en la parte superior de los cultivos, el cual además de suministrar agua o fertilizante, contribuye en cierta forma a disminuir temperatura y elevar el nivel de humedad relativa en el interior del invernadero.

Este tipo de riego presenta ventajas considerables frente a los demás sistemas debido a su riego uniforme y que el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a los cultivos y no compacta el sustrato.

El riego por nebulización (niebla) es el apropiado para la producción de plántulas (germinación de plantas), donde, debido a la delicadeza de estos cultivos, las gotas grandes del riego podrían dañarlos. (HYDRO Environment, 2014)

En muchos otros casos, los nebulizadores solamente se utilizan para aumentar la humedad relativa de la instalación, o para regular la temperatura en el interior del invernadero. Cuando se instala un sistema de riego por nebulizado, básicamente se lanza agua a presión con ayuda de una bomba a través de los nebulizadores instalados, si no existe la presión suficiente el nebulizador no genera riego.

Dependiendo de las necesidades hay diferentes formas de acomodar los nebulizadores en la tubería:



Figura 8. Ubicación de Nebulizadores para Cultivo en Camas

Fuente:http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=219

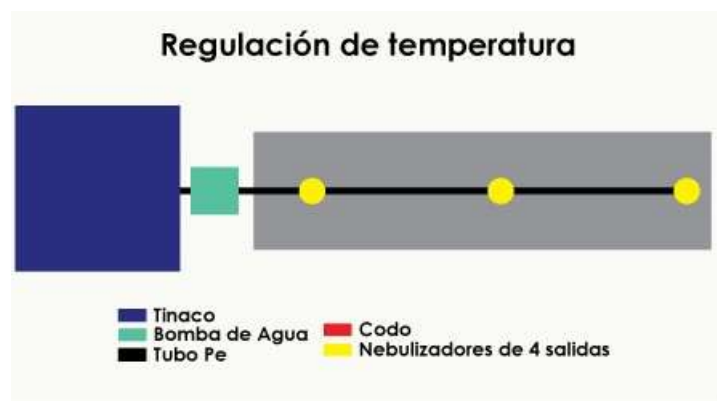


Figura 9. Ubicación de Nebulizadores para Regulación de temperatura

Fuente:http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=219

ESTUDIO DE SUELO

En éste apartado se trata únicamente lo relacionado con la fase líquida del suelo, puesto que es el tema de interés en el proyecto. Se entiende que al hablar del agua del suelo, se hace referencia a una solución y no al agua pura.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

La cantidad de agua que posea el suelo es una de sus características más específicas y está determinada, fundamentalmente, por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración. (Jaramillo, 2002)

La humedad del suelo se puede expresar gravimétricamente o volumétricamente. La humedad gravimétrica es la forma básica de expresar la humedad del suelo y se entiende por ella como la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo. Frecuentemente se expresa como un porcentaje:

$$\% \text{ de Humedad gravimétrica } H = \left(\frac{M - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Dónde: *Ecuación 1. Humedad Gravimétrica del suelo en términos de porcentaje*

M = masa del suelo húmedo.

H = humedad del suelo.

M_s = Masa del suelo seco.

Existen varios métodos para la medición de humedad en los suelos, el interés de éste trabajo se basa exclusivamente en dos:

Método gravimétrico

Este método es el más antiguo de todos, se emplea normalmente como comprobación de los demás sistemas. Es fácil de realizar, pero tiene el inconveniente del excesivo tiempo que requiere y no distingue entre la humedad y las materias

volátiles que el cuerpo puede contener o que puedan producirse por descomposición térmica. El proceso para la implementación es el siguiente:

- 1) Se extrae una muestra de suelo.
- 2) Se coloca la muestra dentro de un recipiente hermético, previamente pesado.
- 3) Se obtiene el dato de valor del peso de la muestra con la cual se obtendrá el dato de peso húmedo, en una balanza de precisión (Ph).
- 4) Se coloca el recipiente en una estufa a 105 °C hasta lograr un peso constante al deshidratar la muestra, lo cual ocurrirá, según diferencias en la textura, en un lapso de 20-24 horas.
- 5) Se retira la muestra de la estufa y una vez enfriado, se efectúa la pesada de la muestra, obteniéndose el dato del peso seco (Ps).
- 6) Se calcula el peso del agua evaporada mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Humedad} = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Ecuación 2. Porcentaje de Humedad en el Suelo de acuerdo al método gravimétrico.

Así, queda expresada la humedad del suelo en porcentaje, referida a suelo seco, que se interpreta como los gramos de agua contenidos en 100 gramos de suelo seco.

Métodos resistenciométrico/capacitivo

El método resistivo, consiste en la medición indirecta de la humedad del suelo a partir de valores de la resistencia eléctrica.

Generalmente, se realiza mediante el uso de sensores que miden los cambios en la resistencia, hallada por la corriente eléctrica en un circuito que incluye a dos electrodos colocados en función de su contenido hídrico y la misma será menor, cuanto mayor sea la humedad del medio que separa ambos electrodos.

La calibración apropiada del aparato transforma datos de resistencia en valor de humedad. Son poco sensibles en suelos con altos contenidos hídricos; se los considera aptos para suelos neutros de textura gruesa. Dado que los bloques permiten medir humedades retenidas a tensiones mayores a una atmósfera, son el complemento ideal de los tensiómetros. Tienen variaciones con la salinidad del agua. En el método capacitivo, se miden los cambios en las constantes dieléctricas. Se basa en la gran diferencia entre la constante dieléctrica relativa del agua libre ($\epsilon = 80$) y la de aquellos otros constituyentes del suelo ($\epsilon = 2$ a 7) y el aire ($\epsilon = 1$). El suelo es un dieléctrico imperfecto y la introducción de dos electrodos metálicos en el suelo hace que el complejo (tierra-electrodos) actúe como un condensador. La constante del dieléctrico no es directamente mensurable, pero su determinación se liga estrechamente a otro parámetro eléctrico como capacitancia o frecuencia. (Pacheco, 2007)

✓✓ *Ventajas:*

- ✓✓ Son de costo reducido.
- ✓✓ Tienen un muy rápido tiempo de respuesta y son acoplables fácilmente con sistemas de adquisición de datos, aún en forma remota.
- ✓✓ Una vez colocados, no requieren ningún tipo de mantenimiento.

✓✓ *Desventajas:*

- Se trata de sensores puntuales, por lo que debe elegirse su ubicación en el suelo de forma muy criteriosa y cuidadosa.
- Se degradan con el tiempo (la humedad los corroe y disuelve). Esto trae por consiguiente un constante seguimiento y recambio periódico.

CULTIVO Y PRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolla alrededor la etapa de germinación de hortalizas de hoja. Se define el trabajo a partir de la germinación y producción de lechuga.

“Horticultura: (Del lat. Hortus, huerto, y -cultura).1. f. Cultivo de los huertos y huertas. 2. f. Arte que lo enseña. La palabra hortaliza viene del latín “hortalis” relativo al huerto”. (DRAE). Es una planta herbácea cultivada en los huertos y destinada a la alimentación humana.

En la categoría de hortalizas no se incluyen a las frutas ni a los cereales. Las hortalizas se clasifican de acuerdo a la parte comestible de la planta:

1. Las raíces: Zanahorias, Nabos, Pies de Apio. Apio nabo, Remolacha, Rábanos, Salsifí.
2. Las hojas: Acedera, Acelgas, Berro, Canónigo, Cebollino, Escarola, Espinaca, Lechuga.
3. Los bulbos: Ajos, Cebollas, Chalotas, Cebolleta.
4. Los rizomas: Espárragos, Endibias.
5. Brotes y flores: Alcachofas, Coles de Bruselas, Coliflor, Brócoli, Repollo.
6. Los frutos: Berenjenas, Pepinos, Calabacines, Tomates, Pimientos, Calabaza.
7. Tallos: Apio.
8. Los granos: Guisantes, Habas.
9. Los tubérculos: Papa

Una de las ventajas del trabajo con hortalizas es que “su ciclo vegetativo (desarrollo completo) generalmente es corto: 60 a 80 días”. (Urbana, p. 6). La Clasificación de hortalizas en clima frío de acuerdo a la temperatura media mensual de 8° a 18° C:

Ajo, Cebolla, Apio, Cilantro, Zanahoria, Acelga, Betabel, Espinaca, Quelites, Brócoli, Coliflor, Col, Lechuga y Repollo. (Urbana, p. 7)

El éxito de la germinación depende de una temperatura adecuada y de la humedad del suelo. Las semillas también necesitan oxígeno para desarrollarse, si se cubren con mucha tierra se asfixian. Como norma general la profundidad de siembra debe ser como máximo 3 veces el tamaño de la semilla. (hortalizas).

LA LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.)

Descripción general

La lechuga tiene un ciclo corto y es poco exigente en temperatura, por ello resulta muy interesante para cultivo protegido en las regiones septentrionales del Mediterráneo, donde es consumida de modo habitual.

La germinación dura 3 días a una temperatura entre 15 y 20°C y 15 días cuando la temperatura es de 5°C. Si se sobrepasa los 25°C, la germinación ya no es tan efectiva dándose la circunstancia de que a 30°C sólo alcanza el 12%. Por lo tanto cuando el tiempo es caluroso y soleado, debe sombrearse el semillero con el fin de bajar la temperatura del suelo. Las semillas de lechuga tienen una prolongada latencia, que puede romperse a baja temperatura, basta con humedecer las semillas y guardarlas a 2°C durante 48 horas.

La lechuga puede tolerar las heladas ligeras pero no resiste temperaturas superiores a los 30°C.

La formación del cogollo depende del balance entre la intensidad luminosa y la temperatura, de tal modo que cuando en invierno la luminosidad es débil y la temperatura nocturna es elevada, se puede inhibir el acogollado. También se puede

observar este fenómeno cuando se utiliza un "acolchado radiante" con agua caliente cercana a la planta.

Por otra parte cuando los días son largos y las temperaturas altas, la lechuga tiende a subir a flor. Esto es más frecuente en verano y en otoño que en invierno y primavera.

Variedades

Los dos tipos de lechuga que se cultivan más frecuentemente son:

- ✓✓ El tipo de "lechuga romana" de hojas largas y rectas, sin cogollo, cultivadas al aire libre en muchos países del Mediterráneo.
- ✓✓ El tipo de "lechuga acogollada", de hojas rizadas que forman una bola. Este es el tipo más cultivado y atendiendo a la consistencia de la hoja podemos clasificarlo como sigue:
 - Los cultivares de cogollo rizado y hojas más consistentes, como Iceberg, Great Lakes, Batavia, etc., que se cultivaban sobre todo en los Estados Unidos y en la actualidad se cultivan también en el área mediterránea.
 - Los cultivares de cogollo redondo de hojas tiernas mantecosas, como son Trocadero, Verpia, Ravel, Estiva, etc. que se cultivan sobre todo en Europa.

Prácticas culturales

Aunque el cultivo de la lechuga es más fácil que el de otras plantas como el tomate o el melón, requiere un cierto grado de precisión si se quiere obtener un cultivo uniforme que pueda ser recolectado de una sola vez.

Por lo general se realiza trasplante, con preferencia sobre la siembra directa. Si se hace a raíz desnuda el ciclo de cultivo se alarga, las plantas no son tan uniformes y por ello debe recurrirse al uso de plantas criadas en cepellón de sustrato preparado en dados, macetitas, bandejas de alveolos, etc. Cuanto más pequeño es el cepellón más

barato resulta, pero tiene el inconveniente de que la planta es más sensible a la sequía y hay que controlar el riego cuidadosamente.

Hay que dejar una distancia entre las plantas dependiendo de su tamaño. Con una densidad de plantación alta se aumenta la producción por m², pero simultáneamente disminuye el tamaño de la planta y favorece el desarrollo de hongos. Asimismo cuando las plantas están demasiado densas, el nivel de humedad aumenta porque se dificulta la circulación del aire. Por lo general se planta entre 12 y 20 unidades por m².

La lechuga no tolera la salinidad del suelo y por ello debe abonarse en pequeñas dosis, con el objetivo de evitar un aumento del contenido de sales del terreno. Asimismo se puede recurrir al riego para controlar la salinidad lavando el suelo antes de plantar.

El ciclo de crecimiento oscila entre 60 y 80 días según el ambiente climático y la precocidad del cultivar. La producción depende del tamaño de las plantas en el momento de la recolección y del número de plantas por m². Se considera un buen rendimiento cuando se recogen entre 3 y 4 kg por m². (FAO, Departamento de Agricultura, 2013)

Capítulo 3

Proceso

Metodológico y

Desarrollo del

Proyecto

GENERALIDADES

En la construcción del proyecto, intervinieron las directivas de la institución desde la rectoría y consejo directivo, los profesores del área de agropecuaria de la institución, el administrador de la finca, los profesores del Sena encargados del ciclo de profundización de los grados 10 y 11 y los padres de familia. Por medio del desarrollo constructivista, se ha implementado un trabajo conjunto, que se refleja en la participación activa de los estudiantes, el profesor del Sena encargado del área agropecuaria, los profesores de la asignatura de agrícolas de la institución, el licenciado en electrónica en formación de la universidad pedagógica nacional. Los estudiantes que están involucrados se han mostrado como líderes ante sus compañeros de curso, tanto en el proceso de construcción del proyecto en la primera parte del ciclo quinto, es decir, en décimo grado, como en la segunda parte del ciclo: undécimo grado.

La implementación del sistema de riego, se acopla las condiciones de infraestructura del invernadero, el proceso introduce el desarrollo de guías de trabajo para los estudiantes, como apoyo al proceso de enseñanza – aprendizaje. Basado en el ambiente colaborativo, surgieron actividades que estimulan el aprendizaje a través del ejemplo y del desarrollo práctico. Trabajo con planos y convenciones, inclusión de variables, medición de áreas, trabajo hidráulico, agrícola y de mantenimiento. Proceso de construcción y adaptación de un sistema de riego con actuadores como micro-aspersores y nebulizadores, identificando diferencias y evaluando viabilidad. Guías para el estudio y aplicación práctica de la electrónica básica de acuerdo a lo que se utilizará en el invernadero. Aplicación del sistema de control electrónico, diseñado para las características del sistema de riego implementado.

METODOLOGÍA

En el marco de acercamientos con los directivos y docentes de la institución educativa IEDR Pasquilla y el interés por la vinculación de tecnologías aprovechables en el sector agrícola desde la licenciatura en electrónica de la universidad en sus instalaciones, se interviene en la granja de la institución.

Se realizó un ejercicio de observación durante dos meses, con el fin de identificar necesidades y diferentes opciones de acuerdo al trabajo de los estudiantes en la granja, ya fuese en el aspecto pecuario o en el agrícola. Luego de analizar detenidamente los aspectos positivos y negativos de cada uno de las opciones o proyectos en los cuales se podía intervenir, se decidió trabajar el aspecto agrícola con intervención en el espacio del invernadero de la granja. Se diseña la propuesta y se sustenta ante la universidad pedagógica nacional, posterior a su aprobación se comunica la decisión al concejo directivo de la institución por medio de una exposición, donde formalmente se efectuó su viabilidad.

El proyecto está fundamentado en la metodología experimental, mediante el trabajo con módulos guía elaborados con fines específicos y propios de la situación, un ambiente colaborativo y acompañamiento permanente. El trabajo en el ámbito técnico está presente en todo el proceso, puesto que existen parámetros para cada una de los sistemas a trabajar, y por ello, la investigación y aprendizaje es constante en relación con las sesiones trabajadas. Se obtiene como resultado una serie de herramientas creadas y adaptadas a la realidad inmediata, por medio de un ambiente propicio, un ambiente de aprendizaje.

Luego de un proceso de observación, se determina el trabajo con un grupo base de seis (6) estudiantes que muestran interés en hacer parte del proyecto, de acuerdo al criterio del instructor del Sena y docentes de la asignatura de agricultura.

FASES DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta que la implementación tecnológica hace parte de la ciencia, se requiere un método, es decir, un modo ordenado de proceder para alcanzar un fin determinado. La concreción del ambiente de aprendizaje se desarrolla por fases y componentes, los cuales, organizadas cronológicamente, permiten dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

Primera Fase

Presentación del Proyecto y Acondicionamiento del invernadero

Por medio de dos (2) sesiones basadas en el diálogo, se realiza la exposición del proyecto frente al grupo de estudiantes seleccionados previamente.

Para la implementación de sistema de riego por aspersión, es necesario que el lugar cumpla con características de higiene, mantenimiento y adecuación. Durante ésta etapa, se desarrolla un trabajo colaborativo de mano de obra obrera entre los estudiantes y el licenciado en electrónica en formación. Las labores como aporte al ambiente de aprendizaje en ésta etapa, se enmarcan dentro del trabajo en equipo.



Ilustración 3. Fragmento de Registro Fotográfico de la Primera Fase.

Segunda Fase

Diseño y construcción del sistema de riego

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos propuestos; En ésta etapa, el proceso gira en torno a la determinación de materiales adecuados según las necesidades, diseño de prototipos, ámbitos técnicos de acuerdo a la investigación, estudio de antecedentes y construcción del sistema.

La implementación del riego, es liderada por el instructor del Sena, el trabajo con los estudiantes en ésta etapa, recoge ámbitos técnicos de riego y mecanismos implícitos en el montaje del sistema de riego.



Ilustración 4. Fragmento de Registro Fotográfico de la Segunda Fase.

Tercera Fase

Elaboración de guías de trabajo para la Construcción

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos propuestos; Ésta etapa es transversal, puesto que se planean, diseñan e implementan guías de trabajo en todas las fases del ambiente de aprendizaje, de acuerdo a las variables que intervienen en el proceso de enseñanza – aprendizaje, puntualmente en el área de Agropecuaria en el contexto de la institución de la I.E.D. Pasquilla.

Como complemento para el desarrollo del ambiente de aprendizaje y ejercicio didáctico, las guías implementadas en el proceso de construcción trabajan alrededor de conceptos como conductores y aislantes, electricidad básica, diferenciación entre corriente alterna y corriente directa, circuitos eléctricos básicos, electricidad residencial, estudio de suelo, medición de la densidad del suelo del invernadero, determinación de la humedad, cantidad de agua en el suelo, estudio de sensores, calibración del sensor a utilizar, instalación del sensor de humedad del suelo, parámetros técnicos del cultivo de hortalizas.



Ilustración 5. Fragmento de Registro Fotográfico de la Tercera Fase.

Cuarta Fase

Desarrollo del Sistema Electrónico

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos propuestos; El trabajo en ésta etapa se lleva a cabo en dos partes:

Diseño del Control Electrónico:

Por medio de información teórica se investigan y diseñan modelos de los componentes electrónicos y de control. A través de la práctica con trabajo en laboratorio, se construye un prototipo de invernadero a escala, en busca de la implementación inicial y la optimización de código de programación, calibración inicial de sensores, parametrización de la planta, riego por nebulización, funcionamiento de motobomba y electroválvula.



Ilustración 6. Fragmento de Registro Fotográfico de la Cuarta Fase.

Implementación, Adecuación y adaptación del Sistema electrónico

Se trabaja en campo (el invernadero), con la interacción de los docentes y estudiantes. Bajo un trabajo colaborativo se realizan observaciones en el comportamiento del sistema eléctrico y electrónico, estimación de necesidades y

solución a los problemas existentes. También se analiza la interacción y adaptación con el sistema de riego del invernadero.

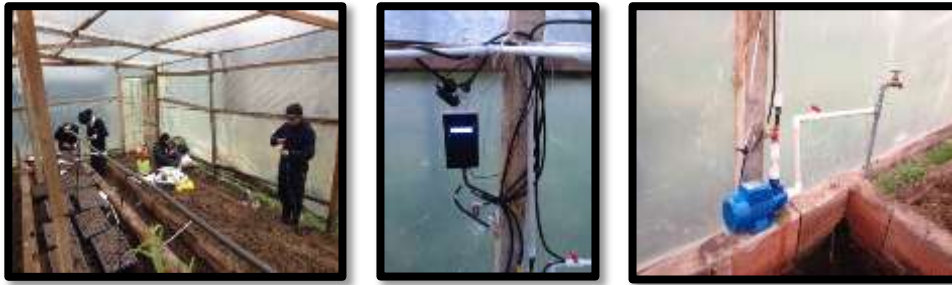


Ilustración 7. Fragmento de Registro Fotográfico de la Cuarta Fase.

Quinta Fase

Experimentación en la germinación de hortalizas

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos propuestos; En ésta fase de trabajo se trata la experimentación en la germinación de hortalizas, especialmente lechuga. Se trabaja alrededor de temas relacionados con la biología de las hortalizas de hoja ancha en clima frío bajo condiciones de invernadero. El enfoque de ésta etapa es de tipo experimental, mediante la interpretación, desarrollo, planteamiento y comprobación de parámetros de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura adecuadas para la germinación del cultivo de lechuga bajo condiciones propias del invernadero de la granja de la institución.



Ilustración 8. Fragmento de Registro Fotográfico de la Quinta Fase.

Sexta Fase

Elaboración de guías de trabajo para la Experimentación

Como complemento de uno de los objetivos específicos propuestos; Es la etapa final del proceso, su objetivo presenta dos frentes, el primero es dar continuidad a la experimentación y el segundo es suministrar un producto pedagógico que relacione la etapa de construcción y experimentación del sistema de riego automatizado electrónicamente en el invernadero. Además, tiene en cuenta los principios de las diferentes áreas, implícitos dentro del sistema.

Por ello, se diseña un módulo de “guías para la experimentación”; El cual, contiene la orientación para el docente y una serie guías de trabajo para los estudiantes, organizadas secuencialmente con temas puntuales como:

1. Presencia de carbonato de calcio en suelo del invernadero.
2. Presencia de materia orgánica en suelo del invernadero.
3. Medición de la conductividad a partir de la disolución de materiales en el agua.

4. Construcción de una pila eléctrica casera.
5. Descomposición de materia orgánica animal y vegetal.
6. Una pila eléctrica de limón.
7. Construcción de un generador eléctrico sencillo.
8. Diferenciación entre calor y temperatura.
9. Experimentación controlada del efecto invernadero.
10. Construcción de un invernadero a escala para realizar mediciones de humedad y temperatura.
11. Construcción de un globo aerostático.
12. Estudio práctico de la electroválvula y la bomba de agua.
13. Comportamiento hidrostático de la fuente de agua en el invernadero.
14. Trabajo con molinos de agua.
15. Estudio de la variable temperatura (parte 1).
16. Estudio de la variable temperatura (parte 2).
17. Medición de la variable humedad del suelo del invernadero (parte 1).
18. Medición de la variable humedad del suelo del invernadero (parte 2).

DESARROLLO DEL PROYECTO

EL AMBIENTE DE APRENDIZAJE COMO PRINCIPIO Y FINALIDAD

De acuerdo a la estructura de los ambientes de aprendizaje, se determina un proceder ordenado y argumentado en los propósitos, los aprendizajes, la evaluación, la secuencia, las estrategias y los recursos con los que se cuenta en el entorno para el desempeño del trabajo a partir de principios orientados al aprendizaje significativo, en el marco de la reorganización curricular por ciclos.

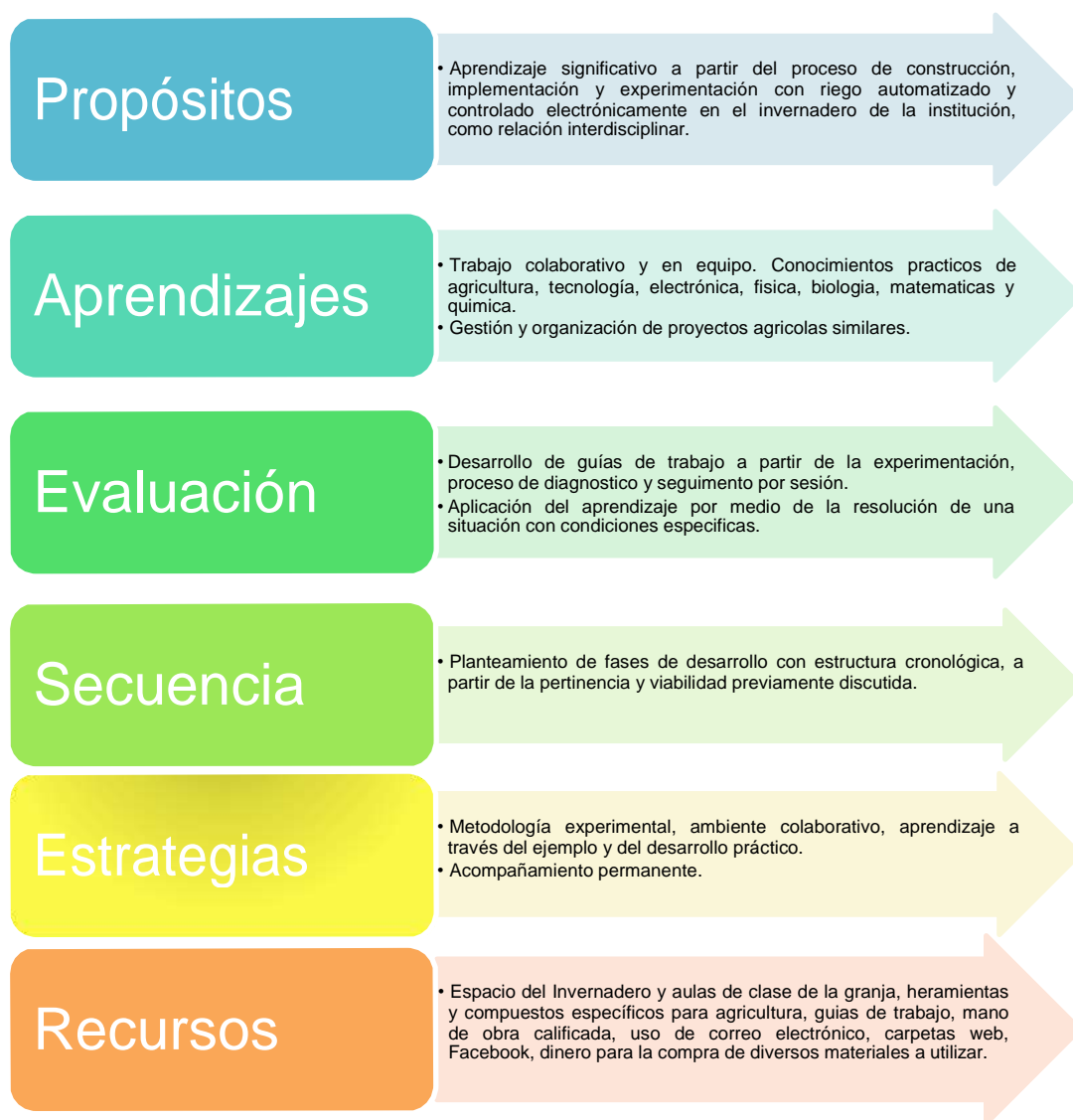


Figura 10. El ambiente de aprendizaje como principio y finalidad.

Fuente: Elaboración Propia

EL INVERNADERO COMO CENTRO DE ESTUDIO

El invernadero en el cual se realiza el desarrollo técnico de la automatización del riego, fue construido por la institución en el año 2010, con la ayuda de la junta de acción local de Ciudad Bolívar, dineros que se otorgan a la institución educativa y la organización de la asociación comunitaria que se encuentra a cargo de la administración general de la finca.

El invernadero tiene un híbrido entre una estructura conocida como asimétrico o Inacrál y la tradicional capilla. Sus dimensiones son longitud = 11 mts, amplitud = 6.35 mts, altura lateral = 2.55 mts, altura copa = 3.10 mts, perímetro de 34,7 mts, área 69,85 m². Los materiales en los cuales se encuentra construido son madera y plástico.



Ilustración 9. Fragmento de Registro fotográfico del Invernadero intervenido.

Cuenta con dos surcos o camas ubicadas en sus laterales con longitud de 10,10mts por amplitud de 1,20mts, disponibles para el cultivo separadas por bloques pegados con cemento que sobresalen a 20 cm de los pasillos disponibles; También posee una

cama central con longitud y amplitud similar a las camas laterales, construida a partir del levantamiento de paredes de 60 cm de los pasillos disponibles.



Ilustración 10. Registro fotográfico de las camas en proceso de limpieza.

Al iniciar el desarrollo del proyecto, se pacta entre los integrantes del grupo, sesiones de trabajo presenciales de Jornada completa, es decir, mañana y tarde, un día a la semana. A lo largo de las actividades, aparece el invernadero como espacio congruente para todos los integrantes del proyecto; Durante todas las fases del proceso el día miércoles de cada semana se consolida como un tiempo común de trabajo en el desarrollo de actividades relacionadas con el proyecto y así, el espacio del invernadero se consolida como punto de encuentro ideal.

Para el desarrollo de la primera fase del proyecto, se adecuó el espacio del invernadero, puesto que se encontraba lleno de maleza, el plástico agrietado y en condiciones no aptas para su utilización y siembra de cultivo. La adecuación tardó 4 sesiones, en donde se realiza limpieza general a las camas y pasillos, remoción de tierra de camas, curado de madera, protección de plástico, cubrimiento general del lugar con plástico puesto que presentaba grietas y algunos sectores sin cubrir, desinfección del espacio, arreglo de puerta, cercado exterior con polisombra y alambre de púas, limpieza general de sector inmediatamente exterior. Se lleva a cabo

actividades entorno a la delimitación del terreno, por medio de medición de dimensiones del terreno y estructura del invernadero interior y exteriormente, así como la zona inmediatamente cercana. De dicha actividad se evidencian aportes como la realización de bocetos por parte de los estudiantes, donde se asignan dimensiones.

Luego de la adecuación llevada a cabo en la primera fase, se generan actividades constantes del mismo tipo en las demás fases, debido a que el invernadero es un espacio común para todos los integrantes del grupo de trabajo.

EL SISTEMA DE RIEGO COMO NOVEDAD

Para la institución, tener un sistema de riego en su invernadero, el cual facilite el trabajo de los docentes y estudiantes en términos pedagógicos es de por sí, un logro muy importante. Genera expectativas alrededor de su implementación y sobre todo, por las múltiples labores que se pueden realizar a partir de la concreción e integración con diversas áreas de conocimiento. El desarrollo del sistema de riego tardó 5 sesiones, las cuales hacen parte de la segunda fase del proyecto.

Luego de consultar varias fuentes con la ayuda del instructor del Sena, se determina que la implementación más conveniente es el riego por nebulización. Por medio del trabajo colaborativo con los estudiantes implicados, se diseña, planea y construye la estructura. Se trata de una combinación de tubos de PVC de ½” (pulgada) y manguera de 16mm de diámetro.

Primera Conexión

Originalmente la fuente de agua disponible para el riego, se deriva de la conexión que posee el invernadero internamente; el procedimiento radica principalmente en colocar una “T” de tubo galvanizado para no interferir en la conexión con la que se

dispone. Luego de la derivación del tubo galvanizado se acoplan tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ " para dar rigidez a la conexión, por medio de "T's" y codos del mismo material y diámetro, se realizan acoples respectivos con aditamentos para formar la estructura de soporte que se planeó inicialmente por parte de los estudiantes, el instructor del Sena y el licenciado en electrónica en formación. El paso de agua lo determina una válvula mecánica (Llave de paso) de PVC adaptada por medio de uniones a la línea principal del tubo PVC.

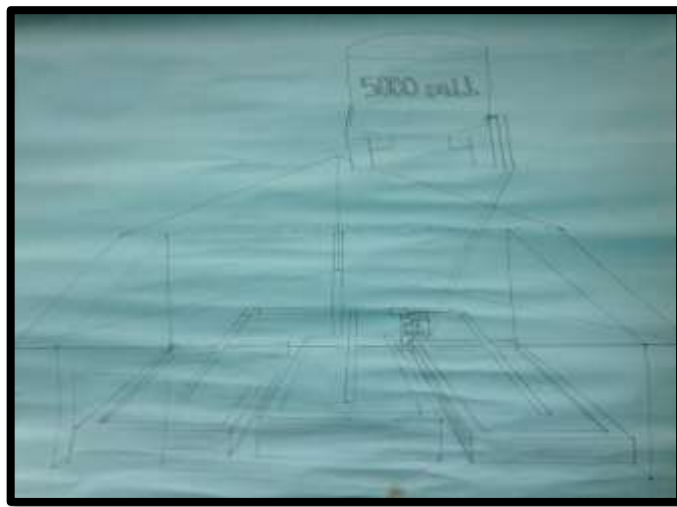


Figura 11. Boceto de la conexión inicial realizado por Estudiantes



Ilustración 11. Proceso de construcción conexión inicial de tubos

Luego de la conexión de PVC, se adaptan mediante conectores especializados válvulas mecánicas (Llaves de paso), seguidas de mangueras de poliuretano de 16mm de diámetro, las cuales se ubican especialmente en cada una de las camas siguiendo su forma. A cada una de las mangueras se les conectan “micro-mangueras de poliuretano” de 5mm de diámetro, previamente cortadas de 60 cm de largo. La función de la micro-manguera es adaptar los nebulizadores al sistema de riego, para ello se utilizan conectores especializados en la adaptación de la manguera de 16mm, micro-manguera de 5mm y nebulizadores. En el pegado y empotrado de las piezas de poliuretano no se utiliza un aditamento especializado, sino que, se calienta la manguera y la micro-manguera para asegurar su conexión segura.



Ilustración 12. Registro fotográfico Conexión de Nebulizador a la línea de Riego.

La forma en la que se define las líneas de riego es una “T” a partir de la conexión de los tubos de PVC. La línea de riego, se encuentra designada por la conexión a la manguera de 16mm, la cual, se ubica en la parte superior de cada una de las camas siguiendo su trayectoria a una altura de 2 mts sobre el terreno de las camas laterales. Para cada una de las tres (3) líneas de riego dispuestas se ubican nueve (9)

conexiones de micro-manguera y nebulizadores separados a una distancia de 1,14 mts. Cabe aclarar que cada nebulizador se encuentra separado de la manguera de 16 mm, por medio de la micro- manguera a una longitud de 60 cm, por tanto, la altura inicial a la que se encuentran los nebulizadores con respecto al terreno de las camas laterales es de 1,40 mts y de la cama central a 1m.



Ilustración 13. Registro Fotográfico primera conexión Línea de Riego Central del invernadero.

Luego de terminar la primera conexión, se realizan pruebas de funcionamiento e identificación de escapes de agua. Se observa que el flujo de agua no posee la suficiente presión para que los nebulizadores formen la nube esperada. Para dar solución frente a la presión de agua, se determina adaptar una motobomba de medio ($\frac{1}{2}$) caballo de fuerza.

En cuanto a conexión general, se analizan por parte de los estudiantes todos los inconvenientes, se asignan tareas y se procede a dar solución. Como resultado su funcionamiento es ejemplar.

Segunda Conexión

Para la segunda conexión, se adaptan a la conexión inicial (primera conexión) una serie de elementos que tienen que ver con principios eléctricos para su funcionamiento.

Como primer elemento, seguida de la válvula mecánica principal, se adapta una motobomba de medio (1/2) caballo de fuerza.

El segundo elemento, es una electroválvula de uso general, que se conecta seguida de la motobomba; ambos elementos son activados por medio de impulsos eléctricos.



Ilustración 14. Registro fotográfico Segunda conexión Motobomba y electroválvula principal.

Como tercer elemento, se adapta entre los conectores de PVC y la manguera de 16mm una electroválvula de uso general por cada línea de riego, en reemplazo de la válvula mecánica, es decir que se conectan tres (3) electroválvulas secundarias que permiten el paso de agua a cada una de las líneas de riego de manera totalmente independiente.



Ilustración 15. Registro Fotográfico Conexiones válvulas de líneas de riego. Izquierda: Conexión Válvula mecánica. Derecha: Conexión Electroválvula.

Para ésta conexión, se incluye el funcionamiento de los componentes eléctricos, por tanto, se realiza la derivación de la red eléctrica de las aulas más cercanas, cuyo objetivo es energizar la conexión de la motobomba y electroválvulas activadas por medio de un interruptor.

Luego de terminar la segunda conexión, se realizan pruebas de funcionamiento e identificación de escapes de agua. Se observa que la presión arrojada por la motobomba no hace que con las tres (3) líneas de riego activadas al mismo tiempo, los nebulizadores funcionen a su tope de riego, estimado en un radio de 1,10 mts. Por tanto, con asesoría de docentes de agrícolas de la institución y el ingeniero agrónomo de la alcaldía local, se define la activación por líneas independientes de riego, en diferentes momentos.

De acuerdo a la activación por líneas independientes de riego, se observa que la altura a la que se encuentran los nebulizadores y su trabajo con la presión adecuada con radio de riego de 1,10 mts, genera un desperdicio de agua, puesto que mucha del agua regada es arrojada fuera de las camas de riego. Como solución se trasladan las conexiones de las líneas de riego a una menor altura de 1,40 mts, es decir se bajan 60 cm de su altura inicial. Para la cama central los nebulizadores ahora se encuentran a una altura de 50 cm con respecto al terreno y para las camas laterales a una altura de 90 cm del terreno. Como resultado su funcionamiento es el esperado.



Ilustración 16. Registro Fotográfico funcionamiento de nebulizadores cama central segunda conexión.

Tercera Conexión

A partir del análisis, discusión y definición entre integrantes del proyecto acerca del cultivo a sembrar y la distribución dentro del terreno disponible en el invernadero, se realizan adaptaciones a la conexión de micro-manguera y nebulizadores de las camas laterales. Dicha adaptación consiste en alargar la longitud de micro-manguera para que el riego sea aún más localizado.

La longitud de micro-manguera en las dos camas laterales, cambia de 60 cm a 1,10mts, por tanto, la altura de cada nebulizador es de 40cm con respecto al terreno. Para dar rigidez y estabilidad a la micro-manguera se coloca una piedra amarrada con fibra para hacer contrapeso en cada nebulizador. Las conexiones de la cama central no se intervienen.



Ilustración 17. Registro Fotográfico de Tercera Conexión, adaptación de micro-manguera y nebulizadores de las camas laterales.

La siembra y producción de lechuga se realiza en las camas laterales y la cama central es utilizada para la germinación de plántulas de diferentes especies, tales como árboles nativos.

EL SISTEMA ELECTRÓNICO COMO EJE INTEGRADOR

Funcionamiento General del Sistema Electrónico

Mediante la utilización de un sistema embebido, se controla la automatización de riego, con base a datos obtenidos respecto a la información de las condiciones óptimas de mantenimiento del cultivo. Estas condiciones pueden variar a partir de cambios en la humedad del suelo, humedad relativa y temperatura del invernadero.

Por medio de los sensores ubicados de acuerdo a requerimientos específicos, se toman muestras periódicas de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura del

espacio de trabajo, el sensor utilizado para cada una de las variables entrega una señal ya sea analógica o digital de voltaje al microcontrolador, la cual es leída, guardada, interpretada y procesada. Luego de ser procesada se acoge a una determinación reflejada en los actuadores: motobomba y electroválvulas, de acuerdo a las necesidades específicas determinadas previamente.

Dicha información, posteriormente es presentada para ser interpretada por el usuario. El trabajo de lectura, alojamiento, interpretación y procesado se realiza simultáneamente para cada una de las variables y cada uno de los sensores de manera independiente.

Diagrama General del Sistema Electrónico

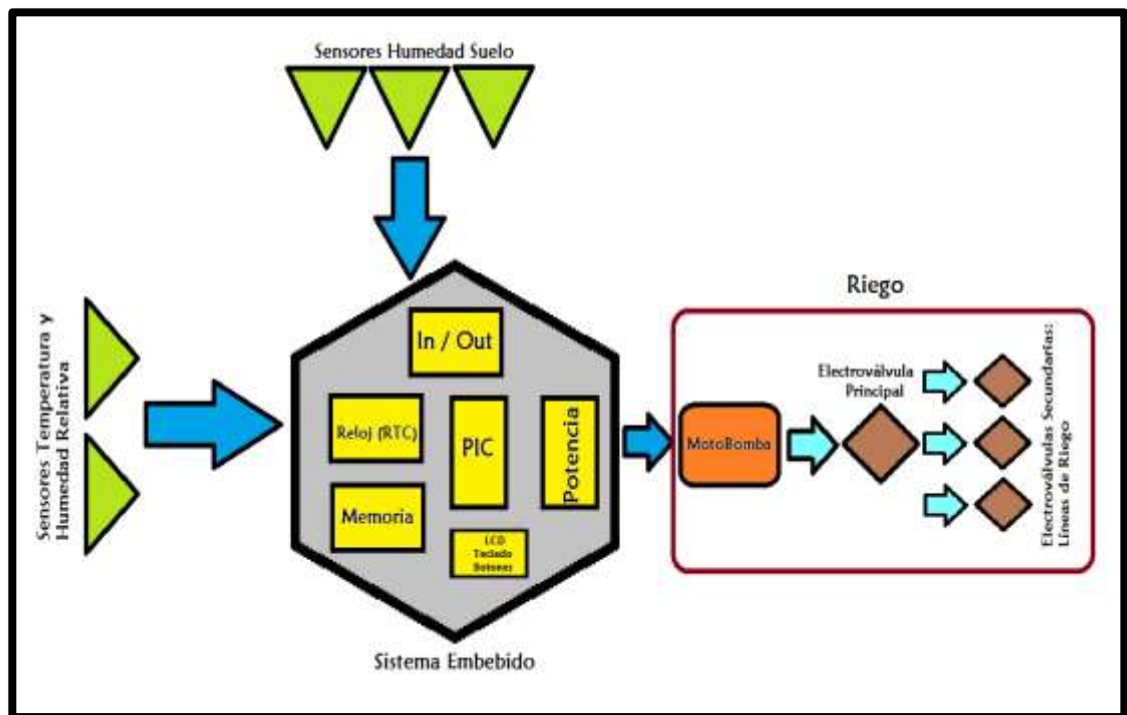


Figura 12. Diagrama General del sistema Electrónico

Fuente: Elaboración propia.

El punto de partida es la lectura de los sensores de humedad de Tierra, Humedad Relativa y temperatura, que nos entregan una señal de voltaje ya sea analógica o

digital para cada una de las variables existentes, este voltaje representa la señal analógica y/o digital de entrada hacia el microcontrolador Msp430g2553, conectándose en algunas de las terminales del módulo de entradas analógicas y digitales. Luego el CPU lee la entrada analógica y/o digital, ejecuta el programa y toma la decisión de acuerdo a las instrucciones, para activar o desactivar los Relés de la etapa de potencia mediante el funcionamiento o no de la motobomba y las electroválvulas, según convenga.

Por otro lado, el reloj en tiempo real (RTC), se comunica con el microcontrolador por medio de protocolo I2C para dar cuenta de los datos del tiempo: Año, Mes, Día, Semana, Día mes, Hora, Minuto, Segundo. Mediante programación, se activa o no el riego a determinadas horas, de acuerdo a necesidades particulares del cultivo.

Los datos son almacenados en memorias seriales EEPROM 24LC512 para llevar un registro de comportamiento a modo de DataLogger. Los valores de Año, mes, día, hora, minuto y segundo se muestran al usuario mediante una LCD de 2x16.

Variables Controladas

En el planteamiento del proyecto, se asumió la humedad relativa como principal variable a controlar; mediante el ejercicio de investigación constante acerca del trabajo con germinación de plántulas y hortalizas bajo invernadero a nivel de producción agrícola, se entiende que la principal variable a controlar en el proceso es la humedad del suelo. Por tanto, el enfoque principal de control gira entorno a la variable humedad del suelo en el invernadero.

Humedad del Suelo

Se entiende como humedad del suelo a la cantidad de agua que contiene el suelo en términos de porcentaje. Para hallar ésta variable, el sistema hace la comparación

entre el valor porcentual de humedad real del suelo (lectura del sensor) y el valor de humedad cuando el suelo se encuentra saturado con agua. El porcentaje de humedad óptima, se determinada previamente por las necesidades específicas de cultivo.

Durante el proceso de riego, el sensor se encuentra haciendo la función de detectar el grado de humedad hasta llegar a la óptima, cuando esto sucede, se interrumpe el riego, volviendo a activarlo cuando el programa lo requiera, según el valor de la lectura del sensor de humedad del suelo.

Los valores de la humedad del suelo se han parametrizado en términos de porcentaje de 0%, que representa tierra totalmente seca o propicia para ocasionar el punto de marchitez permanente (PMP) en la planta, y 100% cuando la tierra se encuentra en estado de saturación o empantanada.

Sensor de humedad de Suelo

El sensor utilizado es el YL-69, puesto que cumple con las características necesarias para el caso. Tiene la ventaja de ser un sensor económico, robusto, de rápido tiempo de respuesta y de no necesitar mantenimiento ni calibraciones, vida útil de algunos años. La función del sensor de humedad es medir la cantidad de agua contenida en la tierra, para activar la bomba y las electroválvulas según el plan de regado. El sensor es de tipo resistivo analógico, es decir, obtiene una señal de voltaje proporcional a la resistencia existente en la tierra.

La tierra contiene minerales y sales, que le otorgan propiedades conductivas permitiendo que fluya corriente a través de ella, si no existieran tales propiedades, no existiera conducción eléctrica debido a que presentaría una alta resistencia al paso de la corriente.

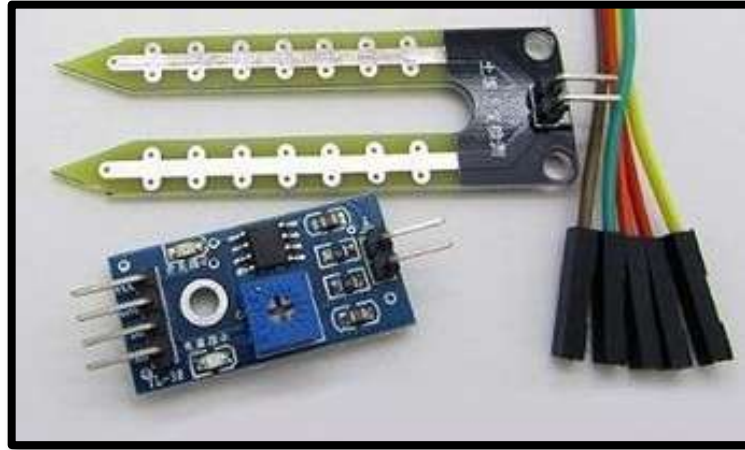


Ilustración 18. Módulo Higrómetro Humedad Suelo YL-69.

Fuente: Internet, Buscador Google.

Funcionamiento del sensor de Humedad

La pinza del sensor YL-69, cuenta con un módulo acoplado como comparador de voltaje para activar el funcionamiento e interpretación de la lectura realizada. Al ponerse en funcionamiento el circuito se está aplicando una tensión de VDC, de forma que, cuando exista mayor resistividad de la tierra entre las placas, es decir cuando la tierra se encuentre totalmente seca se tendrá un voltaje de salida (V_o) de 5 VDC. Esta resistencia de la tierra varía con el aumento de humedad y cuando llegue a estar saturada la tierra el voltaje de salida (V_o) será nulo. A diferencia de un interruptor u otra entrada digital que es encendido o apagado, la entrada analógica varía a lo largo de un rango continuo de valores posibles.

El sensor mide la humedad del suelo aplicando una pequeña tensión entre los terminales del módulo YL-69; Hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo. Por lo tanto, al aumentar la humedad la corriente crece, en caso contrario la corriente disminuye.

Todo el modulo consiste en una sonda YL-69 con dos terminales separados adecuadamente y un módulo YL-38 que contiene un C.I. comparador LM393 SMD

(de soldado superficial) muy estable, un Led de encendido y otro de activación de salida digital. El C.I. comparador presenta 2 pines de conexión hacia el módulo YL-69, 2 pines para la alimentación y 2 pines de datos. VCC, GND, D0, A0. Donde:

- VCC: Es tensión de alimentación.
- GND: Tierra.
- A0: Es una salida analógica que entrega una tensión proporcional a la humedad. Dicho valor es medido directamente desde un puerto analógico en el microcontrolador Msp430g2553.
- D0 es una salida digital: Este módulo permite ajustar cuándo el nivel lógico en ésta salida pasa de bajo a alto (0 o 1), previo ajuste de nivel de la sensibilidad del umbral de salida digital mediante el potenciómetro.

La Tensión de alimentación es de 3.3V a 5V, las Dimensiones del módulo YL-38 es de 30mm * 16mm, las dimensiones del módulo YL-69 es de 60mm*30mm.

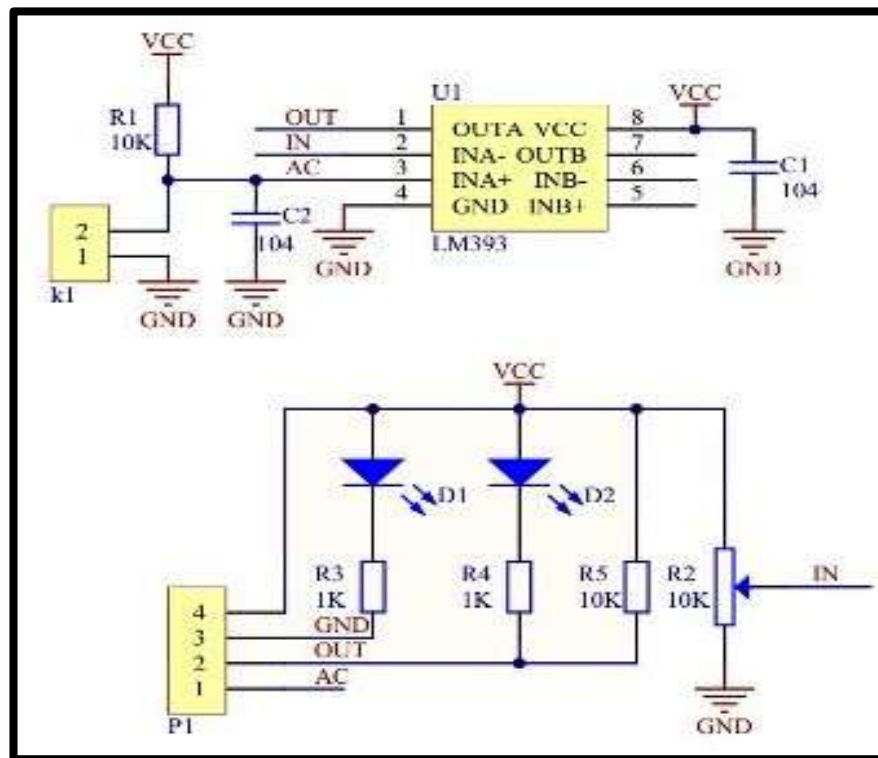


Figura 13. Diagrama de Circuito electrónico Módulo YL-69.

Fuente: Internet, Buscador Google.

El funcionamiento del sensor muestra la humedad existente en la tierra y envía la información al microcontrolador para que determine si las electroválvulas y la motobomba deben encenderse en el horario de programación según el plan de riego.

Calibración del sensor de humedad del suelo

Previo a la calibración y trabajo con el sensor por parte de los estudiantes, se desarrollan guías de trabajo las cuales buscan entender conceptos alrededor de conductores y aislantes, principios de electricidad, diferenciación entre AC – DC, medición de la densidad de suelo del invernadero.

Para trabajar el concepto de humedad, se desarrolla un trabajo con los estudiantes a partir de la determinación de la humedad del suelo del invernadero por el método convencional gravimétrico, sin utilizar el sensor ni componentes electrónicos. La ecuación utilizada para el ejercicio es:

$$\text{Contenido de Agua en \% } H_2O = \frac{\text{Peso del Agua Evaporada}}{\text{Peso de la muestra inicial}} \times 100$$

Ecuación 3. Contenido de Agua por el método Gravimétrico.

Para determinar la humedad del suelo del invernadero mediante el sensor, como primer paso se construye un prototipo de invernadero a escala, en busca de la implementación inicial, calibración inicial de sensores, parametrización de la planta, riego por nebulización, funcionamiento de motobomba y electroválvula en el laboratorio de metrología de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Mediante el trabajo previo alrededor del prototipo elaborado, se implementa una de las guía de trabajo en el invernadero para el estudiante en busca de varios objetivos:

- ✓✓ Medir el contenido de humedad del suelo, basándose en la resistencia eléctrica el voltaje entregado por los sensores y l-69. Los estudiantes miden la humedad del suelo mediante un sensor y registran los datos de humedad del suelo.
- ✓✓ Relacionar las mediciones de la humedad con la temperatura del aire y las características físicas y químicas del suelo.
- ✓✓ Determinar la profundidad ideal para colocar los sensores de acuerdo al desarrollo de la práctica.

A partir de hallazgos, producto del trabajo en la guía por parte de los estudiantes y parámetros del cultivo, los sensores se colocan a una profundidad de 20cm.



Ilustración 19. Fragmento de Registro Fotográfico Ubicación Sensor Humedad Suelo.

Por medio de trabajo en laboratorio alrededor del prototipo se realiza un experimento que consta de medir el voltaje que nos entrega el sensor en dos momentos diferentes:

1. Cuando se introduce en tierra saturada de agua y 2. Cuando se introduce en tierra Totalmente seca. Dicho ejercicio se desarrolla a partir de la lectura con el multímetro, en comparación con el valor obtenido por el puerto serial en el pc, producto de la utilización de la tarjeta LaunchPad Msp430g2553.

Luego de obtener los valores máximos y mínimos de voltaje, se procede a parametrizar el sensor en términos del porcentaje de humedad o cantidad porcentual de agua que contiene el suelo de 0% (Para la tierra totalmente Seca) y 100% (para tierra saturada).

De acuerdo al análisis matemático mediante la utilización de la ecuación de la recta, se obtiene la ecuación para convertir los datos de la conversión análoga-digital del sensor a valores porcentuales de humedad del suelo:

$$\%H = (0,384 * (\text{Valor Lectura})) + 211,53$$

Ecuación 4. Ecuación utilizada para la Parametrización del Sensor de Humedad del Suelo en el Laboratorio.

Posterior a ello, se diseña e implementa una guía de trabajo para los estudiantes, con el objetivo de realizar un proceso similar de calibración del sensor en el suelo del invernadero. Se hace análisis especial acerca de la influencia que tienen características como la salinidad y reacciones químicas del suelo, sobre la medición del sensor. Se determina como valor óptimo la humedad en el suelo cercana al 80%, con base en el análisis y trabajo realizado para la variable, teniendo en cuenta las características particulares del invernadero y del cultivo de hortalizas propuesto.

Humedad Relativa (HR) y Temperatura

Para el control de variables de Humedad Relativa y Temperatura en el invernadero, se hace necesario tratarlas en conjunto, puesto que ambas variables son dependientes una de la otra. En el caso de la implementación en el invernadero, de acuerdo a investigaciones previas, los estudios y aplicaciones se desarrollan mediante procesos controlados que actúan basados en la relación de ambas variables y no de cada una por separado. La lectura y manipulación de las variables se desarrolla a partir del funcionamiento de un sensor de características específicas.

La cantidad de vapor de agua presente en el aire, es lo que se conoce como humedad. Cuando se dice que “el aire está muy seco” lo que se quiere decir es que contiene poco vapor de agua, es decir, que contiene poca humedad. Por el contrario, si el aire contiene mucho vapor de agua, contiene mucha humedad.

La cantidad de vapor de agua que puede contener una masa de aire, depende de la temperatura. A medida que va aumentando la temperatura del aire, éste es capaz de contener más humedad. Por ejemplo, el aire tiene menos capacidad para contener vapor de agua a 5°C que a 15°C.

A una temperatura dada, el aire puede contener como máximo una cierta cantidad de vapor de agua. Cuando una masa de aire contiene la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a esa temperatura, se dice que el aire está saturado.

Para expresar el grado de saturación de una masa de aire, se mide por medio de lo que se denomina *humedad relativa (HR)*, la cual relaciona la cantidad de vapor de agua presente en una masa de aire, con respecto a la que podría estar presente en esa cantidad de aire, si éste estuviera saturado totalmente. La humedad relativa se expresa en tanto por ciento.

$$HR = \frac{P(H_2O)}{p(H_2O)} \times 100\%$$

Dónde: ***Ecuación 5. Ecuación para calcular la Humedad Relativa.***

- ✓✓ *HR* es la Humedad Relativa de la mezcla de aire, expresada en tanto por ciento.
- ✓✓ $P(H_2O)$ es la Presión Parcial del vapor de Agua en la mezcla de aire, expresada en Pascales (Pa).
- ✓✓ $p(H_2O)$ es la Presión de Saturación de Agua a la temperatura de la mezcla de aire, expresada en Pascales (Pa).

De acuerdo a observaciones previas, en el aire del invernadero de Pasquilla no se presenta exceso de humedad, aunque en las noches frías la HR alcanza un porcentaje cercano a 100%. La temperatura promedio en el día de 14°C y en la noche de 5°C. La implementación de la presente etapa consta de dos partes; la primera relaciona pruebas de laboratorio acerca de la estrategia de comunicación del sensor y programación con el microcontrolador para efectos de lectura de variables. Luego se realizan pruebas experimentales en el prototipo de invernadero a escala en el laboratorio de metrología de la UPN, que determinan correcta manipulación y comunicación con el sensor. La segunda etapa, establece la inclusión y adecuación del sensor en el invernadero, lo cual, deriva en cambios tanto en programación del conjunto como sistema embebido y en estructura física.

Sensor de Humedad Relativa y Temperatura

Por efectos operativos se realiza la búsqueda de un sensor cuya característica principal es la determinación de las dos variables integradamente. El sensor utilizado para determinar la humedad relativa y la Temperatura es el DHT11. Por medio de su utilización, se busca tener la humedad y temperatura en un rango seguro para el cultivo.

A diferencia de otros sensores, éste conecta directamente a pines digitales, ya que la señal de salida es digital. El DHT11 lleva un pequeño microcontrolador interno para hacer el tratamiento de señal.

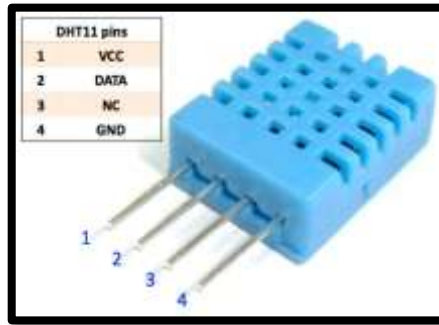


Ilustración 20. Sensor DHT11.

Fuente: Hoja de Datos Sensor DHT 11

Los parámetros técnicos del sensor DHT11 son:

Alimentación $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$, Señal de Salida Digital, Rango de medida de Temperatura de 0 a 50 °C, Precisión Temperatura ± 2 °C, Resolución Temperatura 0.1°C, Rango de medida Humedad de 20% a 90% RH, Precisión Humedad 4% RH, Resolución Humedad 1%RH, Tiempo de sensado 1s, Tamaño 12 x 15.5 x 5.5mm.

En la aplicación de control para el invernadero, éste sensor es controlado por medio del microcontrolador Msp430g2553. Al igual que para el caso de la humedad del suelo, se busca tener un rango seguro en el control de las variables, de tal manera que cuando se afecte considerablemente, se enciendan las electroválvulas y la motobomba para hacer que se cumplan los rangos deseados de acuerdo a la parametrización previa del cultivo. El sistema realiza enfriamiento por medio de la activación del riego por nebulización. Las lecturas de la variable de humedad relativa (HR) se realizan en términos de porcentaje (%). Las lecturas de la variable Temperatura se realizan en grados centígrados (°C).

Funcionamiento del Sensor de Humedad Relativa y Temperatura

El DHT11 se compone de un sensor capacitivo para medir la humedad y de un termistor para medir la temperatura. Ha sido calibrado en laboratorio, por lo que no

es necesario añadir ningún circuito de tratamiento de señal y presentan una gran fiabilidad.

De acuerdo a la estrategia de funcionamiento, se adapta con ciclos de operación de duración de 1s. En este tiempo, el microcontrolador Msp430g2553 y el microcontrolador de 8 bits que lleva integrado el sensor, se comunican por protocolo a través de un único hilo (protocolo 1-wire), de la siguiente manera:

1. El microcontrolador msp430g2553 inicia la comunicación.
2. El sensor responde estableciendo un nivel bajo de 80us y un nivel alto de 80us.
3. El sensor envía 5 bytes.
4. Se produce el sincronización

La conexión para el funcionamiento y establecimiento del protocolo funcional, tanto en el laboratorio como en el invernadero se realiza de la siguiente manera:

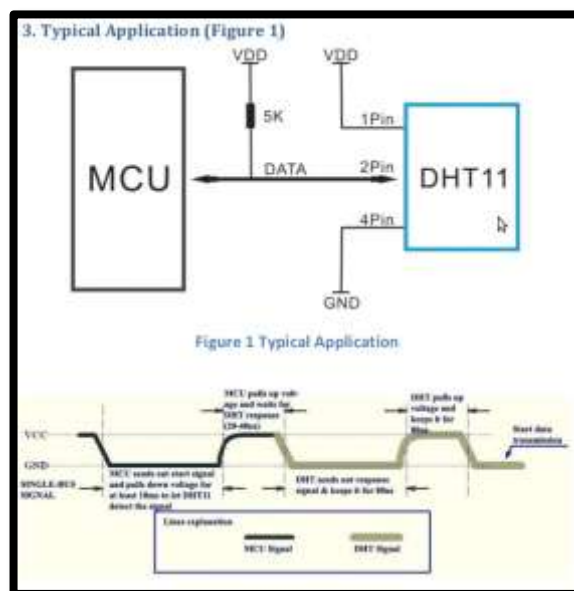


Figura 14. Diagrama y Protocolo de Aplicación Típica del Sensor DHT11.

Fuente: Hoja de Datos Sensor DHT 11

Por medio de la lectura realizada por puerto serial del pc, el sensor arroja medidas enteras, es decir sin decimales, ya que la resolución que presenta es de 1% para la humedad relativa y una precisión para la temperatura de ± 2 °C.

Calibración del Sensor de Humedad Relativa y Temperatura

La calibración del Sensor de Humedad Relativa y Temperatura se lleva a cabo de manera conjunta, ya que el sensor integra la lectura de las dos variables y estas a su vez se correlacionan bajo las condiciones de invernadero.

El trabajo desarrollado alrededor de la calibración involucra exclusivamente al licenciado en electrónica en formación. Se realiza la lectura y observación del comportamiento de las variables en el prototipo de invernadero a escala, por medio de comunicación por el puerto serial del pc, aplicando riego durante periodos determinados e interrumpiéndolo por tiempos algunas veces cortos y otros largos. Luego de la implementación inicial, el conjunto de funcionamiento del sensor se lleva al invernadero para su adaptación, lo que permite observar un comportamiento adecuado.

En el proceso de observación del comportamiento y calibración del sensor en el laboratorio se han determinado algunos aspectos a mencionar:

- ✓✓ La humedad relativa puede variar, incluso si el contenido de humedad (contenido de vapor de agua) de la masa de aire permanece constante. Debido a que si hay un cambio en la temperatura del aire, cambia también la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener esa masa de aire y, por ello, cambia también la humedad relativa.
- ✓✓ Si la temperatura del aire permanece constante y el contenido de humedad aumenta, la humedad relativa aumenta, ya que al no variar la temperatura del

aire, tampoco lo hace la máxima cantidad de vapor de agua que la muestra de aire puede contener.

- ✓✓ Si la temperatura del aire aumenta y el contenido de humedad permanece constante, la humedad relativa disminuye. Esto es así porque, al aumentar la temperatura aumenta la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener esa masa de aire. El grado de saturación del aire disminuye porque al aumentar la temperatura tiene mayor capacidad para contener vapor de agua.
- ✓✓ Si el contenido de humedad (de vapor de agua) en el aire permanece constante y su temperatura desciende, la humedad relativa aumenta. Ya que al disminuir la temperatura del aire, disminuye su capacidad para contener vapor de agua. Si el aire continúa enfriándose llegará un momento en que podrá alcanzar el punto de saturación. A partir de ese momento podría empezar la condensación del vapor de agua.
- ✓✓ La humedad relativa alcanza su valor máximo cuando amanece, ya que es en ese momento cuando la temperatura del aire es mínima (y por ende, es cuando tiene menos capacidad para contener aire). Posteriormente, a medida que va avanzando el día, la temperatura va aumentando y por ello, va disminuyendo la humedad relativa.

Por convención general en la etapa de germinación para el cultivo de hortalizas, se determina que el rango para la activación del sensor en el caso de la humedad relativa es de 70% cuando la temperatura es superior a 10°C.

Sistema Embebido

El diagrama general del sistema Embebido se muestra a continuación:

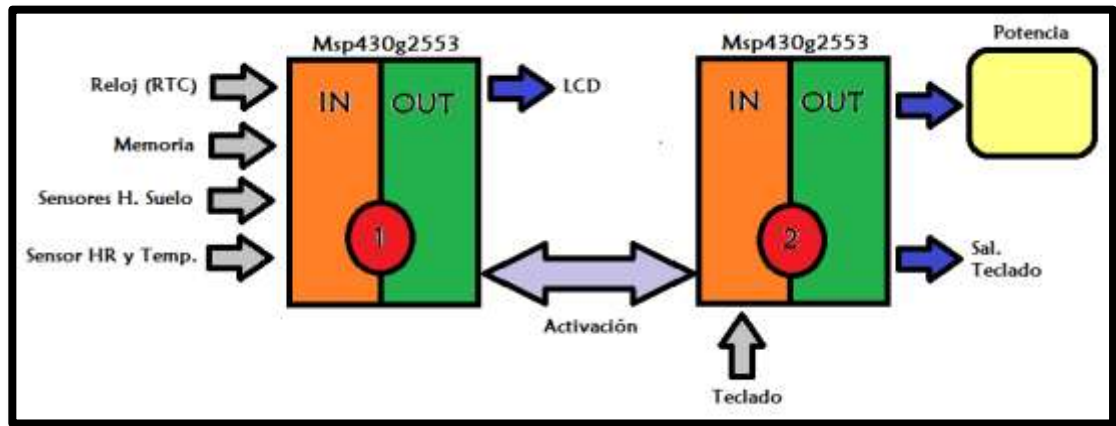


Figura 15. Diagrama General del Sistema Embebido.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema embebido implementado es de tipo Firm, ya que las restricciones temporales para el riego no obligan a un grado alto de fidelidad y se admiten fallas parciales relacionadas con el tiempo de operación. Un ejemplo, es que no necesariamente el riego debe realizar operaciones para estar encendido centésimas de segundo exactas en todos sus ciclos; puede que el reloj RTC genere variaciones muy pequeñas en el tiempo que hagan que el riego se active con centésimas de segundo de diferencia en cada ciclo de riego.

LaunchPad Msp430g2553

Durante las primeras fases del proyecto y en la implementación inicial con los estudiantes, se trabajó con la tarjeta microcontroladora LaunchPad Msp430g2553 de Texas Instruments. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de aplicación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones. Se tiene en cuenta que los microcontroladores son especialmente apropiados para solucionar tareas de automatización sencillas.



Figura 16. Diagrama LaunchPad Msp430g2553

Fuente: http://energia.nu/Guide_MSP430LaunchPad.html

Posteriormente se determina el trabajo exclusivamente alrededor del microcontrolador Msp430g2553 para el cual se diseña el diagrama de conexiones mediante PCB en donde se integran todos los módulos y componentes que hacen parte del sistema electrónico del proyecto.

Debido a la cantidad de pines a utilizar, los cuales superan los 20 que trae por defecto cada C.I. se deben utilizar dos (2) microcontroladores de las mismas características comunicados serialmente para poner en marcha todos los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema de Riego.

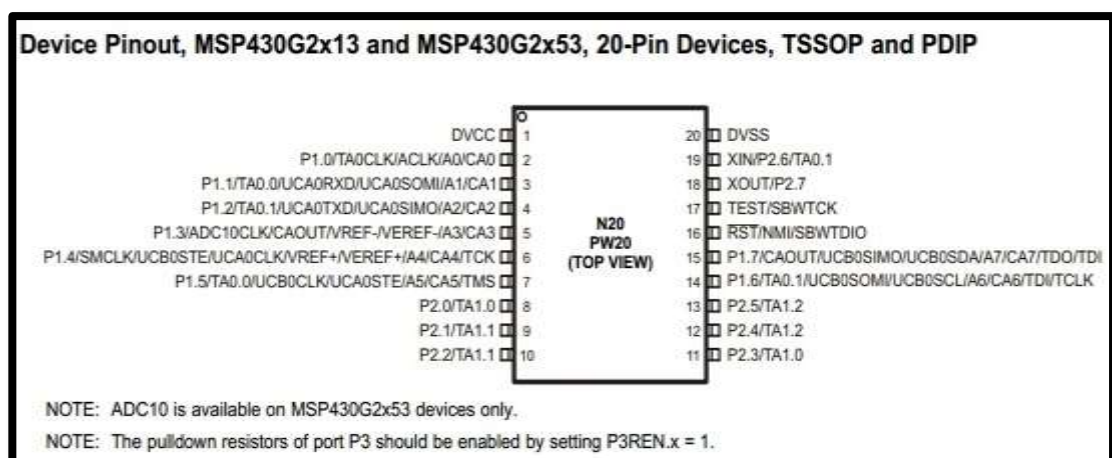


Figura 17. Diagrama de Pines Microcontrolador Msp430g2553

Fuente: Hoja de Datos Microcontrolador.

Módulo De Entradas Analógicas

El módulo de Entradas analógicas que tiene por defecto el microcontrolador Msp430g2553, se utiliza para leer los datos de los sensores de humedad de suelo YL-69 y posteriormente, por medio del convertidor análogo digital (ADC) que posee en microcontrolador, representarlos en términos de valores digitales para su manipulación y programación de acuerdo a lecturas realizadas. El convertidor ADC que posee el microcontrolador es de 8 bits, por tanto la representación de valores digitales se obtiene en valores unitarios de 0 a 1024.

Temporizadores Utilizados

Se utilizan tiempos de máquina por programación del microcontrolador. Para el registro de tiempo real, se utiliza un módulo de reloj en Tiempo Real (Clk RTC), basado en el funcionamiento del circuito integrado DS1307: Mediante la conexión con el microcontrolador por medio de protocolo I2C, se obtienen valores de Año, Mes, Día Mes, Día Semana, Hora, Minuto, Segundo; con el objetivo de restringir el riego a horas determinadas para las diferentes etapas del cultivo.

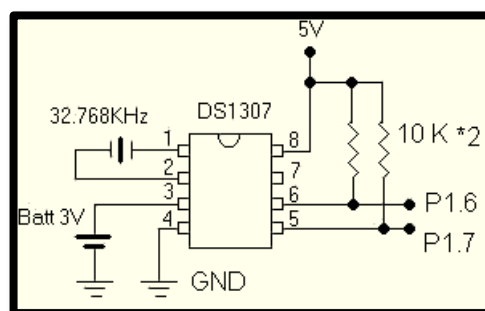


Figura 18. Diagrama conexión Reloj (RTC) a partir del C.I. DS1307

Fuente: Internet, Buscador Google imágenes.

Señales de entrada y salidas utilizadas

En el microcontrolador 1, se utilizan entradas digitales para la comunicación con el sensor DHT11, el cual interpreta la Humedad Relativa y la Temperatura; La comunicación a entradas del reloj y la memoria EEPROM y las entradas análogas de los sensores YL-69. Las salidas del mismo microcontrolador poseen conexión a una pantalla LCD 2x16 y la comunicación serial UART con el microcontrolador 2.

En el microcontrolador 2, se cuenta con la conexión de la señal de entrada de un teclado matricial 3x4; así, mismo la comunicación serial UART con el microcontrolador 1. Las señales salientes en el microcontrolador 2, se refieren a la salida a la etapa de potencia del sistema y a las señales de salida del teclado matricial 3x4.

Memorias Utilizadas

Para el registro y análisis del comportamiento del sistema de riego, se desarrolla una conexión a partir del sistema electrónico embebido a modo de DataLogger a partir de 5 memorias EEPROM de referencia 24LC512. Se diseña un modelo de funcionamiento por medio de protocolo I2C con el cual funcionan las memorias, en el cual se guardan trazas de datos con configuración para que en cada memoria se guarden datos distintos de valores de los sensores y su relación con el tiempo marcado por el reloj RTC. Al final se interpreta el registro por medio de la unión de las variables guardadas por cada una de las memorias de manera independiente.

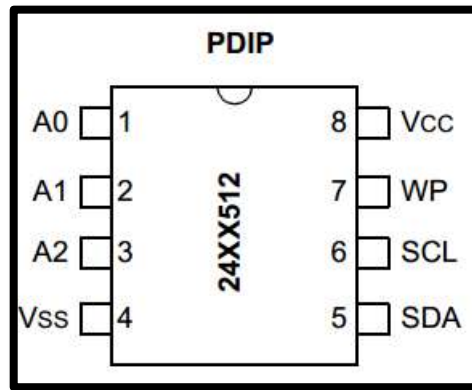


Figura 19. Diagrama de conexión de pines Memoria EEPROM 24LC512

Fuente: Hoja de Datos Elemento.

Etapa de Potencia

Activación de la Bomba y Electroválvulas para el Riego

Debido a la particularidad del sistema de riego, se implementaron básicamente dos (2) diseños de circuitos de potencia en donde las cargas son las cuatro (4) electroválvulas y la motobomba.

El primer diseño se realiza a partir del principio del Relé de estado sólido o electrónico. El circuito consta de cinco (5) conexiones similares para activar de manera independiente las cuatro (4) electroválvulas y la motobomba, por medio de un opto-Triac MOC 3041 con su respectiva conexión para proteger y aislar físicamente el microcontrolador ante corrientes no gratas. Le sigue un Triac BT134 que conecta el circuito eléctrico AC, la carga y a su vez, activa los elementos.

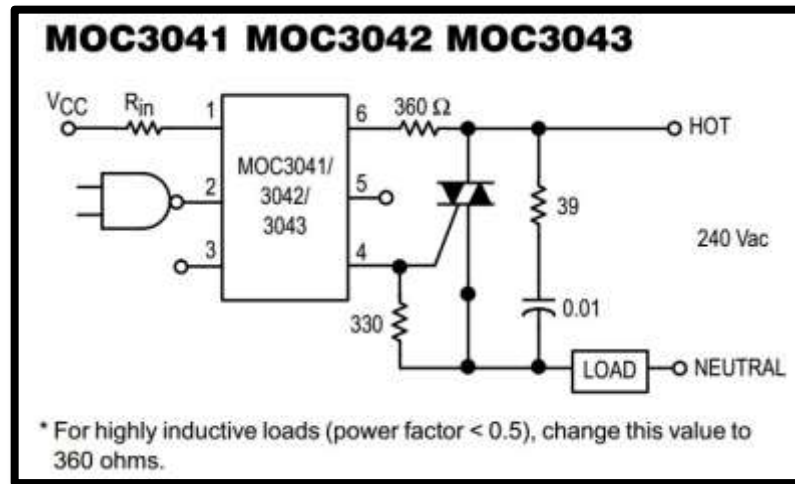


Figura 20. Diagrama de conexión Etapa de Potencia a partir del Relé de Estado Sólido (TRIAC).

Fuente: Hoja de Datos MOC 3041.

Se realiza una serie de pruebas en el prototipo de invernadero a escala obteniendo buenos resultados. Luego se procede a implementarlo en el invernadero, obteniendo como resultado el constante daño en el circuito de potencia que conecta la motobomba. Las conexiones de potencia de las electroválvulas con el primer diseño, no presentan inconvenientes.

Tras varios diseños posteriores con cambios trascendentales como el reemplazo del Triac BT134 por el BT139 y el BTA08600 no se logra dar solución al problema de arranque y funcionamiento de la motobomba a partir del diseño de la etapa de potencia previamente elaborado.

Finalmente, se adopta la utilización de relé mecánico JQC-3FC con relación de 5v para activación. El circuito de potencia se encuentra basado en la integración de un opto-acoplador para proteger y aislar físicamente el microcontrolador ante corrientes no gratas, seguido un transistor, un diodo de protección y un Relé mecánico en donde se conecta el circuito eléctrico AC y a su vez, activa la carga, ya sea electroválvula o motobomba. La conexión se repite cinco (5) veces para la habilitación de cada elemento de manera independiente.

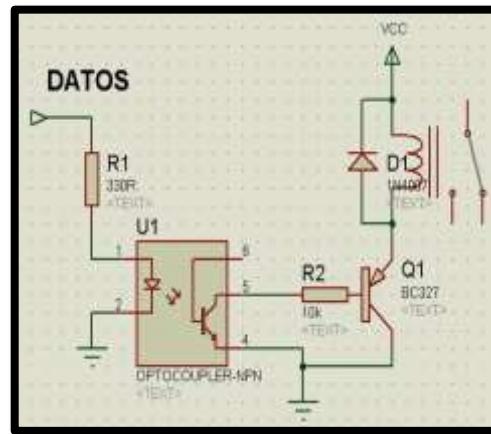


Figura 21. Diagrama de Conexión Etapa de Potencia a partir de la conexión de Relé mecánico.

PCB del Sistema Electrónico

Para la implementación se elaboraron varias tarjetas electrónicas PCB especialmente diseñadas para los requerimientos del sistema electrónico. Varias de ellas sufrieron daños y debieron ser cambiadas. Muestro a continuación la tarjeta de implementación final elaborada en el programa Altium Designer®.

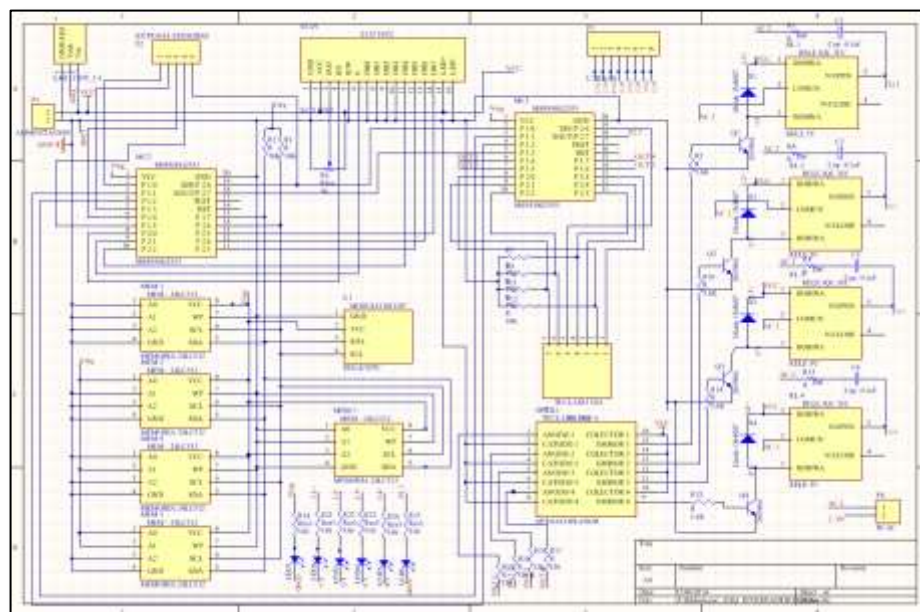


Figura 22. Esquema de PCB del Sistema Electrónico.

Fuente: Elaboración Propia.

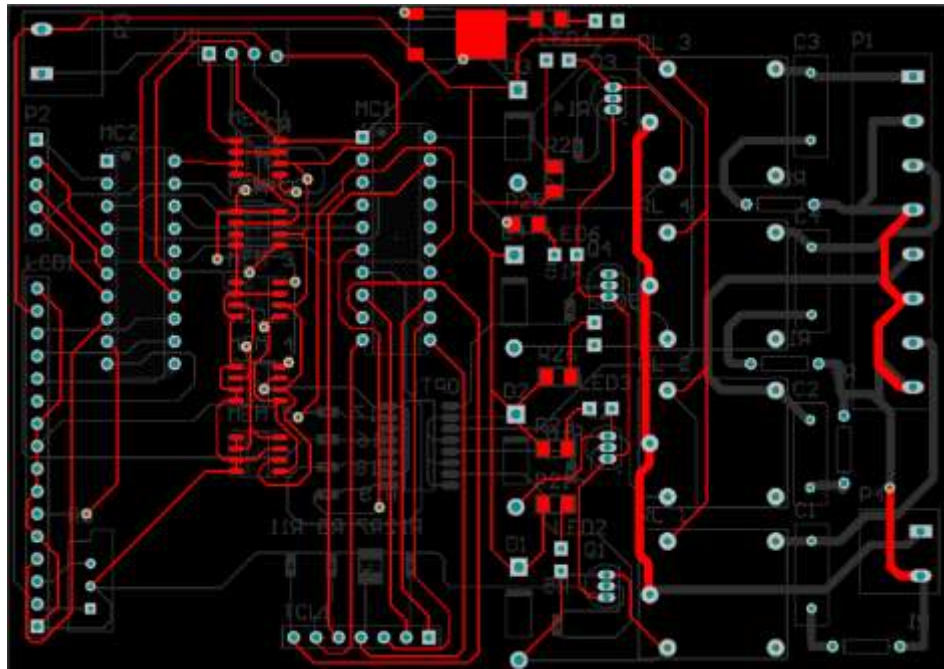


Figura 23. Diseño PCB Sistema Electrónico Capa Superior.

Fuente: Elaboración Propia

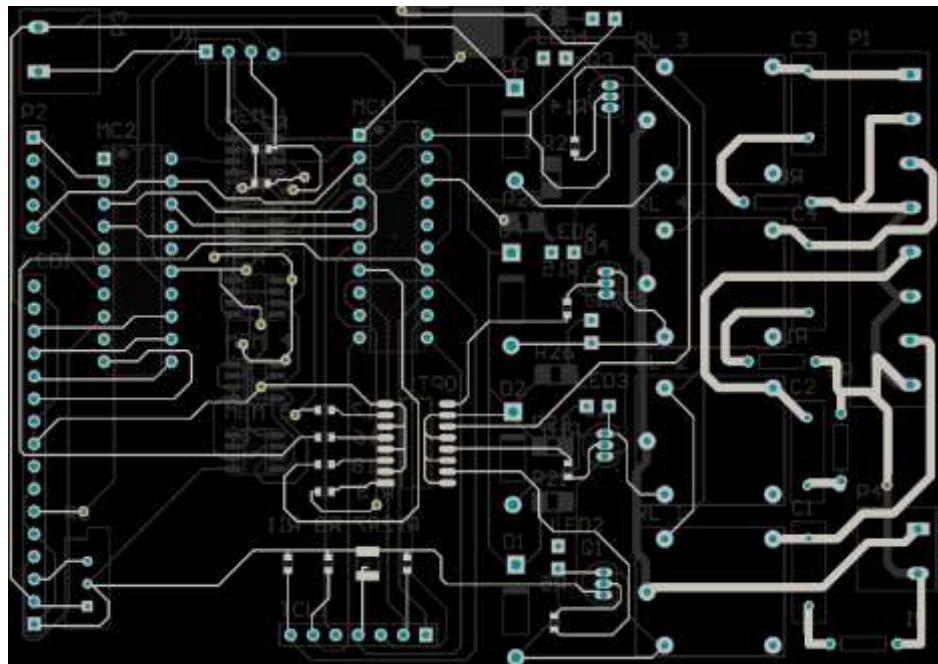


Figura 24. Diseño PCB Sistema Electrónico Capa Inferior.

Fuente: Elaboración Propia.

Programación

La programación en el microcontrolador Msp430g2553, se realiza a partir del software ©Energía versión 0101E0012, el cual ofrece una programación sencilla para el trabajo en una PC, mediante programación estructurada en lenguaje C. Las características del programa son similares al software Arduino.

La estructura de programación para la activación del sistema de riego automatizado, se basa en las necesidades del cultivo, y las condiciones del invernadero, teniendo en cuenta las herramientas para la automatización del sistema.

La implementación del programa en el prototipo del invernadero a escala, se aproxima al comportamiento del invernadero real. La parte fundamental es la programación con el microcontrolador, puesto que permite precisión en el control de las variables.

Activación del sistema de riego

La activación del sistema de riego, bajo parámetros de control reflejados en la programación, se puede efectuar mediante varios métodos:

- ✓✓ El primero, hace referencia a la activación de acuerdo al sensado de la variable humedad del suelo, por medio de tres sensores ubicados individualmente en cada una de las tres líneas de riego. La programación en la automatización de las características generales de óptimo funcionamiento debe estar alrededor de 80% en la etapa de germinación de las plantas seleccionadas. La lógica de programación utilizada se basa en la comunicación del sensor con el microcontrolador, tomando la variable analógica proveniente del sensor de humedad de suelo, convirtiéndola por módulo ADC, ejecutando conversión de variable de acuerdo a

parametrización, la ejecución del proceso, las operaciones de cálculo y determinando el envío o no de un pulso constante como salida digital al circuito de potencia, que activa o no, la motobomba, la electroválvula principal y la electroválvula secundaria asociada a la cama dónde se encuentra realizando la operación de sensado. El programa se encuentra diseñado para que los sensores funcionen de manera individual y así, el sistema de riego se active en consecuencia de las lecturas individuales de cada sensor, habilitando sólo una línea de riego a la vez.

- ✓✓ El segundo, es la activación del riego a partir de sensado de las variables humedad relativa y temperatura. En dónde se refleja la relación dependiente de variables. Se cuenta con la lectura realizada por medio de un solo sensor para todo el espacio del invernadero. La lógica de programación se desarrolla a partir de la comunicación por medio de un protocolo de comunicación específico con el sensor, la utilización de una librería especialmente diseñada, la extracción de los datos, la ejecución del proceso, el cálculo matemático y determinando el envío o no de un pulso constante como salida digital al circuito de potencia, que activa o no, la motobomba, la electroválvula principal y las electroválvulas secundarias de manera individual y consecutiva. El parámetro de programación para el funcionamiento del sistema de riego es de 70% de humedad relativa cuando la temperatura es superior a 10°C.
- ✓✓ El tercero, hace parte de una programación basada en el funcionamiento del reloj en tiempo real (RTC). Por medio de comunicación por protocolo I2C, el microcontrolador configurado como maestro, toma los tiempos de conteo del RTC para realizar procesamiento de datos, cálculo matemático y determinar

el envío o no de un pulso constante como salida digital al circuito de potencia, que activa o no, la motobomba, la electroválvula principal y las electroválvulas secundarias de manera individual y consecutiva. La operación de funcionamiento por medio del RTC hace que se active el riego durante un (1) minuto en intervalos de una (1) hora, de manera individual cada línea de riego (motobomba, electroválvula principal y una electroválvula secundaria). La activación de cada línea de riego de manera individual, hace que la presión a la que se evacúa el agua de cada nebulizador sea la apropiada para que se forme la nube de nebulización deseada.

- ✓✓ El cuarto método, es un híbrido que combina los tres métodos anteriormente mencionados. Para la activación del riego se utiliza la automatización de tiempo de Riego por medio del RTC y se realiza el sensado de las variables con parámetros establecidos en los métodos uno y dos. La activación del riego, se ejecuta de manera individual para cada línea de riego (motobomba, electroválvula principal y una electroválvula secundaria).

Capítulo 4

Aspectos Finales

RESULTADOS

Como parte fundamental del ambiente de aprendizaje se evidencian resultados en la participación activa de los estudiantes, por medio de un trabajo diferente, con herramientas que no hacen parte de la vida cotidiana estudiantil. Desarrollan una propuesta como grupo de trabajo y es avalada por los docentes encargados de agricultura de la institución; Se trata del planteamiento de un proyecto que surge como complemento del ambiente de aprendizaje y es la plantación y producción de cultivos hortícolas con fines alternativos, que buscan ingresos económicos fruto del conocimiento adquirido en el trabajo alrededor de temas del proceso del ambiente de aprendizaje.

Por iniciativa de los estudiantes, se integran elementos que hacen uso de las tecnologías de la información y comunicación de manera transversal en el proceso mediante el uso efectivo de recursos tecnológicos: correo electrónico, carpetas en la nube y Facebook. La comunicación es efectiva y se genera un ambiente colaborativo de trabajo a través de la red, en donde los estudiantes y los maestros de diferentes áreas aportan a la construcción de elementos importantes en el ambiente de aprendizaje. Se publican fotos, se realizan investigaciones pertinentes con los temas de interés del grupo, se comparten archivos, memorias de trabajo y se elaboran guías de actividades comunes al grupo. La administración del grupo en Facebook y la recopilación de información es realizada en su mayoría por los estudiantes. *Ver anexo 6: Resultados Facebook y Capeta en la Nube.*

Los estudiantes animados por el desarrollo del proyecto, deciden incluir a sus padres de Familia en el proceso. El objetivo de los estudiantes es que se visibilice su trabajo, se desarrolle un trabajo colaborativo y un ambiente familiar como grupo. Por medio de sesiones de trabajo que incluyen a estudiantes, padres de familia y demás

integrantes del proceso, se realizan actividades complementarias y participativas. Los padres animados por el interés de los estudiantes, deciden visitar frecuentemente la finca del colegio y el invernadero, se concretan integraciones como almuerzos y onces en medio del trabajo colaborativo en el proyecto.

Los padres se involucran en el ambiente de aprendizaje entorno al manejo de temas relacionados con actividades agrícolas, en un trabajo similar al de los estudiantes, aportando mano de obra y su experiencia en el trabajo de campo.

Cada uno de los actores del proyecto (Estudiantes, padres de familia, docentes), tienen experiencia en diferentes áreas del conocimiento, lo que permite la construcción de la aplicación tecnológica para la automatización del sistema de riego, y las necesidades a satisfacer propias del cultivo de hortalizas. Estas diferencias temáticas permiten a lo largo de la ejecución del proyecto identificar variables y condiciones no contempladas al inicio, lo que significa modificaciones al diseño del sistema electrónico, cambios en el montaje del riego y cambios en las perspectivas de experimentación.

Por medio de la experiencia obtenida en el trabajo en el invernadero alrededor de temas agrícolas, se diseña una serie de guías de trabajo para los estudiantes y docente que implica la continuidad del proceso mediante el desarrollo de actividades experimentales alrededor del invernadero, riego y sistema electrónico como producto de la integración del presente ambiente de aprendizaje.

La experimentación con la germinación de hortalizas trae aspectos muy importantes entorno a la planeación de actividades y trabajo colaborativo, puesto que implica tener en cuenta una serie de variables que hacen al estudiante participe y fundamental en todo el proceso, además otorgan al estudiante herramientas

procedimentales para planeación y ejecución de proyectos agrícolas de similares características.

Producto tangible del ambiente de aprendizaje por medio del trabajo colaborativo se diseña y construye un sistema de riego adaptado a las necesidades del invernadero y propias de la institución educativa.

Con la utilización del método experimental se desarrolla y adapta un sistema electrónico que controla el riego y lo automatiza de acuerdo a las necesidades propias del cultivo de hortalizas. El proceso de calibración de instrumentos como los sensores, es llevado a cabo por parte de los estudiantes.

CONCLUSIONES

Por medio de un ambiente de aprendizaje que combine el trabajo en diferentes áreas del conocimiento se logra satisfacer una necesidad específica, al plantearse como un ejercicio pedagógico que busca la implementación de un dispositivo tecnológico.

A partir del proceso de desarrollo técnico de un ambiente de aprendizaje, se forja un escenario de colaboración entre los diferentes integrantes del grupo de trabajo.

El proceso de desarrollo del Ambiente de Aprendizaje entendido como un enfoque de desarrollo humano, con estímulos y acompañamiento constante por parte del maestro, genera en los estudiantes un aprendizaje significativo.

La planeación de actividades y asignación de tareas, permite hacer uso de las tecnologías de la información y comunicación, encontrando alternativas para una comunicación efectiva, por medio de herramientas específicas como Facebook.

La motivación de los estudiantes en procesos pedagógicos institucionales, como el ambiente de aprendizaje desarrollado, genera en los padres de familia una expectativa amplia, lo que conlleva a que se involucren en actividades que se relacionan con el trabajo de sus hijos.

Mediante el diseño y construcción de una ayuda tecnológica, con aportes de especialistas dedicados a diversas áreas del conocimiento, se logra evidenciar aprendizajes integrados en estudiantes del ciclo quinto de la IEDR Pasquilla.

La experimentación con el proceso de germinación de hortalizas, hace que los estudiantes se motiven por dar solución a problemas técnicos involucrados que interfieren en el proceso de producción. Se manifiesta gran simpatía por la investigación en ésta etapa del desarrollo.

El contacto directo con el ambiente de trabajo, permite al docente entender las temáticas, de tal manera que facilite mejorar didácticas alrededor del ambiente, aún cuando no es su área de conocimiento.

La posibilidad de medir y alterar variables físicas del entorno, provoca que los estudiantes evalúen soluciones tecnológicas a situaciones específicas y comunes.

La implementación de sensores para determinar variables físicas, como la humedad del suelo, genera muchas expectativas y forja en el estudiante inquietudes para encontrar respuestas por medio de la tecnología, que sustenten la validación de hipótesis previas.

La unión de aspectos pedagógicos con técnicos, alrededor del ambiente de aprendizaje, suscita un ambiente de estudio institucional mas dinámico.

La inclusión de los estudiantes en el ambiente de aprendizaje, aporta en su autonomía y desarrolla sentido de responsabilidad acerca del cuidado de la naturaleza del recurso hídrico.

La inclusión de los padres de familia de los estudiantes en actividades agrícolas, establece un escenario agradable y divertido fuera de la rutina citadina, que invita a la práctica de valores relacionados con la familia.

DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES

Durante buena parte del tiempo de desarrollo del ambiente de aprendizaje, se establece poca comunicación y participación de los directivos docentes de la institución educativa. Producto de ello, los estudiantes se desmotivan en las primeras fases del proyecto, pues sienten que el trabajo no cuenta con el apoyo de personas que dirigen la granja y la institución. Se evidencia poca colaboración en la gestión de recursos para compra, adecuación y construcción de varios elementos que se requirieron como elementos físicos para el desarrollo del proyecto. Luego de las vacaciones de fin de año, surgen dudas con respecto a la continuidad del proceso, debido a traslados de docentes y administrativos en la institución.

Como recomendación especial, se deben planear con anticipación y estudio de posibilidades cada una de las actividades a desarrollar, puesto que la movilización hasta la institución es difícil.

Al querer realizar una implementación técnica que no tenga que ver con temas propios al área de conocimiento de la tecnología, es preciso tomarse el suficiente tiempo en estudio de planeación, estudio exhaustivo de variables y diseños de viabilidad previos para no cometer errores en la implementación que repercutan en inutilización y desperdicio de recursos económicos, físicos y temporales.

Es interesante pensar en incluir el idioma inglés o lenguas extranjeras que aporten en la implementación del ambiente; El lenguaje es un recurso humano universal, por ello la importancia de conocer culturas a través de documentos escritos en otros

idiomas de fácil acceso en nuestro medio, como el inglés. Enmarcado en un ambiente de aprendizaje para el desarrollo humano, que busca la pertinencia para la vida.

Tener presente que existen circunstancias adversas, que generan riesgos de salud que no se pueden prever, de modo que, debe plantearse un plan alternativo de trabajo, que haga que el proceso continúe.

PROYECCIONES

Entre las proyecciones que éste proyecto de grado permite a futuro, se identifican como principales las siguientes:

Realizar actividades guías, a partir de las posibilidades que se brindan desde el firmware del sistema embebido, para dar continuidad al proceso que inició con el diseño y la implementación del actual ambiente de aprendizaje.

Por medio de software, crear herramientas de monitoreo y clasificación de plantas, que ejecuten tareas de observación alrededor de su crecimiento, utilizando el desarrollo del sistema de riego o similar.

Promover el trabajo en el mismo invernadero y sistema de riego con estrategias de experimentación con cultivos.

Desarrollar herramientas similares en los diferentes escenarios de la granja de la institución, ya sea con otro tipo de implementación o un sistema de similares características técnicas.

Ampliar el uso de elementos de medición y reconocimiento de variables en el invernadero, en busca de optimización del sistema para lograr un control ampliado de condiciones que intervienen en las diferentes etapas de crecimiento de las plantas.

Por medio de la herramienta de riego automatizado, realizar una caracterización de un cultivo de hortalizas llevando a cabo un proceso detallado que involucre todas las etapas de crecimiento.

ANEXOS

ANEXO 1. MEMORIAS DE TRABAJO DE CADA UNA DE LAS SESIONES.

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Memorias de Trabajo de cada una de las sesiones.pdf*

ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO.

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Características de los componentes del sistema de riego.pdf*

ANEXO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SENSORES

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Caracterización de los Sensores.pdf*

ANEXO 4. DIAGRAMAS DE FLUJO VARIABLES PROGRAMACIÓN

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Diagramas de Flujo Variables Programación.pdf*

ANEXO 5. INTERFAZ HUMANO – MAQUINA

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Interfaz Humano – Máquina.pdf*

ANEXO 6. RESULTADOS FACEBOOK Y CAPETA WEB

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *Resultados Facebook y capeta web.pdf*

ANEXO 7. LA LÓGICA DIFUSA EN EL INVERNADERO

Ir a la carpeta donde se encuentra el actual documento. Ver archivo adjunto con el nombre de: *La Lógica Difusa en el Invernadero.pdf*

BIBLIOGRAFÍA

- SED Bogotá D.C. (n.d.). Reorganización Curricular por Ciclos. Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia.
- SED Bogotá D.C. (2008). Plan Sectorial de Educación 2008 -2012. Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia.
- Lofti, Z. (1965). *Fuzzy sets*. Berkeley CA: Department of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California.
- Perez, M., & Vernon, J. *Sistemas de Lógica Difusa*. Guadalajara MEX: División de Electrónica y Computación CUCEI Universidad de Guadalajara.
- Carrillo, D., & Vázquez, J. (2008). *Automatización de un invernadero con PLC S7-200*. Zacatecas MEX.
- InfoAgro*. (21 de 07 de 2013). From InfoAgro: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.htm
- División de Manejo de Aguas - Técnica internacional*. (31 de Enero de 2014). From División de Manejo de Aguas - Técnica internacional: <http://tecnicainternational.com/manejodeaguas/>
- HYDRO Environment*. (15 de 01 de 2014). From HYDRO Environment: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=219
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín COL: Universidad Nacional de Colombia.
- DRAE. (n.d.). DRAE. From <http://lema.rae.es/drae/>
- hortalizas, P. y. (n.d.). *Plantas y hortalizas*. From <http://plantasyhortalizas.blogspot.com/2009/04/claves-para-la-germinacion.html>
- Urbana, M. d. (n.d.). Huerto en Casa - Manual de Hortalizas.

- Rregar. (n.d.). *Rregar*. From <http://www.rregar.com/index.php?/invernaderos/diseno-de-sistemas-de-riego-para-invernadero.html>
- Pacheco, E. (2007). *Control de un sistema de riego con PLC S7-200*. Zacatecas MEX.
- FAO, Departamento de Agricultura. (2 de 10 de 2013). *Deposito de Documentos de la FAO*. From Deposito de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm#bm08..2.4.8>
- Segura, F. (01 de 04 de 2014). *Técnicas Tecnologías de Diseño Electrónico*. From Técnicas Tecnologías de Diseño Electrónico: <http://ttde.uniandes.edu.co/>
- Cruz, J. M. (16 de Agosto de 2013). *Laboratorio de Sistemas Embebidos*. From Laboratorio de Sistemas Embebidos: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/>
- Galiana Llinares, A. (10 de 01 de 2014). From <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/PAEEES/2005-06/A07%20-%20Sistemas%20Embebidos.pdf>
- Sánchez, A., & Alvarado, J. (2010). *Construcción de una estrategia educativa para la vinculación del área de tecnología e informática, con la visita a la granja pedagógica y productiva Altamira para el primer ciclo de educación*. . Trabajo de Grado, Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Tecnología, Bogotá D.C.
- Palacios, J. (2010). *Diseño y construcción de un invernadero a escala con climatización, para el laboratorio de termodinámica de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito Ecuador*. Proyecto de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Mecánica, Quito.

Institucional, C. (Director). (2014). *Proyecto Granja Pedagógica Integral* [Motion Picture]. Colombia.

Universidad de los Andes. (01 de 02 de 2014). *Técnicas Tecnologías del diseño Electrónico*. From <http://ttde.uniandes.edu.co>

Colombia Aprende - Ministerio de Educación Nacional. (n.d.). *Colombia Aprende*. From <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/productos/1685/w3-article-288989.html>

Ecosiembra. (n.d.). *Ecosiembra*. From <http://ecosiembrablogspot.com/2011/04/calendario-de-siembra-de-hortalizas.html> La huerta el Huerto. (n.d.). *La huerta el Huerto*. From <http://lahuertaelhuerto.wordpress.com/>

Scribd. (n.d.). From [http://es.scribd.com/doc/8977987/Ambientes-de-Aprendizajes A, H](http://es.scribd.com/doc/8977987/Ambientes-de-Aprendizajes-A-H). (2000). *Entretemas*. From http://www.entretemas.com/lineai/ArticulosAnteriores/guia_de_analisis.htm

Bogotá, C. d. (n.d.). *Bogotá Como Vamos*. From http://bogotacomovamos.org/media/uploads/informeconcejo/new/boletin_virtual_abril_concejo.pdf

Casa, L. h. (n.d.). *La huerta en Casa*. From http://huertoencasa.mx/downloads/Manual_del_Usuario.pdf

F., A. (2006). *El proyecto de investigación; introducción a la metodología científica*. (5ta Edición ed.). Caracas: Editorial Espíteme.

InfoAgro. (n.d.). *InfoAgro*. From http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos2.htm

KUO, B. C. *Sistemas de control automático*. Editorial Prentice-Hall. .

- Luis, J. R. (n.d.). *www.monografias.com*. From <http://www.monografias.com/trabajos14/investigacion/investigacion.shtml>
- Ogata, K. (2003.). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid. : Prentice-Hall.
- PymeRural. (n.d.). *PymeRural*. From www.pymerural.org/plantulas/plantulas.pdf
- Rosa A, S. (n.d.). *La Educación Rural un reto Educativo*. From Sito Web de los Docentes de la Universidad Nacional de Colombia: <http://www.docentes.unal.edu.co/webdocentes/>
- Sabino, C. (1986). *El Proceso de investigación*. Caracas: Editorial Panapos.
- EuroResidentes*. (11 de 01 de 2014). From http://www.euroresidentes.com/jardineria/sistemas_de_riego/riego/riego_por_aspersion.htm
- Rodas, A., & Cisneros, P. (2000). *Principios de riego por microaspersion*. San Salvador, Salvador.
- SED Bogotá - Bogotá Humana. (n.d.). *Ambientes de aprendizaje para el desarrollo humano. Reorganización curricular por ciclos*. Bogotá, Bogotá D.C., Colombia.

