



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico

Autores:

Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo

Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia

Tutor:

Ing. M.sc. Freire Andrade Verónica Paulina

Latacunga- Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo** y **Ulcuango Llumiquina Karen Patricia** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”**, expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Jhonatan Rodrigo Rodríguez Chicaiza

C.I. 172577901-9

Ulcuango Llumiquina Karen Patricia

C.I: 0504048232



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo y Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia, de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Directivo de la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2018

El Tutor

Ing. Ms.c Freire Andrade Verónica Paulina



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo y Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia, con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2018


Para constancia firman:



.....
Lector 1
Nombre: Mg. Luigi Freire
CC: 0502529589



.....
Lector 2
Nombre: Mg. Edwin Moreano
CC: 0502607500



.....
Lector 3
Nombre: M.sc. Efrén Barbosa
CC: 0501420723



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Sra. Clara Margoth Llumiquinga Panchi

Dueña del invernadero “Clara Llumiquinga”

Presente.-

En calidad de Propietaria del invernadero “Clara Llumiquinga”, confirma la realización del proyecto **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”**, Implementado por los señores, **Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo y Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia**, estudiantes de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Bajo la supervisión y coordinación de invernadero.

Acepto conocer y estar conforme con los términos y condiciones de las actividades que se van a realizar dentro del invernadero para la ejecución del proyecto de los señores estudiantes.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente documento para que el interesado pueda hacer uso en fines que crea conveniente.

Atentamente;

Sra. Clara Margoth Llumiquinga Panchi

Propietaria del invernadero “Clara Llumiquinga”

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y ante todo a la prestigiosa Facultad de Ingeniería Electromecánica por ser parte de este largo camino y permitirme alcanzar esta gran meta profesional y personal, a cada uno de los docentes por impartir sus conocimientos y experiencias para hacer de mí una gran profesional, y de manera muy especial a la Ing. M.sc Freire Andrade Verónica Paulina, por su apoyo, su paciencia y su dirección para concluir este gran reto. Y a todas las personas que de una u otra forma permitieron que se realice este trabajo brindándome su apoyo y colaboración.

KAREN

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a Dios por darme la fortaleza necesaria, a mis padres por sus largos días de incansable lucha, por su amor puro e incondicional por su tenacidad y esfuerzo para hacer de mí una gran profesional. A mis hermanos y sobrinos, que con su apoyo, consejos y confianza fueron un pilar importante durante toda mi carrera universitaria. A mi abuelita por ser mi gran inspiración de vida. A toda mi familia por brindarme la oportunidad de conocer el significado de una familia unida, gracias a todos por estar siempre pendientes. Y a mis amigos por brindarme todo su apoyo.

KAREN

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y ante todo a la Facultad de ingeniería electromecánica por ser parte de este largo camino y permitirme alcanzar esta meta profesional y personal, a la Ing. M.sc Freire Andrade Verónica Paulina, por su apoyo, su paciencia y su dirección para concluir este gran reto. Y a todas las personas que de una u otra forma permitieron que se realice este trabajo brindándome su apoyo y colaboración.

JHONATAN

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres por sus largos días de incansable lucha, por su amor sincero e incondicional, por sus consejos para hacer de mí una persona de bien. A mi hermana, que con su apoyo y confianza fueron un pilar importante durante toda mi carrera universitaria. A mi abuelita por ser la persona que me cuidó toda mi niñez y me enseñó a siempre ser humilde. A toda mi familia en general, gracias por estar siempre a mi lado. Y a mis amigos por su amistad sincera y por siempre tenerme paciencia.

JHONATAN

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxii
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. RESUMEN	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. BENEFICIARIOS	3
5. EL PROBLEMA	3
5.1. Matriz Causa – Efecto	4
6. OBJETIVO(S).....	4
6.1. Objetivo general	4
6.2. Objetivos específicos.....	4
7. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1. Estudio de precedentes referente a la automatización.....	6
8.1.1. La parte operativa	6
8.1.2. La parte de control.....	6
8.2. Control Automático	7
8.2.1. El control en lazo cerrado	7
8.2.2. Sistemas de Control de Lazo Abierto	8
8.3. Estudio de precedentes referente al Agua como recurso del sector Agrícola	8

8.4. Estudio de precedentes referente a las necesidades climáticas y del suelo para el cultivo del clavel.....	9
8.4.1. Necesidades del Suelo	9
8.4.2. Niveles de pH adecuados del terreno	9
8.5. Condiciones Climáticas para el Cultivo del Clavel.....	10
8.6. Principales problemas debidos al clima.....	10
8.7. Estudio de precedentes referente a invernaderos.....	10
8.7.1. Principales ventajas del empleo de invernaderos	10
8.7.2. Principales desventajas del empleo de invernaderos	11
8.8. Tipos de invernaderos.....	11
8.8.1. Invernadero Capilla	11
8.8.2. Invernaderos asimétricos	12
8.8.3. Invernadero Túnel.....	13
8.9. Estudio de precedentes referente al riego por goteo.....	13
8.9.1. Ventajas del riego por goteo.....	14
8.9.2. Desventajas del riego por goteo	14
8.10. Uso del riego por goteo	15
8.10.1. Componentes de una instalación de riego por goteo	15
8.10.2. Partes de un sistema de riego por goteo	15
8.11. Equipo de bombeo	16
8.11.1. Cabezal de Abastecimiento Y Regulación	16
8.11.2. Válvula de retención.....	16
8.11.3. Inyector de fertilizantes	16
8.11.4. Los sistemas de inyección de fertilizantes.....	16
8.11.5. Filtros.....	16
8.11.6. Filtro desarenador:.....	17
8.11.7. Filtro de malla:	17

8.12. Red de conducción y distribución de agua	17
8.12.1. Tubería principal:	17
8.13. Goteros o Emisores.....	18
8.13.1. Goteros No autocompensantes	18
8.13.2. Goteros autocompensantes:	19
8.13.3 Las cintas de riego o mangueras de goteo	19
8.14. Electroválvulas	19
8.15. Estudio de referentes precedente a la Automatización	20
8.15.1. Necesidades de la automatización	20
8.15.2. Definición de Control Automático	20
8.15.3. Definición de Sistema de Climatización	20
8.16. Componentes para automatizar diferentes sistemas	21
8.17. Arduino como plataforma para la adecuación del dispositivo	22
8.18. Monitoreo de temperatura	22
8.18.1. La conducción.....	22
8.18.2. La convección.....	23
8.18.3. La radiación.	23
9. HIPÓTESIS	23
9.1. Operalización de variables.....	23
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
10.1. Métodos de investigación	24
10.1.1. Investigación bibliográfica	24
10.1.2. Investigación experimental.....	24
10.2. Métodos de investigación	25
10.2.1. La observación.....	25
10.3 Diseño hidráulico.....	25
10.3.1. Caudal.....	25

10.3.2. Número De Reynolds	26
10.3.3. Rugosidad relativa	26
10.3.4. Viscosidad cinemática	27
10.3.5. El factor de fricción “ λ ”	27
10.4. Metodología para el cálculo de parámetros Hidráulicos de Diseño	28
10.4.1. Caudal de Flujo.....	28
10.4.2. Flujos Hidráulicos en Tuberías.....	29
10.4.3. Pérdida de Carga Hidráulica.....	30
10.4.4. Pérdida de Carga por Fricción	30
10.5. Perdidas Carga localizadas o Secundarias.....	31
10.5.1. Caudal total del sistema de riego	33
10.5.2. Caudal total Absorbido por los Emisores	33
10.5.3. Caudal para la Línea Principal.....	34
10.5.4. Caudal para Líneas Secundarias	34
10.5.5. Caudal para Líneas Regantes.....	35
10.6. Metodología para selección de bomba	35
10.6.1. Dibujo del sistema	35
10.6.2. Determinación del caudal	35
10.6.3. Determinación de la altura o Columna Total (H).....	36
10.6.4. Elevación dinámica de succión (h_s)	37
10.6.5. Columna o cabeza dinámica de Descarga (h_D).....	38
10.7. Determinación de la cabeza neta de succión positiva $NSPH _d$	39
10.7.1. Determinación de la cabeza neta de succión positiva requerida $NSPH _r$	40
10.7.2. Elección del tipo de Bomba.....	40
10.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
10.8.1. Depósito de agua	44
10.8.2 Sección de la bomba.....	45

10.8.3. Tuberías de distribución de agua	46
10.8.4. Selección de los elementos de protección para la bomba de agua	46
10.8.5. Calculo de la corriente a plena carga:.....	46
10.8.6. Selector de tres posiciones.....	48
10.8.7. Paro de emergencia y luces indicadoras	48
10.8.7. Transformador	48
10.8.8. Fuente de Alimentación 24 VDC	48
10.8.9. Regulador LM2596	49
10.8.10. Selección del Arduino	49
10.8.11. Pantalla LCD	50
10.8.12. Banco de relés.....	51
10.8.13. Sensor humedad para de suelo YL-69.....	51
10.8.14. Sensor de Humedad y Temperatura DHT11	52
10.8.15. Electroválvulas	53
10.8.16. Placa de baquelita	53
10.8.17. Módulo de DS 3231 – reloj para Arduino	53
10.8.18. Teclado matricial 4x4	54
10.8.19. Cable UTP de 2 pares	54
10.8.20. Selección del conductor para las electroválvulas	55
10.9. IMLEMENTACION	55
10.9.1. Circuito de fuerza y de mando de la bomba	55
10.9.2. Circuito de Fuerza	55
10.9.3. Circuito de Mando	55
10.10. Circuito de control del Nivel del Pozo	56
10.11. Circuito de Alimentación de 24 VAC para las electroválvulas.....	56
10.12. Circuito de pulsadores y leds indicadores del estado de las electroválvulas.....	57
10.13. Circuito de Alimentación del sistema interno.	57

10.14. Desarrollo de la programación de Arduino	57
10.15. Tablero de control.....	58
11. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	59
11.1. Colocación de Sensores de Humedad de Suelo.....	61
12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS.....	62
12.1. Impactos técnicos	62
12.2. Impactos sociales.....	62
12.3. Impactos ambientales	62
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	63
13.1. Material Eléctrico	63
13.2. Material electrónico.....	64
13.3. Accesorios de plomería	65
13.4. Gastos varios	65
13.5. Gasto total.....	65
13.6. Gasto total general.....	66
14. CONCLUSIONES.....	66
15. BIBLIOGRAFÍA	67
Abrego Preza, E. S. (2016). Autoatizaciòn de invernaderos para cultivos hidropodos en el salvador. El Salvador.....	67
16. ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Control de lazo cerrado	7
Figura 2. Control de lazo abierto.....	8
Figura 3. Invernadero Capilla.....	12
Figura 4. Invernadero Asimétrico.....	13
Figura 5. Invernadero Túnel	13
Figura 6. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	15
Figura 7. Red de Conducción Y Distribución de un sistema de riego por goteo.	18
Figura 8. Gotero tipo Botón	18
Figura 9. Gotero autocompensantes	19
Figura 10. Electroválvula	19
Figura 11. Tipos de Sensores	21
Figura 12. Tipos de Actuadores.....	21
Figura 13. Arduino MEGA.....	22
Figura 14. Diagrama de Moody	28
Figura 15. Elevación estática de succión.....	36
Figura 16. Elevación estática de succión.....	37
Figura 17. Guardamotor AEG regulable 11 – 16 A	46
Figura 18. Contactador siemens 220V	47
Figura 19. Contactador siemens 220V	47
Figura 20. Fuente SIEMES 24 VDC	48
Figura 21. Regulador LM2596.....	49
Figura 22. Panel LCD.....	50
Figura 23. Banco de relés	51
Figura 24. Sensor humedad para Tierra	51
Figura 25. Sensor de humedad y temperatura DHT11	52

Figura 26. Módulo de DS 3231	54
Figura 27. Módulo de DS 3231	54
Figura 28. Extensión del reservorio.....	56
Figura 29. Ubicación de las electroválvulas.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de sistema de tareas por objetivos	5
Tabla 2. Variable dependiente	23
Tabla 3. Variable independiente	24
Tabla 4. Coeficiente de Rugosidad Absoluta, ε para tuberías	27
Tabla 5. Valores de coeficiente de rugosidad para pérdida de carga.....	31
Tabla 6. Valores de la constante K para accesorios de riego.....	32
Tabla 7. Selección del tipo de bomba.....	41
Tabla 8. Variables de entrada y salida	42
Tabla 9. Valores de Agua necesaria y del tiempo de riego	42
Tabla 10. Tabla de comparacion de valores y porcentaje de error correspondiente.....	42
Tabla 11. Tabla con respecto a A	43
Tabla 12. Tabla con respecto a B	43
Tabla 13. Agua necesaria para el sistema de riego.....	44
Tabla 14. Parametros para la selección de la bomba	45
Tabla 15. Características técnicas de la bomba	45
Tabla 16. Características técnicas del guardamotor	47
Tabla 17. Especificaciones técnicas del Arduino	49
Tabla 18. Especificaciones técnicas de la pantalla LCD	50
Tabla 19. Especificaciones técnicas Sensor Humedad para Tierra	52
Tabla 20. Especificaciones técnicas de electroválvulas	53
Tabla 21. Especificaciones técnicas de la Placa de baquelita.....	53
Tabla 22. Comparación de resultados antes de la implementación de un sistema automatizado.	59
Tabla 23. Comparación de resultados después de la implementación de un sistema automatizado.....	60

Tabla 24. Valores de humedad en cada cama de claveles	61
Tabla 25. Producción anual de clavel	62
Tabla 26. Datos del consumo de agua de riego por goteo antes de la automatización.....	63
Tabla 27. Datos del consumo de agua de riego por goteo después de la automatización.	63
Tabla 28. Material eléctrico	63
Tabla 29. Material electrónico	64
Tabla 30. Accesorios de plomería	65
Tabla 31. Gastos varios	65
Tabla 32. Total general	65
Tabla 33. Gasto total general	66

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autor/es:

Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo

Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia

RESUMEN

Este proyecto de factibilidad fue realizado en el sector de Patután Provincia de Cotopaxi, con el fin de comprobar y justificar el diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura dentro de un invernadero de clavel, la investigación y pruebas experimentales serán aplicadas en la agricultura, con métodos tecnológicos avanzados que ayuda a mejorar en gran medida la economía. En la actualidad, términos como control automático, sistemas de riego automatizado y sistema de climatización, se pueden implementar en diferentes tipos de cultivo, en un ambiente controlado, además, un sistema de automatización puede ser el método más eficaz para garantizar la calidad y producción del mismo, demostrando las ganancias y retorno de la inversión a mediano plazo. Con la implantación de este sistema es posible controlar parámetros antes mencionados mediante un tablero de fácil manipulación, también se puede visualizar en la una pantalla LCD los datos obtenidos por cada uno de los sensores y verificar el proceso, desde el panel de control se puede operar de forma manual o automático todo el sistema de modo que el usuario pueda familiarizarse fácilmente con el método implementado.

Palabras claves: Automatización, control de riego, monitoreo de temperatura, control automático

**FACULTY OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES ACADEMIC UNIT**

TOPIC: “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATION SYSTEM FOR THE CONTROL OF DRIP IRRIGATION AND TEMPERATURE MONITORING IN THE "CLARA LLUMIQUINGA" GREENHOUSE SECTOR OF PATUTAN PROVINCE OF COTOPAXI”

Authors:

Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo

Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia

ABSTRACT

This feasibility project was carried out in the sector of Patután province of Cotopaxi, in order to verify and justify the Design and implementation of an automation system for the control of drip irrigation and temperature monitoring in a carnation greenhouse, what allowed to develop researches that try to take this knowledge towards agriculture, with advanced technological methods that helps to greatly improve the economy. Nowadays, terms such as automatic control, automated irrigation systems and air conditioning system, plus the most effective method to ensure the quality and production of it, demonstrating the profits and return on investment in the medium term. With the implementation of this system it is possible to control parameters mentioned above and through an easily manipulated panel can be viewed by means of an LCD screen and verify the process from the control panel can be operated manually or automatically the entire system so that the user can easily become familiar with the implemented method.

Key words: Automation, irrigation control, temperature monitoring, automatic control.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de titulación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo y Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia**, cuyo título versa **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 31 de Enero del 2018

Atentamente,


.....
M.Sc. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por

Rodríguez Chicaiza Jhonatan Rodrigo

Ulcuango Llumiquinga Karen Patricia

Tema aprobado:

“Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga” en el sector de Patután provincia de Cotopaxi”.

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director del proyecto de titulación:

Ing. Ms.c Freire Andrade Verónica Paulina

Equipo de trabajo:

Tutor

Nombres: Verónica Paulina
 Apellidos: Freire Andrade
 Cédula de identidad: 0502056229
 Email: Verónica.Freire.@cotopaxi.com.ec

Coordinador 1:

Nombres: Jhonatan Rodrigo
 Apellidos: Rodriguez Chicaiza
 Cédula de identidad: 1725779019
 Celular: 0959097102
 Dirección: Machachi
 Email: jhonatan.rodriguez9@utc.edu.ec

Coordinador 2:

Nombres: Karen Patricia
 Apellidos: Ulcuango Llumiquinga
 Cédula de identidad: 0504048232
 Celular: 095449827

Dirección: Patután
Email: Karen.ulcuango2@utc.edu.ec

Lugar de ejecución:

Sector de Patután Cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

Tiempo de duración del proyecto:

2017- 2018

Fecha de entrega:

25 de enero del 2017

Línea de investigación

Ingeniería y profesiones afines enelectricidad y electrónica

Sublínea de investigación

Automatización, Control y Protecciones de Sistemas Electromecánicos: Esta sublínea de investigación está enfocada a la automatización, control y protección de sistemas y procesos, los cuales reemplazan a los métodos tradicionales de producción y cultivo de claveles en invernaderos, logrando mayores beneficios.

Área del conocimiento

Ingeniería y profesiones afines

- Ingeniería, Industria y Construcción
 - Ingeniería y Profesiones Afines
 - Electrónica y automatización
- Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria
 - Agricultura
 - Producción agrícola y ganadera

2. RESUMEN

El presente proyecto de investigación mejora la condición de trabajo en el invernadero “Clara Llumiquinga” mediante la automatización de un sistema de control de riego por goteo y monitoreo de temperatura, esto se realizará cumpliendo los requerimientos del propietario del invernadero.

Según el plan nacional del buen vivir en el objetivo 11 dice lo siguiente “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica”

tomando en cuenta que el proyecto busque reemplazar los métodos y técnicas tradicionales por nuevas tecnologías.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia del proyecto radica en que permitirá mejorar la producción de clavel en el invernadero “Clara Llumiquinga”, en el sector de Patután provincia de Cotopaxi, mediante la automatización del riego por goteo y monitoreo de temperatura dentro del invernadero.

El motivo por el cual se implementa la automatización de un sistema de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero es el resultado de búsqueda y necesidad por obtener mejores niveles de producción y calidad, mediante el remplazo de métodos tradicionales por nuevos avances tecnológicos que se pueden implementar en el invernadero, de forma que garantice un ambiente adecuado para la producción, lo cual conllevara a mayores beneficios económicos, rentables, productivos y retorno de la inversión a corto plazo. El desarrollo de este proyecto valora la conveniencia, tanto como para el productor como para el consumidor.

4. BENEFICIARIOS

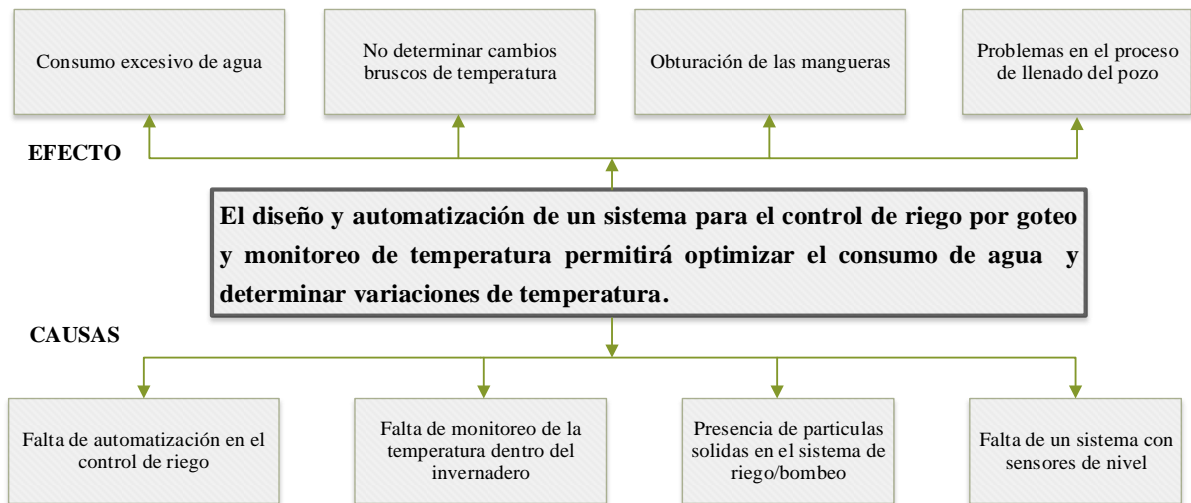
Beneficiarios directos: Los principales beneficiarios del presente proyecto son: el propietario/a del invernadero y los estudiantes que están realizando el tema.

Beneficiarios Indirectos: Los beneficiarios indirectos son los consumidores del producto, en este caso consumidores de claveles.

5. EL PROBLEMA

La inexistencia de un sistema automatizado para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga” en el sector de Patután provincia de Cotopaxi, ocasiona pérdidas de tiempo por el proceso manual para la apertura de las válvulas, además de perdidas innecesaria de líquido por la falta del control automático del encendido y apagado de la bomba.

5.1. Matriz Causa – Efecto



6. OBJETIVO(S)

Los objetivos pretenden dar una solución a la ausencia de sistemas automatizados en invernaderos, mediante la implementación de nuevas tecnologías.

6.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga” en el sector de Patután provincia de Cotopaxi, mediante un sistema automático y manual para optimizar el consumo de agua en el riego por goteo y monitoreo de temperatura.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado de las variables de investigación para una relación de características de los diferentes equipos a ser usados en el proyecto.
- Realizar la programación del microprocesador Arduino mediante el uso del software Arduino IDE para el control de los sensores y actuadores del sistema.
- Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo para el conocimiento de la necesidad hídrica del invernadero y dimensionar los equipos para la distribución del riego por goteo.
- Determinar las pruebas de funcionamiento de las variables para el controlar los parámetros durante el proceso.

7. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

En el presente punto se describe las actividades y tareas que están relacionadas con los objetivos planteados para el diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga”.

Tabla 1.Tabla de sistema de tareas por objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de la Actividad	Descripción de la actividad
Objetivo 1	Determinar el estado del arte de las variables de investigación para establecer características de los equipos usarse en el proyecto.	Determinación de variables para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura.	Uso de equipos para medir la temperatura dentro del invernadero, y cantidad de agua necesaria.
Objetivo 2	Realizar la programación del microprocesador Arduino mediante para el control de los sensores y actuadores del sistema.	Selección de los equipos tecnológicos que mejor se adapten a las necesidades del invernadero.	Consulta en catálogos de diferentes proveedores.
Objetivo 3	Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo para conocer las necesidades del invernadero y dimensionar los equipos para la distribución del riego por goteo.	Correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos que están presentes en la programación.	Uso del software Arduino IDE
Objetivo 4	Determinar las pruebas de funcionamiento de las variables para controlar los parámetros durante el proceso.	Conocer los resultados de la humedad y la temperatura antes y después de un sistema automatizado.	Uso de diferente sensores de humedad y temperatura.

Elaborado por: los investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En el presente punto se describirá los precedentes relacionados a la automatización del riego por goteo y monitoreo de temperatura en invernaderos.

8.1. Estudio de precedentes referente a la automatización.

La Automatización, es un sistema de control con interconexión de elementos que forman una configuración capaz de controlarse por sí solo. Los sistemas automáticos son básicamente un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos(Fiba, 2013).

La aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que cumplen funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.

La automatización tiene como objetivo generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad. Un sistema automático está compuesto de la siguiente manera:

8.1.1. La parte operativa

Se tiene los dispositivos de hardware y software que brindan la información necesaria para llevar a cabo las operaciones de la planta, con una interfaz amigable y entendible para el operador.

8.1.2. La parte de control

Parte de control o mando es el dispositivo encargado de realizar el control coordinador de las distintas operaciones encargadas a mantener la parte operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido en las especificaciones del diseño.

Las funciones más comunes de la parte de control son:

- Gestión de las entradas/salidas.
- Relación de ecuaciones lógicas.
- Relación en funciones de seguridad.
- Relación secuencial.

- Función de regulación.
- Función de cálculo para la optimización.
- Gestión de herramienta.
- Control de calidad.
- Gestión de mantenimiento.
- Operaciones de supervisión: monitorización y diagnóstico de fallos.
- Seguimiento de producción(Garcia Moreno, 2012).

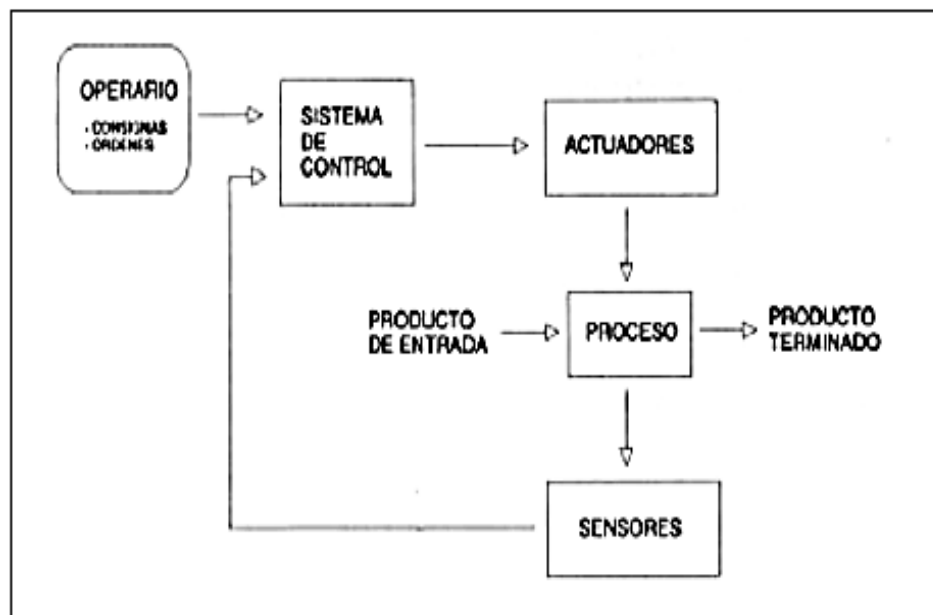
8.2. Control Automático

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

8.2.1. El control en lazo cerrado

Se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso(Abrego Preza, 2016).

Figura 1.Control de lazo cerrado

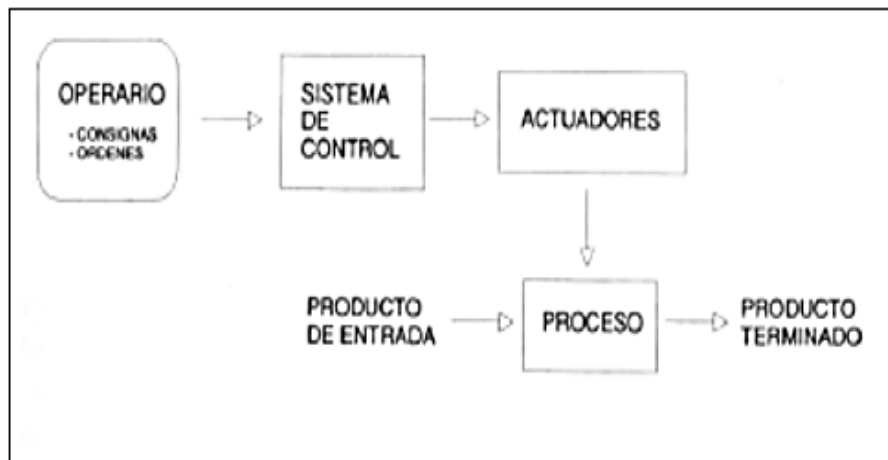


Fuente:(Abrego Preza, 2016)

8.2.2. Sistemas de Control de Lazo Abierto

Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la acción del controlador, es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Por lo tanto, realimenta para compararla con la entrada, con el valor de referencia corresponde una condición de operación fijada. Así, la exactitud del sistema, depende de la calibración. El control de lazo abierto se caracteriza porque las variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. (Fiuba, 2015).

Figura 2.Control de lazo abierto.



Fuente:(Fiuba, 2015).

Hoy en día se encuentra implementada la automatización en muchos sectores de la economía, como: en la fabricación de alimentos, productos farmacéuticos, productos químicos, en la industria gráfica, petrolera, automotriz, plásticos, telecomunicaciones, dedicados a mejorar cualquier proceso que con lleve a un desempeño más eficiente.

8.3. Estudio de precedentes referente al Agua como recurso del sector Agrícola

El sector agrícola consume un tercio de las reservas de agua dulce en el mundo. La agricultura influye tanto en la cantidad como en la calidad de agua disponible para otros usos. En algunas zonas, la contaminación provocada por plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura constituye, de por sí, una de las principales causas de la deficiente calidad del agua (Alvarez & Perez, 2011)

Se puede determinar a la agricultura como la actividad productiva que más demanda del agua supone a nivel mundial, el riego para tierras destinadas a la agricultura representa el 70% de los recursos hídricos en el mundo jugando un rol fundamental en el desarrollo productivo de los países generando que en la actualidad se dispongan de mejores procesos para el riego de las

tierras destinadas a la agricultura. (Solórzano Vélez, Vega Piloza, Defaz Álava, & Solórzano Vélez, 2015)

A nivel mundial cerca del 70% del agua que se extrae es para la producción de alimentos. El Ecuador se presenta como uno de los países más ricos en agua de la región, con un promedio de 43500 metros cúbicos por habitante al año (Bolzan, Spatola, & Chiera, 2010)

La aplicación de unas prácticas agrícolas correctas y de unas soluciones políticas que las refrenden permitirá obtener importantes mejoras en la eficiencia hídrica de la agricultura, lo que se traducirá en mayor disponibilidad de agua para otros usos, en particular medioambientales (Arevalo Machado, 2012)

8.4. Estudio de precedentes referente a las necesidades climáticas y del suelo para el cultivo del clavel

Para realizar un riego automatizado es de suma importancia conocer los niveles adecuados de la planta a producirse en el invernadero, en el presente caso es el clavel.

8.4.1. Necesidades del Suelo

El clavel es exigente en suelos. Los prefiere que sean sueltos, porosos y que faciliten la penetración y el normal desarrollo del sistema radicular. Es importantísimo un buen drenaje para evitar encharcamientos, que favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas y la asfixia radicular, a la vez que disminuye la acumulación de altas concentraciones de sales en el suelo, que podrían llegar a ser tóxicas para el clavel.(Hernandez, 1983)

8.4.2. Niveles de pH adecuados del terreno

Para el correcto cultivo del clavel se necesitan terrenos cuyo pH oscile entre 6,5 y 7. El pH ácido favorece el desarrollo de hongos. El pH bajo puede corregirse mediante la aportación de enmiendas a base de carbonato cálcico, empleándose cantidades que oscilan entre los 1.500 y 3.500 kg/ha, según la textura del suelo y los niveles de calcio en el mismo. Si, por el contrario, el pH fuese muy alto e interesara bajarlo, se podría hacer mediante el empleo de azufre, sulfato de hierro o turba y estiércol bien fermentado(Hernandez, 1983)

8.5. Condiciones Climáticas para el Cultivo del Clavel

Según (Novedades Agrícolas, 2016) los niveles adecuados para el cultivo de clavel con respecto a temperatura, iluminación y humedad relativa, son las siguientes:

- Temperatura diurna entre 15°C y 18°C, sin superar los 21°C en verano.
- Temperatura nocturna entre 10°C y 12°C.
- La temperatura mínima para su crecimiento es 8°C
- La temperatura máxima está alrededor de los 35°C.
- Requiere de una humedad relativa media en torno al 60% y 70%.

8.6. Principales problemas debidos al clima

- **Alta HR** Se favorece los hongos. Humedades relativas altas junto con temperaturas en torno a los 37°C producen enfermedades como la mancha foliar producida por *Pseudomonas andropogonis*, o royas. También provoca que los tallos se quiebren con más facilidad, al estar muy turgentes.
- **Con bajo nivel de luz:** Los brotes crecen débiles, los tallos son ahilados y se aumenta la sensibilidad a enfermedades.
- **Temperaturas altas:** La formación de yemas florales se para por encima de 25°C. Las variaciones bruscas de temperatura aumentan la generación de un mayor número de pétalos que provoca la apertura del cáliz.
- **Temperaturas bajas:** por debajo de 0°C el clavel puede formar lunares y se producen deformaciones en los pétalos y su decoloración. La formación de yemas florales se para por debajo de 8°C.

8.7. Estudio de precedentes referente a invernaderos

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas (Chávez Ramírez, García Barrera, & Ortiz Ramírez, 2011).

8.7.1. Principales ventajas del empleo de invernaderos

Según (Chávez Ramírez, García Barrera, & Ortiz Ramírez, 2011), las principales ventajas de invernaderos son:

- Precocidad en los frutos
- Aumento de la calidad y rendimiento
- Producción fuera de época
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Mejora de control de insectos y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año

8.7.2. Principales desventajas del empleo de invernaderos

Según (Chávez Ramírez, García Barrera, & Ortiz Ramírez, 2011), algunas desventajas de invernaderos son:

- Alta inversión inicial
- Alto costo de operación
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

8.8. Tipos de invernaderos

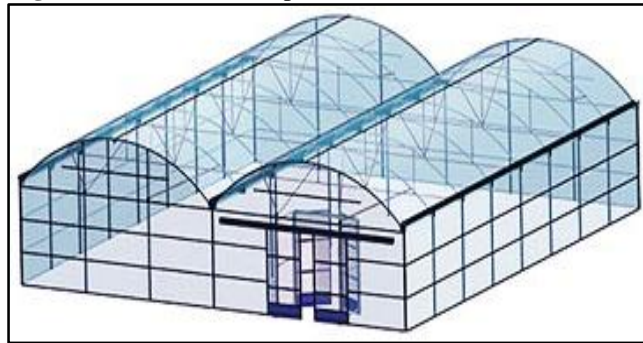
Los principales tipos de esta clase de instalaciones para el cultivo de clavel son construidos con diferentes tipos de materiales por ejemplo de madera, de metal o mixtos.

8.8.1. Invernadero Capilla

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas (figura 3). Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- Permite la unión de varias naves en batería.

Figura 3. Invernadero Capilla



Fuente: (Novedades Agrícolas S.A., 2016)

Las dimensiones estándares de este tipo de invernaderos son las siguientes:

- **Ancho:** 8 m - 9.60 m
- **Altura bajo canal:** 4 m - 5 m – 5.50 m
- **Altura al zenit:** 5.80 m - 6.30 m - 6.80 m
- **Separación entre pilares:** 5 m (interior) – 2,50 m (exterior)

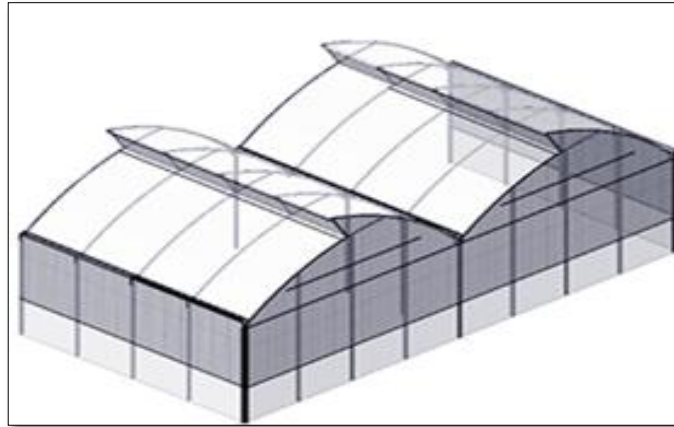
8.8.2. Invernaderos asimétricos

Su uso está muy extendido en regiones tropicales, es Asimétrico, porque, a diferencia de los invernaderos tipo capilla, su geometría es asimétrica, siendo uno de los lados de la cubierta más inclinado que el otro, sus principales ventajas son:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Resistencia a fuertes vientos.
- Montaje rápido y sin soldaduras.

Las dimensiones estándares de este tipo de invernaderos son las siguientes:

- **Ancho:** 9.60 m
- **Altura del pilar:** 6,4 - 6,90 - 7,40 m.
- **Altura debajo canal:** 4 – 4,50 – 5 m.
- **Separación entre pilares:** 4 - 5 m. (internos). 2 – 2,50 m. (externos).

Figura 4.Invernadero Asimétrico

Fuente: (Novedades Agrícolas, 2016)

8.8.3. Invernadero Túnel.

Está compuesto por uno o varios módulos con una serie de arcos fabricados con tubos cilíndricos galvanizados, los cuales no precisan de zapatas de hormigón, lo que posibilita su traslado y fácil instalación. Su forma permite alojar un volumen mayor de aire en su interior y proporciona resistencia a lluvia (Novedades Agrícolas, 2016).

Figura 5.Invernadero Túnel

Fuente: (Novedades Agrícolas S.A., 2016)

8.9. Estudio de precedentes referente al riego por goteo

El riego por goteo consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando para ello tuberías a presión y emisores de diversas formas, de manera que solo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta. El agua aplicada por cada emisor moja un volumen de suelo que se denomina bulbo húmedo (Fernandez, 2010).

Al aplicar este sistema de riego se garantiza el desarrollo de las plantas ya que se les suministrara agua constante, asegurándonos que esta no se desperdiciara y nada más se aplicara la que la planta necesita. Con este sistema de riego por goteo automatizado aseguramos un

ahorro de energía, agua y mano de obra del ser humano garantizando así un ahorro monetario a largo plazo (Parra, 2012).

8.9.1. Ventajas del riego por goteo

- Por ser un sistema de instalación fija, la cantidad de mano de obra se reduce sustancialmente, facilitando aplicaciones de alta frecuencia (Swanton Herrera, 2016)
- La eficiencia del riego por goteo es muy alta de (90% a 95%), y la distribución del agua es muy uniforme (Cruz, 2009).
- Permite la fertirrigación con una gran eficiencia, es decir mezclar el agua con minerales o cualquier tipo de fertilizante y trasladarlos por mangueras o tuberías directamente a las plantaciones.(Cruz, 2009).
- Este sistema presenta facilidades para manejar caudales controlados, lo cual presenta la ventaja de poder administrar, a través del riego, fertilizantes y pesticidas solubles en agua.(Cruz, 2009).
- Los equipos tienen larga vida útil, superior a los 10 ó 15 años. Y la inversión realizada en su implementación se puede recuperar en uno o dos años(Cevallos Romero, 2013)
- Se puede automatizar este sistema, lo que permite su uso durante largos horarios. Por medio de la automatización, es factible fraccionar el uso de fertilizantes y pesticidas (Swanton Herrera, 2016).
- No perturba la estructura del suelo.(Swanton Herrera, 2016).

8.9.2. Desventajas del riego por goteo

Según (Rodríguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014) pese a las grandes ventajas que un sistema de riego por goteo ofrece, también presenta ciertas desventajas, como son:

- Es un sistema de alto costo de instalación y mantenimiento.
- Taponamiento de goteros con agua de mala calidad.
- Salinización de suelos, se acumulan las sales presentes en el suelo.
- Daños mecánicos ocasionados por la mano de obra.
- Exige estricta utilización de sistemas de filtrado.

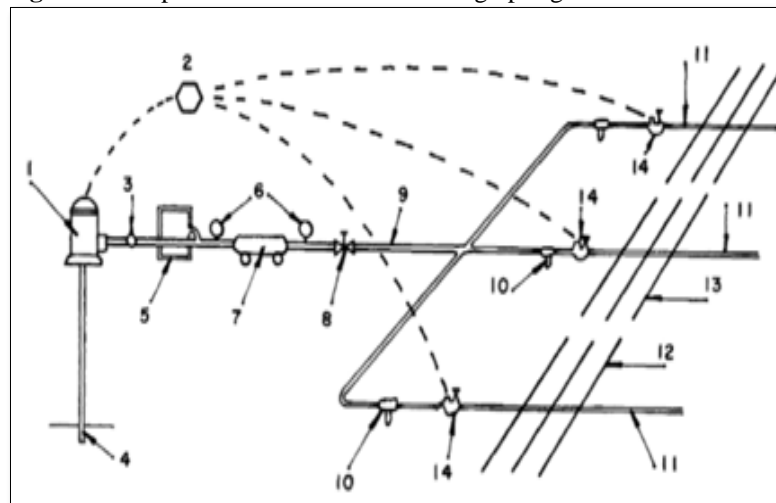
8.10. Uso del riego por goteo

El riego por goteo puede reducir el uso de agua, ya que pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación profunda en suelo limoso. Con el riego por goteo hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos. Por eso, las condiciones son menos favorables para el desarrollo de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego que cubre las necesidades de las plantas, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha. (Welch & Shock, 2013)

8.10.1. Componentes de una instalación de riego por goteo

Los elementos principales que conforman un sistema de riego por goteo son los siguientes: fuente de agua, unidad de bombeo, cabezal de abastecimiento y regulación y la red subterránea para la conducción, distribución y aplicación del agua, con sus respectivos accesorios los mismos que se pueden observar en la figura 6.

Figura 6. Componentes de un sistema de riego por goteo



Fuente: (Rodríguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014)

8.10.2. Partes de un sistema de riego por goteo

- | | | |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Bomba | 2. Control | 3. Válvula de retención |
| 4. Fuente de agua | 5. Inyector de fertilizantes | 6. Manómetros |
| 7. Filtro primario | 8. Llave de paso | 9. Línea principal |
| 10. Filtro secundario | 11. Línea secundaria | 12. Líneas laterales de distribución |
| 13. Goteros o emisores | 14. Electroválvulas | |

8.11. Equipo de bombeo

Está constituido por una o más bombas cuyo tamaño y potencia depende de la superficie a regar el dimensionamiento de la bomba debe ser tal que la presión requerida sea suficiente para vencer las diferencias de cota y las pérdidas de carga en todo el sistema. Las más usadas son de tipo centrifuga abastecidas por energía eléctrica.(Liotta, 2015)

8.11.1. Cabezal de Abastecimiento Y Regulación

Según (Rodriguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014), los componentes del cabezal varían de acuerdo a la característica del agua, la topografía, el tamaño del sistema y las facilidades de inspección que requieran adoptarse, en general están conformadas por los siguientes elementos:

8.11.2. Válvula de retención

Se ubica en la parte inicial del cabezal y su función es evitar el retorno del agua cuando se suspenda por alguna causa el bombeo, así evitando el golpe de ariete en la bomba.

8.11.3. Inyector de fertilizantes

Permite aplicar fertilizantes y otros productos químicos en forma muy económica y eficaz. Debe cerciorarse que los fertilizantes empleados sean solubles en agua. El inyector y tanque de fertilizantes debe instalarse antes de los filtros para evitar el flujo de partículas en la red de distribución.

8.11.4. Los sistemas de inyección de fertilizantes

Vienen provistos de un mecanismo que permite el flujo de la solución hacia el tubo de conducción o puede dotarse de una bomba especial para cumplir dicha función. La primera forma de hacer fertirriego es definir la cantidad de agua de riego que requiere el cultivo y partiendo de la concentración de nutrientes que se desea alcanzar, se disuelven los fertilizantes directamente en el volumen de agua a utilizar.

8.11.5. Filtros

Dependen de la clase de sólidos o impurezas presentes en el agua. Dichos filtros pueden ser de tres clases: filtro desarenador, de malla y de arena. A continuación, se describe cada uno de ellos.

8.11.6. Filtro desarenador:

Se emplea cuando el agua presenta un gran porcentaje de arena con de 70 micrones de diámetro. Este filtro funciona mediante el sistema de vórtice, es decir que el agua ingresa de forma temporal por la parte lateral de un recipiente en forma de embudo, en el cual debido a la fuerza centrífuga que se ejerce sobre las partículas más densas que el agua, dichas partículas resbalan por las paredes del recipiente hacia el depósito que va colocando en la parte inferior del recipiente. El agua filtrada sale por un tubo conectado en el centro a la tapa del recipiente.

8.11.7. Filtro de malla:

Es el tipo de filtro que se emplea con mayor frecuencia en los sistemas de riego por goteo. La filtración se genera al pasar el agua a través de una o dos mallas de densidad adecuada para separar las partículas de tamaño indeseable.

8.12. Red de conducción y distribución de agua

Según (Rodríguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014), esta red está constituida básicamente por una tubería principal, tuberías auxiliares y tuberías laterales de distribución, dotadas con sus respectivos goteros o emisores. Las tuberías principales comúnmente empleadas son de PVC y deben instalarse enterradas en el suelo para evitar daños de la misma.

8.12.1. Tubería principal:

Transporta el agua desde el cabezal hasta las unidades de riego.

- **Tubería secundaria:**

Es aquella que dentro de una unidad de riego abastece a las distintas subunidades.

- **Tubería terciaria:**

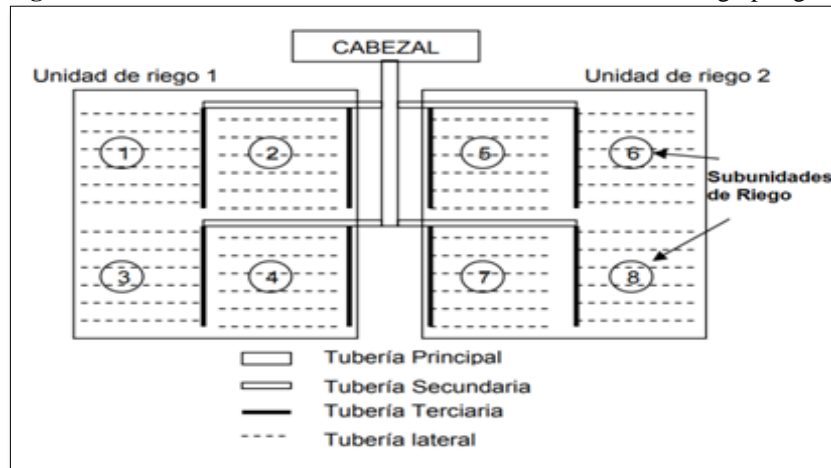
Es aquella dentro de una subunidad de riego que alimenta a las tuberías laterales.

- **Tubería lateral:**

Es la tubería que lleva conectada los emisores (goteros).

El sistema de campo de riego se centra en la distribución de tuberías que manejan tanto el riego como el drenaje de los cultivos. Estos van colocados al principio y al final de las hileras de cultivo del sistema. Mientras que el sistema de bombeo, se encarga de traer el agua desde la cisterna con una bomba.

Figura 7. Red de Conducción Y Distribución de un sistema de riego por goteo.



Fuente: (Lopez Avendaño, s.f)

8.13. Goteros o Emisores

El emisor es el componente principal del sistema de riego por goteo, ya que determina la capacidad y el buen funcionamiento del sistema. Tienen como función principal disipar la presión del agua en la tubería y descargarla con un caudal determinado. La selección de los emisores se los realiza en base a los siguientes criterios: que sean económicamente accesibles, fiables es decir con poca sensibilidad a las obturaciones y compactos (Rodríguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014). Según (Léon Hualcan & Berrios Silva, 2017) los goteros los podemos dividir en los dos tipos siguientes:

- Goteros integrados en la propia tubería.
- Goteros de botón, para pinchar en tubo.

8.13.1. Goteros No autocompensantes

Son los más baratos, estos goteros que se pinchan (de botón) resultan más prácticos para jardineras o zonas donde las plantas están más desperdigadas, en la figura 8, se muestra un gotero tipo botón.

Figura 8. Gotero tipo Botón



Fuente: (Sure Rain, 2017)

8.13.2. Goteros autocompensantes:

Este tipo de emisores se emplean en aplicaciones en las que se tienen que montar líneas de riego muy largas, es decir mayor a 100 metros y en lugares cuyas pendientes son muy pronunciadas. Ya que, dichos emisores tienen la virtud de aportar la misma cantidad de agua a lo largo de todo el sistema de riego, los emisores que se ubican tanto al inicio como al final de la línea de riego distribuyan la misma cantidad de agua a una misma presión (Rodríguez Peñafiel & Rosero Calderón, 2014), este gotero se pueden observar en la figura 9.

Figura 9.Gotero autocompensantes



Fuente: (Hydro Environment, 2017)

8.13.3 Las cintas de riego o mangueras de goteo

Son conducciones provistas de perforaciones poco espaciadas o con pared porosa. Debido a su bajo costo, se emplea en cultivos que se siembran en hileras con una alta densidad de plantas que requeriría un número elevado de goteros (Avendaño & Lopez Avendaño, 2015).

8.14. Electroválvulas

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o PVC. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula (Vanguardia, 2014).

Figura 10.Electroválvula



Fuente: (Lopez Avendaño, s.f)

8.15. Estudio de referentes precedente a la Automatización

La automatización es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo la intervención humana.

Hoy en día encontramos implementada la automatización en muchos sectores de la economía, como: en la fabricación de alimentos, productos farmacéuticos, productos químicos, en la Industria gráfica, petrolera, automotriz, plásticos, telecomunicaciones. Y están dedicados a mejorar cualquier proceso que con lleve a un desempeño más eficiente (Pérez Zabala, López Guevara, & Romero Vázquez, 2016)

8.15.1. Necesidades de la automatización

Actualmente nos encontramos en una era a la cual la automatización está jugando un papel trascendental en la competitividad de las empresas, ya que está permitiendo agilizar procesos haciéndolos más eficientes mediante sistemas automatizados. El rubro en los cuales ha entrado la automatización con más fuerza ha sido la industria automotriz, metal-mecánica, manufacturera, pero en el sector de riego no se ha hecho presente con la misma fuerza que en las anteriores. Por lo que es necesario diseñar nuevos sistemas hidráulicos más seguros y eficientes orientados al ahorro de agua, actuando con responsabilidad social; cuidando el medio ambiente, el agua, la energía, el trabajo, liberar el tiempo al trabajador.(Parra, 2012)

8.15.2. Definición de Control Automático

Según (Pérez Zabala, López Guevara, & Romero Vázquez, 2016), el control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

8.15.3. Definición de Sistema de Climatización

Es el control que se crea a partir de unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados, ya sea con flujos de aire a través de destratificadores, apertura de ventanas, nebulizadores, etc.

8.16. Componentes para automatizar diferentes sistemas

Para automatizar un sistema cualquiera, se necesita la aplicación de diferentes elementos los cuales dan forma al control sobre un área o un proceso. Los elementos principales son:

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, etc.

Figura 11.Tipos de Sensores



Fuente:(Pérez Zabala, López Guevara, & Romero Vázquez, 2016)

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control.

Figura 12.Tipos de Actuadores

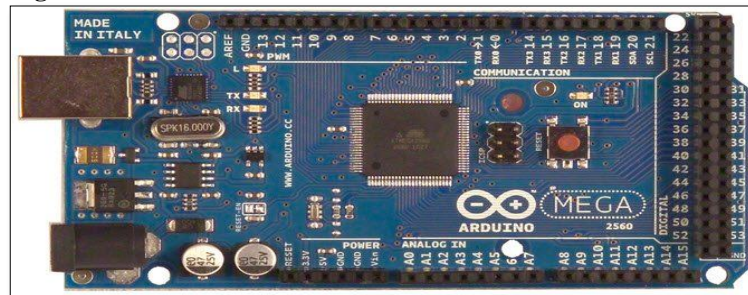


Fuente:(Pérez Zabala, López Guevara, & Romero Vázquez, 2016)

8.17. Arduino como plataforma para la adecuación del dispositivo

En el desarrollo del dispositivo se usará arduino, el cual es una plataforma denominada open hardware que reúne en una pequeña placa de circuito impreso (PCB) los componentes necesarios para conectarse con el mundo exterior y hacer funcionar un microcontrolador (Arduino.cc, 2016). La posibilidad de integrar sensores digitales y analógicos, hace posible la construcción de sensores propios o adaptación de otros para obtener resultados comparables a sensores comerciales, pero a un costo menor, con calidad y con la capacidad de calibración (Lugo, Villavicencio, & Díaz, 2014). En la figura 8.5 se observa un Arduino MEGA.

Figura 13.Arduino MEGA



Fuente:(Arduino, 2017)

Existe una gran variedad de tarjetas Arduino, lo que facilita el uso de cada una de ellas según las necesidades, en todas estas tarjetas el software es libre, el lenguaje es universal y se puede unir ideas para lograr obtener un buen resultado con cualquier tarjeta Arduino.

8.18. Monitoreo de temperatura

La temperatura, aunque difícil de definir, es posible obtener mediciones de ésta en múltiples formas y con diferentes elementos. Aunque el fuego se conoce desde los inicios mismos de las civilizaciones humanas, no fue sino hasta mediados del siglo XVIII que los científicos y estudiosos de la época se dieron a la tarea de investigar los fenómenos que ocurren alrededor del monitoreo de temperatura y comenzaron a entender la diferencia de conceptos entre los cuerpos calientes y los fríos.

8.18.1. La conducción.

Esta transferencia de energía ocurre cuando las partículas determinado cuerpo chocan entre ellas y transfieren energía cinética a las partículas con menor temperatura. Podemos ejemplificar esto con un acontecimiento cotidiano, al calentar un sartén para cocinar un huevo frito, el calor es transferido al sartén y éste se calienta, a su vez este sartén caliente transferirá el calor a la comida.

8.18.2. La convección.

Ocurre en los líquidos y gases, la diferencia de temperatura entre éstos provoca su movimiento, por ejemplo, los movimientos de convección que ocurren dentro de la atmósfera de nuestro planeta, son los responsables del estado atmosférico y del clima. Existen habitaciones dentro de las casas y oficinas que son más frías que otras, esto ocurre como consecuencia del movimiento de las corrientes de aire en ella.

8.18.3. La radiación.

Ocurre cuando el calor es transferido mediante ondas electromagnéticas, la radiación tiene la particularidad de poder ser reflectado o refractado, es decir, que una parte de él sea absorbida y otra sea reflejada.

9. HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga” en el sector de Patután permitirá optimizar el consumo de agua y determinar variaciones de temperatura

9.1. Operalización de variables

Variable dependiente: Permitirá optimizar el consumo de agua y determinar variaciones de temperatura.

Tabla 2. Variable dependiente

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e instrumentos
Es la capacidad de emplear menor tiempo para el riego por goteo, además de pérdidas innecesarias del líquido.	Cantidad excesiva de agua en las plantas Tiempo del riego	Humedad relativa Volumen del fluido Horas	Medición Evaluación de depósito de agua. Medición	Sensor de humedad del suelo. Sensor de nivel Observación. Cronómetro

Elaborado por: Los investigadores

Variable independiente: La implementación de un sistema de Automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga”. Permitirá optimizar el consumo de agua y determinar variaciones de temperatura

Tabla 3. Variable independiente

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e instrumentos
Es un sistema que mantiene una condición deseada con un proceso automático capaz de controlar el riego.	Riego por goteo	Área del cultivo	Medición	Flexómetro Cronometro
	Monitoreo de temperatura	Caudal del agua	Medición Observación	Cronómetro Sensor de temperatura

Elaborado por: Los investigadores

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología que se llevara a cabo para el diseño del proyecto se realizara mediante la determinación de ecuaciones a aplicarse en la programación del software.

10.1. Métodos de investigación

10.1.1. Investigación bibliográfica

El método bibliográfico es la primera etapa del proceso investigativo que ayuda a proporcionar información y conocimiento de las investigaciones ya existentes, de un modo sistemático, a través: indagación, conocimientos y técnicas sobre un tema determinada. El resultado de un buen proceso investigativo bibliográfico permite la publicación de un documento que acompañe al conocimiento científico que instruya al usuario en la metodología de investigación.

10.1.2. Investigación experimental

Fundamentalmente la experimentación de otros modelos de proyectos permite realizar comparaciones de proyectos similares mejorando aspectos que se consideran válidos, evitando errores en base a experiencias de proyectos pasados.

Con la aplicación de la investigación experimental se lograra la manipulación de variables intervención directa a ellas, observando el desarrollo y las consecuencias durante el proceso de la implementación del sistema.

10.2. Métodos de investigación

10.2.1. La observación

La observación es una de las técnicas más utilizadas, en base al uso de la visión media, se obtiene veracidad sobre cada uno de los datos obtenidos, de esta forma se logra la respectiva tabulación y cálculos que determinaron la factibilidad sobre el uso de los equipos y accesorios para la obtención de un riego controlado efectivo, y de esta manera optimizar el recurso hídrico. El cual establece una relación concreta e intensiva entre el investigador y el hecho social de los que se obtienen datos que luego se sintetizan para desarrollar la investigación, como es el caso, de las influencias producidas son más difíciles de someter a un estudio experimental.

10.3 Diseño hidráulico

10.3.1. Caudal

Según (Gilles, 1989) el caudal Q es el volumen del fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. Así por ejemplo en las tuberías de agua los litros por hora que circulan a través de un plano transversal de la tubería.

Ecuación de dimensiones:

$$[Q] = [L]^3 [T]$$

[1]

Caudal es la cantidad de líquido que pasa en un cierto tiempo. Concretamente, el caudal es el volumen de líquido que circula en un determinado tiempo. Matemáticamente se tiene:

$$Q = \frac{V}{t}$$

[2]

Dónde:

Q = Caudal

V = volumen del líquido

T = tiempo que tarda en salir el líquido

10.3.2. Número De Reynolds

Según(Gilles, 1989), el número de Reynolds es el parámetro adimensional de semejanza en los problemas con predominio de viscosidad. También el número de Reynolds cociente de una fuerza de inercia por una fuerza de viscosidad mide el influjo relativo de esta última: un número de Reynolds grande implica un influjo de la viscosidad pequeño y viceversa.

$$Re = \frac{\rho \times v \times Di}{\mu}$$

[3]

Dónde:

v = velocidad media del fluido

D = Diámetro del ducto

ρ = Densidad del fluido

μ , ν = viscosidad dinámica y cinemática respectivamente

10.3.3. Rugosidad relativa

Complementariamente, la consideración de Re obliga a tomar en cuenta los obstáculos que encuentra el fluido en su camino. Llamaremos rugosidad absoluta (K) a la altura máxima de las asperezas del conductor, medida en unidades de longitud.

Más usada es la denominada rugosidad relativa (Rr), que responde a la expresión, también en unidades de longitud.

$$Rr = \frac{\varepsilon}{D}$$

[4]

Dónde:

ε = rugosidad absoluta (tabla)

D = diámetro interno de la tubería

Tabla 4. Coeficiente de Rugosidad Absoluta, ϵ para tuberías

TIPO DE TUBERÍA	RUGOSIDAD ABSOLUTA “ ϵ ”	
	Mm	Pies
Vidrio, plástico, cobre, o latón estirado	< 0.001 (o lisa)	< 0.0000033 (o lisa)
Latón industrial	0.025	0.000082
Acero laminado nuevo	0.05	0.00016
Acero laminado oxidado	0.05 a 0.25	0.0005 a 0.00082
Acero laminado con incrustaciones	1.5 a 3	0.005 a 0.0098
Acero asfaltado	0.015	0.00005
Acero roblonado	0.03 a 0.1	0.000098 a 0.00033
Hierro galvanizado	0.15 a 0.20	0.0005 a 0.00066
Fundición corriente nueva	0.25	0.00082
Fundición corriente oxidada	1 a 1.5	0.0033 a 0.005
Fundición asfaltada	0.1	0.00033
Cemento alisado	0.3 a 0.8	0.00098 a 0.0026
Cemento bruto	Hasta 3	Hasta 0.0098
Acero roblonado	0.9 a 9	0.003 a 0.03
Duela de madera	0.183 a 0.9	0.06 .03

Fuente: (Ramos Ramos & Báez Rivera, 2013)

10.3.4. Viscosidad cinemática

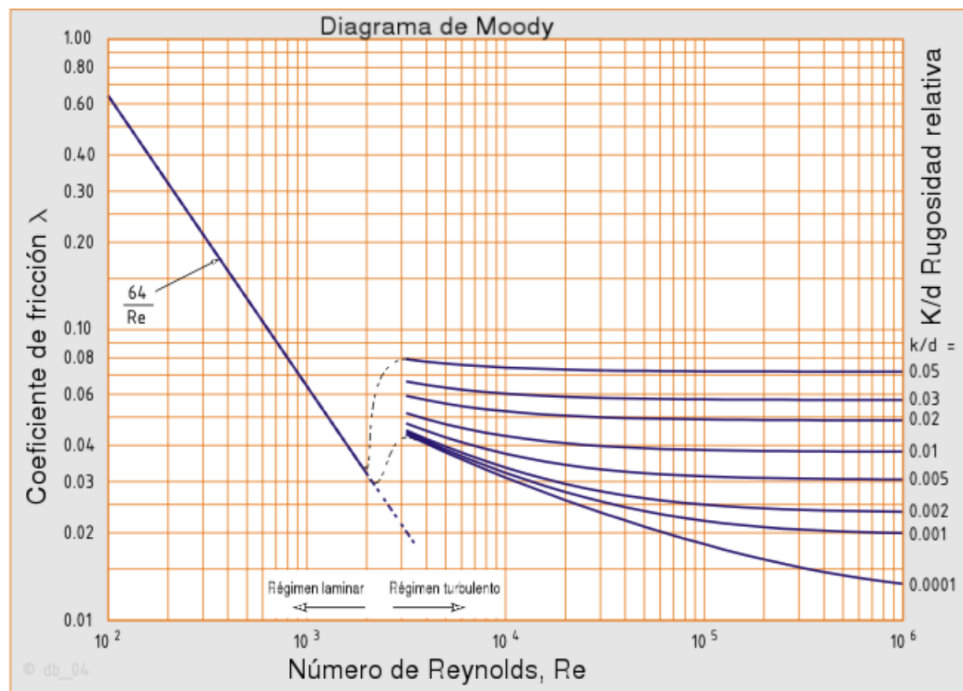
Se refiere a la división entre la viscosidad dinámica y la densidad. En los fluidos la medida de su viscosidad absoluta necesita de una alta habilidad experimental e instrumentos adecuados para realizar su medición.

Un viscosímetro es utilizado para medir la viscosidad cinemática de aceites y otros fluidos de mayor viscosidad, el procedimiento para sacar su medida se puede considerar como simple. Para efectos de cálculos se utilizan y existen muchas tablas y cuadros para determinar las diferentes propiedades de los fluidos a diferentes temperaturas.

10.3.5. El factor de fricción “ λ ”

Este coeficiente “ λ ”, es a dimensional y en función de dos variables: el número de Reynolds y la Rugosidad relativa y puede ser determinado por una diagrama llamada Diagrama de “Moody” que expresa el factor de fricción como función de la rugosidad relativa y del número de Reynolds (Re).

Figura 14.Diagrama de Moody



Fuente:(Ramos Ramos & Báez Rivera, 2013)

10.4. Metodología para el cálculo de parámetros Hidráulicos de Diseño

El movimiento del agua en las tuberías a presión y flujo permanente necesitan conceptos básicos de hidráulica del riego, en donde se considera el transporte del agua a través de conducciones cerradas de sección circular.

10.4.1. Caudal de Flujo

Según (Saud Toledo, 2012) el caudal del flujo Q se define como el volumen del flujo por unidad de tiempo o el área de la sección de flujo por la velocidad del mismo. Este concepto de determina a partir de la ecuación de continuidad. Dado que el agua para efectos de cálculo de caudal no afecta el peso específico, se elimina esta variable de los dos lados por lo que él la expresión queda de la siguiente manera.

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = A_3 \times V_3$$

[5]

$$A_n \times V_n = Q$$

Dónde:

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

A: Área de la sección de flujo.

V: Velocidad de flujo.

10.4.2. Flujos Hidráulicos en Tuberías

Según (Gilles, 1989), cuando entre dos partículas en movimiento existe gradiente de velocidad, o sea que una se mueve más rápido que la otra, se desarrollan fuerzas de fricción que actúan tangencialmente a las mismas. Las fuerzas de fricción tratan de introducir rotación entre las partículas en movimiento, pero simultáneamente la viscosidad trata de impedir la rotación. La naturaleza del flujo a través de un tubo está determinada por el valor que tome el número de Reynolds siendo este un número adimensional que depende de la densidad, viscosidad y velocidad del flujo y el diámetro del tubo, se pueden producir diferentes estados de flujo, así estos estados de flujo dependen de un parámetro adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de fricción y la viscosidad en un medio, este valor se lo denomina número de Reynolds (Re), definido analíticamente como:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

[6]

Dónde:

V: velocidad media en m/s

D: diámetro de la tubería en m

ρ : densidad del fluido en UTM/m³

μ : viscosidad absoluta en Kg.-s/m²

Según el número de Reynolds que se obtenga, el flujo hidráulico se puede clasificar en:

- **Flujo Laminar.** Este tipo de flujo se manifiesta en valores de $Re < 2000$
- **Flujo Turbulento.** Este tipo de flujo se manifiesta en valores de $Re > 4000$

10.4.3. Pérdida de Carga Hidráulica

En el interior de una tubería también se produce fricción a partir del paso del agua, a mayor velocidad del agua y menor diámetro de tubería, mayor es el valor de la fricción en el sistema, lo que produce una pérdida de energía o de fuerza al agua, a esta pérdida de energía se lo conoce como pérdida de carga (Saud Toledo, 2012).

10.4.4. Pérdida de Carga por Fricción

Para el diseño hidráulico se debe utilizar el criterio de pérdidas de carga en las tuberías de las líneas de conducción, así podremos obtener la pérdida del caudal por metro en las líneas de conducción central y laterales (Saud Toledo, 2012). Las ecuaciones que se utiliza para determinar la pérdida de carga son las ecuaciones de Darcy, Hazen-Williams, que es la más utilizada por referirse a tuberías de distintos diámetros y Manning. Las formulas señaladas son las siguientes.

Ecuación de Darcy:

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

[7]

Ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = 10.665 \times \left[\frac{L \times Q \times 1.852}{(C \times 1.852) \times (D \times 4.869)} \right]$$

[8]

Ecuación de Manning:

$$H_f = \frac{\eta^2 \times Q^2 \times L}{A^2 \times R^{4/3}}$$

[9]

Dónde:

H_f: Pérdida de carga en metros.

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

V: Velocidad de flujo

R: radio hidráulico para conductos circulares.

D: Diámetro del tramo en m.

A: Área de la sección transversal

L: Longitud del tramo en metros.

f: Coeficiente de reducción

g: Gravedad.

η : Coeficiente de rugosidad de Manning que depende del material.

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams que depende del material.

Los coeficientes de rugosidad de algunos materiales se presentan en la tabla 5. Que muestran valores para las fórmulas de Darcy, Hazen-Williams y Manning, para un riego presurizado y parcelario.

Tabla 5. Valores de coeficiente de rugosidad para pérdida de carga

Material	Darcy ϵ (m)	Hazen-Williams C	Manning η
PVC	ND	150	0.009
Polietileno	ND	150	0.007
Vidrio	ND	140	0.010
Cobre, Latón, plomo	1.5 X 10exp-6	140	0.010
Acero	4.6 X 10exp-5	130	0.011
Acero corrugado	1.2 X 10exp-3	60	0.014
Hormigón	1.8 X 10exp-3	120	0.013

Fuente: (Toledo, 2012)

10.5. Perdidas Carga localizadas o Secundarias

Para efectos de cálculo existen pérdidas pequeñas en los sistemas de riego por goteo que ocurren cuando hay un cambio en la dirección del flujo, cuando el flujo se ve obstruido, o cuando la trayectoria del flujo depende de un accesorio como una válvula, la cual depende de constantes de fabricación de estos accesorios. Esta pérdida de carga tiene el nombre de localizadas o secundarias se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$H_{fs} = \frac{8 \times K \times Q}{D^4 \times g \times \pi^2}$$

[10]

$$H_{ff} = h_{fs1} + h_{fs2} + h_{fs3} + \dots + h_{fsn}$$

[10]

Dónde:

Hfs: Pérdida de carga localizada o secundaria.

Hff: Pérdida total de carga localizada o secundaria

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

K: Constante del accesorio.

D: Diámetro interior del accesorio.

Tabla 6. Valores de la constante K para accesorios de riego.

Accesorio	K
Codo 90°	0.90
Codo 45°	0.42
Tee sin reducción	0.60
Tee con reducción	0.90
Curva 90°	0.60
Curva 180°	2.20
Válvula pie	2.50
Válvula de Retención	2.50

Fuente: (Toledo, 2012)

Para efectos de cálculo de pérdida de carga total se suman todas las pérdidas que se crean en todo el sistema, esto tendrá un factor de error del 5% que es un rango aceptable ya que en ocasiones la pérdida de carga secundarias son despreciables (Saud Toledo, 2012). La presión que se ejerce en las líneas laterales y central del sistema determina la cantidad de agua que pasa por el sistema de riego, debido a las pérdidas de carga que se producen a lo largo de las líneas central y laterales, por ello se determina el coeficiente de gasto hidráulico (C) para determinar este tipo de pérdidas.

El coeficiente de fabricación industrial (Cvf) viene determinado por el fabricante según la calidad del proceso de fabricación de los goteros donde no todos son iguales, y esta desigualdad produce una variación en los caudales (Saud Toledo, 2012)

Para poder tener un valor unificado de todos los coeficientes de variaciones como perdidas de carga y fabricación industrial, se tiene un coeficiente de variación total de caudal, dado por la siguiente ecuación.

$$CV^2 = Cv h^2 + Cvf^2$$

Dónde:

CV: Coeficiente de variación total del caudal.

Cvh: Coeficiente de variación del gasto hidráulico.

Cvf: Coeficiente de variación del fabricante.

Según (Saud Toledo, 2012) para poder tener una distribución unificada de agua en cada gotero se debe considerar un coeficiente de uniformidad CU, el cual según Karmeli y Séller han determinado una fórmula para este coeficiente.

$$CU = 100 \times \left(1 - 1.27 \frac{CV}{\sqrt{n}} \right) \frac{q_{\min}}{q_{\max}}$$

[12]

Dónde:

CU: Coeficiente de uniformidad.

CV: Coeficiente de variación total del caudal.

n: Número de goteros por planta.

qmin: Caudal de gotero de menor aportación.

10.5.1. Caudal total del sistema de riego

Para poder obtener la cantidad del flujo de agua total que va a recorrer por todo el sistema de riego, se necesita obtener los valores del caudal en cada sección del sistema, dependiendo de la geometría del mismo.

10.5.2. Caudal total Absorbido por los Emisores

$$C.T.A.G = Qg \times Nr \times Ng (\text{litro / hora})$$

[13]

Dónde:

Qg: Caudal de entrega del gotero (litro/hora).

Nr: Número de líneas de goteros o regantes operando.

Ng: Números de goteros por regante operando.

La curva característica de un gotero relaciona su caudal con la presión del agua. Viene definida por la ecuación:

$$q = Kh^x$$

[14]

Dónde:

q= Caudal del gotero, expresado en litros/hora.

K= Coeficiente característico de cada gotero.

h= Presión a la entrada del gotero, expresado en m.c.a.

x= Exponente de descarga del gotero (x = 1 en régimen laminar; x < 1 en régimen turbulento).

10.5.3. Caudal para la Línea Principal

$$Q.principal = Q.E.B = N^{\circ}s \times Qs(litro / hora)$$

[15]

Dónde:

Q.E.B: Caudal de equipo de bombeo (litro/hora).

N°s: =Número de líneas secundarias.

Qs: Caudal líneas secundarias (litro /hora).

10.5.4. Caudal para Líneas Secundarias

Para el cálculo se determina la línea secundaria más larga mediante la siguiente formula.

$$Q.secundaria = N^{\circ}r \times Qr(litro / hora)$$

[16]

Dónde:

N°r: Número de regantes por línea secundaria (litro/hora).

Qr: =Caudal regante (litro/hora).

10.5.5. Caudal para Líneas Regantes

Para el cálculo se determina la línea regante más largo mediante la siguiente formula.

$$Q_{\text{regante}} = N^{\circ}e \times Q_e(\text{litro / hora})$$

[17]

Dónde:

$N^{\circ}e$: =Numero de emisores por regante.

Q_e : Caudal entregado por emisor (litro /hora).

Cuando se tiene los valores de cada caudal, se puede obtener el valor total de la presión que debe entregar la unidad de bombeo que es la suma de las presiones parciales del sistema.

$$Q_{\text{total}} = Q_{T.A.G} + Q_{\text{principal}} + Q_{\text{secundaria}} + Q_{\text{regante}}$$

[18]

10.6. Metodología para selección de bomba

Para seleccionar correctamente una bomba se debe seguir los siguientes pasos:

10.6.1. Dibujo del sistema

Para realizar el dibujo del sistema es necesario conocer el lugar de la ubicación, altura sobre el nivel del mar, características topográficas del terreno, temperatura promedio del lugar, espacio disponible para la instalación, longitudes y trayectoria de las tuberías y el nivel de la succión del líquido, nivel de descarga, así como el lugar y el nivel de instalación de la bomba. En el grafico debe mostrarse todos los aparatos como tuberías, válvulas, accesorios, etc. Con sus respectivas longitudes.

10.6.2. Determinación del caudal

Es de suma importancia conocer el caudal necesario a que de este depende la capacidad de la bomba, la cual suministrara la cantidad exacta de líquido.

Se debe indicar la temperatura del líquido (en nuestro caso agua), ya que la densidad de los fluidos cambia dependiendo la temperatura, en el caso del agua se considera una densidad constante entre 0°C y 27°C.

10.6.3. Determinación de la altura o Columna Total (H)

La determinación de la altura o columna de bombeo se da por la suma de la elevación o cabeza dinámica de succión y de la columna o cabeza dinámica de descarga.

Cuando el suministro de succión está bajo el eje de la bomba (Figura 10.1) tenemos una Elevación estática de succión, y se determina mediante la fórmula a continuación.

$$H = h_D + h_S$$

[19]

Dónde:

h_D =Columna o cabeza dinámica de descarga (m)

h_S = Elevación, columna o cabeza dinámica de succión (m)

Cuando el suministro de succión está sobre el eje de la bomba (Figura 17) tenemos una Columna o cabeza estática de succión, y se determina mediante la fórmula a continuación.

$$H = h_D - h_S$$

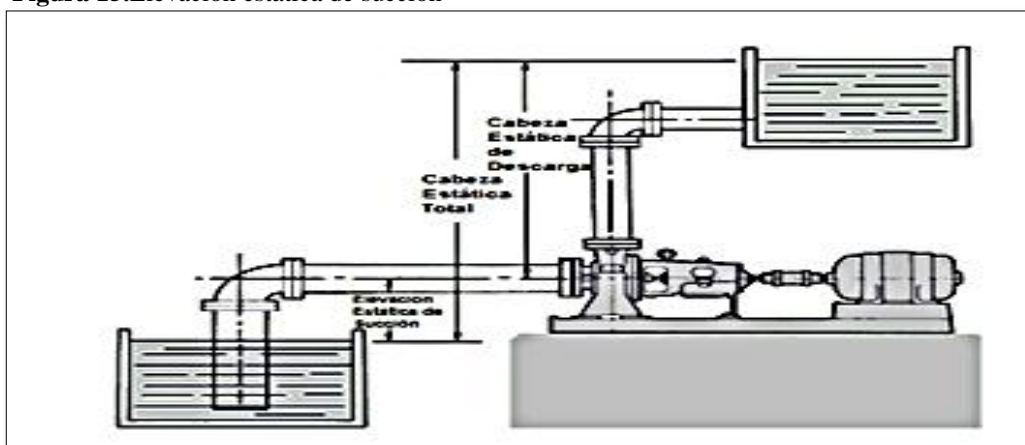
[20]

Dónde:

h_D =Columna o cabeza dinámica de descarga (m)

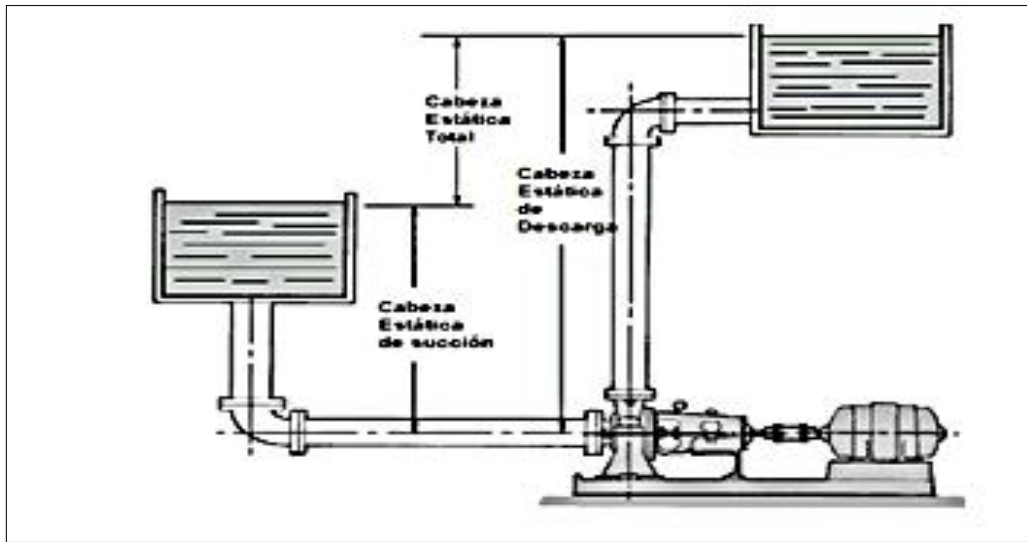
h_S = Elevación, columna o cabeza dinámica de succión (m)

Figura 15.Elevación estática de succión



Fuente:(Garcés Pico & León Calderón, 2015)

Figura 16.Elevación estática de succión



Fuente:(Garcés Pico & León Calderón, 2015)

10.6.4. Elevación dinámica de succión (h_s)

Es igual a la elevación estática de succión, más la columna de fricción total en la línea de succión (perdida de superficie, pérdidas por accesorios) más la columna de velocidad y más o menos la columna de presiones en la succión, se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$h_s = h_{ES} + h_{LS} + h_{VS} \pm h_{PS} \quad [21]$$

$$h_{LS} = h_{LPS} + h_{LZS} \quad [22]$$

$$h_{VS} = \frac{V^2}{2g} \quad h_{PS} = \frac{p}{g} \quad [23]$$

Dónde:

h_{ES} = Elevación estática de succión (m)

h_{LS} = Columna o cabeza total de fricción en la línea de succión (m)

h_{LPS} = Pérdidas por longitud en la succión.

h_{LZS} = Pérdidas por accesorios en la succión.

h_{VS} = Columna o cabeza de velocidad en la succión (m)

h_{PS} = Columna o cabeza de presión en la succión (m)

V = Velocidad (m/s) G = Gravedad (m/s^2)

Nota: h_{PS} existe cuando el tanque de succión se encuentre cerrado a la atmosfera, si el tanque está abierto a la atmosfera $h_{PS}=0$

10.6.5. Columna o cabeza dinámica de Descarga (h_D)

Es la suma de la cabeza o columna estática de descarga, más la columna de fricción total en la línea de descarga (perdidas de superficie, pérdidas por accesorios), más la columna de velocidades en la brida de descarga de la bomba, y más o menos la columna de presión en la descarga, se obtiene mediante la siguiente formula.

$$h_D = h_{ED} + h_{LD} + h_{VD} \pm h_{PD} \quad [24]$$

$$h_{LD} = h_{LPD} + h_{LZD} \quad [25]$$

$$h_{VD} = \frac{V^2}{2g} \quad h_{PD} = \frac{p}{g} \quad [26]$$

Dónde:

h_{ED} = Columna o cabeza estática de descarga (m)

h_{LD} = Columna o cabeza total de fricción en la línea de descarga (m)

h_{LPD} = Perdidas por longitud en la descarga.

h_{LZD} = Perdidas por accesorios en la descarga.

h_{VD} = Columna o cabeza de velocidad en la descarga (m)

h_{PD} = Columna o cabeza de presión en la descarga (m)

V = Velocidad (m/s) g = Gravedad (m/s^2)

Nota: h_{PD} existe cuando el tanque de descarga se encuentre cerrado a la atmosfera, si el tanque está abierto a la atmosfera $h_{PD}=0$

10.7. Determinación de la cabeza neta de succión positiva $NPSH|_d$

El $NPSH|_d$, es la cabeza neta de succión positiva disponible y representa la presión disponible para forzar el caudal determinado a través de la tubería. El cálculo del $NPSH|_d$ sirve para garantizar que un sistema de bombeo no entre en cavitación.

Elevación de succión abierta a la atmosfera:

$$NPSH|_d = p_B - V_P - h_{ES} - h_{LS} \text{ (m)} \quad [27]$$

Elevación de succión cerrada a la atmosfera

$$NPSH|_d = p - V_P - h_{ES} - h_{LS} \text{ (m)} \quad [28]$$

Cabeza o columna de succión abierta a la atmosfera

$$NPSH|_d = p_B - V_P + h_{ES} - h_{LS} \text{ (m)} \quad [29]$$

Cabeza o columna de succión cerrada a la atmosfera

$$NPSH|_d = p - V_P + h_{ES} - h_{LS} \text{ (m)} \quad [30]$$

Dónde:

p = Presión absoluta de la superficie del líquido del tanque cerrado (m, pies)

p_B =Presión barométrica en (m, pies)

V_P = Presión de vapor de líquido a la temperatura máxima de bombeo en (m, pies)

h_{ES} = Columna, cabeza o elevación estática de descarga (m, pies)

h_{LS} = Columna o cabeza total de fricción en la línea de succión (m, pies)

La presión (P_B) que se tiene en la superficie del agua del depósito de aspiración, para aquellos depósitos abiertos a la atmósfera, como puedan ser pozos, embalses de agua, piscinas, etc. es variable con la altura topográfica que tiene el terreno sobre la que se asienta el depósito. El efecto de la presión atmosférica (P_B) con la altitud se puede determinar con:

$$P_B = \frac{10,33 - \text{Altitud}}{900}$$

[31]

Dónde:

P_B =Presión barométrica en (m, pies)

Altitud= está dada en metros (m)

10.7.1. Determinación de la cabeza neta de succión positiva requerida $NPSH|_r$

El $NPSH|_r$ es un parámetro característico del tipo de bomba empleada, siendo un dato que suministra el fabricante de la bomba. La ecuación que define el NPSH requerido es la siguiente

$$NPSH|_r = H_z + \frac{V_a^2}{2 \times g}$$

[32]

Dónde:

$NPSH|_r$ = cabeza neta de succión positiva requerida (m)

H_z = presión mínima necesaria en la zona anterior a los álabes del rodete de la bomba (m)

V_a =velocidad de entrada del líquido en la bomba (m/s) g = Gravedad (m/s^2)

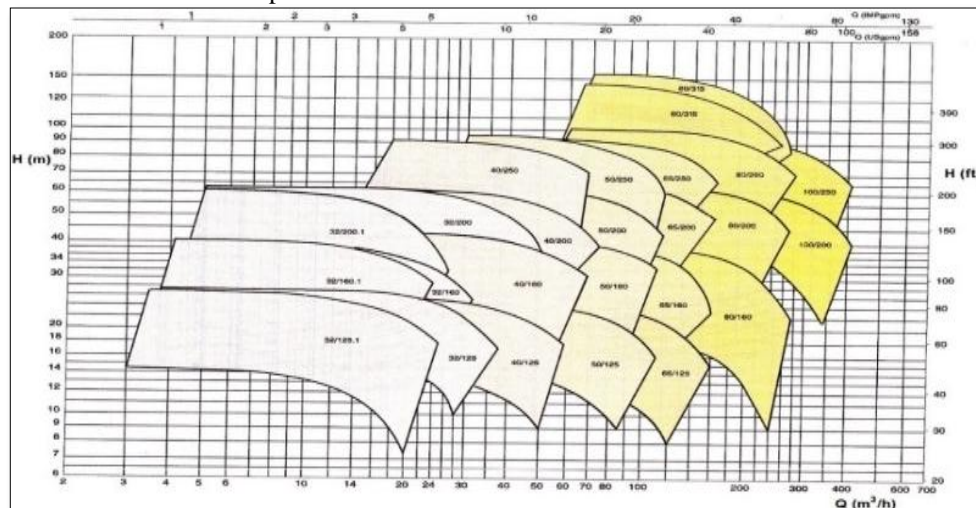
10.7.2. Elección del tipo de Bomba

Según (Ingemecanica.com, s.f.) Una vez definido el caudal y altura manométrica que debe suministrar la bomba, cada fabricante de bombas dispone de una tabla de selección rápida que permite obtener el modelo que mejores prestaciones ofrece de entre toda la gama de bombas que presenta.

Para la selección del modelo adecuado de bomba (una vez establecido el tipo de ésta) se recurrirá a las llamadas curvas características de la bomba, aportadas por el fabricante de las mismas. Se necesitan tres curvas diferentes: Las de caudal y carga de la bomba, llamadas curvas, las de potencia del motor necesario, kW, las de carga positiva neta de aspiración requerida. Las curvas características se construyen normalmente mediante pruebas realizadas con agua, por lo que sus datos se deben recalcular si se van a bombear líquidos con otras propiedades físicas.

Se adjunta una tabla de selección tipo dado por un fabricante de bombas y donde se indican, según la dimensión del rodete y la boca de descarga, las zonas donde presentan mejores rendimientos cada modelo de bomba.

Tabla 7. Selección del tipo de bomba



Fuente:(Garcés Pico & León Calderón, 2015)

En la industria y en la agricultura se presentan con mucha frecuencia problemas de transporte de líquidos a través de sistemas de tuberías, debiendo vencer presiones y desniveles, que hacen necesario el empleo de unas máquinas hidráulicas denominadas bombas(S.A., 2014).

10.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la selección de los diferentes elementos a utilizar, primero determinamos el área de control que tenemos, la cual consta de 844.20 m², esta área se separó en cuatro secciones de 211m² cada una, con el objetivo de tener un mejor control por área, como se muestra en el Anexo D.

A continuación se determinó la cantidad de agua necesaria para realizar el sistema de riego por goteo, para lo cual se ha realizado el experimento tomando como variable de salida, la cantidad de agua necesaria para el riego por goteo de los claveles y como variables de entrada se ha

tomado el tiempo de riego y el número de camas de claveles a producir. En la tabla 8, se observa las variables de entrada y de salida.

Tabla 8. Variables de entrada y salida

	Variables de entrada	Variables de salida	
X1	Tiempo de riego (minutos)	Cantidad de agua (Litros)	Y
X2	Camas de claveles (unidades)		

Elaborado por: Los investigadores

$$n = 3^k = 3^2 = 9$$

En la tabla 9, se puede observar los valores obtenidos de la cantidad de agua necesaria en (Litros), dependiendo del número de camas y del tiempo de riego, en este caso se ha tomado los valores de 10, 15 y 30 minutos.

Tabla 9. Valores de Agua necesaria y del tiempo de riego

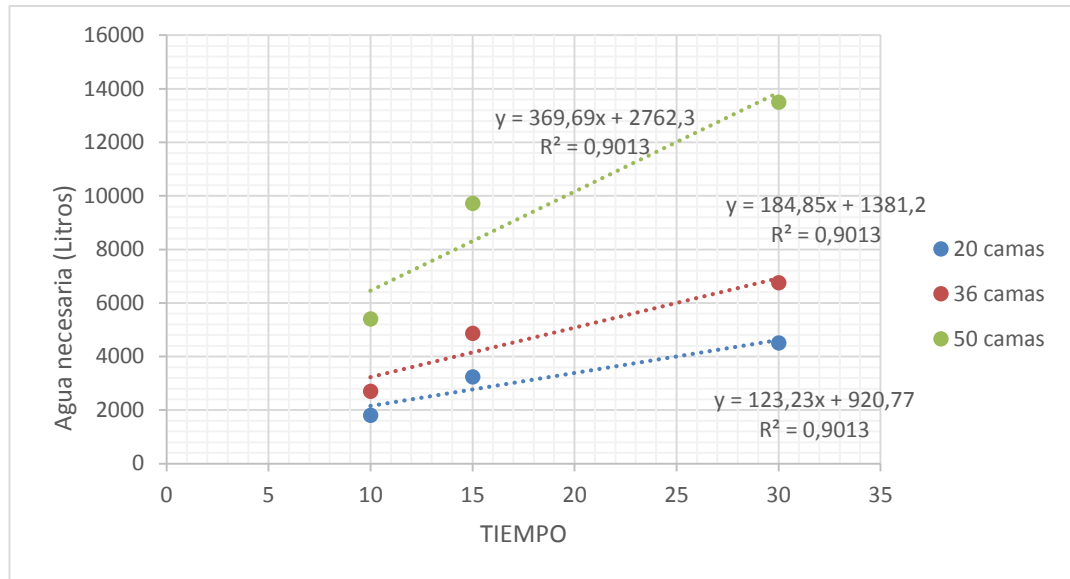
Tiempo (minutos)	Camas (unidades)		
	20	36	50
	Agua necesaria (Litros)		
10	1800,00	2700,00	5400,00
15	3240,00	4860,00	9720,00
30	4500,00	6750,00	13500,00

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 10. Tabla de comparacion de valores y porcentaje de error correspondiente

Tiem po (minutos)	Camas			MODELO			ERROR %
	20	36	50	20	36	50	
	Agua necesaria (L)			Agua necesaria (L)			
10	1800	2700,00	5400,00	1774,09	4041,82	6026,08	-0,01
15	3240,00	4860,00	9720,00	2281,78	5198,47	7750,57	-0,42
30	4500,00	6750,00	13500,00	3804,85	8668,42	12924,04	-0,18

Elaborado por: Los investigadores



$$20\text{camas} \Rightarrow H_2\text{O necesario(Litros)} = 369,69x + 2762,3$$

$$36\text{camas} \Rightarrow H_2\text{O necesario(Litros)} = 184,85x + 1381,2$$

$$50\text{camas} \Rightarrow H_2\text{O necesario(Litros)} = 123,23x + 920,77$$

$$\text{Agua} - \text{necesario(itros)} = A \times \text{Tiempo}(\text{min}) + B$$

Tabla 11.Tabla con respecto a A

A	Camas
123,23	20
184,85	36
369,69	50

Elaborado por: Los investigadores

$$A = 8,112x (\text{camas}) - 60,702$$

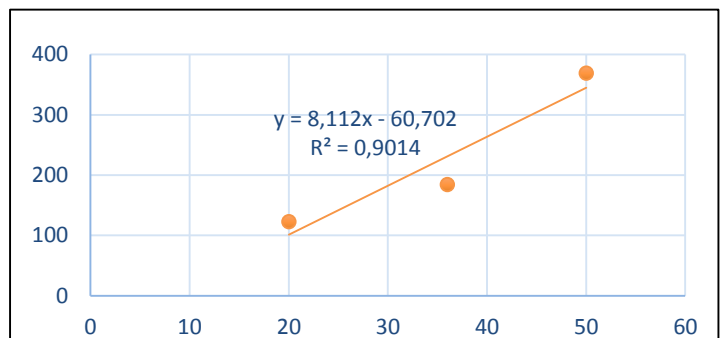
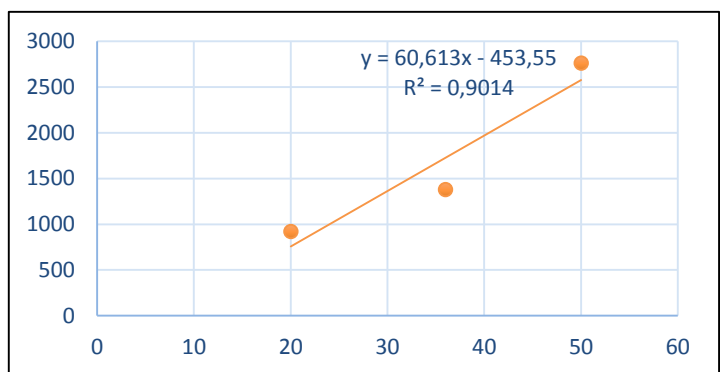


Tabla 12.Tabla con respecto a B

B	Camas
920,77	20
1381,2	36
2762,3	50

Elaborado por: Los investigadores

$$B = 60,613x (\text{camas}) - 453,55$$



REEMPLAZANDO A y B

$$\text{Agua} - \text{necesario}(\text{litros}) = A \times \text{Tiempo}(\text{min}) + B$$

Ecuación final

$$\begin{aligned} \text{Agua necesaria (Litros)} = & 8,112x (\text{camas}) - 60,702 x \text{Tiempo (Minutos)} \\ & + 60,613x (\text{camas}) - 453,55 \end{aligned}$$

A continuación en la tabla 13 se observa la cantidad de agua que necesitamos para realizar el sistema de riego por goteo.

Tabla 13. Agua necesaria para el sistema de riego

Descripción	Cantidad
Cantidad de Agua necesaria por área	2430 litros
Cantidad Total de Agua necesaria	9720 litros
Número de camas por área	9 camas
Número Total de camas	36 camas

Elaborado por: los investigadores.

10.8.1. Depósito de agua

Ya que conocemos la cantidad de agua necesaria se agrando el pozo de agua para poder almacenar la cantidad necesaria, el invernadero está provisto con un depósito de agua, cuya capacidad es de 14200 Litros asegurándonos un abastecimiento de agua continuo.

A su vez proporcionan un aumento en la presión y caudal del agua, siempre y cuando estén sus tuberías correctamente instaladas. Las características del depósito de agua son las siguientes:

- **Largo:** 3.70 metros
- **Ancho:** 3.20 metros
- **Profundidad:** 1.20 metros
- **Volumen:** 14.20 m³

10.8.2 Sección de la bomba

Ya que conocemos la cantidad de agua necesaria para el sistema de riego por goteo, procedemos a seleccionar la bomba adecuada para el sistema, para lo cual se tomó en cuenta el caudal, el diámetro de las tuberías de succión y descarga la altura del depósito de agua.

Tabla 14. Parametros para la selección de la bomba

Magnitudes dadas	
Caudal Q	0.15 l/s
Altura a la que deberá elevarse el líquido	2m
Longitud de la tubería de succión	3metros
Longitud de la tubería de descarga	25 metros
Material de la tubería	PVC
Diámetro de la tubería de succión	1.5 pulgadas
Diámetro de la tubería de descarga	1.5 pulgadas
Prevención de incrustaciones	Agua con arena (arena < 0,6 mm) 2,5 m/s
Velocidad especifica	3703 m/s
Caídas de presión	0,39 bar
Flujo laminar	$Re \leq 2000$
Velocidad recomendada para fluidos	0,3 a 0,9 m/s
Capacidad de la bomba	Poco viscosos 2HP

Elaborado por: los investigadores

Se utiliza una bomba centrífuga de 2 HP de capacidad, estas bombas cuentan con una gran variedad de aplicaciones. Están especialmente indicadas para el manejo de productos de baja viscosidad, no siendo aptas para líquidos fuertemente aireados. Este tipo de bomba es el que se debe utilizar siempre que la aplicación concreta lo permita, ya que es de fácil operación y mantenimiento, se recurrirá a ella para el bombeo de todo tipo de líquidos de relativamente baja viscosidad. A continuación se observa las características principales de la bomba centrífuga.

Tabla 15. Características técnicas de la bomba

Marca:	Potencia	Voltaje	Corriente nominal
Mark	2Hp	220V	11A

Fuente: (Grundfos, 2017)

10.8.3. Tuberías de distribución de agua

A continuación se detalla la instalación de las tuberías primarias, secundarias y laterales de distribución de agua, para lo cual se usan tuberías de diferente diámetro, para la tubería de succión de agua se tiene una tubería de 1,5 pulgadas de diámetro de material PVC, para la tubería de descarga se tiene una tubería de 1,5 pulgadas de diámetro de material PVC y para las tuberías laterales de distribución se tiene tuberías de polietileno con un diámetro de 16mm, estas tuberías laterales de distribución tienen agujeros distanciados cada 10 cm uno de otro con el fin de un riego uniforme en las camas.

10.8.4. Selección de los elementos de protección para la bomba de agua

Para proteger la bomba de agua, debemos conocer la corriente a plena carga, esto con el fin de dimensionar correctamente los elementos de protección, a continuación se realiza el cálculo de corriente de la bomba

10.8.5. Calculo de la corriente a plena carga:

$$I_{pc} = I_n \times 11 \text{ Donde: } I_{nb} = \text{ corriente nominal de la bomba}$$

$$I_{pc} = 1.25 \times 11 I_n = 1.25 \text{ Factor de seguridad del arranque de la bomba}$$

$$I_{pc} = 13.7 \text{ A } I_{pc} = \text{ Corriente consumida a plena carga}$$

Una vez conocida la corriente a plena carga de 13 A. se selecciona el conductor AWG #14 tomando en cuenta los rangos de amperaje que puede soportar los cables AWG. Ver anexo Z.

Mediante estos parámetros, se puede seleccionar la protección adecuada, en este caso se elige un Guarda motor con amperaje regulable de 11 a 16 Amperios marca AEG, a continuación se puede observar una imagen del guarda motor y una tabla con sus características técnicas.

Figura 17. Guardamotor AEG regulable 11 – 16 A



Fuente: (Eecontrols, 2015)

Tabla 16.Características técnicas del guardamotor

Marca:	Modelo	Voltaje	Corriente
AEG	MBS 32 HG 160	220V – 240V	11A – 16 A

Fuente: (Eecontrols, 2015)

También se usó un contactor marca SIEMENS 32^a el cual cuenta con una bobina de 220 V a 50 – 60 Hz, el cual cierra sus contactos cuando se energiza su bobina, esto nos ayuda a controlar la marchas y el paro de la bomba, en la siguiente figura se puede observar este contactor.

Figura 18.Contactor siemens 220V

Fuente: (Siemens, 2015)

Para el circuito de mando de la bomba de uso un interruptor temomagnético de 10A marca SIEMENS. Este interruptor temomagnético nos ayuda a proteger el circuito de mando con el cual se controlara el accionamiento de la bomba. A continuación se puede observar en la figura

Figura 19.Contactor siemens 220V

Fuente: (Siemens, 2015)

10.8.5 Pulsadores de Marcha y Paro

Para el accionamiento de la bomba se usó un pulsador marca SIEMENS normalmente cerrado, el cual es necesario para apagar la bomba, este abre el circuito de mando mediante un pulso. También se usó un pulsador marca SIEMENS normalmente abierto para el arranque, este cierra el circuito de mando mandando a activar la bomba.

10.8.6. Selector de tres posiciones

Se utilizó un selector de tres posiciones, el cual sirve para elegir el estado de riego por goteo ya sea Manual o Automático.

10.8.7. Paro de emergencia y luces indicadoras

Se usó también un paro de emergencia tipo hongo, este se encuentra colocado en la parte superior del tablero de control, este cumple la función de deshabilitar momentáneamente el sistema, en el caso de que exista algún daño o anomalía en el tablero de control, evitando así que ocurran situaciones peligrosas que afecten la seguridad de las personas y del equipo.

Las luces indicadoras que se encuentran colocadas en el tablero de control, son de 220 V, marca Siemens, las cuales cumplen la función de dar a conocer al personal que opera el tablero, el estado de la bomba ya sea “MARCHA” regando el sistema, o “PARO” cuando el sistema se encuentra deshabilitado.

10.8.7. Transformador

Se usó un transformador marca GEXXIC, el cual transforma los 220Vac a 24Vac ya que se necesitaba estos 24 V alternos debido a que nuestras electroválvulas se alimentan con estos 24 VAC, este transformador está protegido por un interruptor térmico marca SIEMENS de 5A.

10.8.8. Fuente de Alimentación 24 VDC

Se usó una fuente marca Siemens LOGO!Power, ya que se necesita un voltaje continuo de 5 VDC, esta fuente transforma los 220VAC a 24 VDC, estos ingresan a un regulador de voltaje LM2596, el cual nos da 5 VDC para alimentar a arduino.

En la siguiente figura se puede observar dicha fuente.

Figura 20. Fuente SIEMES 24 VDC

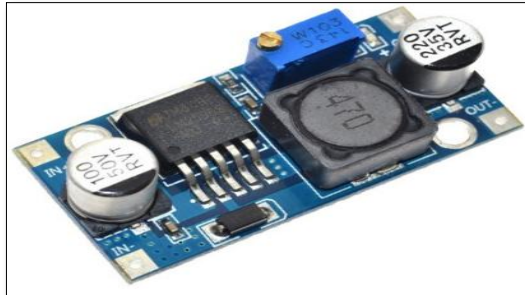


Fuente: (Siemens, 2015)

10.8.9. Regulador LM2596

Se utilizó un regulador de voltaje ya que se necesitaba 5 VDC para alimentar a arduino y a los diferentes sensores, a este regulador puede ingresar hasta 40VDC y su salida es regulable desde 1.25VDC hasta 35VDC, tiene una capacidad de 3 Amperios. En la siguiente figura se puede observar dicho regulador.

Figura 21.Regulador LM2596



Fuente: Carrod Electrónica, 2014

10.8.10. Selección del Arduino

Para seleccionar el arduino, se define el número de entradas y salidas necesarias para el sistema de riego, en este caso se necesitaron 22 salidas digitales, 4 entradas analógicas, 2 salidas para la comunicación con la LCD y el módulo reloj, y 2 pines para la entrada de voltaje DC, debido a estas necesidades se utilizó Arduino MEGA por tener:

- Un gran número de entradas/salidas digitales.
- Un gran número de entradas analógicas.
- Un gran número de salidas de control PWM.

A continuación se detalla las características técnicas de arduino MEGA.

Tabla 17. Especificaciones técnicas del Arduino

Microcontrolador	ATmega2560 (8bits)
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendad	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales prendedores	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente continua para Pin I /O	20 mA

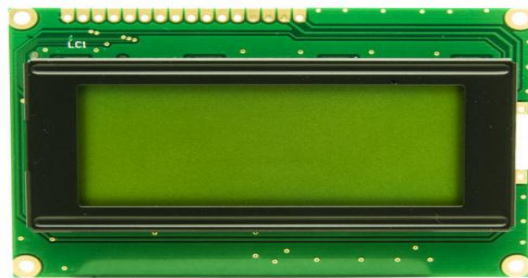
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB, 8 KB utilizado por el gestor de arranque
Memoria RAM	8 KB
Memoria EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13

Fuente: Arduino, 2017

10.8.11. Pantalla LCD

Se utilizó un panel LCD 16x4 ya que es necesario visualizar el estado del riego, y la temperatura ambiente en el invernadero. Los paneles LCD tienen diferentes tecnologías incluyendo modos de polarización positiva y negativa. Estos dispositivos ofrecen varias opciones en el formato de las fuentes de caracteres en las cuales se incluyen diferentes lenguas (Carrod Electrónica). En la figura 21, se observa un panel LCD. Ver anexo A, hoja C07.

Figura 22. Panel LCD



Fuente: Carrod Electrónica, 2014

Tabla 18. Especificaciones técnicas de la pantalla LCD

Modelo N° WH1604A
<ul style="list-style-type: none"> ▶ LCD Alfanumérico 16x4 ▶ 5x8 puntos incluye cursor ▶ Controlador integrado (ST7066 o equivalente) ▶ Fuente de alimentación de 5V (también disponible para 3V) ▶ WG16032D3 opcional para alimentación de +3V ▶ 1/16 duty cycle ▶ LED puede ser conducido por PIN1, PIN2, PIN15, PIN16 o A y K ▶ Interfaz: 6800, opción SPI/I2C (RW1063 IC)

Fuente: Carrod Electrónica, 2014

10.8.12. Banco de relés

Se utilizó dos bancos de relés de 4 canales cada uno, ya que se necesita controlar 220 VAC y 34 VAC. La implementación de un banco de relés actúa conjuntamente con el arduino para controlar el sistema de automatización, la tarjeta Arduino envía una señal digital a cada uno de los relés y mediante la alimentación del bobinado, hace viable la activación del elemento que actúa en el sistema. Ver anexo A, hoja C06.

Figura 23. Banco de relés

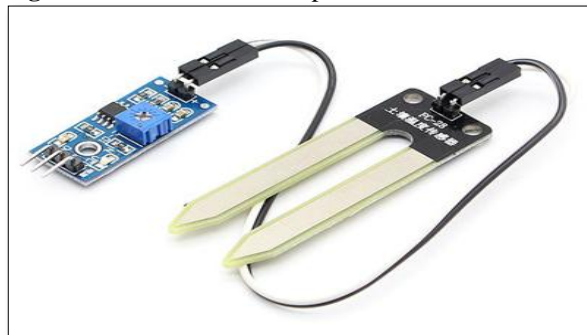


Fuente: Carrod Electrónica, 2014

10.8.13. Sensor humedad para de suelo YL-69

Se utilizó 4 sensores de humedad de suelo ya que contamos con 4 áreas de riego, uno por cada área. Este sensor consta de un par de electrodos en forma de “U” chapado en Níquel para mayor durabilidad, una tarjeta comparadora con un LM393 que puede ser un excelente auxiliar para conocer la humedad ambiente en la tierra, se usa principalmente para controlar la humedad y se complementa perfectamente con el Arduino. Ver anexo A, hoja C11.

Figura 24. Sensor humedad para Tierra



Fuente: Carrod Electrónica, 2014

Tabla 19. Especificaciones técnicas Sensor Humedad para Tierra

Sensor humedad para tierra			
Voltaje de Alimentación	Salida	Dimensión Sensor	Dimensión PCB
3.3V – 5V	Analógica y Digital	60mm X 30mm	30mm X 15mm

Fuente: Carrod Electrónica, 2014

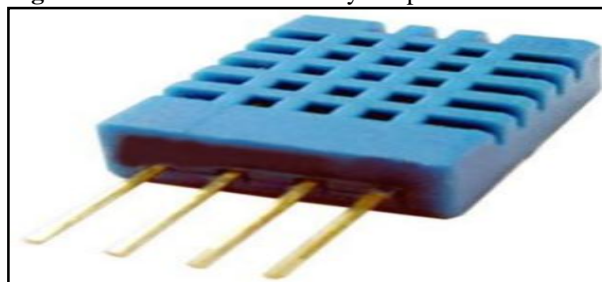
10.8.14. Sensor de Humedad y Temperatura DHT11

Se utilizó 2 sensores DHT11, porque es un sensor de bajo costo que nos permite conocer la humedad y temperatura de un área cerrada, con un rango de humedad que abarca desde 20% a 90% RH, y un rango de temperatura que abarca desde 0°C a 50°C (D-Robotics, 2010).

El DHT11 es un sensor que proporciona una salida de datos digital. Entre sus ventajas podemos mencionar el bajo coste y el despliegue de datos digitales. Esto supone una gran ventaja frente a los sensores del tipo análogo, como el LM335 por ejemplo, en los cuales las fluctuaciones en el voltaje alteran la lectura de datos (García, 2013). En la figura 1.2, se observa el esquema de este sensor.

Características

- Bajo Costo.
- Tiempo de respuesta 1 segundo.
- Precisión humedad 4% RH
- Precisión Temperatura $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Rango de Temperatura: 0°C a 50°C
- Rango de Humedad: 20% a 90% de RH
- Funciona con alimentaciones entre 3Vdc a 5Vdc.
- Señal de salida Digital

Figura 25. Sensor de humedad y temperatura DHT11

Fuente: (D-Robotics, 2010)

10.8.15. Electroválvulas

Se utilizó 4 electroválvulas de 24 VAC para el paso de agua a cada área de riego, estas electroválvulas son activadas mediante los módulos relés de arduino. Las electroválvulas están diseñadas para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, Las mismas que se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluido. Las electroválvulas CEPEX de 24VAC están distribuidas en cuatro áreas del invernadero que permite en control del riego, en la siguiente tabla se puede observar las características técnicas de las mismas.

Tabla 20. Especificaciones técnicas de electroválvulas

Electroválvulas			
Presión de trabajo	Potencia	Voltaje	Diámetro
0,7-10 bar	5.5W	24VAC	1"

Fuente: Carrod Electrónica, 2014

10.8.16. Placa de baquelita

Se realizó una placa en la cual ingresan los diferentes dispositivos como diodos, selectores, y de esta se conectan a los diferentes pines de arduino. Estas placas por lo general son de cobre, y se compone de dos caras, unas de ellas es un aislante que permite fundirla en ácido ferroso, el aislante separe las pistas de cobre. Este material aislante puede ser silicona, fibra de vidrio, y algunos otros.

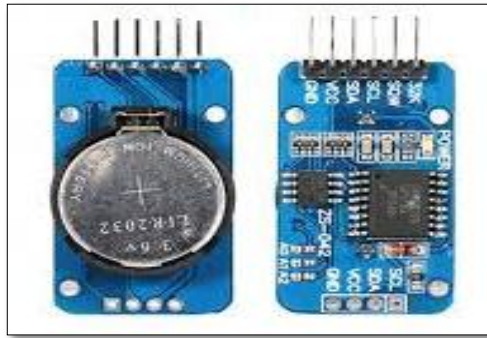
Tabla 21. Especificaciones técnicas de la Placa de baquelita

Placa de baquelita			
Dimensiones: 5cm X 5 cm	Número de caras: 1	Material: (PCB) Tarjeta de circuito impresa	Cara de cobre

Elaborado por: Los investigadores

10.8.17. Módulo de DS 3231 – reloj para Arduino

El módulo DS3231 permite llevar un registro detallado del transcurso del tiempo en el controlador, Este módulo incluye un circuito integrado DS3231, y además de un regulador de tensión, una batería de 3.6 voltios. Este módulo se comunica con Arduino utilizando el protocolo I2C.

Figura 26. Módulo de DS 3231

Fuente: Tokopedia, 2009

10.8.18. Teclado matricial 4x4

Un teclado matricial es un ajuste de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el número mínimo de pines requeridos, un teclado matricial 4x4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador. El teclado es tipo membrana por lo que entre sus ventajas se encuentra el poco espacio que requiere para ser instalada. Las características de operación del teclado, trabaja con un voltaje máximo de 4VDC y una corriente de 30 mA

Figura 27. Módulo de DS 3231

Fuente: Tokopedia, 2009

10.8.19. Cable UTP de 2 pares

Para la comunicación de sensores analógicos y digitales con la tarjeta Arduino, se utiliza cable UTP 2 pares categoría 3, debido a su bajo costo y su fácil manipulación.

10.8.20. Selección del conductor para las electroválvulas

El conductor que conecta las electroválvulas al tablero de control es el # 18 AWG para un voltaje de 24V AC, se usó este conductor debido a su bajo costo.

10.9. IMLEMENTACION

La instalación del sistema de riego automatizado se deslizará en un invernadero con un área de 844.20 m², esta área se separó en cuatro secciones de 211m² cada una, con el objetivo de tener un mejor control por área, como se muestra en el Anexo A.

Una vez adquirido todos los elementos anteriormente citados, se conectan como se indica en el Anexo A, se debe tener en cuenta que el lugar donde está instalado el 5TR el cual realiza el riego, se tiene una red de 220V monofásica por lo que en el Guarda motor de la bomba se puentea los terminales 4 y 5, esto se puede observar en el Anexo A, hoja C02.

10.9.1. Circuito de fuerza y de mando de la bomba

El circuito de fuerza y mando será diseñado para la protección de la bomba eléctrica y además permitirá controlar los elementos encargados de realizar el riego por goteo.

10.9.2. Circuito de Fuerza

El circuito de fuerza para el arranque de la Bomba está desarrollado mediante el uso de un guarda motor regulable (Q1), el cual está calibrado a 14 Amperios, debido a que la bomba consume como máximo 12 amperios, se tiene una línea de alimentación de 220 V bifásica, se puentea los terminales 4 y 5 del Guarda motor, además se usa un contactor cuya bobina es de 220 VAC, con una frecuencia de 50Hz a 60Hz. La Bomba que se usa para el riego es trifásica y tiene dos condensadores de 324 uf conectados en serie de 110V cada uno. Ver anexo A, hoja C02.

10.9.3. Circuito de Mando

El circuito de Mando se realizó con un Disyuntor Magnético de 6 Amperios, este circuito está conformado por dos estados, Manual y Automático, en el estado Manual arranca la Bomba mediante un pulsador que alimenta la bobina del contactor cuando el nivel del pozo sea alto, mediante un contacto normalmente abierto del relé.

En el estado Automático, se activa cuando las cuatro áreas del invernadero estén por debajo del 20% de humedad del suelo, Si la humedad del suelo de las cuatro áreas del invernadero se encuentra por encima del 60% para automáticamente. Ver anexo A, hoja C02.

10.10. Circuito de control del Nivel del Pozo

Este circuito se lo realiza con el fin de controlar el accionamiento de la Bomba, ya que, al accionarla con un nivel bajo de agua, puede causar varios problemas como, por ejemplo, la succión de suciedad almacenada en el fondo del pozo, o trabajar en vacío, lo cual podría dañar la bomba. Ver anexo A, hoja C04.

El funcionamiento de este circuito es cuando, se encuentra un nivel Bajo de agua se alimenta la bobina del relé de nivel bajo (R BAJO), el cual habré el relé auxiliar (RAUX) impidiendo el arranque de la Bomba, pero cuando el nivel del agua este elevado, la bobina se alimentara del relé de nivel alto (R ALTO), el cual cierra uno de sus contactos NO y alimenta a la bobina del relé Auxiliar, este realiza un enclavamiento mediante uno de sus contactos NO, con lo cual se puede arrancar el circuito de la bomba. Ver anexo A, hoja C04.

Figura 28. Extensión del reservorio



Elaborado por: Los investigadores

10.11. Circuito de Alimentación de 24 VAC para las electroválvulas

Este circuito está conformado por un interruptor temomagnético, el cual protege al transformador de 220 VAC a 24 VAC, los 24 VAC alimentan a las cuatro electroválvulas, también alimentan a las bobinas de tres relés de ocho patas, estos relés cumplen la función de controlar el nivel del pozo mediante el uso de un Electro nivel. Ver anexo A, hoja C05.

Figura 29.Ubicación de las electroválvulas



Fuente: Grupo de investigación

10.12. Circuito de pulsadores y leds indicadores del estado de las electroválvulas

Este circuito cumple la función de indicar que electroválvulas están funcionando en el estado Automático, mientras que, en el estado Manual, se usa selectores, para activar o desactivar las electroválvulas dependiendo de qué áreas se desea regar, para esto se usa resistencias con el fin de limitar el voltaje y proteger a los diodos led como también al Arduino, para los selectores se usan resistencias de 100kohms, para los diodos led se usan resistencias de 100 ohms, y 6 kohms. Las señales obtenidas dependiendo el estado ON/OFF de los pulsadores y leds son enviadas por medio de cable UTP, a las salidas digitales de Arduino. Ver anexo A, hoja C08 y hoja C09.

10.13. Circuito de Alimentación del sistema interno.

Se usa un transformador de 220VAC a 24 VAC, el cual se rectifica mediante un puente rectificador y se usa un condensador de 4700 uf como filtro, con lo cual se obtiene un voltaje de 24 VDC, estos 24 Voltios continuos son regulados a 5 VDC mediante el Modulo LM2596 con el fin de alimentar Arduino, sensores de humedad del suelo, sensores de temperatura, módulos relés, pantalla LCD, módulo reloj y leds indicadores. Ver anexo A, hoja C03.

10.14. Desarrollo de la programación de Arduino

La programación en arduino consiste en traducir a líneas de código las tareas automatizadas que queremos crear en función de las condiciones necesarias. Para ello es necesario descargar el software oficial de Arduino IDE, este software es de código libre y de fácil manejo.

Para lograr un mejor entendimiento de lo que se desea programar se desarrolla diagramas de procesos, con los cuales sabremos de qué manera se comportaran los diferentes actuadores y

sensores con diferentes condiciones. Estos diagramas de procesos se pueden ver en el Anexo E.

El lenguaje de programación que maneja Arduino está establecido en C++, el cual es de suma importancia conocer los equipos para la sistematización del diseño, debido que muchos elementos intervinientes requieren de librerías para ser reconocidos en la programación, Arduino cuenta con muchas de estas librerías, en el caso de no tener alguna, se puede descargar fácilmente las que se necesite, una vez teniendo todas las librerías necesarias podemos comenzar a programar de acuerdo a nuestras necesidades. La programación realizada para el sistema de riego por goteo se puede observar en el Anexo C.

10.15. Tablero de control

El tablero de control utilizado tiene las siguientes medidas 60x40x20 cm. Todos los elementos de control, protecciones, accesorios, y circuitos de mando se están ubicados dentro del tablero distribuidos equitativamente y separados mediante el uso de riel y canaletas ranuradas, tomando en cuenta la separación del circuito de fuerza de los dispositivos electrónicos.

El interior del tablero de control se encuentra dividido en tres secciones en la sección superior se encuentra los equipos de fuerza como disyuntores magnéticos, guarda motor, contactar, transformador, en la sección intermedia se encuentran los dispositivos electrónicos como lo son el microprocesador Arduino, los módulos relé, módulo LM2596, Modulo Reloj, baquelita de elementos, y en la parte interna inferior se encuentran las borneras para la conexión de los diferentes elementos que llegan al tablero como lo son las electroválvulas y los sensores, además se instaló tres relés de ocho patas cuya bobina es de 24 VAC. Ver anexo A, hoja C01.

En la parte externa del tablero de control, se encuentra una pantalla LCD 16x4, con luces indicadoras, botones de marcha, paro, un selector de tres posiciones, paro de emergencia, diodos led y selectores ON/OFF.

La ubicación del tablero se encuentra dentro del invernadero de tal forma que facilite el acceso y manipulación al propietario, el mismo que no necesita una instalación de refrigeración forzada, ya que el tiempo de trabajo diario del sistema de riego es muy poco.

11. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para el registro del riego por goteo antes de la automatización se elaboró tablas del mes de agosto y noviembre para demostrar el nodo de riego antes de la implementación del sistema.

Tabla 22. Comparación de resultados antes de la implementación de un sistema automatizado.

Registro del riego por goteo antes de la automatización																														
Septiembre																														
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
HORA																														
6 a 8 h		X	X			X		X			X		X		X		X				X					X		X		
8 a 11 h																X		X					X		X					X
11 a 14 h					X									X						X									X	
14 a 18 h																								X				X		

Registro del riego por goteo antes de la automatización																															
Octubre																															
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA																															
6 a 8 h		X	X			X		X			X		X		X		X				X					X		X			
8 a 11 h															X		X						X		X					X	
11 a 14 h					X									X						X									X		
14 a 18 h																								X				X			

Elaborado por: Los investigadores

Este registro de datos ayudó a la observación del método usado para el riego por goteo, el cual evidencio que la irrigación no se usa diariamente debido a que el procedimiento se lo realiza de forma manual, es decir que el propietario requiere de su intervención para el accionamiento de la bomba y la apertura manual de las válvulas durante cada 15 minutos.

Tabla 23. Comparación de resultados después de la implementación de un sistema automatizado.

Registro del riego por goteo después de la automatización																															
Diciembre																															
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA																															
6 a 8 h	X			X			X	X			X	X						X	X				X					X	X	X	
8 a 11 h		X	X			X		X	X				X	X	X						X			X		X					
11 a 14 h					X							X				X	X		X			X	X		X			X	X		X
14 a 18 h				X		X				X	X				X			X		X		X						X			X

Registro del riego por goteo después de la automatización																																
Enero																																
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
HORA																																
6 a 8 h			X	X			X				X			X			X					X			X			X	X	X		
8 a 11 h	X				X	X			X	X			X			X			X	X			X	X		X	X					
11 a 14 h		X						X				X						X	X			X						X	X		X	X
14 a 18 h	X					X				X	X				X	X	X					X			X	X						

Elaborado por: Los investigadores

Con la implementación del sistema automático en el invernaderos observar en las tablas de los meses de Diciembre y Enero, que se pudo llevar a cabo la tarea del riego por goteo sin la necesidad de que el propietario intervenga en el accionamiento de los elementos que realizan dicha tarea, lo que permitió la reducción del tiempo empleado en este proceso.

11.1. Colocación de Sensores de Humedad de Suelo

Para la colocación de los sensores de humedad de suelo en cada uno de los sectores, se realizó la toma de mediciones de humedad en cada cama de claveles, ya que tenemos cuatro sectores de riego, y en cada sector tenemos 9 camas de 20 metros cada una, se realizó un riego de 15 minutos y se tomó mediciones de la humedad del suelo cada metro de distancia, con esto logramos conocer la distribución de agua en cada sector de riego, a continuación se observa una tabla en la cual se puede observar los valores medidos.

Tabla 24. Valores de humedad en cada cama de claveles

SECTOR	CAMA #	DISTANCIA TOMADA DESDE LAS ELECTROVALVULAS																				
		1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m	19m	20m	
1	1	52%	53%	53%	52%	50%	52%	51%	51%	52%	52%	50%	52%	52%	53%	53%	53%					
	2	53%	52%	52%	51%	53%	53%	52%	52%	53%	51%	53%	52%	53%	52%	52%	54%	51%				
	3	51%	52%	51%	52%	54%	53%	51%	53%	52%	52%	54%	50%	51%	52%	51%	53%					
	4	53%	54%	53%	52%	51%	53%	53%	51%	51%	52%	51%	52%	53%	54%	53%	53%	51%				
	5	53%	51%	53%	52%	53%	53%	52%	51%	52%	51%	50%	51%	52%	51%	51%	52%	51%				
	6	50%	51%	51%	53%	52%	52%	53%	51%	51%	53%	53%	52%	52%	53%	50%	52%	53%				
	7	52%	51%	50%	51%	52%	51%	52%	52%	50%	54%	53%	51%	53%	52%	52%	50%	50%				
	8	52%	53%	52%	53%	54%	53%	51%	52%	50%	50%	52%	51%	50%	52%	51%	53%	52%				
	9	52%	51%	51%	52%	52%	50%	52%	52%	53%	51%	51%	50%	51%	54%	53%	52%	51%				
2	1	53%	52%	52%	53%	51%	53%	51%	53%	52%	51%	51%	50%	51%	52%	50%	54%	50%	50%	49%	49%	
	2	53%	51%	53%	52%	52%	54%	53%	51%	53%	51%	51%	50%	51%	50%	50%	52%	53%	51%	53%	50%	
	3	53%	53%	51%	51%	52%	51%	53%	53%	51%	53%	52%	51%	52%	52%	50%	53%	52%	52%	54%	50%	
	4	52%	52%	53%	52%	52%	54%	50%	51%	52%	53%	52%	51%	53%	51%	51%	51%	51%	52%	51%	50%	
	5	51%	53%	52%	53%	51%	53%	52%	51%	53%	52%	51%	52%	52%	51%	53%	52%	52%	51%	50%	48%	
	6	50%	51%	53%	53%	53%	51%	51%	53%	53%	51%	53%	53%	51%	53%	51%	53%	52%	51%	51%	50%	
	7	51%	53%	52%	51%	51%	53%	52%	51%	53%	53%	52%	52%	52%	52%	50%	52%	50%	51%	51%	50%	
	8	52%	53%	51%	50%	50%	53%	52%	50%	51%	51%	52%	51%	52%	53%	52%	50%	50%	51%	52%	52%	
	9	51%	50%	50%	50%	51%	53%	53%	52%	52%	53%	52%	52%	51%	52%	51%	52%	53%	50%	50%	50%	
3	1	52%	52%	52%	50%	51%	53%	52%	52%	53%	52%	51%	53%	52%	54%	53%	52%	51%	50%	48%		
	2	50%	51%	52%	50%	51%	51%	52%	52%	51%	52%	53%	53%	50%	52%	51%	53%	52%	52%	50%	51%	
	3	53%	52%	50%	52%	53%	51%	52%	53%	53%	54%	54%	51%	52%	52%	53%	53%	54%	53%	50%	50%	
	4	50%	53%	53%	53%	52%	52%	53%	52%	52%	52%	52%	50%	52%	53%	52%	52%	52%	52%	48%	49%	
	5	52%	50%	50%	51%	51%	52%	52%	52%	53%	51%	52%	53%	54%	51%	52%	51%	51%	51%	50%	50%	
	6	52%	50%	51%	51%	50%	51%	52%	52%	52%	52%	51%	52%	52%	53%	54%	53%	53%	52%	50%	51%	
	7	52%	53%	51%	52%	53%	51%	52%	50%	51%	52%	50%	52%	52%	52%	52%	50%	52%	50%	48%	48%	
	8	53%	52%	52%	53%	52%	52%	52%	52%	50%	51%	51%	51%	52%	53%	51%	53%	51%	50%	49%	49%	
	9	53%	51%	53%	52%	50%	50%	53%	52%	51%	52%	50%	52%	53%	53%	51%	53%	52%	50%	50%	50%	
4	1	53%	53%	50%	53%	53%	51%	53%	52%	50%	51%	53%	53%	52%	52%	53%	53%	52%	51%	50%	49%	
	2	52%	52%	52%	51%	53%	52%	53%	54%	50%	52%	54%	51%	51%	53%	52%	52%	50%	49%	50%	48%	
	3	52%	53%	51%	53%	51%	51%	52%	51%	50%	52%	51%	51%	52%	51%	52%	51%	52%	51%	50%	49%	
	4	52%	52%	52%	51%	51%	53%	51%	50%	51%	52%	53%	53%	54%	53%	54%	53%	52%	52%	50%	51%	
	5	53%	51%	52%	53%	52%	52%	53%	51%	53%	53%	52%	52%	52%	53%	51%	53%	52%	51%	50%	50%	
	6	51%	52%	51%	53%	52%	50%	51%	51%	52%	51%	52%	53%	51%	50%	51%	51%	51%	52%	50%	49%	
	7	53%	54%	53%	53%	51%	53%	52%	52%	51%	53%	54%	52%	52%	52%	51%	50%	53%	53%	50%	48%	
	8	52%	52%	50%	52%	52%	53%	51%	50%	50%	52%	52%	51%	54%	52%	53%	52%	50%	52%	50%	50%	
	9	53%	51%	53%	51%	53%	52%	52%	51%	51%	53%	51%	51%	50%	52%	51%	53%	50%	50%	49%		

Elaborado por: Los investigadores

Como se puede observar la humedad de cada sector medido por los sensores, se encuentra en un rango de 49% a 53% lo que nos dice que el riego es homogéneo en cada sector de riego ya que el invernadero según el dueño fue diseñado a nivel con el fin de mantener el riego uniforme, por lo que se ha decidido colocar cada sensor en el centro de cada sector del invernadero.

12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS

12.1. Impactos técnicos

Mediante un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el cultivo de clavel bajo invernadero, permite producir el producto en cualquier momento del año, así como también en las épocas más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado, los sistemas de gestión del clima, etc. Esto refleja posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

Tabla 25. Producción anual de clavel

Producción anual			
Plantas sembradas:	Tallos por planta	Producción Semestral	Producción total anual
40,000	4 unidades	160,000 tallos	320,000 unidades

Elaborado por: Los investigadores

12.2. Impactos sociales

Con el proceso de automatización para cultivo de clavel en un invernadero facilita el control de riego por goteo y el monitoreo de temperatura para un buen desarrollo del producto por medio de diferentes materiales ubicados en la parte interior del invernadero, que a su vez protege el cultivo y al mismo tiempo permite incrementar la productividad y la comercialización del clavel.

12.3. Impactos ambientales

El desarrollo del cultivo de clavel, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por varios factores ambientales o climáticos, para que las plantas puedan realizar sus funciones necesitan de invernaderos diseñados para producir las condiciones ambientales apropiadas y específicas para cada cultivo, dentro del cual un sistema de automatización puede mejorar la

producción, la calidad del cultivo y por consiguiente el incremento de las ganancias por la comercialización del producto en los mercados existentes. Además de esta manera se logrará mantener el uso de tecnologías ambientalmente limpias no contaminantes y de bajo impacto.

Tabla 26. Datos del consumo de agua de riego por goteo antes de la automatización

consumo de agua antes de la automatización		
En el riego manual existía desperdicio de agua por la falta de control en las válvulas		
Para 10 minutos	Para 15 minutos	Para 30 minutos
50 litros	62 litros	100 litros

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 27. Datos del consumo de agua de riego por goteo después de la automatización.

consumo de agua con la automatización		
El control de las electroválvulas logró reducir considerablemente el desperdicio de agua		
Para 10 minutos	Para 15 minutos	Para 30 minutos
10 litros	15 litros	20 litros

Elaborado por: Los investigadores

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Este consiste en implementar los gastos en el proyecto previo que se encuentre en fase de ejecución. En las tablas que se ilustra a continuación se fijan los precios de los equipos y materiales a utilizar en el proyecto.

13.1. Material Eléctrico

Los materiales eléctricos utilizados en el sistema de automatización para el riego por goteo y monitoreo de temperatura se detallan en la tabla 28.

Tabla 28. Material eléctrico

Detalle	Descripción	Cantidad	Valor U	Valor Total
Cable #12	3hilos 600V	85m	4	340
cablegeneral UTP	2par 24AWG	138m	0,37	51.06
Contactador siemens	220V de 50-60 Hz	1	80	80
Guardamotor regulable	10/15 A	1	75	75
Transformador	220V a 24VAC	1	30	30
Disyuntor magnético	bifásico 16A	1	25	25
Disyuntor magnético	bifásico 10A	1	28	28
Disyuntor magnético	bifásico 6	1	15	15
Módulo de contactos	220V	1	15	15
Borneras de conexión	220V, 24V	20	1,5	30
Tablero metálico	60x40x20	1	76	76
Riel din	18x5,2 mm deacero	4m	3.50	14

Canaleta ranuradas	PVC de 40 x 40	6m	2	12
Luz roja indicadora	220V	1	3	3
Luz verde indicador	220V	1	3	3
Paro de emergencia tipo hongo	220V	1	6	6
Pulsador normalmente abierto	220V	1	4	4
Pulsador normalmente cerrado	220V	1	4	4
Selector de 3 posiciones	220V	1	7,5	7,5
Electroválvulas	24VAC 5.5W	4	32	128
Relés de 8 patas bobina	24V AC	1	9	9
Total				904,5

Elaborado por: Los investigadores

13.2. Material electrónico

Los materiales electrónicos utilizados en el sistema de automatización para el riego por goteo y monitoreo de temperatura se detallan en la tabla 29.

Tabla 29.Material electrónico

Descripción	Características	Cantidad	Valor U	Valor Total
ArduinoMEGA	2560 (8 Bits)	1	50	50
Modulo relécuatro canal	12VAC	2	16	16
Modulo LM2596	DC a DC 1.25V		13	13
Pantalla LCD 16x4	Alfanumérico 5V	1	25	25
Sensor de humedad de suelo	3.5V	4	36	36
Sensor de temperatura dht11	3.3V-5V T 0-50°C	2	6	6
Modulo reloj	DS3231 de 3.6V	1	8	8
Modulo I2C para LCD	400Kbps, 5V	1	12	12
Diodos led	2V	7	0,15	1,15
Selectores on/off	22mm,T -25 a70°C	5	0.30	1,8
Cables macho/macho	22AWG Punta sólida	2	12	12
Cables hembra/hembra	22AWG Punta sólida	1	14	14
Cables hembra/macho	22AWG Punta sólida	5	25	25
Resistencias	100kΩ de ¼ W	7	0,7	4,9
Resistencias	100Ω de ¼ W	5	0,15	0,75
Baquelita Perforada	15cm x 15cm	2	6	4,9
Estaño	0.00001450hm-cm	10m	0,3	3
Cautín	110V y 30W	1	7	7
Pomada	para soldar	1	4,5	4.5
Cable UTP	4 pares de 100MHz	6m	0,5	3
TOTAL				243,5

Elaborado por: Los investigadores

13.3. Accesorios de plomería

Los materiales de accesorios de plomería utilizados en el sistema de automatización para el riego por goteo y monitoreo de temperatura se detallan en la tabla 30.

Tabla 30.Accesorios de plomería

Descripción	Cantidad	Valor U	Valor Total
Neplo corrido de 1"	4	0.50	2
Teflón Amarillo	1	1	1
Válvula check de pie 1 ^{1/2} "	1	11	11
Válvula check 1 ^{1/2} "	1	10	10
Filtro desarenador 1 ^{1/2} "	1	17	15
TOTAL			39

Elaborado por: Los investigadores

13.4. Gastos varios

Los gastos varios realizados durante el proceso del sistema de automatización para el riego por goteo y monitoreo de temperatura se detallan en la tabla 31.

Tabla 31.Gastos varios

Detalle	Descripción	Valor Total
Material Bibliográfico	Consultas, etc.	60
Servicio de suelda	Autógena	45
Transporte y viáticos		60
TOTAL		165

Elaborado por: Los investigadores

13.5. Gasto total

En el gasto total se deriva de los gastos eléctricos, electrónicos, accesorios de plomería y varios durante la implementación del proyecto se detalla en la siguiente tabla, con el propósito de dar a conocer cuáles son los gastos que intervinieron en todo el proceso.

Tabla 32.Total general

Detalle	Valor
Material Eléctrico	904,5
Material Electrónico	243,5
Gastos varios	165
Accesorios de plomería	39
TOTAL	1352

Elaborado por: Los investigadores.

13.6. Gasto total general

El gasto total general se relaciona con el porcentaje de la mano de obra generada en la implementación del proyecto de automatización.

Tabla 33. Gasto total general

Porcentaje de la mano de obra	1.30
Mano de obra	405.6
Gasto total general	1757.6

Elaborado por: Los investigadores.

14. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema automático de riego por goteo y monitoreo de temperatura permitió reducir el tiempo de 1 hora y 30 minutos empleado al utilizar un proceso manual, de 15 a 30 minutos dependiendo la humedad que requiera la planta.
- El diseño del tablero de control y mando para el riego permitió controlar las electroválvulas y la bomba solo cuando los sensores de humedad identifican si la humedad del suelo se encuentra en un rango del 20%
- Las pruebas realizadas permitieron validar el diseño e implementación de un sistema propuesto como solución al problema inicial de este proyecto, además se implementó con un hardware existente en el mercado para facilitar el mantenimiento en las instalaciones del invernadero.
- La vida útil de la tarjeta Arduino depende de la veces que se escriba y suprima la memoria flash del microcontrolador ATMEGA2560, este procesador cuenta con un ciclo de 10000 veces para cargar los programas que se desee ejecutar.

RECOMENDACIONES

- El lenguaje de programación debe ser analizado en detalle para la elaboración del programa de control, ya que cada software tiene múltiples opciones para facilitar el control.
- Realizar limpiezas mensuales en el interior del tablero principal para evitar que se acumulen partículas de polvo e impurezas que puedan dañar las conexiones o contactos de la tarjeta arduino, banco de relés y la pantalla LCD.
- No se debe desconectar ninguno de los sensores (humedad del suelo o temperatura), mientras la tarjeta arduino esta energizada o realizando algún proceso, la desconexión de alguno de estos sensores implica fallas al momento de obtener la lectura de los parámetros y ocasiona fallas en el sistema.

15. BIBLIOGRAFÍA

Abrego Preza, E. S. (2016). Autoatización de invernaderos para cultivos hidropónicos en el salvador. El Salvador.

Agrícolas, N. (2016). Invernaderos Capilla. Obtenido de <http://www.novedades-agricolas.com/es/venta-invernaderos-novedades/tipos-de-invernaderos/invernadero-capilla>

Alvarez, G., & Perez, P. (2011). El cultivo intensivo y los procesos de Riego. Madrid.

Arduino. (2017). Arduino. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#>

Arduino, C. (2017). Arduino Mega. Obtenido de Arduino Mega: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>

Arevalo Machado, V. (2012). El riego, una fuente de producción en zonas áridas. Quito: Universidad Tecnológica Israel.

Avendaño, M. J., & Lopez Avendaño, J. E. (2015). Diseño de riego por goteo.

Bolzan, H., Spatola, J., & Chiera, A. (2010). Prevalencia del proceso de riego por aspersión. Argentina: Asociación de odontología Argentina.

Cabello Quiñones, A. M. (2006). Energías Alternativas "Solución para el desarrollo sustentable". Argentina: REFINOR S.A.

Calderón Baños, S. P. (2014). Evaluación del recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cultivos en cinco barrios de tumbaco, pichincha. universidad central del ecuador, facultad de ciencias agrícolas, Quito - Ecuador.

Carrasco, D. P. (2013). Procedimiento de mantenimiento y calibración de estación radiométrica .

Carrod Electrónica. (s.f.). Obtenido de Carrod Electrónica: <https://www.carrod.mx/products/modulo-de-reles-4-canales-5-v-con-optoacoplador-generico>

Carrod Electrónica. (2014). Obtenido de Carrod Electrónica: <https://www.carrod.mx/products/placa-fenolica-15-cm-x-15-cm>

Cevallos Romero, J. L. (2013). Manual de operación y mantenimiento de riego por goteo. Lima, Peru.

Chávez Ramírez, L., García Barrera, V. H., & Ortiz Ramírez, E. V. (2011). Automatización en el sistema de riego de un invernadero de Jitomate ubicado en San Francisco Lachigolo, Tlacolula de Matamoros, Oaxaca. Oaxaca de Juárez.

Circutor. (2015). Pinza amperimétrica y multímetro CPM. Circutor S.A.

Civilgeeks.com. (2017). Programa para determinar requerimientos de agua y la programación de riego [CROPWAT]. Obtenido de <http://civilgeeks.com/2013/03/16/programa-para-determinar-requerimientos-de-agua-y-la-programacion-de-riego-cropwat/>

climatico, G. i. (2012). Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático. España: Michael Melford/national Geographic Stock.

Cruz, J. C. (Noviembre de 2009). Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva Italia. Perú.

Docente, P. d., & Proyecto de innovación Docente. (2010). El método de observación como instrumento de análisis.

D-Robotics. (Julio de 2010). DHT11, sensor de humedad y temperatura. Obtenido de <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>

Econtrols. (2015). AEG combination controls. Obtenido de http://automation-dfw.com/pdf_elec/aeg-03combstarterseriesmbs32-63.pdf

Farfan, E., & Henry, Z. (2015). Diseño de un banco de pruebas para paneles solares fotovoltaicos, mediante un convertidor reductor - elevador. Cuenca: Cesar Zambrano, Ph.D. .

Fenix, N. (s.f.). Sensor Humedad para Tierra. Obtenido de Sensor Humedad para Tierra: <https://www.nextiafenix.com/producto/sensor-humedad-para-tierra/>

Fenix, N., & Nextia Fenix. (s.f.). Sensor Humedad para Tierra. Obtenido de Sensor Humedad para Tierra: <https://www.nextiafenix.com/producto/sensor-humedad-para-tierra/>

Fernandez, R. (2010). Manual de riego para agricultores: módulo 1. Fundamentos de riego. Junta de Andalucía.

Fiba. (2013). Automatización.

Fiuba. (2015). Automatización.

Garcés Pico, J. C., & León Calderón, J. P. (2015). Diseño e implementación de una planta de nivel, controlada mediante redes neuronales y lógica difusa, destinada al laboratorio de control industrial de la universidad de las fuerzas armadas espe. Latacunga.

García Bamala, Á. (2014). Proyecto de riego por goteo de 10 ha de frutales en el municipio de Sant Boi de Llobregat. Universidad Politécnica de Cataluña, Castelldefels.

García Moreno, E. (2012). Automatización de procesos industriales. Valencia.

Gilles, R. (1989). Mecánica de fluidos e Hidráulica. McGrawHill.

González, F. (12 de Junio de 2013). Instrumentos de medida de radiación solar . Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/caracterizacion-y-evaluacion-de-la-radiacion-solar/tema-5>

Grundfos, M. (2017). Mark Grundfos bomba centrífuga. Obtenido de <http://www.conauto.com.ec/index.php/mark-grundfos-bomba-centrifuga-df7/>

Hernandez, J. R. (1983). El clavel para flor cortada. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (4/83 HD), 2-3.

Hydro Environment. (2017). Goteros para Riego. Obtenido de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&products_id=768

Ingemecanica.com. (s.f.). Cálculo de Instalaciones de Bombeo de Agua. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>

Innovacion Agricola. (2017). Innovacion agricola. Obtenido de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=219

Jofra, M. (2014). Energías renovables para todos . Mexico: Sacal.

Lapastida, N. M., & Mora De Lapastida, N. (2014). La Investigación Bibliográfica.

León Hualcan, F. I., & Berrios Silva, O. J. (2017). "Sistema de riego controlado con feed-forward utilizando energía solar en la localidad de la trocha -jayanca. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Lambayeque - Perú.

Liotta, M. (2015). Manual de capacitación de riego por goteo. San Juan.

LLAMAS, L. (2012). Ingeniería, informática y diseño. Obtenido de Ingeniería, informática y diseño: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

- Lopez Avendaño, J. E. (s.f). Diseño de Riego por goteo.
- Marín, C. E. (2013). Las energías renovables en laproduccion de electricidad. Murcia-España: Caja Rural Region.
- Mitré, G. P., & Gómez Pérez , M. (2009). Métodos de investigación. México: Nueva editorial Interamericana.
- Novedades Agrícolas. (2016). Invernaderos para Cultivo de Clavel. Obtenido de <http://www.novedades-agricolas.com/es/invernaderos-claveles>
- Novedades Agrícolas S.A. (2016). Novedades Agrícolas. Obtenido de <http://www.novedades-agricolas.com/es/tecnologia/clima-calefaccion/ventilacion/forzada>
- Parra, H. (junio de 2012). Diseño de un sistema de riego por goteo Automatizado.
- Pediapress. (2011). Energías Alternativas. Latacunga: UTC.
- Pérez Zabala, J. A., López Guevara, L. E., & Romero Vázquez, R. D. (2016). Automatizacion de invernadero para cultivos hidropónicos en el salvador. La Libertad.
- Piernavieja Izquierdo , G., Hernandez Rodriguez , C., & Diaz Torres , M. (Abril 2008). Energías renovables y eficiencia energetica. España Islas Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Porras , H., & Ramírez, D. (Diciembre 2015). Energía solar fotovoltaica. Latacunga-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ramos Ramos, M. P., & Báez Rivera, D. F. (2013). Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el cantón cevallos. Riobamba.
- riego, T. (s.f.). Electroválvula. Obtenido de Electroválvula: <http://www.turiego.es/electrovalvulas-cpv-de-cepex-de-3-4-a-3-de-baja-presion.html#.WmgynaiWbIU>
- Rodriguez Peñafiel, L. G., & Rosero Calderón, A. E. (2014). Sistema automatizado de riego por goteo a través de la medición de la temperatura ambiental para una área de 10000 m², para la empresa roche rosas. Latacunga.
- S.A., B. I. (2014). Datos técnicos de hidráulica Bombas. Valencia.

Saud Toledo, J. P. (2012). Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con escasas de agua. Universidad San Francisco de Quito, Quito - Ecuador.

Schafer, J. A. (2012). Soldadura de arco eléctrico.

Sevillano, G. (2005). Estudio de Distribución técnica del agua, para 198 usuarios, con 78 hectáreas, del ramal San Blas, del sistema de riego. Tumbaco, Pichincha. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Siemens. (2015). Catalogo general de productos. Obtenido de https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens_MAY2015.pdf

SIEMENS. (2017). SIMATIC STEP 7- Micro/WIN. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/home.html>

Solórzano Vélez, E., Vega Pilozo, M., Defaz Álava, G., & Solórzano Vélez, M. (2015). Implementación de un sistema de riego por aspersión para uso agrícola, ubicado en la instalaciones de la Facultad de Ingeniería Agrícola en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana. Santa Ana: Universidad Técnica De Manabí.

Sure Rain. (2017). Areas Verdes Amplia línea de productos. Obtenido de <http://www.surerain.com/web/productos.php?idc=1&ids1=212&ids2=214&ids3=223&PHPS ESSID=716729c139101707d99361cd859c2728>

Swanton Herrera, A. E. (2016). "Diseño de un sistema de riego por goteo para frutales y hortalizas en la Finca Victoria. Guayaquil.

Tokopedia, P. (2009). Tokopedia. Obtenido de Tokopedia: <https://www.tokopedia.com/medan-onlineshop/ds3231-at24c32-iic-module-precision-real-time-clock-memory-module>

Toledo, S. (2012). Diseño hidraulico.

Vanguardia, A. A. (2014). Funcion de electrovalvulas.

Vargas, J. P., & Navia, G. (Junio 2015). Desarrollo de un sistema de control para la captura y experimental dela la eficiencia de un sistema fotovoltaico. Cochabamba-Bolivia: Universidad privada Boliviana.

Welch, C., & Shock, T. (2013). Tecnicas para la agricultura sostenible de riego por goteo. Oregon.

Winstar, C. (s.f.). WINSTAR Display. Obtenido de WINSTAR Display: http://www.winstar.com.tw/es/products/character-lcd-display-module.html?display_format=16%C3%974&customfield_3=&customfield_4=&customfield_8=&sort=s&gclid=CjwKCAiA15vTBRAHEiwA7Snfc1QNYywhKCE1Jw80h5wtAfUI6t0ef7UdzsT62ukELjody7g2X01oShoCFcYQAvD_BwE

ANEXOS

HOJA DE VIDA

Investigador 2

Datos Personales

APELLIDOS: Ulcuango Llumiquinga

NOMBRES: Karen Patricia

CEDULA DE IDENTIDAD: 0504048232

FECHA DE NACIMIENTO: 17 de Diciembre de 1992

ESTADO CIVIL: Soltera

DOMICILIO: Patután

CELULAR:0995449827

E-MAIL:karen.ulcuango2@utc.edu.ec



Formación Académica

ESTUDIOS PRIMARIOS: Escuela Fiscal “Ramón Páez”

ESTUDIOS SECUNDARIOS: Colegio Nacional “Primero de Abril”

Colegio Nacional “Primero de Abril” Título de Bachiller:

Físico Matemático

ESTUDIOS SUPERIORES: Universidad Técnica de Cotopaxi

Título: Ingeniero Electromecánico Nivel en curso: Decimo Semestre

Cursos Realizados

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

“II Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica con enfoque de Tecnología”

Duración: 40 Horas

Fecha: 16 al 21 de Enero del 2014

“II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica”

Duración: 40 Horas

Fecha: 12 al 14 de Julio del 2017

HOJA DE VIDA

Investigador1

Datos Personales

APELLIDOS: Rodríguez Chicaiza

NOMBRES: Jhonatan Rodrigo

CEDULA DE IDENTIDAD: 1725779019

FECHA DE NACIMIENTO: 17 de Diciembre de 1992

ESTADO CIVIL: Soltero

DOMICILIO: Machachi

CELULAR: 0995449827

E-MAIL: jhonatan.rodríguez9@utc.edu.ec



Formación Académica

ESTUDIOS PRIMARIOS: Unidad Educativa “Mariano Negrete”

ESTUDIOS SECUNDARIOS: Instituto Tecnológico Superior “Aloasi”

Instituto Tecnológico Superior “Aloasi” Título de Bachiller:

Técnico Industrial en Electrónica De Consumo

ESTUDIOS SUPERIORES: Universidad Técnica de Cotopaxi

Título: Ingeniero Electromecánico Nivel en curso: Decimo Semestre

Cursos Realizados

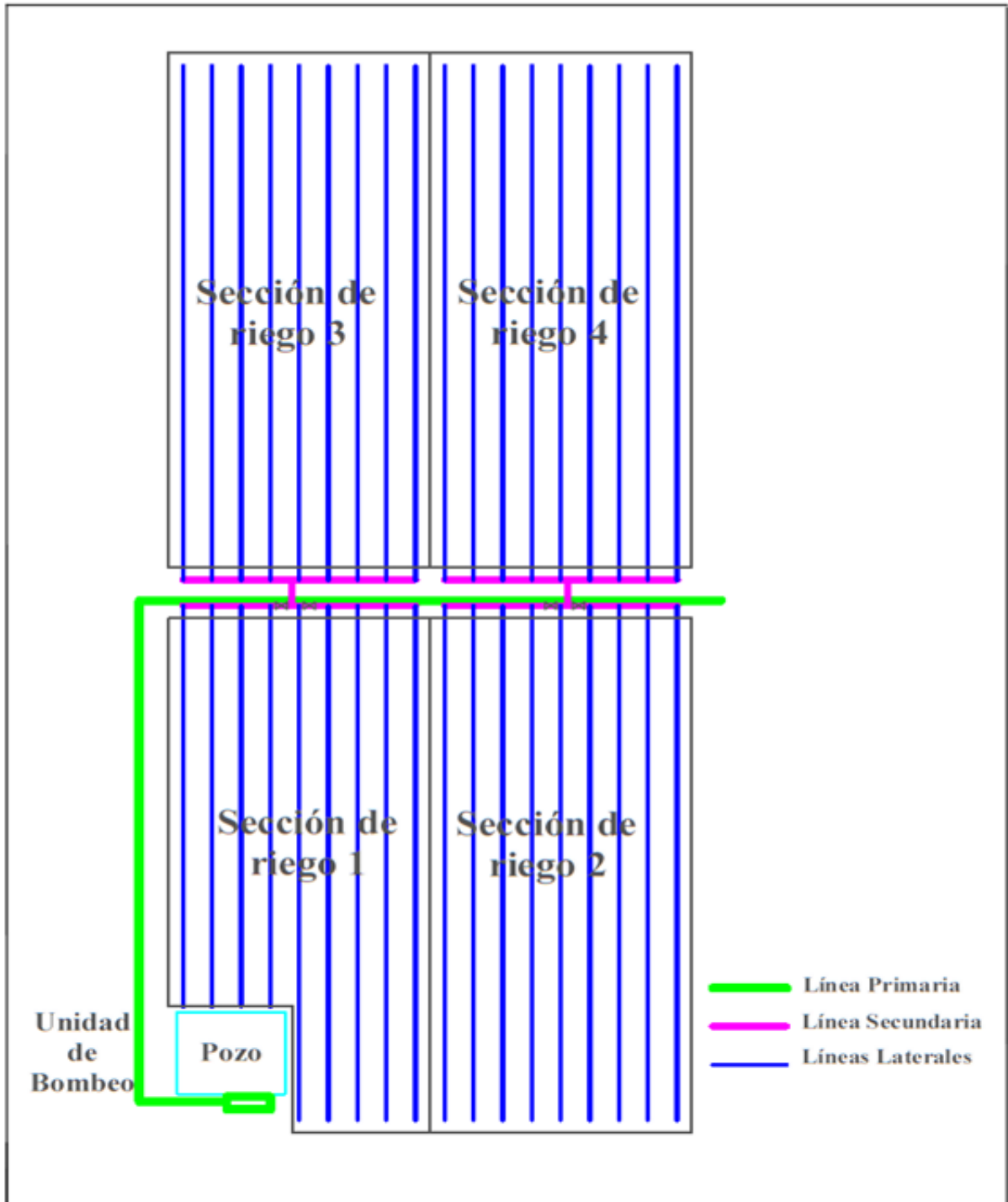
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

“II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica”

Duración: 40 Horas

Fecha: 12 al 14 de Julio del 2017

Anexo A. Distribución de agua del sistema de riego



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	<i>UTC</i>	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
ESQUEMA DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO		ANEXO A



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TITULACIÓN II

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO "CLARA LLUMIQUINGA" SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI

PLANOS DEL TABLERO DE CONTROL

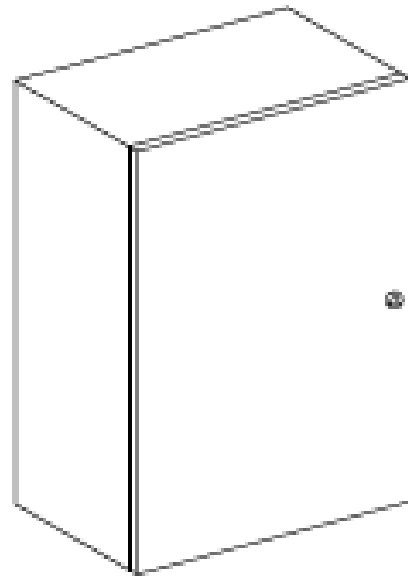
VOLTAJE	220 VAC	HOJA: A01
FRECUENCIA	60 Hz	SIGUE: A02

VOLTAJES PRESENTES EN EL TABLERO

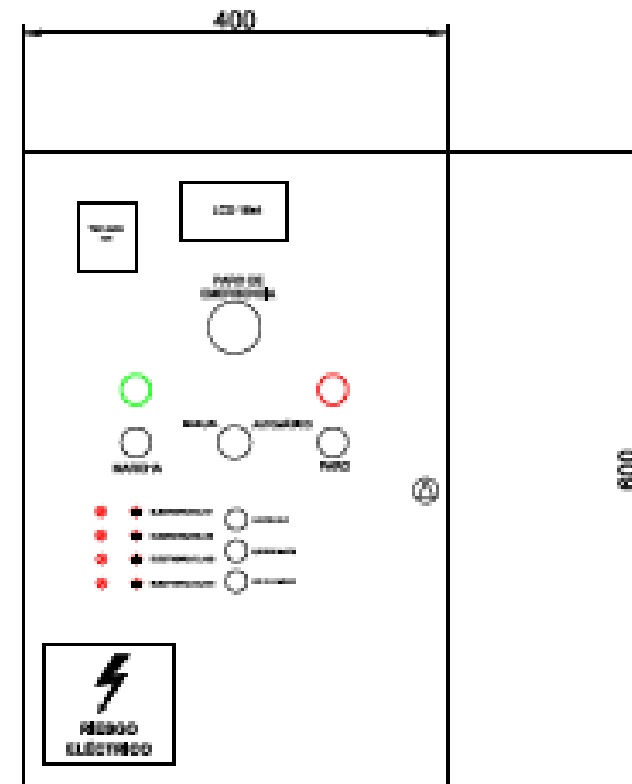
CIRCUITO		PLANO
CATEGORIA	VOLTAJE	ITEM
FUERZA	220 V ac	L1
		L2
AUXILIAR SEÑALES ARDUINO	24 Vac	LK
		LJ
	24 Vdc	LX
		LY
5 Vdc	L+	
		L-

HOJA	TITULO
A01	PRESENTACIÓN
A02	INDICE
B01	TABLERO DE CONTROL DISEÑO EXTERIOR
C01	ARRIVO DE LINEA DE 220 VAC
C02	CIRCUITO DE MANDO Y DE FUERZA
C03	ALIMENTACIÓN DEL TRANSFORMADOR Y FUENTE 24 VDC
C04	ALIMENTACIÓN RELES 24 VAC (CIRCUITO DE NIVEL DE POZO)
C05	CONEXIÓN DE MODULOS RELE 4 CANALES Y ELECTROVALVULAS 24 VAC
C06	CONEXIÓN DE MODULOS RELE 4 CANALES PARA CIRCUITO DE MANDO
C07	CONEXIÓN LCD, MODULO I2C, MODULO DS3231 Y TECLADO 4x4
C08	CONEXIÓN SELECTORES MANUAL, AUTOMÁTICO Y SELECTORES DE ELECTROVALVULAS
C09	CONEXIÓN DE DIODOS LED INDICADORES DE ESTADO ON/OFF DE ELECTROVALVULAS
C10	CONEXIÓN ENTRADAS, SALIDAS Y ALIMENTACIÓN ARDUINO MEGA 2560
C11	CONEXIÓN SENSORES DE HUMEDAD DE SUELO Y SENSOR DHT11





**DIMENSIONES DEL TABLERO DE CONTROL:
600 x 400 x 200 mm**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



TABLERO DE CONTROL
DISEÑO EXTERIOR

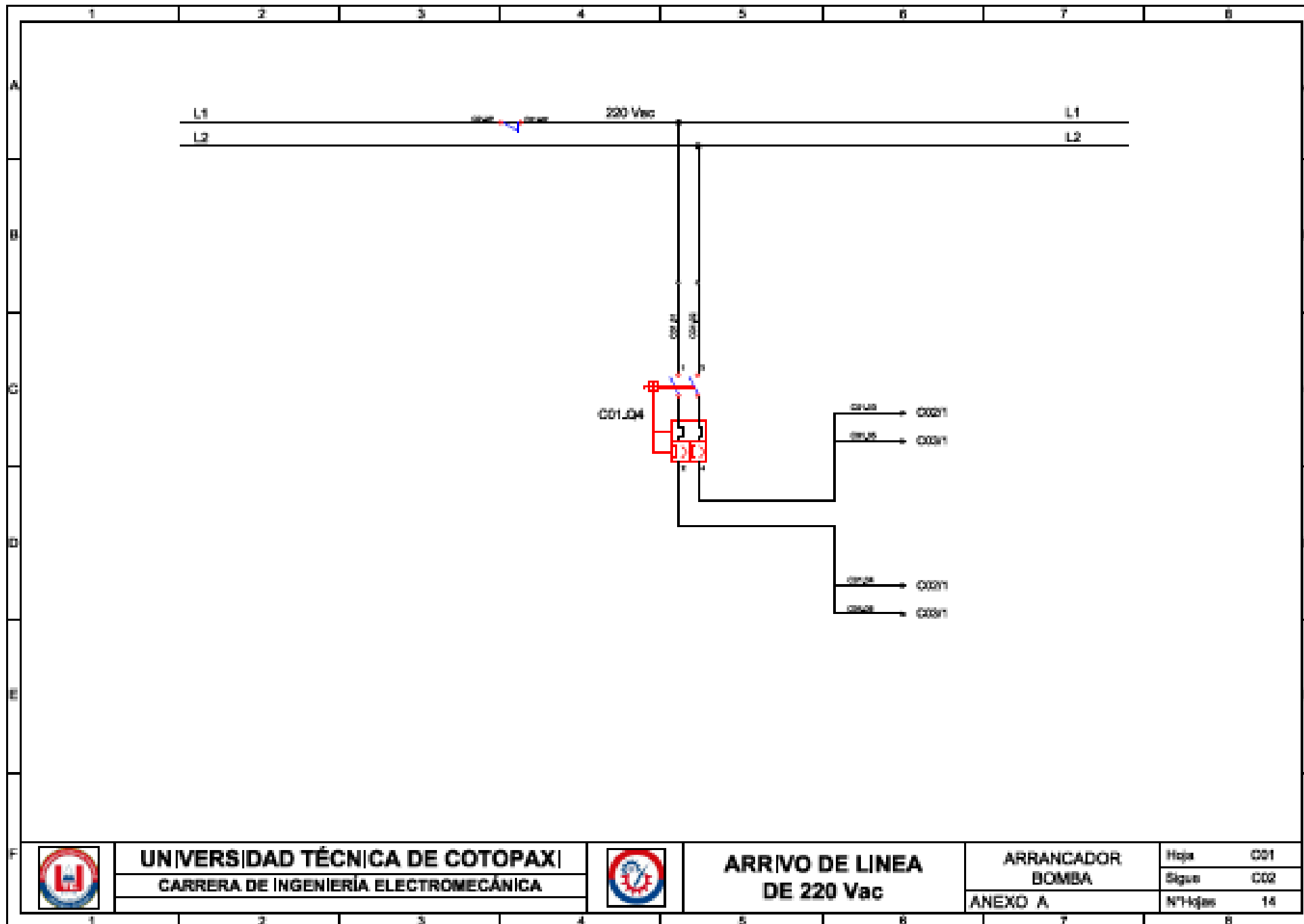
Dimensiones del tablero
de control

ANEXO A 1 de 1

Hoja 001

Sigue 001

Nº-Hojas 14



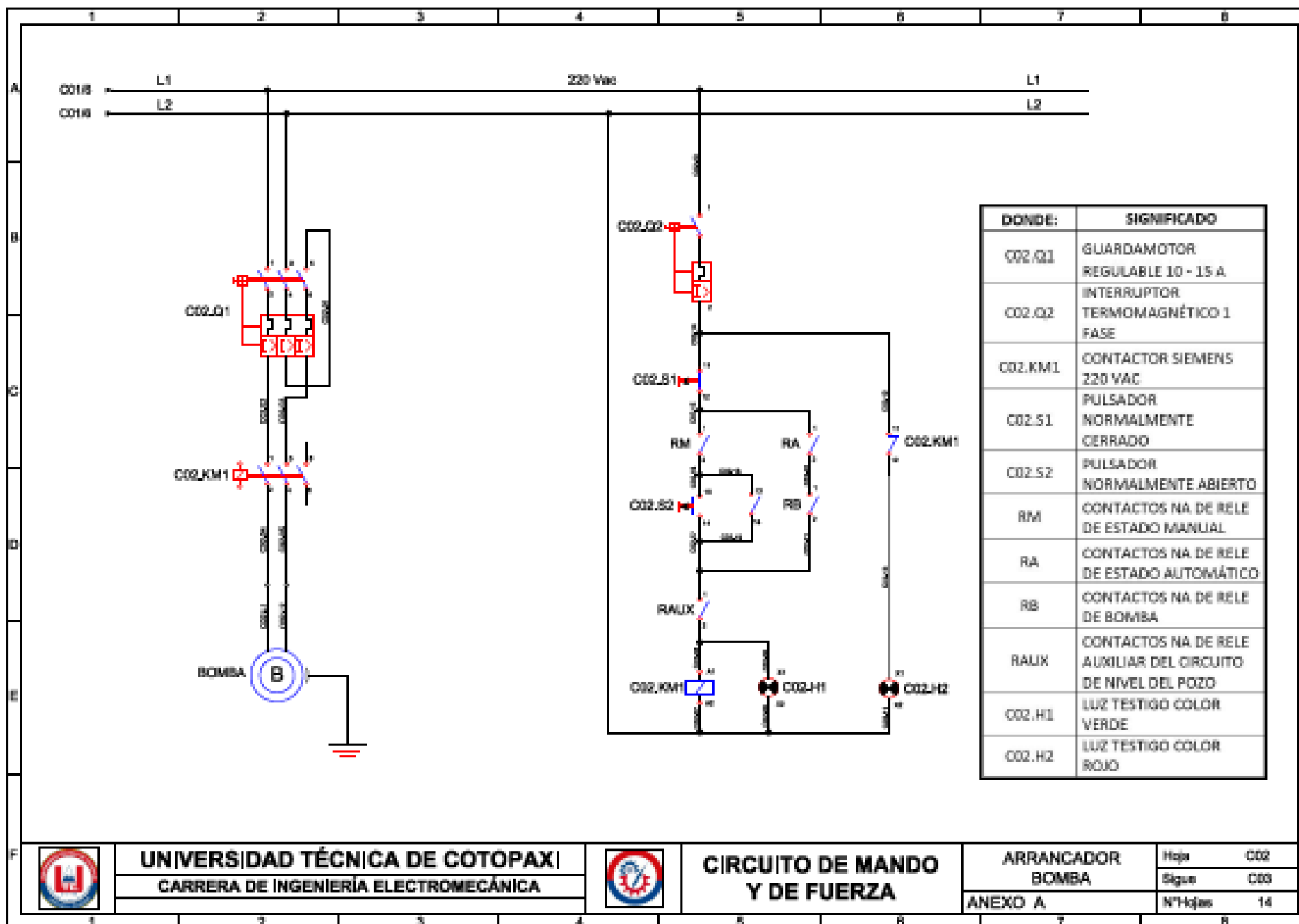
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



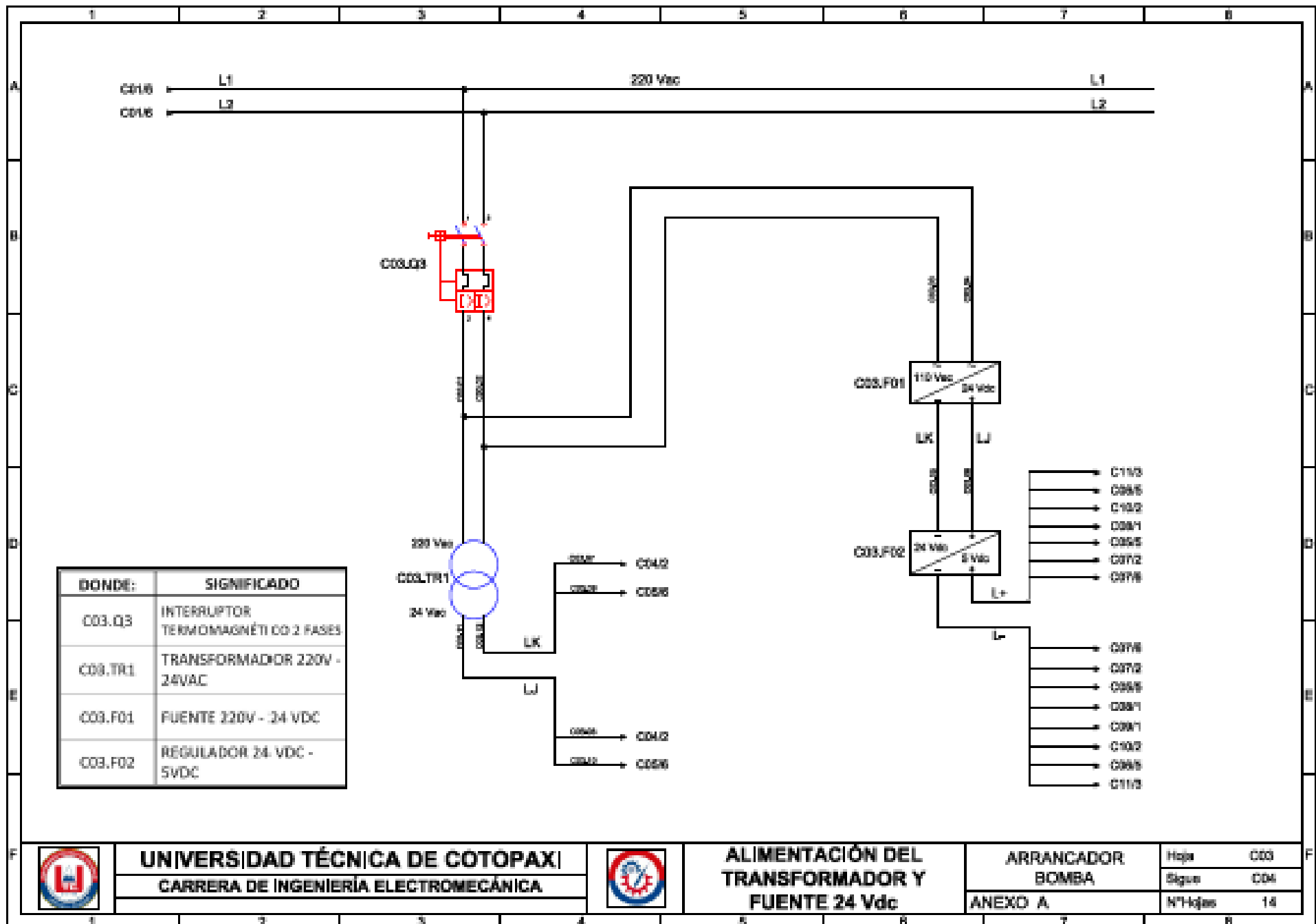
**ARRIVO DE LINEA
 DE 220 Vac**

**ARRANCADOR
 BOMBA
 ANEXO A**

Hoja	C01
Sigue	C02
Nº Hojas	14



DONDE:	SIGNIFICADO
C02.Q1	GUARDAMOTOR REGULABLE 10 - 15 A
C02.Q2	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 1 FASE
C02.KM1	CONTACTOR SIEMENS 220 VAC
C02.S1	PULSADOR NORMALMENTE CERRADO
C02.S2	PULSADOR NORMALMENTE ABIERTO
RM	CONTACTOS NA DE RELE DE ESTADO MANUAL
RA	CONTACTOS NA DE RELE DE ESTADO AUTOMÁTICO
RB	CONTACTOS NA DE RELE DE BOMBA
RAUX	CONTACTOS NA DE RELE AUXILIAR DEL CIRCUITO DE NIVEL DEL POZO
C02.H1	LUZ TESTIGO COLOR VERDE
C02.H2	LUZ TESTIGO COLOR ROJO



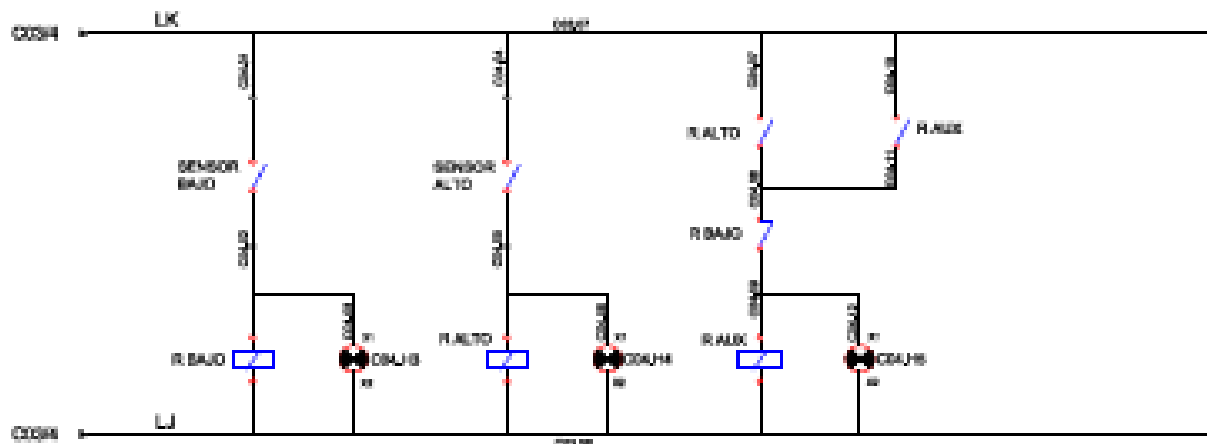
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ALIMENTACIÓN DEL TRANSFORMADOR Y FUENTE 24 Vdc

ARRANCADOR BOMBA
ANEXO A

Hoja C03
Siglas C04
N° Hojas 14



DONDE:	SIGNIFICADO
R.BAJO	RELE 8 PATAS NIVEL BAJO 24 Vac
R.ALTO	RELE 8 PATAS NIVEL ALTO 24 Vac
R.AUX	RELE 8 PATAS AUXILIAR 24 VAC
<p>NOTA: Los sensores de nivel de agua alto y bajo se realiza mediante el uso de un electro nivel de 110 V - 220V</p>	



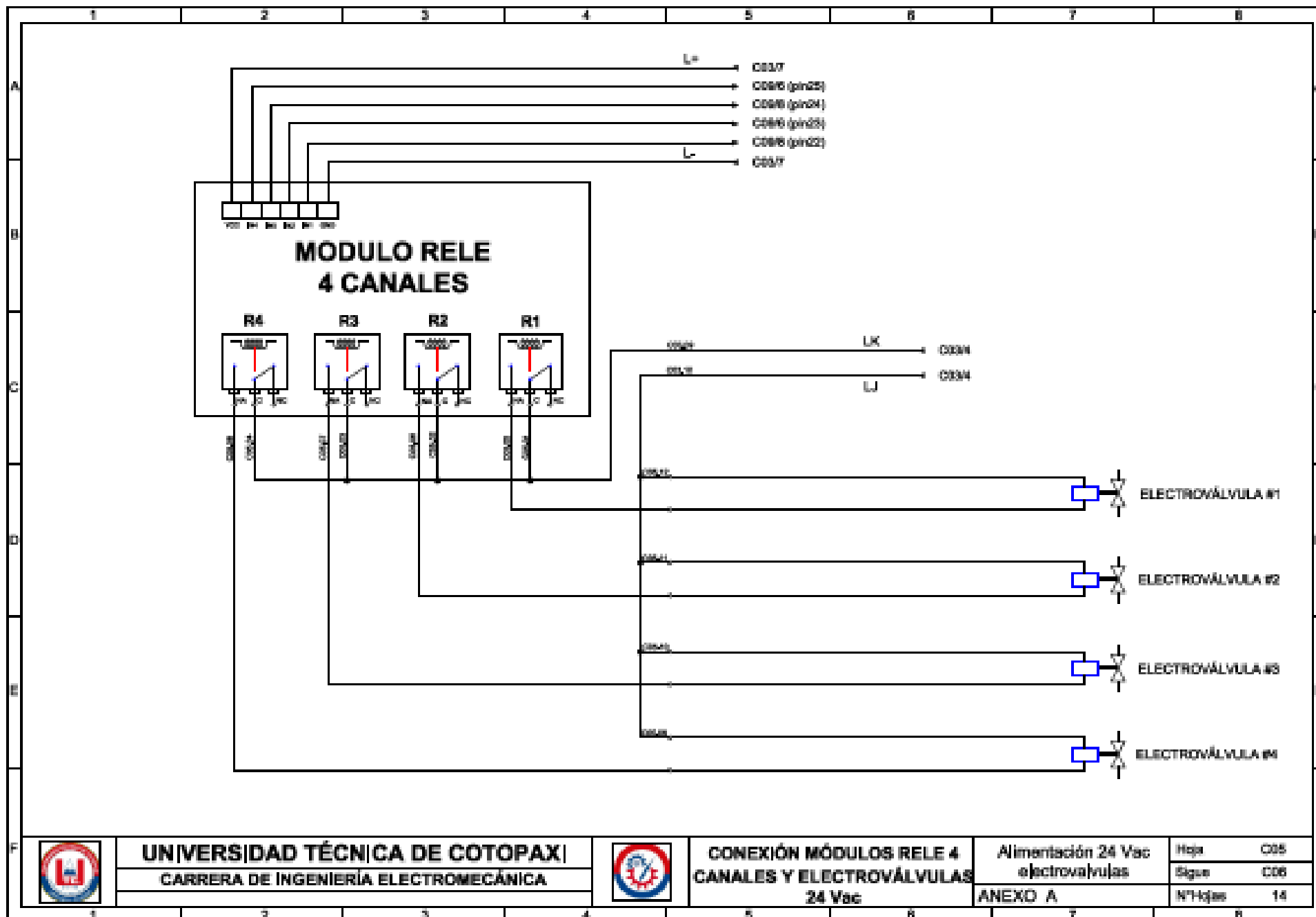
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

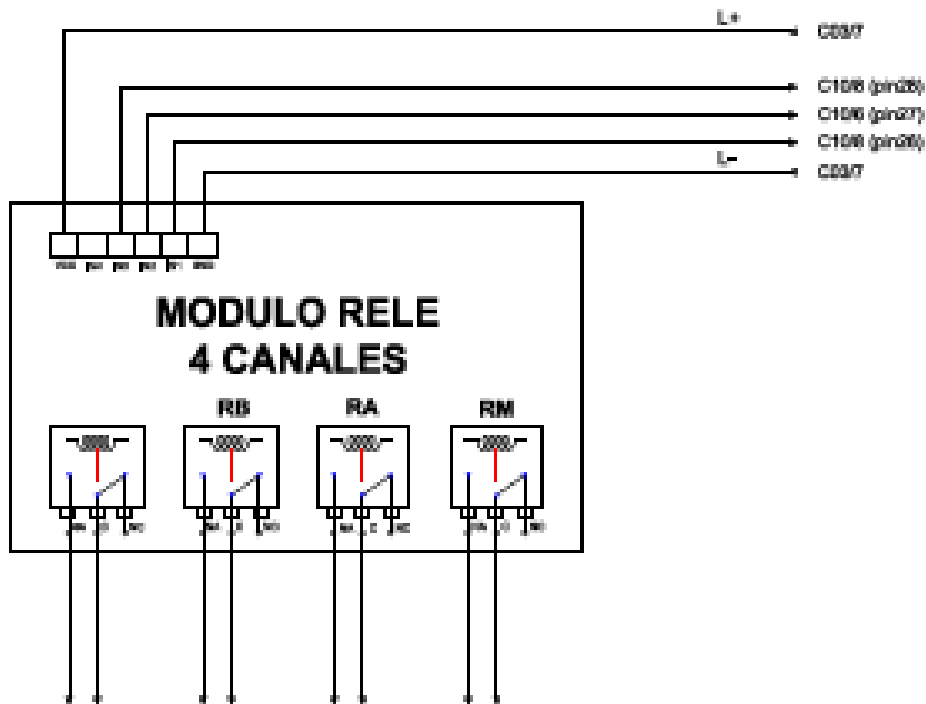


ALIMENTACIÓN RELES
24 Vac

Circuito de nivel de agua en Pozo
 ANEXO A

Hoja	C04
Sigue	C05
Nº Hojas	14





A CIRCUITO DE MANDO EN
HOJA C02

DONDE:	SIGNIFICADO
RM	RELE ESTADO MANUAL
RA	RELE ESTADO AUTOMÁTICO
RB	RELE DE BOMBA
NOTA: la conexión de los contactos normalmente abiertos de los relés se puede observar en el circuito de mando en la página C02	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

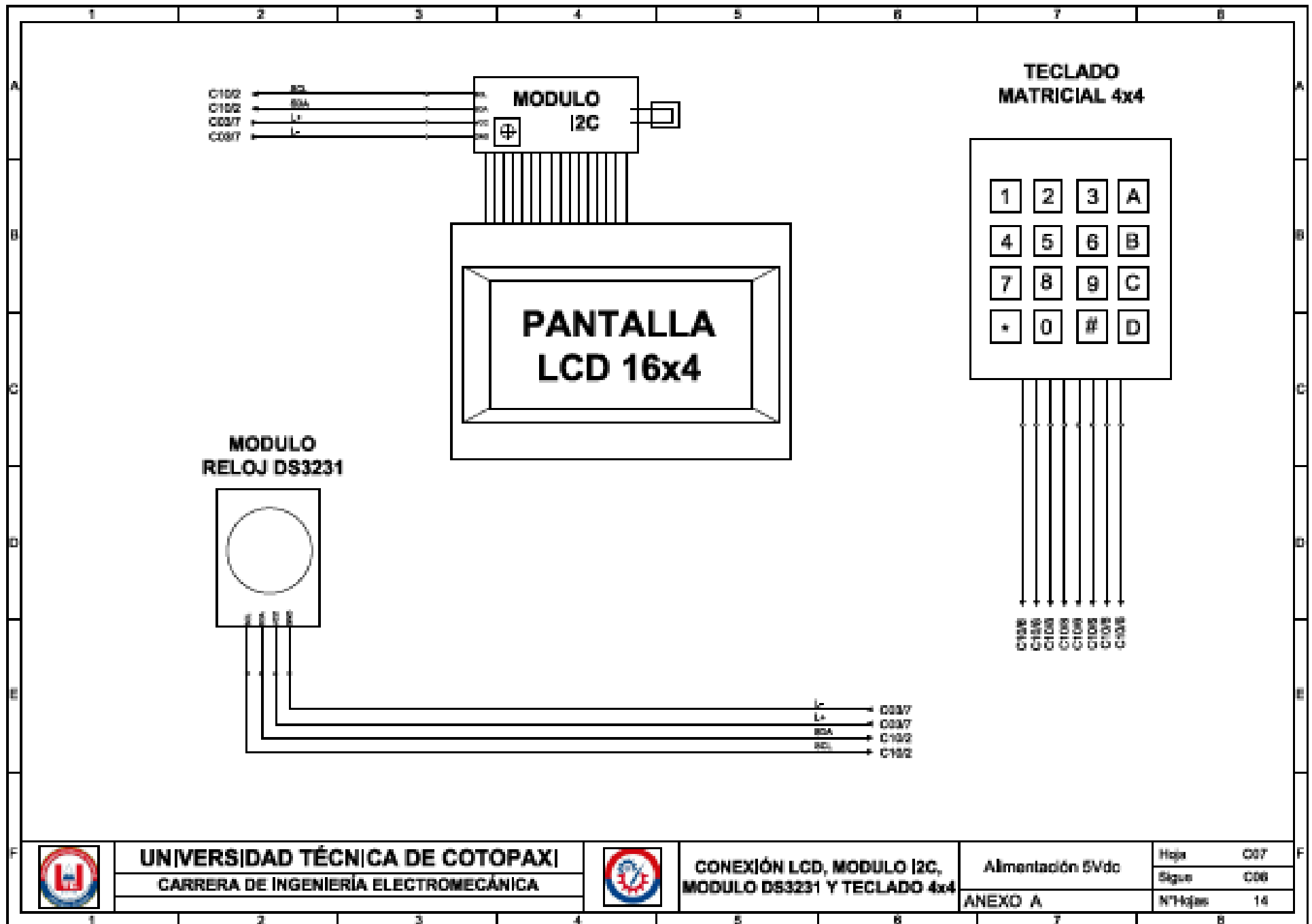


CONEXIÓN MÓDULOS RELE 4
CANALES PARA CIRCUITO DE
MANDO

Alimentación 24 Vac
electrovalvulas

ANEXO A

Hoja	C06
Sigue	C07
Nº Hojas	14



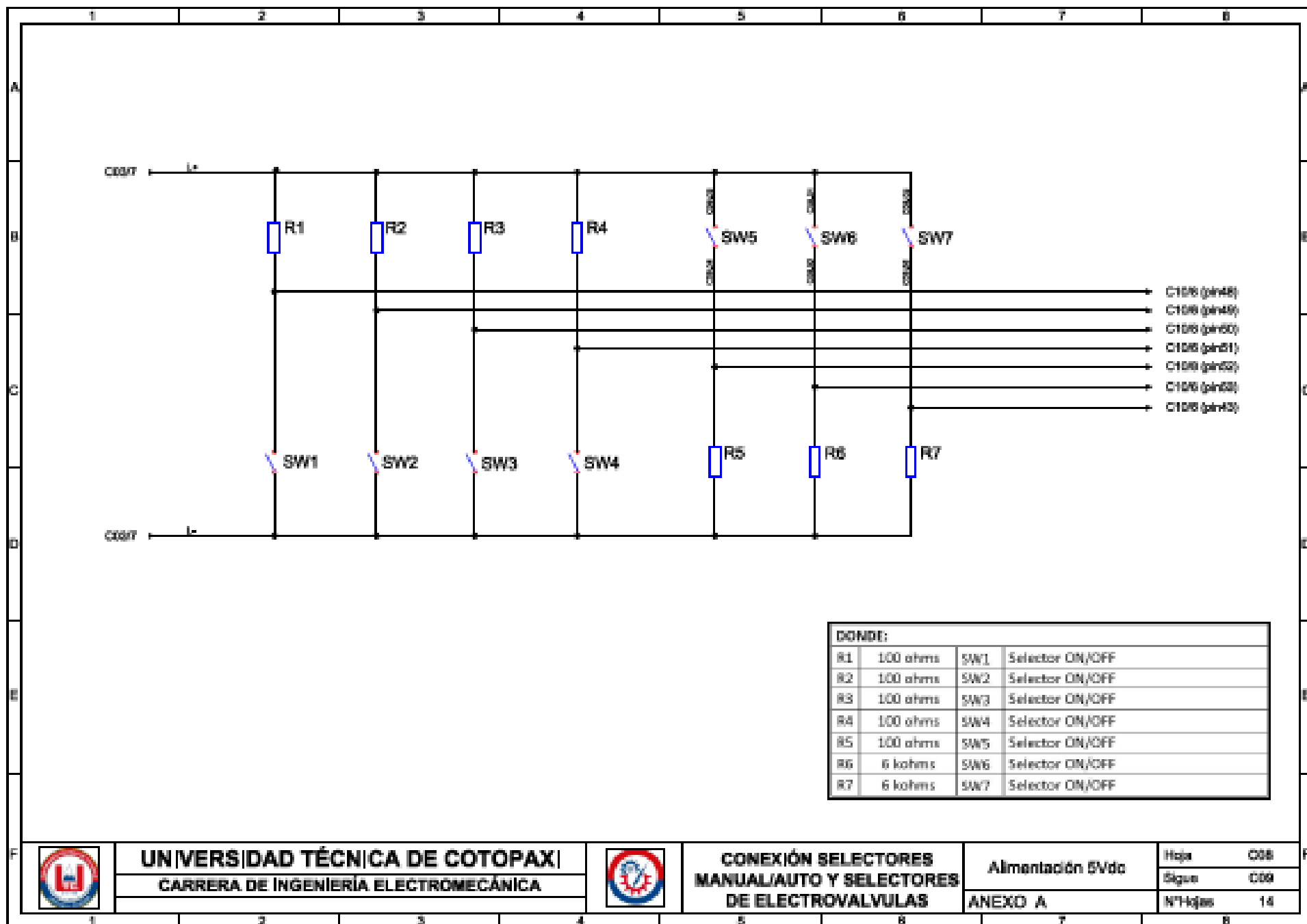
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



**CONEXIÓN LCD, MODULO 12C,
 MODULO DS3231 Y TECLADO 4x4**

Alimentación 5Vdc
ANEXO A

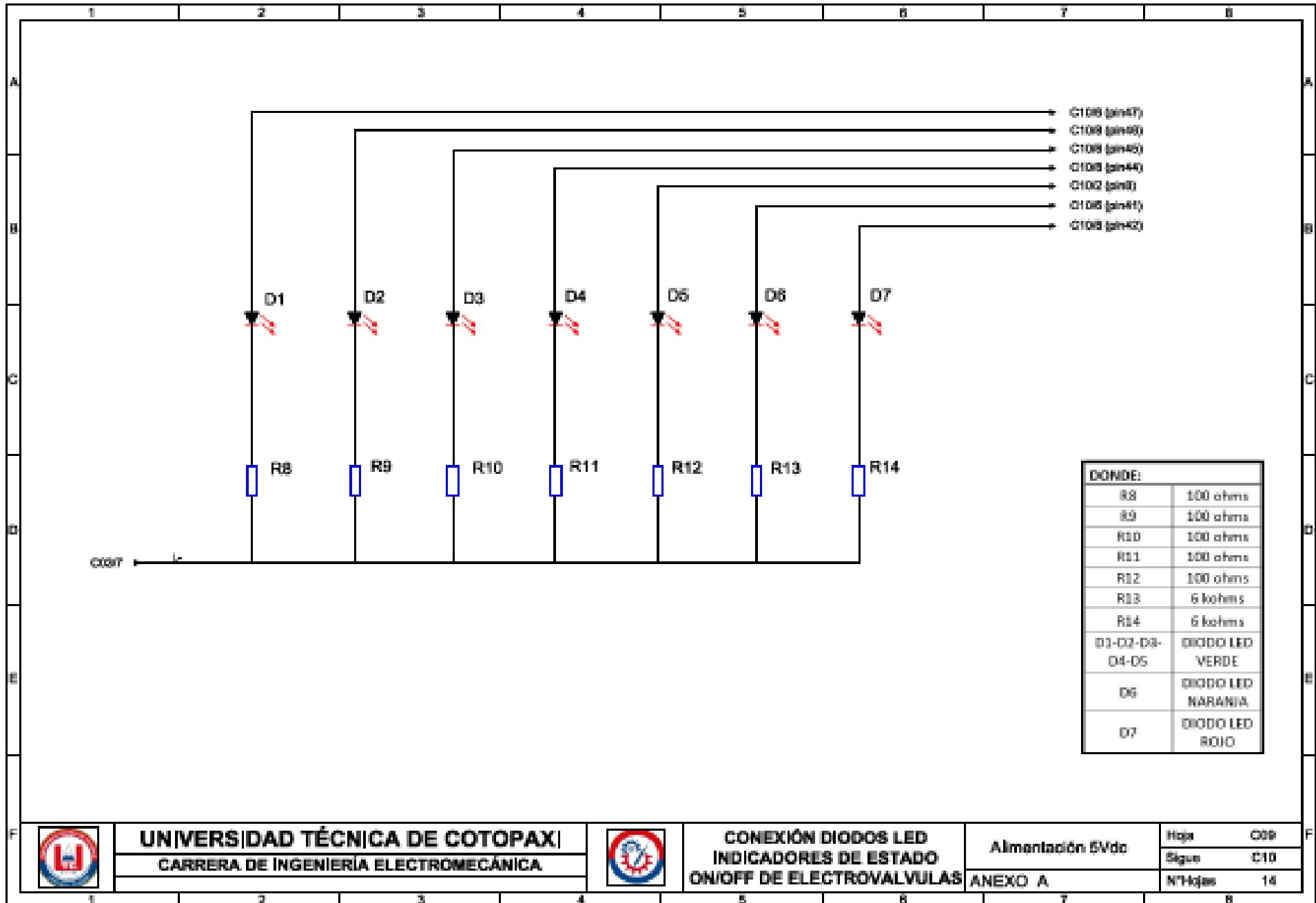
Hoja 007
 Sigue 008
 N°Hojas 14



DONDE:

R1	100 ohms	SW1	Selector ON/OFF
R2	100 ohms	SW2	Selector ON/OFF
R3	100 ohms	SW3	Selector ON/OFF
R4	100 ohms	SW4	Selector ON/OFF
R5	100 ohms	SW5	Selector ON/OFF
R6	6 kohms	SW6	Selector ON/OFF
R7	6 kohms	SW7	Selector ON/OFF





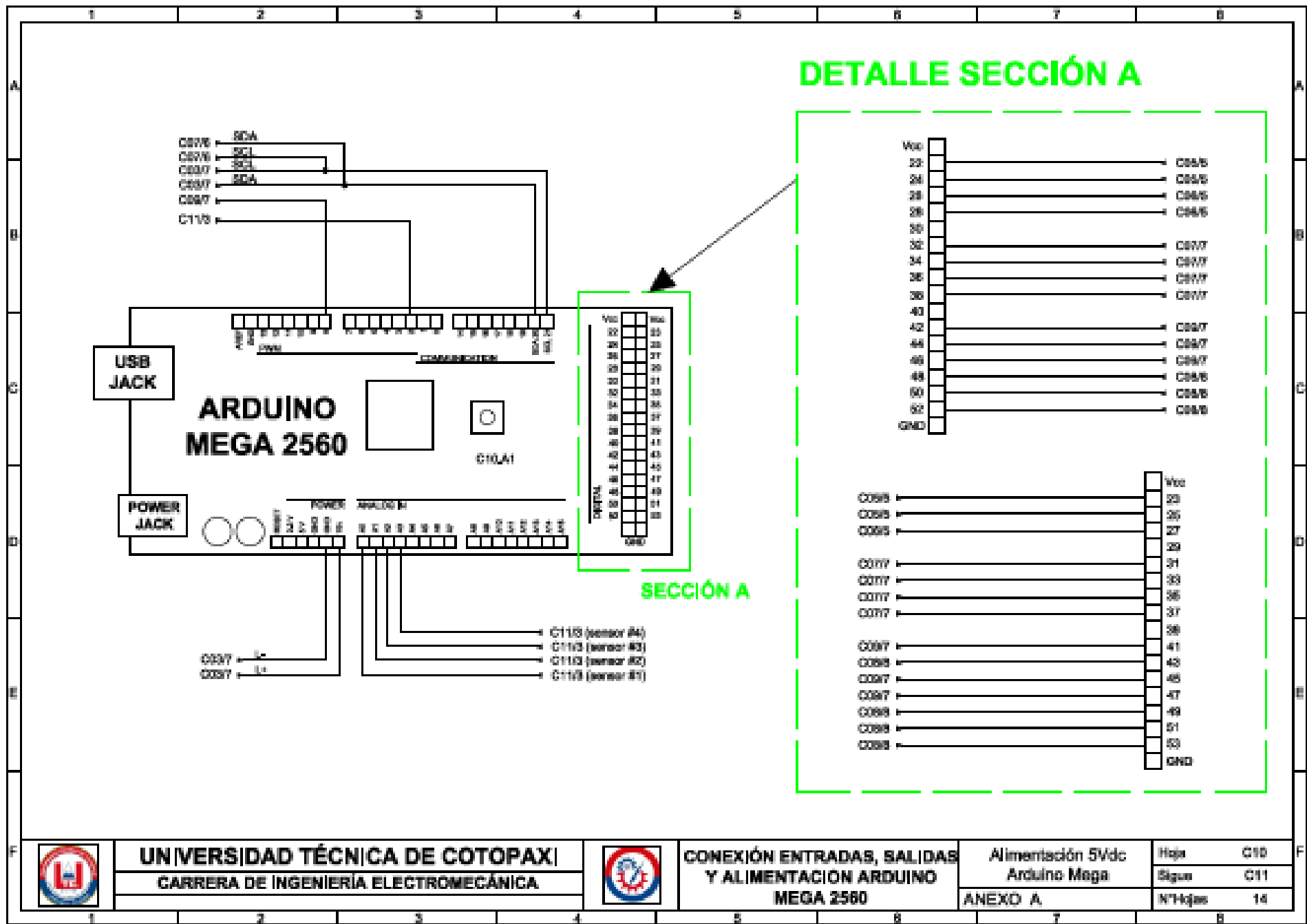
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

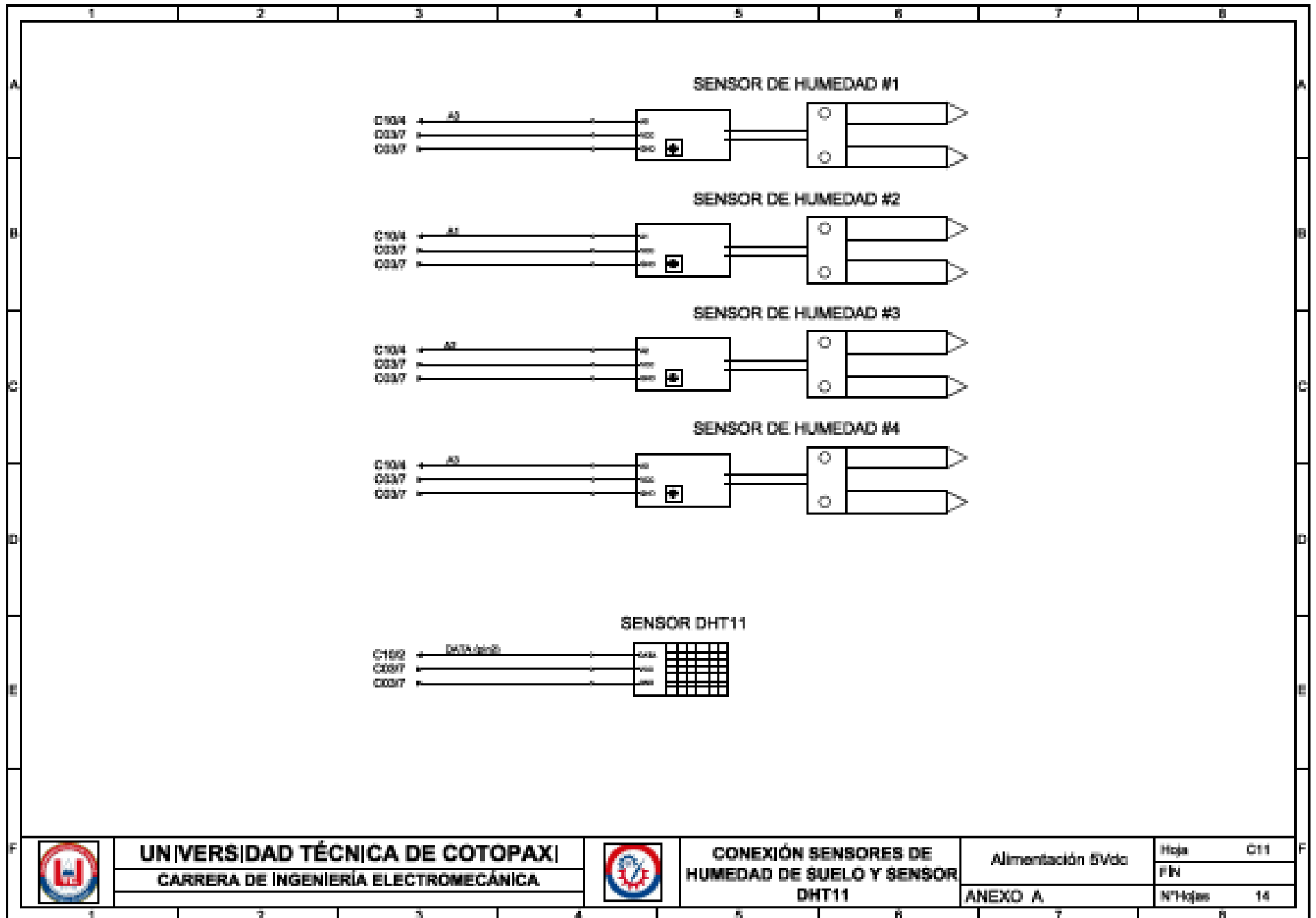


CONEXIÓN DIODOS LED
INDICADORES DE ESTADO
ON/OFF DE ELECTROVALVULAS

Alimentación 5Vdc
 ANEXO A

Hoja 009
 Sigue C10
 N°Hojas 14





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



**CONEXIÓN SENSORES DE
 HUMEDAD DE SUELO Y SENSOR
 DHT11**

Alimentación 5Vdc

ANEXO A

Hoja C11

FN

Nº Hojas 14

ANEXO C	Programación del sistema automático	1 de 1
<pre>//UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI// //FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS// //CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA// //Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero "Clara Llumiquinga" en el sector de Patután provincia de Cotopaxi// /*Coordinador 1: Nombres: Jhonatan Rodrigo Apellidos: RodriguezChicaiza Cédula de identidad: 1725779019 Celular: 0959097102 Dirección: Machachi Email: jhonatan.rodriguez9@utc.edu.ec Coordinador 2: Nombres: Karen Patricia Apellidos: UlcuangoLlumiquinga Cédula de identidad: 0504048232 Celular: 095449827 Dirección: Patután Email: Karen.ulcuango2@utc.edu.ec */ #include<Wire.h> //se incluye libreria WIRE para poder utilizar el protocolo I2C #include<LiquidCrystal_I2C.h> //se incluye libreria para lcd con modulo I2C LiquidCrystal_I2C lcd (0x3F,16,4); //se define la comunicacion I2C "3F" y se da el tamaño de la pantalla lcd "16,4" #include <RTCLib.h> #include <Keypad.h> const byte Fila=4; const byte colu=4; int b=0; //para ver si son iguales it humd;</pre>	<pre>int num2; intriego; inthora; intminu; RTC_DS3231 rtc; int introducida[2]; intindiceTeclado=0; charkeys [Fila][colu]= { {'1','2','3','A'}, //la primera fila del teclado tendra estas teclas {'4','5','6','B'}, {'7','8','9','C'}, {'*','0','#','D'} }; byte filaPines[Fila]={9,8,7,6};// un arreglo en el que se declaran los pines byte colPines[colu]={5,4,3,2}; Keypad teclado= Keypad{ makeKeymap(keys), filaPines, colPines, Fila, colu}; char tecla; char tecla2; #define SENSORT01 A0 //se define 1er sensor de tierra #define SENSORT02 A1 //se define 2do sensor de tierra #define SENSORT03 A2 //se define 3er sensor de tierra #define SENSORT04 A3 //se define 4to sensor de tierra #define SENSORLM1 A4 //se define 1er sensor LM35 de temperatura #define SENSORLM2 A5 //se define 2do sensor LM35 de temperatura int RELE01 = 22; //se define variable de RELES int RELE02 = 23; int RELE03 = 24;</pre>	

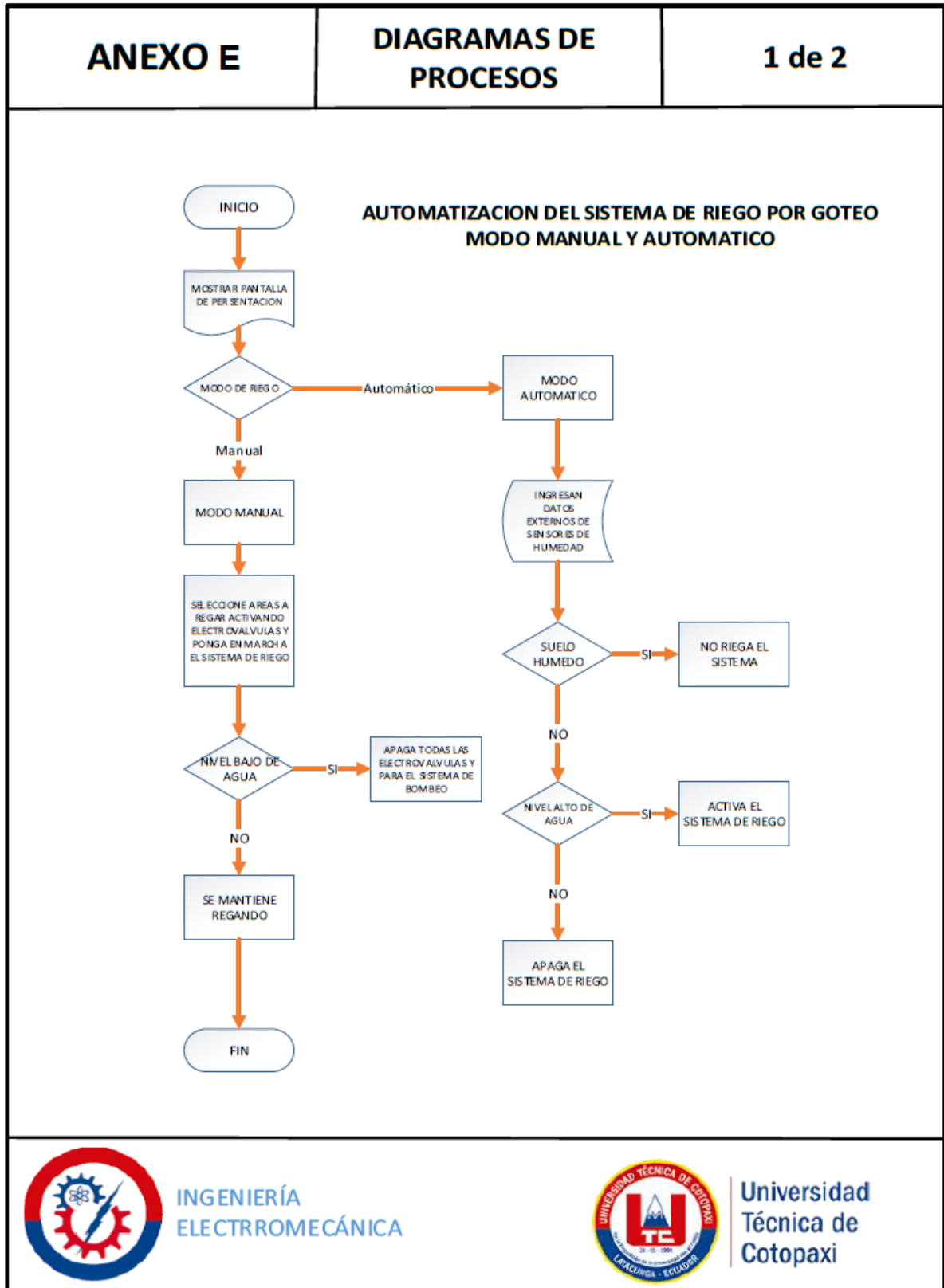
ANEXO C	Programación del sistema automático	1 de 2
<pre> int RELE04 = 25; // int RELEMANDOM = 26; int RELEMANDOA = 27; int RELEBOMBA = 28; ///int RELEPOZO = 29; int AUTOMATICO = 53; int MANUAL = 52; booleanestadoAUTOMATICO; booleanestadoMANUAL; int valvula01 = 51; //Selector ON/OFF electrovalvula 01 int valvula02 = 50; //Selector ON/OFF electrovalvula 02 int valvula03 = 49; //Selector ON/OFF electrovalvula 03 int valvula04 = 48; //Selector ON/OFF electrovalvula 04 int ledvalv01 = 47; // *FALTA PONER EN AUTOMATICO Y EN MANUAL LOS LEDS INDICADORES int ledvalv02 = 46; int ledvalv03 = 45; int ledvalv04 = 44; int AUXCONTACTOR = 43; // *contacto AUXILIAR DEL CONTACTOR sirve para IMPRIMIR en pantalla "RIEGO: ON/OFF" int LEDMANUAL = 42; int LEDAUTO = 41; int LEDAPAGA = 12; int valHumedadT01; int valHumedadT02; int valHumedadT03; int valHumedadT04; int temp1; // se crea variable temperatura de 1er sensor LM35 int temp2; // se crea variable temperatura de 2do sensor LM35 </pre>	<pre> /* #include<DHT.h> //se incluye libreria del sensor DHT11 (sensor de temperatura y humedad) #define DHTPIN 14 //se define el PIN a donde se conectara el sensor DHT11 #define DHTPIN2 15 //se define el PIN a donde se conectara el sensor DHT11 #define DHTTYPE DHT11 //se define el tipo de sensor que se tiene en este caso es el sensor DHT11 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //se define variablen(DHT), y se indica el pin donde esta conectado el sensor y el tipo de sensor que se esta usando DHT dht2(DHTPIN2, DHTTYPE); int humedad; //se crea variable humedad int temp1; //se crea variable temperatura int temp2; //se crea variable temperatura int tmp; //se crea variable temperatura */ // *----- // INICIA CICLO void SETUP // *----- voidsetup(){ //rtc.adjust(DateTime(_DATE_, _TIME_)); // Solo la primera vez pinMode(SENSORT01, INPUT); //pin A0 entrada sensor pinMode(SENSORT02, INPUT); //pin A1 entrada sensor pinMode(SENSORT03, INPUT); //pin A2 entrada sensor pinMode(SENSORT04, INPUT); //pin A3 entrada sensor pinMode(SENSORLM1, INPUT); //pin </pre>	

ANEXO C	Programación del sistema automático	1 de 4
<pre> digitalWrite(ledvalv02, !LOW); } if (digitalRead(valvula03) == HIGH &&digitalRead(LEDMANUAL) == HIGH){ //RELE03 MANUAL digitalWrite(RELE03, HIGH); digitalWrite(ledvalv03, !HIGH); } if (digitalRead(valvula03) == LOW &&digitalRead(LEDMANUAL) == HIGH){ digitalWrite(RELE03, LOW); digitalWrite(ledvalv03, !LOW); } if (digitalRead(valvula04) == HIGH &&digitalRead(LEDMANUAL) == HIGH){ //RELE04 MANUAL digitalWrite(RELE04, HIGH); digitalWrite(ledvalv04, !HIGH); } if (digitalRead(valvula04) == LOW &&digitalRead(LEDMANUAL) == HIGH){ digitalWrite(RELE04, LOW); digitalWrite(ledvalv04, !LOW); } if (digitalRead(AUXCONTACTOR) == HIGH){ lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ON "); } if (digitalRead(AUXCONTACTOR) == LOW){ lcd.setCursor(12,0); lcd.print("OFF "); } estadoMANUAL = digitalRead(MANUAL); } //-----*INICIA estadoMANUAL == 0-----// digitalWrite(LEDMANUAL, LOW); digitalWrite(RELEMANDOM, !LOW); digitalWrite(LEDAPAGA, HIGH); digitalWrite(RELE01, !LOW); </pre>	<pre> digitalWrite(RELE02, !LOW); digitalWrite(RELE03, !LOW); digitalWrite(RELE04, !LOW); lcd.setCursor(0,0); lcd.print(" UTC "); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("ELECTROMECHANICA."); //-----*FINALIZA estadoMANUAL == 0-----// //----- //----- //INICIA PROGRAMACION RIEGO MODO "AUTOMATICO" TwT //----- //----- while (estadoAUTOMATICO == HIGH){ tecla= teclado.getKey(); if (tecla!= NO_KEY) { if (tecla=='A') lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Humedad max:"); while(indiceTeclado<2) { tecla= teclado.getKey(); if (tecla!= NO_KEY) { num=tecla-48; introducida[indiceTeclado]= num; lcd.setCursor(indiceTeclado,1); lcd.print(num); indiceTeclado ++; } } indiceTeclado=0; humd=10*introducida[0]+introducida[1]; delay(2000); lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); </pre>	

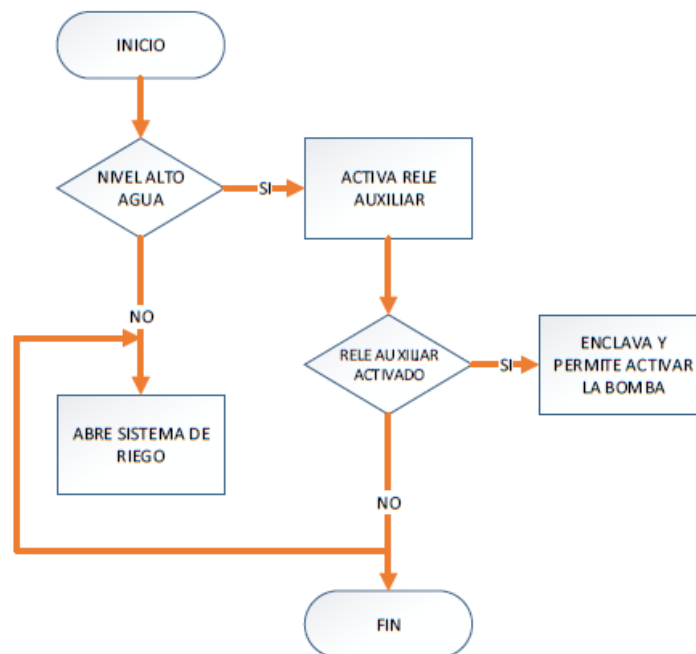
ANEXO C	Programación del sistema automático	1 de 5
<pre> lcd.print("Humedad min:"); while(indiceTeclado<2) { tecla= teclado.getKey(); if (tecla!= NO_KEY) { num2=tecla-48; introducida[indiceTeclado]= num2; lcd.setCursor(indiceTeclado,1); lcd.print(num2); indiceTeclado ++; } } indiceTeclado=0; humd2=10*introducida[0]+introducida[1]; lcd.clear(); } valHumedadT01 = map(analogRead(SENSORT01),0,1023,100,0); valHumedadT02 = map(analogRead(SENSORT02),0,1023,100,0); valHumedadT03 = map(analogRead(SENSORT03),0,1023,100,0); valHumedadT04 = map(analogRead(SENSORT04),0,1023,100,0); Serial.print("H1: "); Serial.print(valHumedadT01); Serial.print("%"); Serial.print(" H2: "); Serial.print(valHumedadT02); Serial.print("%"); Serial.print(" H3: "); Serial.print(valHumedadT03); Serial.print("%"); </pre>	<pre> Serial.print(" H4: "); Serial.print(valHumedadT04); Serial.println("%"); digitalWrite(LEDAUTO, HIGH); digitalWrite(RELEMANDOA, !HIGH); digitalWrite(LEDAPAGA, LOW); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("MODO AUTOMA "); if (valHumedadT01 >=humd2 &&digitalRead(LEDAUTO) == HIGH){ ///<rele01 !high);="" !low);="" &&digitalread(ledauto)="=" >="humd2" <="humd&&digitalRead(LEDAUTO)" (valhumedadt01="" (valhumedadt02="" (valhumedadt03="" <="" <rele02="" <rele03="" =="HIGH)" automatico="" digitalwrite(ledvalv01,="" digitalwrite(ledvalv02,="" digitalwrite(ledvalv03,="" digitalwrite(rele01,="" digitalwrite(rele02,="" digitalwrite(rele03,="" high);="" high){="" if="" low);="" pre="" }=""> </rele01></pre>	

ANEXO C	Programación del sistema automático	1 de 6
<pre> }{ digitalWrite(RELE03, LOW); digitalWrite(ledvalv03, !LOW); } if (valHumedadT04 >=humd2 &&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ ////RELE04 AUTOMATICO digitalWrite(RELE04, HIGH); digitalWrite(ledvalv04, !HIGH); } if (valHumedadT04 <=humd&&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ digitalWrite(RELE04, LOW); digitalWrite(ledvalv04, !LOW); } if (digitalRead(ledvalv01) == !HIGH &&digitalRead(ledvalv02) == !HIGH &&digitalRead(ledvalv03) == !HIGH &&digitalRead(ledvalv04) == !HIGH &&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ digitalWrite(RELEBOMBA, HIGH); } if (digitalRead(RELEBOMBA) == !HIGH &&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ lcd.setCursor(12,0); lcd.print("ON "); } if (digitalRead(ledvalv01) == !LOW &&digitalRead(ledvalv02) == !LOW &&digitalRead(ledvalv03) == !LOW &&digitalRead(ledvalv04) == !LOW &&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ digitalWrite(RELEBOMBA, LOW); } if (digitalRead(RELEBOMBA) == !LOW &&digitalRead(LEDALUTO) == HIGH){ lcd.setCursor(12,0); lcd.print("OFF "); } estadoAUTOMATICO = digitalRead(AUTOMATICO); </pre>	<pre> } //-----*INICIA estadoAUTOMATICO == 0----- // digitalWrite(LEDALUTO, LOW); digitalWrite(RELEMANDOA, !LOW); digitalWrite(RELEBOMBA, !LOW); digitalWrite(LEDALUTO, HIGH); digitalWrite(RELE01, !LOW); digitalWrite(RELE02, !LOW); digitalWrite(RELE03, !LOW); digitalWrite(RELE04, !LOW); lcd.setCursor(0,0); lcd.print(" UTC "); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("ELECTROMECAICA."); digitalWrite(ledvalv01, LOW); digitalWrite(ledvalv02, LOW); digitalWrite(ledvalv03, LOW); digitalWrite(ledvalv04, LOW); //-----*FINALIZA estadoAUTOMATICO == 0----- // } //-----FINALIZA CICLO void LOOP </pre>	

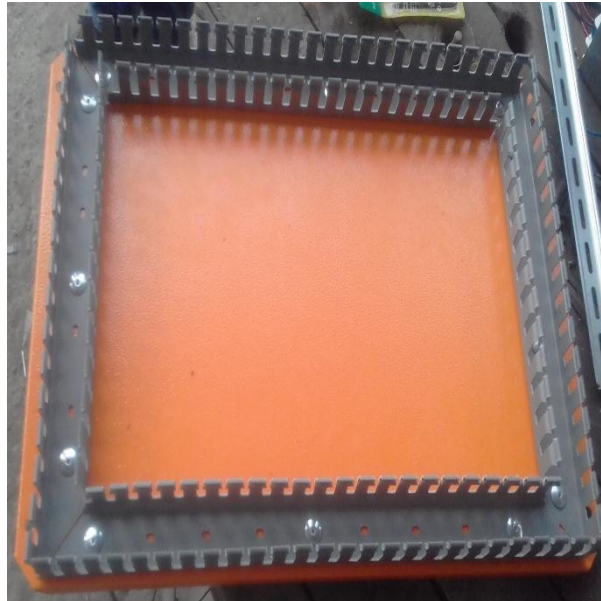
Anexo E. Diagrama de procesos



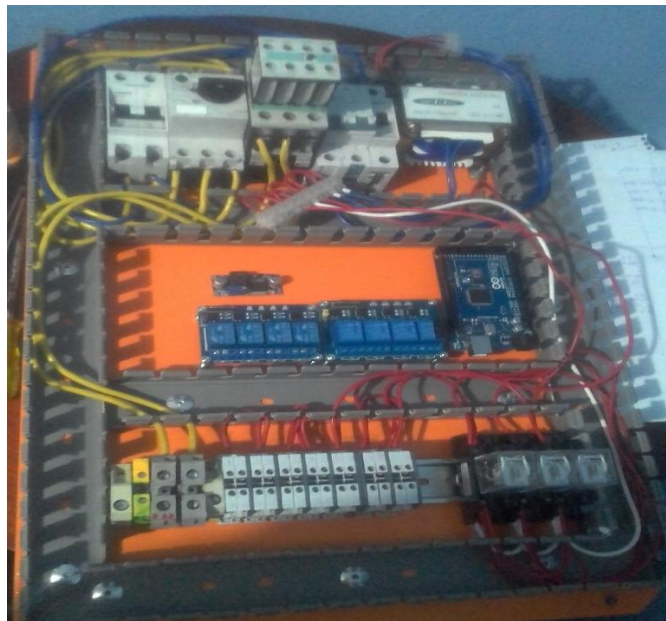
CIRCUITO DE CONTROL DE NIVEL DEL RESERVORIO



Montaje de la canaleta en el panel interno



Conexión de los elementos eléctricos en el panel de montaje



INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

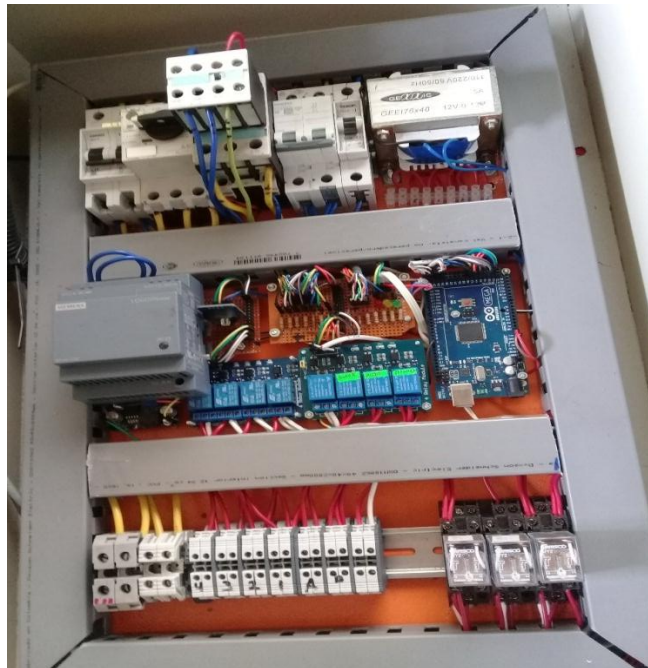


Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Conexión de luces indicadores en la parte externa del tablero principal



Cubrimiento de cables que conectan los elementos eléctricos

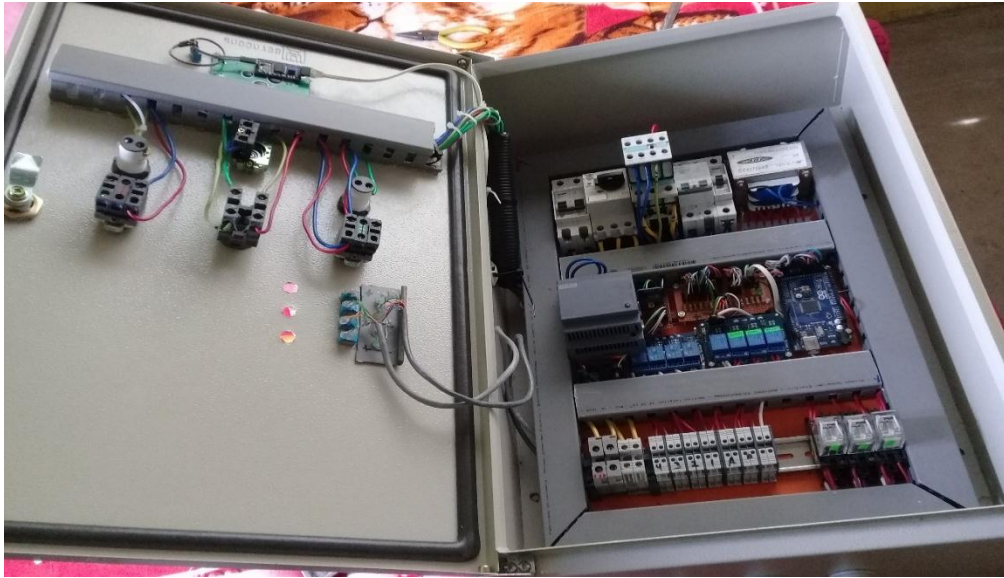


INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Montaje de todos los elementos eléctricos en el interior del tablero principal



Conexión de accesorios en el tablero principal



INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA EL TABLERO DE CONTROL DEL INVERNADERO.



INDICE

10. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL TABLERO DE CONTROL DEL INVERNADERO.....	104
1. INTRODUCCIÓN.....	104
2. OBJETIVOS.....	104
3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	104
4. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL EQUIPO.....	105
4.1. Tablero de control.....	105
4.2 Sistema de control.....	105
4.3. Sistema de irrigación.....	105
5. DESCRIPCIÓN DE USO.....	105
6. ALGUNAS FALLAS Y SUS POSIBLES SOLUCIONES.....	106

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Algunas fallas y sus posibles soluciones.....	106
--	-----

10. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL TABLERO DE CONTROL DEL INVERNADERO.

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual ilustrara al personal encargado del manejo o mantenimiento del tablero de control del invernadero, y los pasos a seguir al momento de manejarlo.

2. OBJETIVOS

- Describir el funcionamiento del panel de control para el accionamiento del riego por goteo y monitoreo de temperatura.
- Describir la operación del control y sus periféricos.
- Presentar posibles fallas y mantenimiento preventivo de tablero de control.

3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

El tablero de control está constituido por una pantalla LCD, un selector de posición que indica su estado (manual/automático), dos pulsadores el primero de marcha y el segundo de paro. Además tiene cuatro interruptores para el accionamiento de las electroválvulas cuando su estado sea manual.

El modo de operación que utiliza este tablero de control, es de forma manual o automática, en el estado Manual arranca la Bomba mediante un pulsador que alimenta la bobina del contactor cuando el nivel del pozo sea alto, y el estado Automático, se activa cuando las cuatro áreas del invernadero estén por debajo del 20% de humedad del suelo, Si la humedad del suelo de las cuatro áreas del invernadero se encuentra por encima del 60% para automáticamente.

Tanto la temperatura ambiente como la humedad del son medidas con un sensor, el cual tiene una señal de salida que cambia proporcionalmente a la variación de humedad del suelo.

Este tablero de control cuenta con una pantalla LCD, que indica el modo de funcionamiento del sistema del riego por goteo control, y demás se puede visualizar el estado de la temperatura ambiente en el interior del invernadero.

4. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL EQUIPO

El tablero de control para la automatización del riego por goteo y monitoreo de temperatura está constituido por los siguientes componentes.

4.1. Tablero de control

El tablero de control tiene las siguientes dimensiones 60 cm de altura, 40cm de ancho y 20 cm de profundidad. Todos los elementos de control, protecciones, accesorios, y circuitos de mando se están ubicados dentro del tablero distribuidos equitativamente y separados mediante el uso de riel y canaletas ranuradas, tomando en cuenta la separación del circuito de fuerza de los dispositivos electrónicos.

4.2 Sistema de control

El interior del tablero de control se encuentra dividido en tres secciones, la sección superior se encuentra los equipos de fuerza como disyuntores magnéticos, guarda motor, contactar, transformador, en la sección intermedia se encuentran los dispositivos electrónicos como lo son el microprocesador Arduino, los módulos relé, módulo LM2596, Modulo Reloj, baquelita de elementos, y en la parte interna inferior se encuentran las borneras para la conexión de los diferentes elementos que llegan al tablero como lo son las electroválvulas y los sensores.

4.3. Sistema de irrigación

El depósito de agua cuya capacidad es de 14200 Litros que proporciona un abastecimiento de agua continuo., para que la bomba pueda ser accionada cuando el nivel del pozo sea alto.

4.4. Alimentación eléctrica para el tablero de control

La alimentación eléctrica para el tablero se lo realiza mediante la conexión al medidor del servicio eléctrico el cual es alimentado por 220v bifásico.

5. DESCRIPCIÓN DE USO

Pasos:

- 1.-** Conecte el cable de alimentación al tablero de control.
- 2.-** Por medio del panel de control, observe los valores de temperatura y humedad del suelo que tiene el interior del invernadero.

3.- Durante su operación se pueden controlar el riego por goteo en las diferentes áreas deseadas del invernadero.

6. ALGUNAS FALLAS Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

Tabla 34. Algunas fallas y sus posibles soluciones

Fallas	Posibles causas	Corrección
Sensor de nivel de agua.	Obstrucción de los goteros. Depósito de agua vacío.	Limpiar los goteros. Llenar continuamente el depósito de agua.
Sensor de humedad	Contacto erróneo del sensor con el suelo Desconexión del cable alimentador del sensor	Verificación de la correcta incrustación del sensor con el suelo. Inspeccionar la conexión del sensor al cable que lo alimenta.
Falla en el suministro de Energía Eléctrica.	Cable de suministro desconectado. Interruptor abierto.	Revisar el circuito de interruptores. Asegurarse que el tablero esté conectado a la línea de alimentación del suministro eléctrico.

Elaborado por: Los investigadores