



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

MECÁNICA Y ELÉCTRICA

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y RIEGO DE UN ÁREA PROTEGIDA

P R O Y E C T O

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

NÉSTOR HUGO ACEVEDO BUENDÍA

JOSÉ EDUARDO ARENAS HIDALGO

MAURO ALBERTO SUÁREZ MELÉNDEZ

ASESOR TÉCNICO:

M. en C.: JOSÉ DARÍO BETANZOS RAMÍREZ

ASESOR MÉTODOLÓGICO:

ING.: RAYMUNDO JAVIER VAZQUEZ DELGADO





AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi vida académica, pasé por muchas dificultades las cuales no pudiera haber superado sin el apoyo incondicional de las personas a las que más amo, gracias a su ayuda pude alcanzar uno de mis más grandes sueños en la vida.

Un agradecimiento muy especial a mis padres por su gran esfuerzo, cariño y motivación para que día a día luchara por ser una mejor persona, siempre inculcando en mí grandes valores y brindándome la oportunidad de realizar una carrera profesional. Muchas gracias, los amo infinitamente.

A mis hermanos, por su confianza, consejos y apoyo incondicional. Por alentarme a siempre enfrentar los retos que te pone la vida y no rendirme ante las adversidades. Gracias, los quiero.

A la ESIME por ser la institución que me formó como profesionista a lo largo de estos años. A cada uno de los profesores que transmitieron sus conocimientos con esfuerzo y dedicación. Gracias por todo.

Me llena de orgullo haber pertenecido al Instituto Politécnico Nacional, agradezco enormemente que me haya dado la oportunidad de forjarme en él. Siempre recordaré y tendré presente los ideales de esta gran institución y pondré por encima de todo LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS PARTICULARES.....	5
JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 CULTIVO PROTEGIDO.....	8
2.2 TIPOS DE INVERNADEROS.....	8
2.2.1 MACROTUNEL	9
2.2.2 CASA SOMBRA.....	9
2.2.3 INVERNADERO PARA CLIMAS TROPICALES	10
2.2.4 INVERNADERO PARA CLIMAS TEMPLADOS.....	11
2.2.5 INVERNADERO PARA CUALQUIER CLIMA	11
2.3 CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE	12
2.3.1 LA TEMPERATURA	12
2.3.2 LA HUMEDAD.....	13
2.3.3 LA LUZ.....	13
2.3.4 CO ₂	14
2.4 SISTEMA DE POTENCIA Y DE CONTROL.....	14
2.5 SISTEMAS AUTOMÁTICOS	14
2.5.1 CON BASE EN RELEVADORES.....	14
2.5.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	16
2.5.3 MICROCONTROLADOR.....	18
2.6 SENSORES O TRANSDUCTORES	20
2.6.1 TRANSDUCTORES ANALOGICOS Y DIGITALES.....	20
2.6.2 CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES	21
2.6.3 SENSORES DE TEMPERATURA.....	21
2.6.4 SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA	24
2.7 OPTOACOPLADORES	25
2.7.1 TIPOS DE OPTOACOPLADORES	25
2.8 INTERRUPTOR DE LÍMITE	26
2.8.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	27
2.9 MOTORREDUCTORES.....	28

2.9.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES QUE DEFINEN EL REDUCTOR	28
2.10 ELECTROVÁLVULAS.....	28
2.10.1 TIPOS DE VÁLVULAS SOLENOIDE	29
CAPÍTULO 3 ESTADO ACTUAL DEL INVERNADERO, SELECCIÓN E INSTALACIÓN E INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS Y PROPUESTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	32
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL INVERNADERO	33
3.2 CLIMA EN TETELA DE OCAMPO	34
3.3 ESTADO ACTUAL DEL INVERNADERO	35
3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DEL AGRICULTOR	42
3.5 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	43
3.5.1 CONTROL DE TEMPERATURA.....	44
3.5.2 CONTROL DE HUMEDAD.....	44
3.6 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	45
3.6.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	45
3.6.2 RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC).....	46
3.6.3 PLATAFORMA ARDUINO	47
3.6.4 PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD).....	50
3.6.5 TECLADO MATRICIAL.....	51
3.6.6 EL OPTOACOPLADOR MOC3011	52
3.6.7 TRIAC	53
3.6.8 MOTOR	54
3.6.9 ELECTROVÁLVULA.....	56
3.6.10 INTERRUPTOR DE LÍMITE.	57
3.7 INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS	58
3.7.1 CONEXIÓN LCD-ARDUINO.....	58
3.7.2 CONEXIÓN DHT22-ARDUINO.....	61
3.7.3 ACOPLAMIENTO CONTROL - POTENCIA.....	63
3.7.4 CONEXIÓN RTC-ARDUINO.....	65
3.7.5 CONEXIÓN TECLADO MATRICIAL-ARDUINO	68
3.7.6 CONEXIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO	70
3.7.7 CONEXIÓN DEL MOTOR DE RIEGO	72
3.7.8 CONEXIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN Y DEL MOTOR	73
3.7.9 PROPUESTA DE INSTALACIÓN DENTRO DEL INVERNADERO	78
3.8 PROPUESTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	80
3.8.1 CARGAS	80

3.8.2 PROTECCION DE MOTORES, CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL CONDUTOR DE PUESTA A TIERRA.....	81
3.8.3 CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ALIMENTADOR	95
3.8.4 CALCULO DE LA PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR.....	97
3.8.5 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA CANALIZACIÓN.....	97
3.8.6 CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LA PROTECCIÓN PRINCIPAL DEL ALIMENTADOR.....	101
CAPÍTULO 4 DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	94
4.1 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE PROGRAMACIÓN.....	95
4.2 CONFIGURACIÓN DE PERIFÉRICOS	96
4.2.1 CONFIGURACIÓN DEL TECLADO MATRICIAL (KEYPAD).....	96
4.2.2 CONFIGURACIÓN DEL RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC).....	97
4.2.3 CONFIGURACIÓN DEL LIQUID-CRYSTAL DISPLAY (LCD)	97
4.2.4 CONFIGURACION DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	97
4.3 INICIALIZACION DE PERIFÉRICOS	98
4.3.1 INICIALIZACION DEL RELOJ EN TIEMPO REAL	98
4.3.2 INICIALIZACION DEL LIQUID-CRYSTAL DISPLAY.....	99
4.4 CONFIGURACIÓN DE RIEGOS.....	99
4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE VENTILACIÓN	103
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO Y ANÁLISIS DE	104
RESULTADOS	104
5.1 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS.....	105
5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	109
5.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	111
CONCLUSIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
ANEXOS.....	117
ANEXO 1.....	118
ANEXO 2.....	128
ANEXO 3.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Superficie, volumen de producción y comercio.	3
Figura 2.1 Invernadero tipo macrotunel.	9
Figura 2.2 Invernadero tipo casa sombra.	10
Figura 2.3 Invernadero para climas tropicales.	10
Figura 2.4 Invernadero para climas templados.	11
Figura 2.5 Invernadero para cualquier clima.	12
Figura 2.6 Relevador Allen Bradley.	15
Figura 2.7 PLC SIPLUS 230RC.	16
Figura 2.8 Microcontrolador Atmel.	19
Figura 2.9 Sensor RTD 0065 Rosemount.	22
Figura 2.10 Termistor tipo NTC.	23
Figura 2.11 Sensor de temperatura LM35.	23
Figura 2.12 Termopar.	24
Figura 2.13 Encapsulado con vías de transmisión luminosa.	25
Figura 2.14 Encapsulado con vías de transmisión reflejada.	26
Figura 2.15 Encapsulado con camino de aire para la transmisión de la luz.	26
Figura 2.16 Interruptor de límite mecánico normalmente abierto.	27
Figura 2.17 Interruptor de límite mecánico normalmente cerrado.	27
Figura 2.18 Motorreductores con diferente tipo de salida de eje.	28
Figura 2.19 Campo producido por una bobina.	29
Figura 2.20 Solenoide de acción directa.	30
Figura 2.21 Solenoide operado por piloto.	30
Figura 3.1. Ubicación geográfica del estado de Puebla dentro de la República Mexicana.	33
Figura 3.2 Ubicación geográfica del municipio de Tetela de Ocampo.	34
Figura 3.3 Dimensiones del invernadero.	35
Figura 3.4 Dimensiones del invernadero.	35
Figura 3.5 Invernadero en Tetela de ocampo.	36
Figura 3.6 Vista frontal del invernadero.	36

Figura 3.7 Vista posterior del invernadero.	36
Figura 3.8 Vistas laterales del invernadero.	37
Figura 3.9 Ventana lateral del invernadero.	38
Figura 3.10 Ventana cenital del invernadero.	38
Figura 3.11 Manivela de ventanas.	39
Figura 3.12 Sistema de riego tipo espaguete.	39
Figura 3.13 Sistema de riego.	40
Figura 3.14 Motor utilizado en el sistema de riego.	40
Figura 3.15 El cultivo dentro del invernadero.	41
Figura 3.16 Vista del cultivo dentro del invernadero.	41
Figura 3.17 Líneas de cultivo dentro del invernadero.	41
Figura 3.18 Diagrama del control de temperatura.	44
Figura 3.19 Diagrama del control de riego.	44
Figura 3.20 Sensor DTH22.	46
Figura 3.21 Reloj de tiempo real.	47
Figura 3.22 Arduino Mega 2650.	48
Figura 3.23 Pantalla de cristal líquido.	51
Figura 3.24 Teclado Matricial de 4x4.	52
Figura 3.25 MOC 3011.	53
Figura 3.26 TRIAC BT136.	54
Figura 3.27 Electroválvula solenoide.	57
Figura 3.28 Interruptor de límite Omron.	57
Figura 3.29 Diagrama físico de conexiones del LCD.	58
Figura 3.30 Diagrama esquemático de conexiones del LCD.	59
Figura 3.31 Mensaje mostrado a través de la pantalla LCD.	61
Figura 3.32 Diagrama físico de conexiones del DHT-22.	61
Figura 3.33 Diagrama esquemático de conexiones del DHT-22.	62
Figura 3.34 Esquema de funcionamiento en base a la temperatura.	63
Figura 3.35 Diagrama de acoplamiento.	64
Figura 3.36 Diagrama físico de conexiones del acoplamiento control-potencia.	64

Figura 3.37 Diagrama esquemático de acoplamiento control-potencia.	65
Figura 3.38 Diagrama físico de conexiones del RTC.....	66
Figura 3.39 Diagrama esquemático de conexiones del RTC.....	67
Figura 3.40 Diagrama físico de conexiones del teclado matricial.	68
Figura 3.41 Diagrama esquemático de conexiones del teclado matricial.	69
Figura 3.42 Diagrama físico de conexiones.	70
Figura 3.43 Diagrama esquemático de conexiones.....	71
Figura 3.44 Pantalla principal del LCD.	72
Figura 3.45 Diagrama esquemático de conexiones del motor de riego.	72
Figura 3.46 Representación del pulso que activa el optoacoplador y del flujo de corriente a través del motor de riego.....	73
Figura 3.47 Diagrama esquemático de conexiones del motor de ventanas.....	74
Figura 3.48 Representación del pulso que activa el optoacoplador y del flujo de corriente que activa una lámpara de señalización.	75
Figura 3.49 Representación del pulso que activa los optoacopladores y del flujo de corriente que pasa a través de una lámpara de señalización y del motor para cortina lateral (SENTIDO HORARIO).....	76
Figura 3.50 Representación del pulso que activa los optoacopladores y del flujo de corriente que pasa a través de una lámpara de señalización y del motor para cortina lateral (SENTIDO ANTI-HORARIO).....	77
Figura 3.51 Área de control.....	78
Figura 3.52 Gabinete, LCD y Teclado Matricial.	79
Figura 3.53 Motores con caja de engranes.	79
Figura 3.54 Circuito equivalente de una línea corta.	91
Figura 3.55 Tabla 8 propiedades de los conductores NOM-001-SEDE-2012.....	92
Figura 3.56 Radio medio geométrico a partir de su radio exterior (D,) NOM-001-SEDE-2012.....	93
Figura 3.57 Tabla 5 dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos NOM-001-SEDE-2012.....	94
Figura 4.1 Diagrama de flujo general.	95
Figura 4.2 Diagrama de flujo para la configuración de periféricos.	96
Figura 4.3 Diagrama de flujo para la inicialización de periféricos.	98

Figura 4.4 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 1).	100
Figura 4.5 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 2).	101
Figura 4.6 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 3).	102
Figura 4.7 Diagrama de flujo del sistema de ventilación.....	104
Figura 5.1 Mensaje de bienvenida en pantalla LCD.	111
Figura 5.2 Pantalla principal.....	112
Figura 5.3 Submenú para la configuración de riegos.	112
Figura 5.4 Submenú para la configuración de riego 1.	112
Figura 5.5 Submenú para la configuración de inicio de riego.	113
Figura 5.6 Submenú para la configuración de la duración de riego.	113
Figura 5.7 Pantalla principal.....	114
Figura 5.8 Submenú configuración de riegos.	114
Figura 5.9 Submenú configuración de riego 1.	115
Figura 5.10 Submenú para la configuración de inicio del riego.	115
Figura 5.11 Submenú configuración de minutos por válvula.	116
Figura 5.12 Submenú configuración de duración entre cada válvula.....	116
Figura 5.13 Submenú de la configuración de riego 1.	117
Figura 5.14 Prototipo del invernadero.	117
Figura 5.15 Inicio programado para el riego.	118
Figura 5.16 Inicio de riego.....	118
Figura 5.17 Apertura de cortina del invernadero.	119
Figura 5.18 Señalización de la temperatura óptima del invernadero.	119
Figura 5.19 Cierre de cortina del invernadero.	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Itinerario anual de sistema de riego.....	42
Tabla 3.2 Itinerario anual de sistema de ventilación.....	43
Tabla 3.3 Tabla comparativa de sensores.....	45
Tabla 3.4 Tabla comparativa de módulos RTC.	46
Tabla 3.5 Tabla comparativa de plataformas Arduino.	47
Tabla 3.6. Tabla comparativa de LCD.....	50
Tabla 3.7 Conexión de la LCD.	60
Tabla 3.8 Conexión del DHT22.	62
Tabla 3.9 Conexión del RTC.....	68
Tabla 3.10 Conexión del KEYPAD.....	70



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN



INTRODUCCIÓN

Con el uso de películas plásticas acolchadas, riego por goteo y cubiertas flotantes en cultivos como melón, sandía, pepino, jitomate y calabaza, agricultores de todos los estados de la República han logrado acortar entre siete y veintiún días los periodos de cosecha y han duplicado y hasta triplicado los rendimientos de cada cultivo, comparado con otros hechos a cielo abierto (Gilberto Gómez Priego, 2002)

La historia de los invernaderos como aplicación al desarrollo de cultivos comerciales de alto valor es muy corta. Entre los primeros usos prácticos que se les encontró fue proteger las plantas exóticas llevadas a Europa de distintas regiones tropicales. Muchos años después, se emplearon para la producción de plantas ornamentales y posteriormente en la producción de hortalizas y otros cultivos de alto valor económico.

En el último medio siglo es cuando comienza la expansión comercial de los invernaderos alrededor del mundo, siendo Europa y Asia donde actualmente existe la mayor superficie de estas estructuras. En la actualidad los invernaderos se han convertido en una necesidad, debido a una importante serie de factores que afectan la producción agrícola a campo abierto, como son bajas temperaturas y la incidencia de plagas y enfermedades.

La utilización de los invernaderos ha permitido a los agricultores incrementar la producción y la calidad de los productos, así como mantener la producción constante a lo largo del año.

El jitomate es el 8° cultivo con mayor valor en México, cuyas variedades saladette y bola son las mayormente producidas, además del cherry.

En 2012 generó 13,146 mdp, el 3.2% del valor total del sector agrícola y participó con el 0.3% de la superficie sembrada nacional (más de 50 mil hectáreas), la cual ha disminuido a una tasa promedio anual de 3.5% entre 2007 y 2012. Sin embargo, en vista del incremento en el rendimiento, que pasó de 37.4 ton/ha a 51.4 ton/ha en ese periodo, la producción alcanzó en 2012 una cifra récord de 2.8 millones de toneladas.

México es el principal exportador de jitomate fresco a nivel mundial, con cerca del 20% del volumen y 25% del valor comerciados, que se destinan principalmente a EEUU. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que representan entre el 50 y 70% del volumen de producción. En 2012, el valor de las exportaciones alcanzó más de 22 mil mdp.



Figura 1.1 Superficie, volumen de producción y comercio.¹

En 2011 se observa una caída en la producción de jitomate del 17.8% respecto al año previo debido a las heladas sufridas en febrero en el Norte del país, que afectaron principalmente a Sinaloa, que es la entidad con mayor producción a nivel nacional. Por esta razón la importancia del cultivo protegido, este crea una barrera entre el cultivo y el ambiente externo que protege a nuestro cultivo. Esta barrera crea un microclima en el interior (temperatura, humedad relativa, CO₂, cantidad y calidad de luz, etc.) que protege contra lluvia, viento, plagas, enfermedades y animales del cultivo que yace en su interior, además permite de manera eficaz el control biológico para proteger el cultivo. El cultivo en área protegida siempre ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos además que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en cualquier época del año. El incremento de producto produce mayores ganancias y por consecuencia le permite al agricultor invertir en tecnología con el fin de mejorar la estructura del invernadero así como los sistemas de control. Los sistemas de control que pueden existir en un invernadero pueden ser: sistema de ventilación, sistema de riego, sistema de iluminación entre otros.

El siguiente proyecto se realizó en un invernadero que se sitúa en el municipio de Tetela de Ocampo. En este lugar se presentan drásticas variaciones de temperatura a lo largo del día, lo cual afecta la temperatura interna del invernadero y por consiguiente del cultivo ya que este debe estar en una temperatura óptima

¹ SIAP SAGARPA. (2014). Superficie, volumen de producción y comercio. 2015, de SAGARPA Sitio web: [http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Jitomate%20\(abr%202014\).pdf](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Jitomate%20(abr%202014).pdf)



para que se desarrolle en las mejores condiciones y sea de buena calidad, es importante decir que el aire fresco es más pesado que el aire caliente, por lo tanto, el invernadero debe tener suficiente ventilación lateral que permita la entrada de aire fresco, y una ventilación cenital proporcional, que permita la salida de aire caliente, evitando de esta manera el sobrecalentamiento de este además, una excelente circulación del aire permitirá enriquecer el ambiente del invernadero con bióxido de carbono, el cual es la materia prima junto con el agua, para la actividad fotosintética de la planta. Al final del proyecto las ventanas laterales y las ventanas cenitales abrirán y cerrarán automáticamente según lo requiera la temperatura, evitando así el trabajo al agricultor al ya no hacerlo manualmente; Además al finalizar el proyecto el agricultor ya no encenderá el motor cada vez que requiera regar el cultivo, sino que él podrá programar las horas y el tiempo del riego que sea harán en cada etapa del cultivo.



OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el proyecto de automatización de un invernadero de jitomate ubicado en Tetela de Ocampo en el estado de Puebla a través de la plataforma Arduino, de tal forma que el agricultor logre una mejor calidad en su producto reduciendo el trabajo empleado en los procesos de ventilación y riego.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Mostrar a través de un LCD los parámetros de temperatura y humedad reales dentro del invernadero.
- Indicar cuando las temperaturas estén fuera de rango por medio de una señalización de luces.
- Automatizar la apertura y cierre de ventanas del invernadero de acuerdo a los parámetros de temperatura.
- Realizar un menú que permita programar los horarios y los tiempos de riego en el invernadero.



JUSTIFICACIÓN

México es uno de los países donde la agricultura protegida está en expansión, acorde con el desarrollo de la agricultura mundial. En los últimos años se ha experimentado un gran incremento de la superficie cubierta con estructuras para proteger cultivos en muchas regiones del territorio nacional. Uno de los factores en el incremento de estas estructuras es que existen condiciones climáticas bastante variantes, lo cual hace que la producción agrícola a cielo abierto sea cada vez menos factible.

Algunos de los beneficios de la agricultura protegida respecto a la agricultura a campo abierto son:

- Intensificación de la producción.
- Posibilidad de cultivar todo el año.
- Aumento del rendimiento por unidad de superficie.
- Menor riesgo en la producción.
- Uso más eficiente del agua e insumos.
- Condiciones idóneas para la experimentación e investigación.

En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de estos se consideran de baja y media tecnología, en función de lo siguiente (SAGARPA, 2009):

- 1) Tecnología baja: 100 % dependiente del ambiente, uso de tecnologías simples similares a utilizadas en cultivo a intemperie.
- 2) Tecnología media: semiclimatizados, riegos programados, suelo o hidroponía.
- 3) Tecnología alta: climatización automatizada (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados, inyecciones de CO₂, uso de sustratos.

La automatización en los invernaderos es una de las formas en que la tecnología ha coadyuvado para que los beneficios antes mencionados se optimicen. Los beneficios que los sistemas de control completamente automatizados para invernadero dan al agricultor son muchos, pero podemos mencionar algunos como:

- Ahorro en la mano de obra.
- Incremento en la calidad de producción.
- Incremento en el uso eficiente del agua e insumos.
- Reducción en los tiempos de producción.
- Reducción del tiempo de trabajo del agricultor.

En la actualidad en México aproximadamente el 25% de su población se dedica a la agricultura, sector que en teoría, debería producir los alimentos para el otro 75% de la población, situación que no sucede, pero que mediante el empleo de nuevas tecnologías de la agricultura protegida como los invernaderos, permiten intensificar la agricultura y aumentar los rendimientos por unidad de superficie.



CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO



2.1 CULTIVO PROTEGIDO

El cultivo protegido o invernadero es un sistema agrícola en el cual se tiene un control climático, es decir se modifican ciertos parámetros como son el suelo, la temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica; esto con la finalidad de aumentar el rendimiento y la calidad de la producción así como estabilizar la producción a lo largo del año aun cuando el cultivo al aire libre este limitado.

El principal objetivo de los invernaderos es modificar el entorno natural, a través de diversas técnicas y recursos cuando las condiciones del lugar están muy reducidas y hay una demanda significativa del producto, esto para lograr una buena productividad del cultivo, aumentar la producción a lo largo del año y darle una mayor calidad.

Otros objetivos son:

- Reducir las necesidades de agua. Al reducir la radiación solar dentro del invernadero, disminuye los requerimientos hídricos y hace un uso más provechoso y eficiente del agua de riego.
- Proteger los cultivos de bajas temperaturas. La cubierta del invernadero aísla nuestro cultivo de las condiciones exteriores, lluvia, nieve, granizo.
- Reducir la velocidad del viento. Los ventanales del invernadero permiten la entrada de cierta cantidad de viento y disminuye la velocidad del viento al chocar con este.
- Limitar el impacto de climas áridos y desérticos. Cuando los climas son desérticos en la ubicación del invernadero, no se ve tan afectado ya que dentro de este se crea un clima apto para el cultivo.
- Reducir daños de plagas, enfermedades, hierbas o pájaros. Al ser un entorno aislado es mucho más fácil el control en estos aspectos.
- Extender los ciclos de cultivo. Al modificar las condiciones del clima puedes cosechar fuera de las épocas tradicionales de cultivo.
- Aumenta producciones. Al proteger de plagas viento lluvia se puede obtener una mayor producción del cultivo.
- Optimizar la calidad. El manejo de temperatura y humedad conllevan al desarrollo óptimo del cultivo.

2.2 TIPOS DE INVERNADEROS

Derivado del trabajo de vinculación entre la Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos (AMCI) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través de la Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico, se han definido 5 tipos de Invernadero que son utilizados en México.

- Macrotunel.



- Casa Sombra.
- Invernadero.
 - a) Invernadero para climas Tropicales.
 - b) Invernadero para clima templado.
 - c) Invernadero para cualquier clima.

2.2.1 MACROTUNEL

El macrotunel es una estructura económica y muy sencilla, que permite cubrir grandes superficies de cultivo cuando no se precisa controlar en exceso las condiciones interiores del invernadero. Permite cubrir con plástico y malla.

- Estructura ligera de Acero Galvanizado con cubierta plástica.
- No tiene paredes frontales ni laterales.
- Estructura móvil (muy fácil de instalar y quitar), no lleva cimentación.
- Para zonas templadas y vientos máximos de 25 a 55km/hr.



Figura 2.1 Invernadero tipo macrotunel. ¹

2.2.2 CASA SOMBRA

Perfectamente adecuado para viveros, operaciones orientadas a la siembra de árboles bajo cubierta y operaciones productoras de plantas de sombra, La casa sombra crea las condiciones ideales para plantas sanas y vigorosas. La casa sombra reduce el estrés hídrico, ya que expone las plantas a los elementos como la lluvia y el viento para una óptima aclimatación. Las casas sombra son una solución accesible para la protección de viveros de venta al detalle. Las plantas sufren menos calor y requieren menos riego ahorrando costos en mano de obra.

¹ AMCI y SAGARPA. (2010). Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México.. 2015, de Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico Sitio web: http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf



- Estructura metálica ligera.
- Mallas antiáfidos en cubiertas y en perímetro.
- Sistema de riego localizado con inyección de fertilizante manual.
- Dependiendo de la región del país resiste de 80 a 120 km.



Figura 2.2 Invernadero tipo casa sombra.¹

2.2.3 INVERNADERO PARA CLIMAS TROPICALES

- Estructura de invernadero con ventilación cenital fija.
- Ventilación perimetral con mallas.
- Cubiertas en techumbres con polietileno y ventanas con malla antiáfidos.
- Sistema de riego localizado con inyección de fertilizante manual.
- Dependiendo de la región del país resiste de 80 a 120 km/hr.



Figura 2.3 Invernadero para climas tropicales.¹

¹ AMCI y SAGARPA. (2010). Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México.. 2015, de Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico Sitio web: http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf



2.2.4 INVERNADERO PARA CLIMAS TEMPLADOS

- Estructura de invernadero con ventila cenital fija.
- Ventana cenital manual.
- Ventana perimetral manual.
- Sistema de riego localizado con inyección de fertilizante manual.
- Para climas templados y fríos.
- Dependiendo de la región del país resiste de 80 a 120 km/hr.



Figura 2.4 Invernadero para climas templados.¹

2.2.5 INVERNADERO PARA CUALQUIER CLIMA

- Estructura de invernadero con ventana cenital fija.
- Ventana cenital motorizada.
- Ventanas perimetrales motorizadas.
- Dependiendo de la región del país resiste de 100 a 120 km/hr.

¹ AMCI y SAGARPA. (2010). Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México.. 2015, de Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico Sitio web: http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf



Figura 2.5 Invernadero para cualquier clima.¹

2.3 CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

2.3.1 LA TEMPERATURA

La temperatura es el parámetro ambiental que tiene más variaciones respecto al tiempo y al espacio en que nos encontremos.

La temperatura ejerce una gran influencia en el crecimiento de la planta, ya que la fotosíntesis o la respiración responde a esta, claro esto también depende del tipo de cultivo ya que cada uno tiene sus rangos para su desarrollo óptimo.

Elegir la temperatura de cultivo en función de la especie que se cultiva y del periodo estacional, es una de las decisiones fundamentales para un cultivo de invernadero.

El uso de microcontroladores y el uso de la computadora actualmente permiten un control continuo de la temperatura del invernadero.

La temperatura óptima para la germinación de jitomate está comprendida entre los 25°C y 30°C; por debajo de los 10°C la semilla no germina. La temperatura óptima para el crecimiento es de 21°C a 26°C.

Existen varias actividades que permiten mantener la temperatura dentro de los rangos adecuados para el desarrollo del jitomate. Es de suma importancia que el diseño del invernadero sea de acuerdo a las condiciones ambientales de la región

¹ AMCI y SAGARPA. (2010). Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México.. 2015, de Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico Sitio web: http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf



y tomando en cuenta las exigencias del cultivo, de modo que con la apertura y cierre de las cortinas del invernadero se logre la entrada de aire fresco y la salida del aire caliente.

2.3.2 LA HUMEDAD

Humedad relativa (H_R) es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas aumenta la capacidad de contener vapor de agua y disminuye la humedad relativa.

La humedad relativa más favorable es de 50 a 60%, cuando es más alta las anteras conocida como la parte superior del estambre de la flor que contiene polen se hinchan y el polen no puede liberarse ni caer sobre el estigma y las flores no se polinizan y caen. La humedad relativa del 80% o más favorece el desarrollo de enfermedades debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores.

La humedad en el suelo es también muy importante, se debe evitar que la planta sufra estrés hídrico ya que se alteran todos los procesos fisiológicos.

2.3.3 LA LUZ

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la H_R (humedad relativa) y el CO_2 , para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para mejorar la luminosidad natural se usan los siguientes medios:

- Materiales de cubierta con buena transparencia.
- Orientación adecuada del invernadero.
- Materiales que reduzcan al mínimo las sombras interiores.
- Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas.
- Acolchado del suelo con plástico blanco.

El jitomate es una planta sensible al fotoperiodo, en lo que concierne a su floración. Es conveniente que la luminosidad sea intensa cuando la planta está en producción (coloración de fruto), 12 horas diarias de luz es el mejor fotoperiodo, es menor el desarrollo es lento y si es mayor, la síntesis de proteína se dificulta y los carbohidratos se acumulan en exceso.

La orientación del invernadero es un factor que interviene directamente en la captación de radiación y disminución del efecto de sombreo, por lo que es importante que la estructura este orientada de norte a sur con una ligera inclinación hacia el noreste de modo que los rayos del sol siempre caigan perpendiculares a la cubierta.



2.3.4 CO₂

El anhídrido carbónico de la atmosfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos.

Sin embargo, no se puede hablar de una buena actividad fotosintética sin una óptima luminosidad. La luz es factor limitante, y así, la tasa de absorción de CO₂ es proporcional a la cantidad de luz recibida, además de depender también de la propia concentración de CO₂ disponible en la atmosfera de la planta. Se puede decir que el periodo más importante para el enriquecimiento carbónico es el medio día, ya que es la parte del día en que se dan las máximas condiciones de luminosidad.

2.4 SISTEMA DE POTENCIA Y DE CONTROL

SISTEMA DE POTENCIA

La parte que actúa directamente sobre los materiales sujetos de transformación se conoce como sistema de potencia o planta. Y consta con los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada.

Los elementos que conforman la parte del sistema de potencia son motores, compresores, finales de carrera entre otros más.

SISTEMA DE CONTROL

Es la parte de mando que suele ser el centro del sistema que emplea tecnología programada o tecnología cableada. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

Los sistemas de automatización más comunes son los siguientes:

- Sistemas automáticos con base en relevadores.
- Controlador lógico programable.
- Microcontroladores.

2.5 SISTEMAS AUTOMÁTICOS

2.5.1 CON BASE EN RELEVADORES

Las primeras máquinas automáticas están hechas a base de relevadores, divididos en relevadores de control y relevadores de potencia.

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina



y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

En la actualidad este sistema es un poco obsoleto ya que el tiempo de respuesta para la apertura o cierre de contactos es más lento que en los otros sistemas, además de que el número de contactos es limitado. Existen algunos tipos de relevadores como:

- Relevadores electromecánicos.
- Relevadores de núcleo móvil.
- Relé tipo Reed o de Lengüeta.
- Relés polarizados.
- Relés de estado sólido.



Figura 2.6 Relevador Allen Bradley.¹

a) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS RELEVADORES

- Asilamiento entre las terminales de entrada y salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.

Para los de estado sólido se pueden agregar:

- Larga vida útil.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Compatible con TTL (familia lógica bipolar lógica transistor-transistor) y MOS (transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor MOSFET).
- Poca sensibilidad a las sacudidas y golpes.

b) CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS RELEVADORES

Algunas aplicaciones de los relevadores son las siguientes:

¹ Allen, B.. (2009). 700-HA33A1 Datasheet. 2015, de Allen Bradley Sitio web: <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/261960/ALLEN-BRADLEY/700-HA33A1.html>



- Separación eléctrica entre motores en campo y circuitos de comando.
 - Protección de entradas y salidas a través de la aislación galvánica (separación de partes funcionales de un circuito eléctrico para prevenir el traspaso de portadores de carga).
 - Seguridad para accionamientos de cargas de alta corriente a través de señales de baja corriente.
- c) VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS RELEVADORES

Ventajas

- Bajo costo para mantenimiento.
- Ideal para proyectos pequeños.
- Numero de contactos limitado.
- Es fácil encontrar personas para su instalación y mantenimiento.

Desventajas

- Produce mucho ruido.
- Peligroso en caso de fallas.
- El espacio que utiliza es muy grande.
- Numero de contactos limitado.

2.5.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El controlador lógico programable (PLC) fue el remplazo en la automatización por relevadores. Para que un PLC pueda trabajar de forma automática antes se le encomienda una serie de instrucciones lógicas a través de una computadora y puede ser reprogramado cuantas veces se requiera.

Algunos lenguajes de programación para el PLC son: diagrama de lógica escalera, programación por instrucciones, operadores lógicos y programación por bloques de funciones. Un sistema automático basado en PLC cuenta con dispositivos de entrada y dispositivos de salida y las instrucciones guardadas en la memoria del PLC.



Figura 2.7 PLC SIPLUS 230RC.¹

¹ SIEMENS. (2009). Módulo lógico LOGO!. 2015, de SIEMENS Sitio web: <http://www.mateinsa.com/mateinsa/pdf/relessiemens.pdf>



a) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLC

- Facilidad en su montaje e instalación.
- Hardware de reducidas dimensiones.
- Software de fácil programación y amigable.
- Posibilidad de almacenar programas para su posterior y rápida utilización.
- Fácil reutilización de los programas.

b) CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC

- Procesos de producción periódicamente cambiantes y control de maquinaria de procesos variables.
- Procesos secuenciales.
- Procesos continuos y mixtos.
- Instalación de procesos complejos y amplios.
- Procesos con necesidad, además de respectivo control, de visualización de las variables del entorno.
- Procesos con espacio físico reducido.

c) VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la realización de proyectos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir elementos.
- Fácil reutilización.
- Ocupación mínima.
- Menor coste de mano de obra de instalación.
- Mantenimiento económico.
- Incorpora un mínimo de elementos móviles.
- Posibilidad de gobierno de varias máquinas con un mismo autómatas.
- Menor tiempo de puesta en servicio.
- Los programas se pueden parametrizar en tiempo de ejecución.

Desventajas

- Se necesita personal especializado en programación.
- Falta de un lenguaje estándar y universal de programación.
- Alta incompatibilidad entre software y hardware para autómatas de diferentes fabricantes.
- Alto coste inicial.



2.5.3 MICROCONTROLADOR

Un Microcontrolador es un circuito integrado, que incorpora en su interior los bloques básicos para formar un sistema embebido o una PC en menor escala, es decir el Microcontrolador es un chip en cuyo interior encontramos una CPU, Memoria, Reloj, Puertos de Comunicación y Módulos Periféricos de entrada y salida (E/S). Cada uno de estos bloques internos, cumple una función específica y permite al diseñador un mejor control de los procesos del sistema, el CPU se dice que es un microprocesador en pequeño y de menor potencia, la Memoria que sirve para almacenar el Firmware o programa a ejecutar, el Reloj provee una señal de sincronización para todos las tareas del sistema, los Puertos de comunicación le permiten al Microcontrolador tener comunicación bi-direccional con otros microcontroladores o un PC, por ejemplo puerto RS232, USB, ISP, I²C, y los Módulos Periféricos de E/S que permiten el intercambio de información de tipo digital o análoga con el exterior del sistema, es dentro de estos Periféricos que se pueden encontrar: Puertos Digitales E/S, Conversores Análogo digital, Contadores, Temporizadores, Módulos PWM, entre otros.

Además de su estructura un microcontrolador posee ciertas características de desarrollo, como son: su lenguaje de programación, el IDE para la escritura de programas, la forma en que es programa la memoria interna, el hardware externo necesario para realizar esta grabación. Son estas características las que hacen la diferencia al momento de la elección correcta de un tipo de Microcontrolador.

Existen decenas de empresas fabricantes de microcontroladores, entre las que podemos nombrar: Intel, Motorola, Texas Instrument, Microchip, Cypress, Atmel, entre otras. Pero dentro de toda esta gama de microcontroladores se destacan dos familias de microcontroladores: la familia AVR y la familia PIC.

Los PIC son una familia de microcontroladores de 8 bits fabricados por la empresa estadounidense MICROCHIP, cuentan con un CPU RISC y memoria FLASH para el almacenamiento del Firmware. Por otro lado los AVR son una familia de microcontroladores fabricada por la compañía noruega ATMEL, estos microcontroladores de 8 bits cuentan con una CPU RISC y su memoria de programa viene implementada en FLASH. Ambas familias cuentan con periféricos como Puertos Digitales, ADC, PWM, entre otros.

Para los microcontroladores AVR podemos encontrar compiladores de lenguaje C, C++, Basic, cada uno de ellos brinda distintas ventajas, una de ellas es el hecho de no tener que aprender Ensamblador y trabajar en un lenguaje que el usuario domine, además cada uno cuenta con IDE (Ambiente Integrado de Desarrollo) para un mejor diseño de los programas. Dentro de estos podemos citar el AVRstudio que incluye compiladores de C, C++ y Ensamblador, y el BASCOM que incluye un compilador de Basic para microcontroladores AVR. Como ventaja principal se debe citar que todos estos IDE se pueden descargar gratis o en versiones Demo desde la web de sus respectivos fabricantes. Existen algunas plataformas educativas de desarrollo basadas en micros AVR, como el ARDUINO, que básicamente es un chip AVR con un bootloader, lo cual hace que sea aún más sencilla la programación.



En cuanto a los microcontroladores PIC, además del lenguaje Ensamblador, podemos encontrar diferentes IDE y compiladores para C , C++ y Basic, sin embargo cabe destacar que estas herramientas de desarrollo no son completamente gratis y tienen su costo, entre IDE más usados están: MPLAB, PICSIMULATOR, PICBASIC , y más. Así como en la familia AVR, existe una plataforma basada en un PIC, llamada PICAXE, que es un chip PIC previamente grabado con un programa bootloader que permite programarlo en lenguaje Basic y vía el puerto serial del PC.

Existen muchas de opciones de programación para cada familia de microcontroladores, sin embargo se debe notar que los programadores para AVR son un poco más simples en circuitería que los programadores para PIC. Dentro de las características adicionales a consideran el momento de elegir un microcontrolador, además de las ya mencionadas, destaca la Potencia o consumo de energía, una ventaja de los microcontroladores AVR frente a los PIC es su reducido consumo, tanto en voltaje como en corriente, lo que permite el desarrollo de aplicaciones que funcionen a baterías.



Figura 2.8 Microcontrolador Atmel.¹

a) CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES

- Dimensiones muy reducidas.
- Gran variedad de una misma familia.
- Bajo consumo de energía eléctrica.
- Protección anticopia de la memoria programada.

b) CAMPOS DE APLICACIÓN

Las aplicaciones específicas de los microcontroladores son tan variadas que no se exagera cuando se dice que están limitadas solamente por la imaginación del diseñador.

En cualquier problema en el cual se requiera un instrumento digital compacto que se capaz de realizar funciones como las siguientes, es posible pensar en un sistema basado con Microcontrolador:

- Secuenciamiento.
- Codificación/Decodificación.
- Monitoreo.

¹ Atmel. (2014). ATmega328P-PU MCU Microcontrolador 8bits AVR. 2015, de Atmel Sitio web: <http://mikroe.es/tag/atmega328p-pu/>



- Adquisición de datos.
- Señalización.
- Procesamiento de señales.
- Control retroalimentado.
- Temporización.
- Cálculos aritméticos sencillos.
- Comunicaciones.
- Automatización.

c) VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Reducción de la cantidad de espacio en la implementación de un diseño dado.
- Reduce el costo de implementación.
- Permite el desarrollo de aplicaciones específicas de manera más rápida y eficiente.
- Se adapta mejor a las aplicaciones específicas.

Desventajas

- En dado caso que el proyecto sea muy complejo, la programación y las instrucciones para realizar una tarea en particular suele ser complicada.

2.6 SENSORES O TRANSDUCTORES

En las últimas décadas han aparecido dispositivos que permiten conocer el estado de una variable física al relacionarse con ella mediante un contacto a proximidad, bajo un principio físico. A estos dispositivos se le llaman sensores y son uno de los elementos más utilizados en la automatización para suministrar información.

Un transductor o sensor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otra analógicamente o digitalmente de la misma variable. Para que sea útil como dispositivo de medida necesita estar calibrado.

Estos dispositivos pueden clasificarse, dependiendo de la forma de la señal convertida, en:

- Transductores analógicos.
- Transductores digitales.

2.6.1 TRANSDUCTORES ANALÓGICOS Y DIGITALES

TRANSDUCTORES ANALÓGICOS



Los transductores analógicos presentan una señal continua como por ejemplo tensión o corriente eléctrica, la cual puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

TRANSDUCTORES DIGITALES

Los transductores digitales producen una señal de salida digital en la forma de un conjunto bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En cualquiera de estas formas las señales digitales representan un valor de la variable medida. Cabe mencionar que con el paso de los años se han vuelto más populares a causa de la facilidad con la que se pueden emplear como instrumento de medición independientes y además son más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos.

2.6.2 CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES

- **Exactitud.** La exactitud de la medición debe ser tan alta como sea posible.
- **Precisión.** La precisión de la medición debe ser tan alta como sea posible.
- **Rango de funcionamiento.** El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.
- **Velocidad de respuesta** El transductor o sensor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo, lo ideal es que sea de respuesta instantánea.
- **Calibración.** El sensor debe ser fácil de calibrar y no debe necesitar una recalibración frecuente. En dado caso de necesitar una calibración el proceso debe de ser mínimo.
- **Fiabilidad.** El sensor debe tener una alta fiabilidad, es decir, no debe tener fallos frecuentes durante su funcionamiento.
- **Costo y facilidad de funcionamiento.** El costo del sensor debe de ser lo más accesible posible además su instalación y manejo debe ser lo más bajo posible.

2.6.3 SENSORES DE TEMPERATURA

Entre los sensores más comunes empleados para medir temperatura con instrumentación electrónica se tienen: RTDs, termistores, sensores de circuito integrado (IC) y termopares.

a) DETECTOR DE RESISTENCIA METÁLICA (RTD)

El detector de resistencia metálica RTD, es uno de los sensores más precisos de temperatura. Se caracteriza por su excelente estabilidad, usualmente es utilizado para medir temperaturas de 0 °C a 450 °C.



La resistencia metálica es de alambres finos o de películas de metales. Su resistencia varía en forma directamente proporcional con la temperatura. Ellas son fabricadas de metales como cobre, plata, oro, tungsteno y níquel, no obstante el platino es el material más comúnmente usado. El platino presenta una excelente estabilidad y la más alta resistividad para un mismo valor óhmico, la masa del sensor será menor, por lo que la respuesta será más rápida con respecto a los otros metales.

Entre las desventajas de las RTDs de platino (Pt100) se pueden mencionar:

1. Su alto costo, por lo que hacer instrumentación con ellas es caro.
2. Debido a su baja resistencia (100Ω a 0°C) y sensibilidad ($0.4 \Omega/^\circ\text{C}$), los alambres de conexión es uno de los principales problemas, la vía para minimizarlo es usar el esquema de medición con 4 alambres.
3. En el sistema de medición con 4 alambres, dos alambres llevan y traen la corriente proveniente de una fuente de corriente constante y otros dos alambres se emplean para la conexión del instrumento de medición de voltaje, convertidor A/D en un sistema de adquisición de datos por computadora.
4. La corriente de excitación constante produce una disipación de potencia en la RTD, lo cual le genera calentamiento que incrementa adicionalmente su temperatura que no es posible de detectar cuando se hace la medición de temperatura.



Figura 2.9 Sensor RTD 0065 Rosemount.¹

b) TERMISTOR

Un termistor es un semiconductor hecho de dos óxidos metálicos unidos dentro de una pequeña bola, disco u otra forma y recubierto con epóxido o vidrio.

Hay dos clases de termistores los que presentan un coeficiente negativo de temperatura (CNT), cuya resistencia disminuye con la temperatura y coeficiente positivo con la temperatura (CPT) cuya resistencia aumenta con la temperatura.

¹ Rosemount. (2015). Rosemount® DIN-Style Temperature Sensors and Thermowells (Metric). 2015, de EMERSON Sitio web:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0200-2654.pdf>



Los termistores CNT son los más usados para medición de temperatura. Valores comunes de termistores son 2252 Ω , 5000 Ω y 10000 Ω . Un termistor de 5000 Ω tiene aproximadamente una sensibilidad de 200 $\Omega/^\circ\text{C}$ a la temperatura ambiente, comparada con 0.4 $\Omega/^\circ\text{C}$ de la Pt100, la sensibilidad del termistor es bastante más alta. Los termistores se pueden emplear para medir temperaturas hasta de 300 $^\circ\text{C}$. Debido a que los termistores tienen una resistencia alta, la resistencia de los conductores que llevan la corriente no afecta la exactitud de las mediciones. Mediciones con dos alambres es adecuado en circuitos con termistores.



Figura 2.10 Termistor tipo NTC.¹

c) SENSOR DE CIRCUITO INTEGRADO IC

Los sensores de circuito integrado se fundamentan en la característica de la unión p-n de los semiconductores. Están formados por circuitos integrados sobre un chip, el cual presenta una salida lineal y proporcional a la temperatura. Se consiguen sensores IC que presentan salidas en voltaje analógico y en forma digital. Por estar hechos a base de silicio, su rango de temperatura está limitado aproximadamente a los 150 $^\circ\text{C}$. Una de las principales ventajas de los sensores IC es su fácil interface. Entre las desventajas se tienen: el limitado rango de temperatura, la necesidad de alimentación y el auto calentamiento.



Figura 2.11 Sensor de temperatura LM35.²

d) TERMOPARES

El funcionamiento de un termopar se basa en el principio físico de la unión de dos alambres de metales diferentes que produce una diferencia de potencial en los

¹ General Electric. (2013). NTC Inrush Current Limiter. 2015, de Mouser Sitio web: <http://www.mouser.com/ds/2/168/920-325D-LR-245176.pdf>

² TEXAS INSTRUMENTS. (2015). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. 2015, de TEXAS INSTRUMENTS Sitio web: <http://www.ti.com/product/lm35>



dos extremos que no se encuentran en contacto que es función de la temperatura a la cual se encuentra la unión. El voltaje producido en la unión es no lineal con respecto a la temperatura, bastante pequeño (del orden de los mV).

El termopar es uno de los sensores más populares para medir temperatura. A diferencia de los otros sensores de temperatura, este no requiere de fuente de alimentación ya que es auto generadora de potencia; son económicas y fáciles de construir debido a que son básicamente la unión de dos alambres. Existe una variedad de ellas en el mercado en un amplio rango de temperaturas. Se identifican por letras siendo las más populares J, K y T.

Los termopares presentan algunos inconvenientes. Debido al bajo voltaje que generan y a su baja sensibilidad requieren de una instrumentación muy exacta, y de otro sensor para realizar la compensación de la unión fría. Por otro lado los termopares son menos estables que los otros sensores de temperatura.



Figura 2.12 Termopar.¹

2.6.4 SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa H_R , es el porcentaje de saturación de un volumen específico de aire a una temperatura específica. La humedad relativa del aire depende de la temperatura y la presión del volumen de aire analizado. Como la unidad de humedad relativa es por ciento, varía entre 0 (aire completamente seco) y 100% (aire saturado).

Existen sensores de humedad de tipo resistivo y capacitivo.

En los sensores de tipo resistivo, la absorción de vapor de agua origina la disociación de los grupos funcionales iónicos, dando lugar al aumento de la conductividad eléctrica. El tiempo de respuesta característico para la mayoría de sensores de tipo resistivo es de 10 a 30s.

Para los sensores de tipo capacitivo, la absorción de vapor de agua produce un aumento de la permitividad dieléctrica, produciendo de esta manera un aumento

¹ FuehlerSysteme. (2015). Sensor technology. 2015, de FuehlerSysteme Sitio web: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/fuehlersysteme-enet-international-gmbh/catalogue-2015-sensor-technology-building-automation/59132-511201.html#open>

en los valores de la capacidad. Los cambios en la capacidad dependen del área de los electrodos, espesor y propiedades dieléctricas del elemento sensible.

2.7 OPTOACOPLADORES

Muchos sistemas digitales controlan a otros sistemas o realizan funciones de control tales que deben ser interconectados a una etapa de potencia, que utiliza tiristores o TRIACS para actuar sobre cargas resistivas o inductivas en sistemas de iluminación o sistemas industriales o en control de motores, entre otros.

La manipulación de altas corrientes implica tener consideraciones de seguridad eléctrica para los operarios y de protección para el sistema digital.

Es deseable que la interconexión entre ambas etapas (la digital y la de potencia) se haga por un medio de acoplamiento que permita aislar eléctricamente los dos sistemas. Esto se puede lograr con los dispositivos llamados OPTOACOPLADORES, mediante los cuales se obtiene un acoplamiento óptico y, al mismo tiempo, un aislamiento eléctrico.

La razón fundamental para llevar a cabo acoplamiento óptico y aislamiento eléctrico es por protección de la etapa o sistema digital ya que si ocurre un corto en la etapa de potencia, o cualquier otro tipo de anomalía eléctrica, el optoacoplador protege toda la circuitería digital de control.

2.7.1 TIPOS DE OPTOACOPLADORES

- Encapsulado típico con vías de transmisión luminosa.

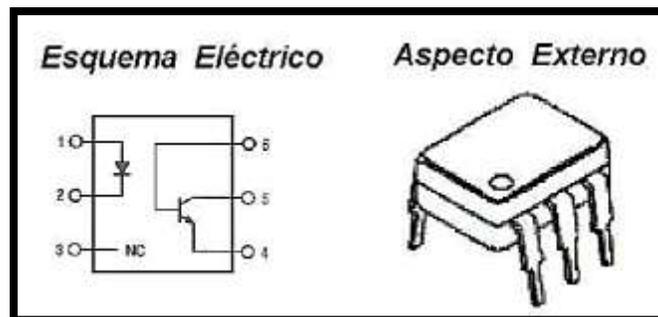


Figura 2.13 Encapsulado con vías de transmisión luminosa. ¹

- Encapsulado típico con vías de transmisión reflejada (sensor de objetos).

¹ Italguna. (2008). Optoacopladores. 2015, de Italguna Sitio web: http://www.itlaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF3_archivos/UNIDAD3TEM A1.PDF

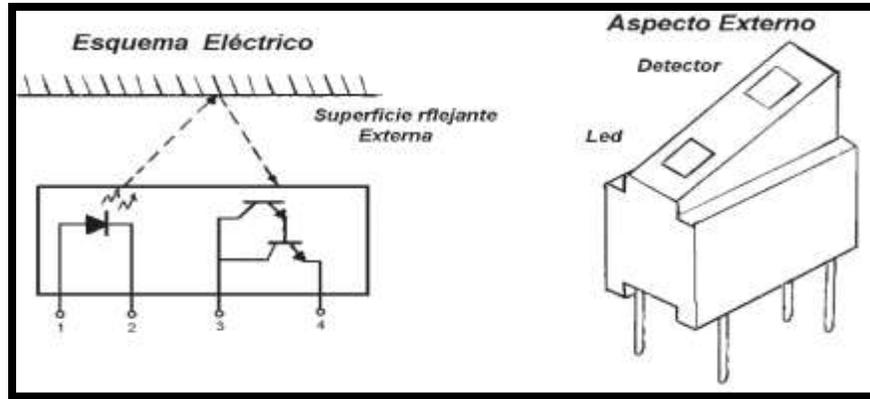


Figura 2.14 Encapsulado con vías de transmisión reflejada.¹

- Encapsulado típico con camino de aire para la transmisión de la luz (interruptor óptico de límite rasurado).

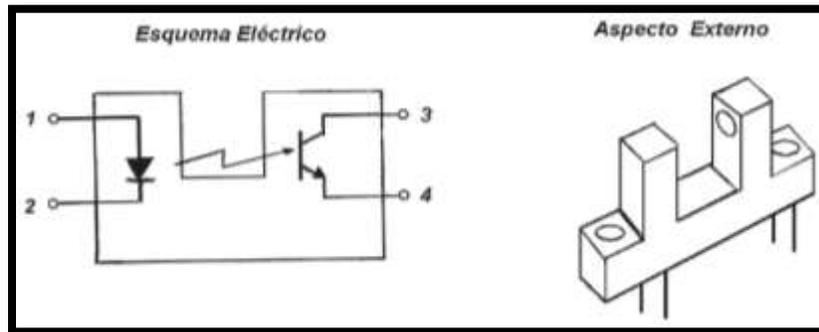


Figura 2.15 Encapsulado con camino de aire para la transmisión de la luz.¹

2.8 INTERRUPTOR DE LÍMITE

Este interruptor se considera un sensor de contacto, ya que para accionar estos interruptores se requiere del contacto físico entre la parte de la máquina y la palanca del interruptor con la fuerza suficiente para operar. Estos dispositivos internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC). Estos interruptores se usan ordinariamente para desconectar, límites de carrera, el avance de bancadas en máquinas o herramientas como fresadoras, así como limitar el avance de los portaherramientas de los tornos, en montacargas, ascensores, robots, etc.

¹ Italguna. (2008). Optoacopladores. 2015, de Italguna Sitio web: http://www.itlaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF3_archivos/UNIDAD3TEM A1.PDF

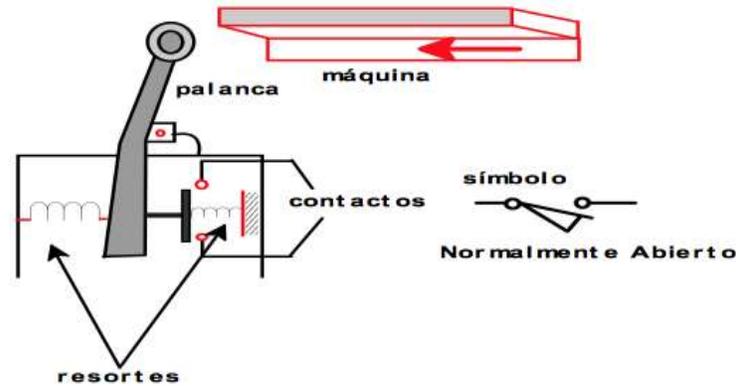


Figura 2.16 Interruptor de límite mecánico normalmente abierto.¹

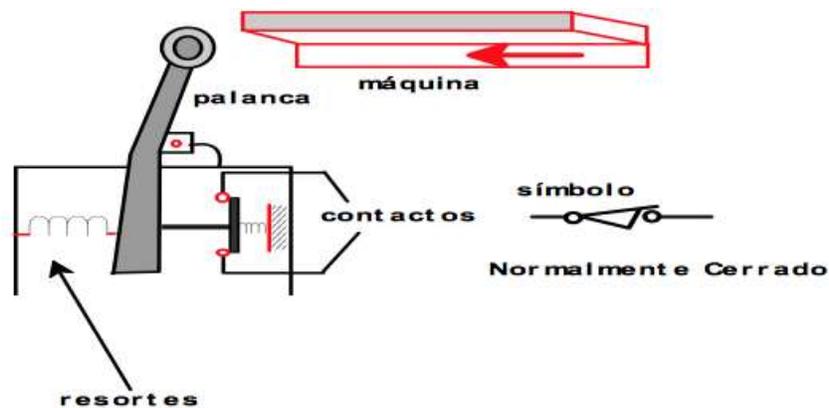


Figura 2.17 Interruptor de límite mecánico normalmente cerrado.¹

2.8.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- Fácil instalación.
- Insensible a estados transitorios; es decir que no se ve alterado por las variables eléctricas y se comporta como estado estacionario.
- Trabaja a tensiones altas; ya que el interruptor está diseñado según la tensión a utilizar este puede operar a un máximo de 600V (interruptores industriales).
- Produce rebote mecánico al conmutar.
- Al existir contacto físico se produce desgaste y requieren mantenimiento.
- Son de respuesta lenta.

¹ CECyT 7. (2013). Prácticas de Instalación de Sistemas de Control Eléctrico. 2015, de IPN Sitio web: http://www.academico.cecyc7.ipn.mx/Material/Trabajos_Investigadores_2013/PRACTICAS%20DE%20INSTALACION%20DE%20SISTEMAS%20DE%20CONTROL%20ELECTRICO.pdf

2.9 MOTORREDUCTORES

Los motoredutores son equipos constituidos por un motor o elemento motriz, y un reductor, cuyo fin es adaptar el movimiento motriz, a la velocidad que precisa la aplicación o máquina de que se trate. Al eje de salida del motorreductor, pueden ser de dos tipos: salida macho o salida hembra, según interese a la aplicación.



Figura 2.18 Motorreductores con diferente tipo de salida de eje.¹

2.9.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES QUE DEFINEN EL REDUCTOR

- Tipo de motor.
- Tipo de arranque. Directo o con limitación de par en el arranque.
- Con inversión de giro o sin inversión.
- Tipo de reductor. Con acoplamiento directo al motor, o unido al motor a través de un acoplamiento.
- Potencia mecánica del reductor en kW.
- Velocidad de entrada, la que le llega desde el motor.
- Velocidad de salida, en rpm.
- Relación de reducción.
- Par motor, de entrada al reductor.
- Par reductor, medidos en el eje de salida.

2.10 ELECTROVÁLVULAS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una válvula solenoide se compone de dos partes interdependientes: la válvula y la bobina solenoide. Cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de la bobina esta actúa como un electroimán poderoso, formando un campo magnético capaz

¹ Vilora, J.. (2013). Montaje Mecánico en Instalaciones Solares Fotovoltaicas. España: Paraninfo.

de atraer hacia sí un émbolo móvil de hierro, que es el vástago de la válvula, para que pueda abrir o cerrar. Lo anterior se puede ver en la figura siguiente.

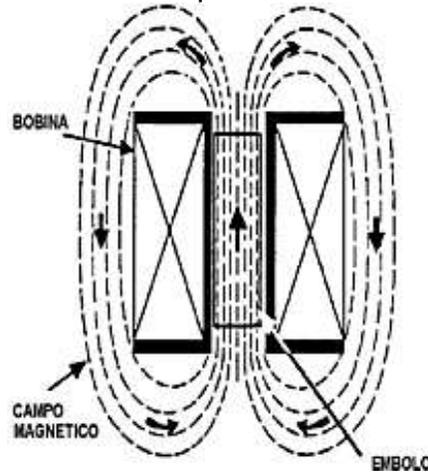


Figura 2.19 Campo producido por una bobina.¹

2.10.1 TIPOS DE VÁLVULAS SOLENOIDE

Existen muchos tipos de válvulas de solenoide.

Todas ellas trabajan con el principio físico antes descrito, sin embargo se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma:

Por su aplicación:

- De acción directa.
- Operadas por piloto.

Por su construcción:

- Normalmente cerradas.
- Normalmente abiertas.
- De acción múltiple.

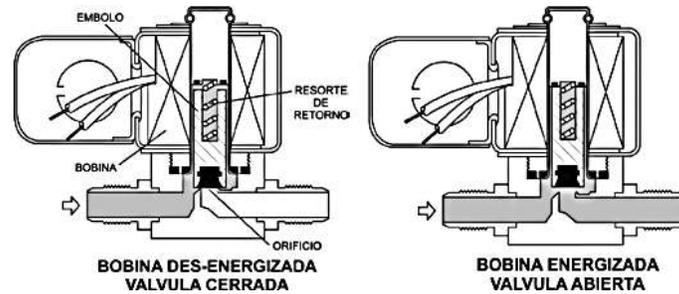
Por su forma:

- 2 vías.
- 3 vías.

Válvulas solenoide de Acción Directa: En el tipo de válvulas de acción directa, el émbolo está mecánicamente conectado a la aguja. Cuando la bobina se energiza, el émbolo es atraído hacia el centro de la bobina levantando así la aguja del orificio y la válvula abre, tal como se ve en la figura 2.20.

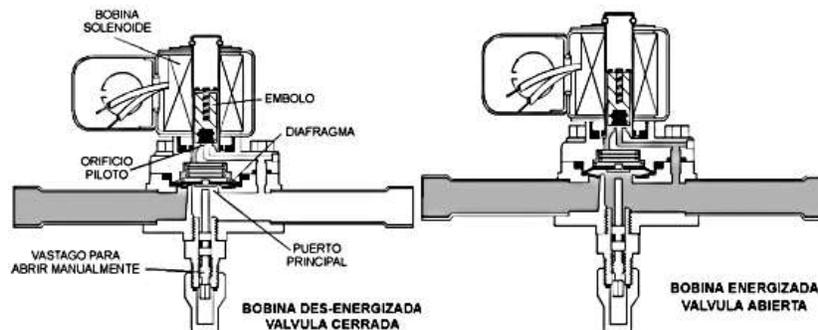
Este tipo de válvulas de acción directa, se utilizan solamente en sistemas de capacidades pequeñas, ya que, si se aplicaran en sistemas de capacidades grandes, se requerirían bobinas de gran tamaño para actuar en contra de un alto diferencial de presión. Estas bobinas serían costosas e imprácticas.

¹ Martín, J. (2009). Instalaciones Domóticas. España: EDITEX.

Figura 2.20 Solenoide de acción directa.¹

Válvulas Solenoide Operadas por Piloto: Las válvulas solenoide en medidas grandes normalmente son operadas mediante piloto. En la figura 2.21 se muestra este tipo de válvula, en donde el émbolo del solenoide no abre el puerto principal en forma directa, sino que simplemente abre el orificio piloto. La presión atrapada sobre la leva, que normalmente es un pistón o un diafragma, se libera a través del orificio piloto, creando desbalance en la presión general de la leva. La presión inferior ahora es mayor que la presión superior y la leva se mueve hacia arriba abriendo el puerto principal.

Para cerrar, el pistón baja y cierra el orificio piloto, haciendo que la presión sobre y debajo de la leva se iguale, bajando y haciendo que cierre el puerto principal. El diferencial de presión a través de la válvula, actuando sobre la superficie del puerto principal, mantiene la leva en una posición firmemente cerrada.

Figura 2.21 Solenoide operado por piloto.¹

Para el riego se utilizan válvulas eléctricas del tipo normalmente cerradas, de tal forma que cuando el programador da las órdenes de riego, la válvula automática se pone en funcionamiento, abriéndose y dejando pasar el caudal para alimentar los aparatos de riego que componen un sector.

¹ Martín, J. (2009). Instalaciones Domóticas. España: EDITEX.



CAPÍTULO

3

ESTADO ACTUAL DEL INVERNADERO, SELECCIÓN E INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS Y PROPUESTA DE INSTALACION ELECTRICA



3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL INVERNADERO

El invernadero se encuentra ubicado en el municipio de Tetela de Ocampo, en el estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos $19^{\circ} 43' 00''$ y $19^{\circ} 57' 06''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 38' 42''$ y $97^{\circ} 54' 06''$ de longitud occidental.

Sus colindancias al Norte con Cuatempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxtitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Poniente con Aquixtla, Zacatlán.



Figura 3.1. Ubicación geográfica del estado de Puebla dentro de la República Mexicana.¹

¹ Travel by Mexico. (2015). PUEBLA. 2015, de travelbymexico Sitio web: http://www.travelbymexico.com/estados/puebla_edo

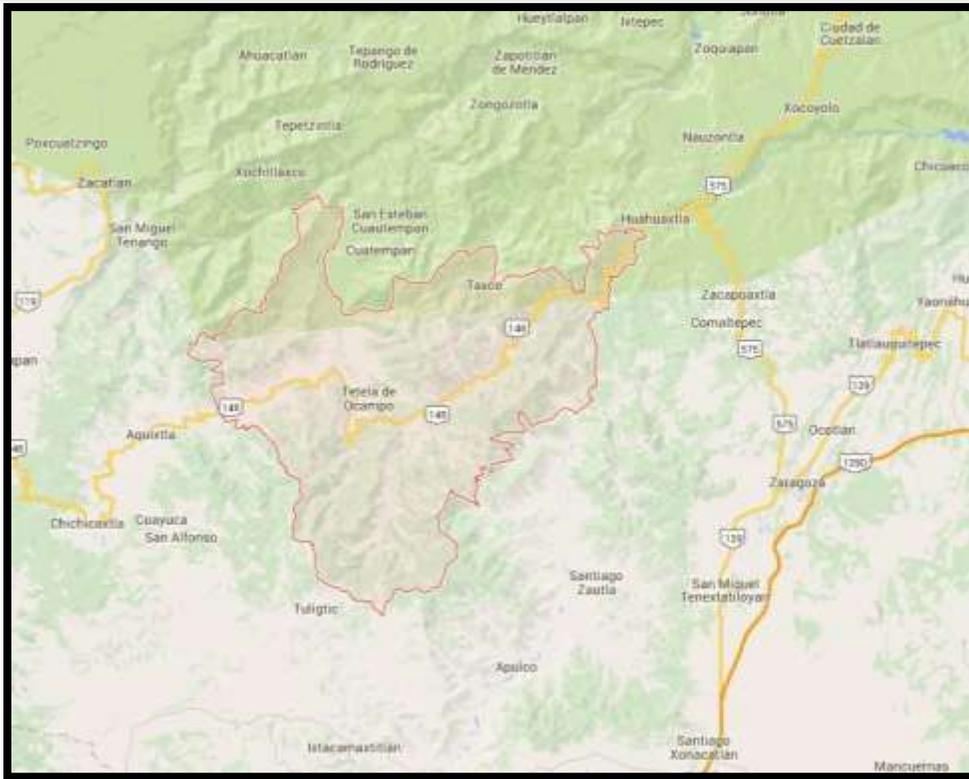


Figura 3.2 Ubicación geográfica del municipio de Tetela de Ocampo.¹

3.2 CLIMA EN TETELA DE OCAMPO

El municipio se ubica dentro de la zona de climas templados de la Sierra Norte; conforme se avanza de sur a norte, se incrementa la humedad, identificándose los siguientes climas: clima templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 12°C y 18°C; precipitación del mes más seco menor de 40 milímetros; por ciento de precipitación invernal con respecto a la anual menor de 5%. Cubre una amplia franja del centro. clima templado húmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual entre 12°C y 18°C; temperatura del mes más frío entre -2°C y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros; por ciento de precipitación de lluvia invernal con respecto a la anual, menor de 18%. Se presenta al extremo noroeste un clima semicálido-subhúmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros; por ciento de la lluvia invernal con respecto a la anual, menor de 18%. Se presenta en el extremo noroeste del municipio.

¹ Google Maps. (2015). Tetela de Ocampo, Puebla. 2015, de Google Sitio web: <https://www.google.com.mx/maps/place/Tetela+de+Ocampo,+Pue./@19.8109969,-97.8805175,11z/data=!4m2!3m1!1s0x85da9fddb8336df:0x7218ebf21c9bf83c>



3.3 ESTADO ACTUAL DEL INVERNADERO

El invernadero en el cual se trabajó es del tipo para climas templados, está formado de cuatro túneles con ventilación cenital cada uno, estos túneles miden 7.2m de ancho y cuenta con dos soportes separados 2.4m entre ellos y a una altura de 2.5m del suelo; sin embargo la altura total al centro del arco es de 5.6m . Entonces el invernadero cuenta con 81m de largo por 28.88m de ancho por lo tanto cuenta con una superficie efectiva de 2332.8 m² .

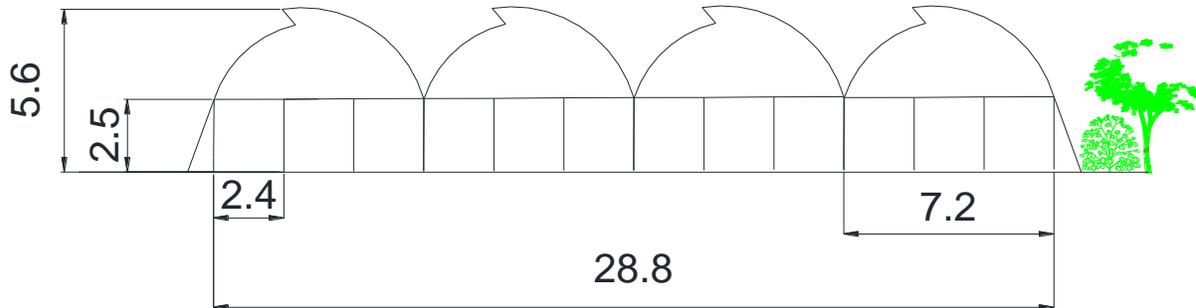


Figura 3.3 Dimensiones del invernadero.¹

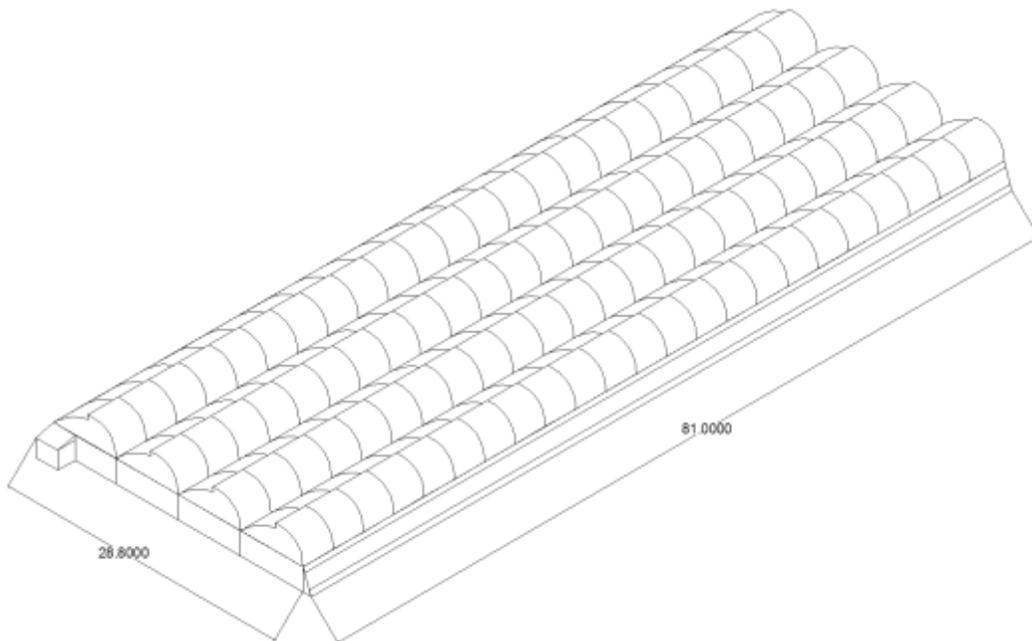


Figura 3.4 Dimensiones del invernadero.¹

¹ Plano realizado por autores en software AutoCAD ®.

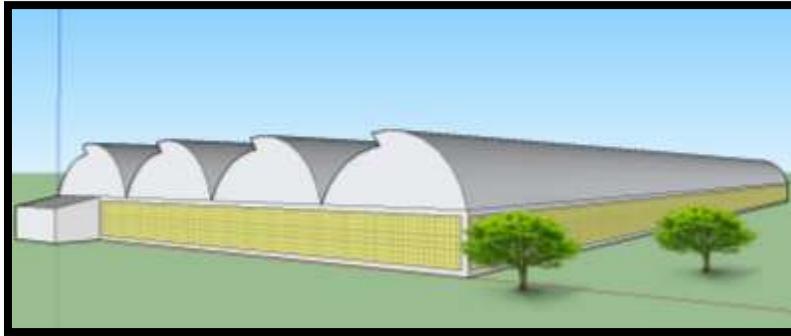


Figura 3.5 Invernadero en Tetela de ocampo.¹

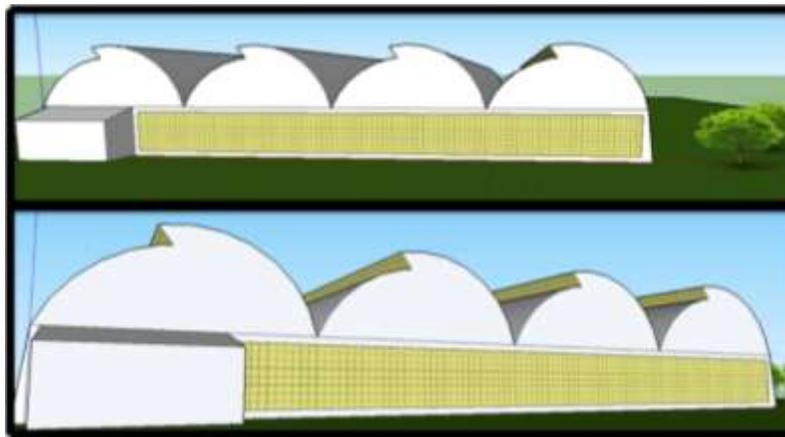


Figura 3.6 Vista frontal del invernadero.¹

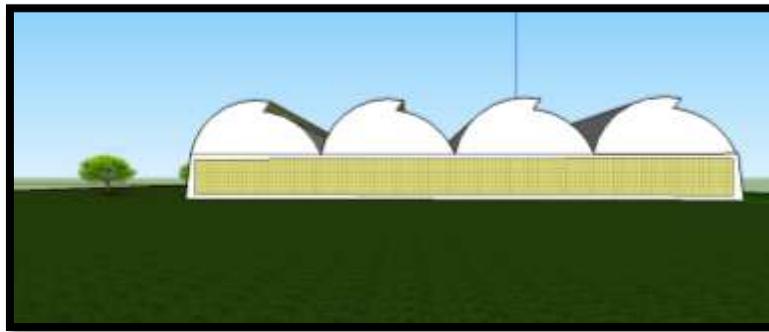


Figura 3.7 Vista posterior del invernadero.¹

¹ Modelo en 3D realizado por autores en software SketchUp®

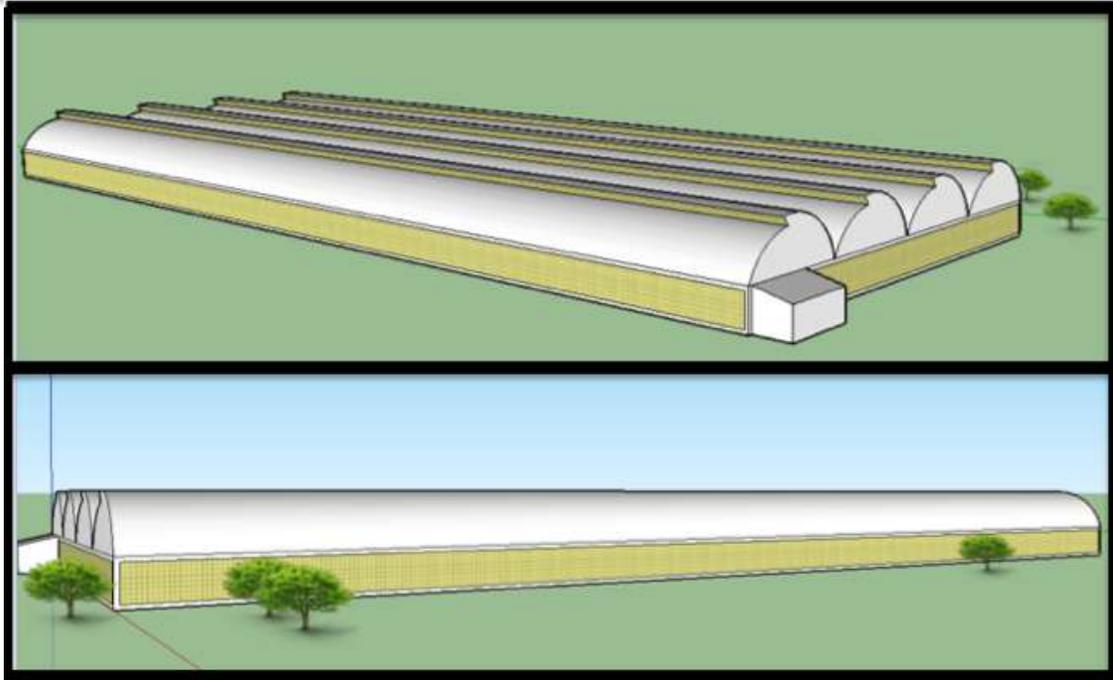


Figura 3.8 Vistas laterales del invernadero.¹

Cuenta con: dos cortinas de ventilación lateral de plástico de polietileno, enrollables de 2m de alto y 81m de largo, con una cortina frontal y una cortina posterior de 2m de alto y 25m de largo cada una, además con 4 cortinas de ventilación cenital de 0.85m de alto y 81m de largo cada una.

¹ Modelo en 3D realizado por autores en software SketchUp®



Figura 3.9 Ventana lateral del invernadero.



Figura 3.10 Ventana cenital del invernadero.

Estas cortinas son accionadas por medio de una manivela con un sistema de malacate, dicha manivela soporta hasta un máximo de 550 Kg. En total el invernadero cuenta con un total de 4 manivelas para cortinas laterales y 4 manivelas para cortinas cenitales.



Figura 3.11 Manivela de ventanas.

El sistema de riego es de tipo espaguete. A base de PVC de 1 1/4" con goteros que suministran aproximadamente 8 lts/hr.

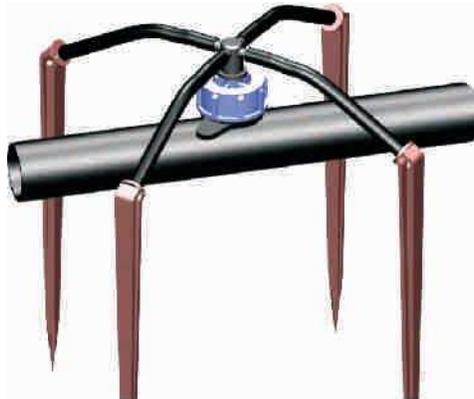


Figura 3.12 Sistema de riego tipo espaguete.¹

El sistema de riego está dividido con 4 salidas accionadas por válvulas y todo el riego es por medio de un Motor monofásico de Corriente Alterna.

De tipo arranque por capacitor, con 127 V de alimentación y una potencia de 1HP (746 W). El cual es accionado manualmente por una simple botonera de arranque y paro.

¹ IRRIMEX. (2015). Sistemas de riego agrícola. 2015, de Irrigación México Sitio web: <http://www.irrimex.mx/perenne-acesorios.php>



Figura 3.13 Sistema de riego.



Figura 3.14 Motor utilizado en el sistema de riego.

En esta área se cultivan alrededor de 800 plantas. La producción de plantación de jitomate se divide en 2 ciclos por año; en cada ciclo se produce por planta una cosecha de 18 kg.



Figura 3.15 El cultivo dentro del invernadero.



Figura 3.16 Vista del cultivo dentro del invernadero.¹



Figura 3.17 Líneas de cultivo dentro del invernadero.¹

¹ Modelo en 3D realizado por autores en software SketchUp®



3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DEL AGRICULTOR

El agricultor divide los dos ciclos mencionados de la siguiente manera. En el primer mes del ciclo, el agricultor siembra la plántula de jitomate, a lo largo de este mes la plántula no requiere de gran cantidad de agua ni mucha ventilación debido de a que aún hay buen espacio entre planta y planta, sin embargo lo que requiere es calor, así que el agricultor a lo largo de este mes abre las cortinas un poco más tarde y las cierra antes de que la temperatura comience a caer. Los siguientes dos meses debido al crecimiento la planta requiere mantener una temperatura de entre los 21°C y los 26°C, también comienza a demandar más agua y mayor flujo de aire; por lo tanto el tiempo de riego aumenta a 10 minutos y las ventanas se cierran a las 19 horas que es cuando se va la luz y la temperatura reduce de forma más significativa.

En los tres meses restantes la planta requiere de 23°C a 26°C ya que las temperaturas superiores a 28°C reducen el número de flores y racimos por planta; las flores son pequeñas y pueden caer sin ser polinizadas. Temperaturas inferiores a 12°C ocasionan que el polen pierda parcialmente su viabilidad o definitivamente muere, reduciéndose con eso la autopolinización provocando la caída de flores o frutos demasiado pequeños. Cabe mencionar que esta es la etapa más sensible en cuanto a temperaturas se refiere; las altas y bajas temperaturas pueden afectar significativamente la producción al disminuir tanto la calidad como la cantidad de los frutos.

En todas las etapas el cultivo debe preferentemente mantener una humedad relativa de 50 a 60%.

A pesar de que el agricultor tiene conocimiento de las temperaturas óptimas para su cultivo, él en base a su experiencia de 12 años, ya tiene programadas sus actividades tanto de riego como de ventilación, por lo que su itinerario es como se muestra en las siguientes tablas.

	MES	RIEGO		
		Tiempo Minutos	1ª Sesión Hr	2ª Sesión Hr
1ER CICLO	MARZO	5	8:30	16:00
	ABRIL	10	7:30	15:30
	MAYO	10	7:30	15:30
	JUNIO	15	8:30	16:00
	JULIO	15	8:30	16:00
	AGOSTO	15	8:30	16:00
2DO CICLO	SEPTIEMBRE	5	8:00	16:00
	OCTUBRE	10	8:00	15:00
	NOVIEMBRE	10	8:00	15:00
	DICIEMBRE	15	9:00	15:00
	ENERO	15	9:00	15:00
	FEBRERO	15	9:00	15:00

Tabla 3.1 Itinerario anual de sistema de riego.



	MES	VENTILACIÓN	
		Abierta	Cerrada
1 ^{ER} CICLO	MARZO	08:00	17:00
	ABRIL	08:00	19:00
	MAYO	08:00	19:00
	JUNIO	08:00	19:00
	JULIO	08:00	18:00
	AGOSTO	08:00	18:00
2 ^{DO} CICLO	SEPTIEMBRE	08:00	17:30
	OCTUBRE	08:00	17:30
	NOVIEMBRE	10:00	17:00
	DICIEMBRE	10:00	17:00
	ENERO	10:00	17:00
	FEBRERO	10:00	17:00

Tabla 3.2 Itinerario anual de sistema de ventilación.

Cuando el agricultor desea abrir las cortinas, se dirige hacia la manivela y comienza a darle vueltas hasta que la cortina se encuentra totalmente abierta, posteriormente se dirige a la siguiente manivela para repetir la operación y así hasta abrir las 8 diferentes cortinas. Más tarde, hace lo mismo al llegar la hora de cerrar las cortinas.

Para el riego él abre una de las 4 válvulas manualmente y enciende la bomba de agua, terminando los 5, 10 o 15 minutos según sea el caso, abre la siguiente válvula y cierra la anterior y así hasta operar las 4 válvulas y apagar nuevamente la bomba de agua.

3.5 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Como en cualquier sistema automático, se tienen tres partes principales:

- Dispositivos de entrada. Estos detectaran el estado real en el cual se encuentra el invernadero respecto a la temperatura y a la humedad.
- La unidad de control. Esta es la encargada de interpretar los datos que recibe de los dispositivos de entrada y los analiza para poder decidir qué acción ha de realizarse. Como unidad de control se utilizará la plataforma Arduino.
- Dispositivos de salida. Estos son los encargados de ejecutar las acciones ordenadas por la unidad de control como en este caso son los motores encargados de abrir y cerrar las cortinas, o las bombas de agua encargadas del riego.

3.5.1 CONTROL DE TEMPERATURA

Para el control de temperatura, se automatizó lo que es el sistema de ventilación del invernadero; a través de sensores se toman lecturas de la temperatura que hay dentro del área protegida, estos datos llegan hasta la plataforma arduino la cual analiza los datos y si estos salen de los parámetros establecidos por el usuario ordena a los actuadores la apertura o cierre de cortinas hasta que se estabilice la temperatura. Con esto se logra mantener un clima ideal que beneficiara al desarrollo del cultivo; además el agricultor tiene la opción de pasar el sistema automático a un sistema manual, en el cual el podrá operar los motores de las cortinas de acuerdo a sus necesidades por medio de botones de arranque y paro.



Figura 3.18 Diagrama del control de temperatura.

3.5.2 CONTROL DE HUMEDAD

Para automatizar ahora el sistema de riego se utilizó una pantalla LCD y un teclado para que el agricultor programe sus ciclos de riego de acuerdo a las etapas en que se encuentre su cultivo. Esta información la guardará la plataforma Arduino con ayuda de un Reloj de Tiempo Real (RTC) y operará la bomba encargada del riego de acuerdo a los datos insertados.

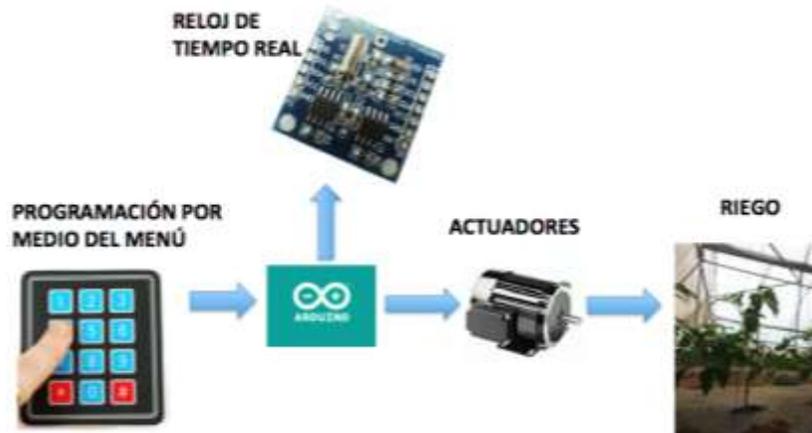


Figura 3.19 Diagrama del control de riego.



3.6 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

3.6.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Este sensor es importante ya que por medio de la lectura de este sensor, la plataforma Arduino registrará el dato y en base a él determinará una acción por esta razón se comparan diferentes sensores para hacer la mejor elección en base a sus características.

CARACTERÍSTICAS	DTH22	DHT11	LM35
Tensión de alimentación	3.3 a 5V	3.3 a 5V	4 a 30V
Rango de temperatura	-40 a 125°C	0 a 50°C	-55a 150°C
Precisión	± 0.5°C	± 2°C	0.5°C (hasta 25°C)
Rango de humedad	0 a 100%	20 a 80%	No mide
Precisión	2-5%	5%	-----
Costo	\$210.345	\$91.379	\$27.586

Tabla 3.3 Tabla comparativa de sensores.

De acuerdo a este comparativo se decide que se utilizará el sensor DHT22, ya que tiene un mayor rango en sus mediciones además de contar con mayor precisión tanto en temperatura como en humedad.

SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DTH22

Este sensor está formado por un sensor de humedad capacitivo y un termistor. Este chip tiene cuatro pines que se leen de izquierda a derecha como se ve en la figura 3.20; para poder utilizarlo solamente se toman en cuenta el primero, segundo y cuarto pin, conectándose de la siguiente forma: el primer pin se conecta a la alimentación (5VCD), el segundo pin es el de salida digital de datos y el cuarto pin va conectado a tierra.

Desafortunadamente, el protocolo que utiliza este sensor para transmitir los datos digitales no es estándar, así que en principio se debería de aprender su funcionamiento interno para poder interpretar correctamente la información que esté llegando en un momento determinado. Por suerte, se tiene a disposición gran cantidad de librerías Arduino, las cuales son compatibles con este sensor.

Estas librerías, a pesar de ser diferentes entre sí, son en gran medida equivalentes, ya que todas ellas lo que hacen básicamente es permitir la obtención sencilla de los datos de temperatura y humedad sin tener que conocer los detalles específicos del protocolo particular utilizado por el chip.

Figura 3.20 Sensor DTH22.¹

3.6.2 RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC)

Módulo de Reloj de Tiempo Real			
Características	RTC 1	RTC 2	RTC 3
Alimentación	3 a 5 VCD	4.5 a 5.5 VDC	2 a 5.5 VCD
Temperatura	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C
Calendario exacto	Hasta el 2100	Hasta 2100	Hasta 2100
Microcontrolador	DS1307	DS1338	DS1302
Costo	\$70	\$127.75	\$35.61

Tabla 3.4 Tabla comparativa de módulos RTC.

En la tabla anterior se muestra las características de tres RTC se seleccionó el RTC1 ya que este microcontrolador es más abundante en el mercado y a un precio accesible. El reloj de tiempo real serie DS1307 (RTC) es de baja potencia, código binario decimal (BCD), reloj / calendario, más 56 bytes de SRAM NV. La dirección y datos se transfieren en serie a través de un I²C, bus bidireccional.

El reloj / calendario proporciona la información de segundos, minutos, horas, días, fecha, mes y año. El final de la fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses con menos de 31 días. El reloj funciona tanto en el formato de 24 horas o de 12 horas con indicador AM / PM. El DS1307 tiene un circuito integrado de potencia de sentido que detecta fallas de energía y cambia automáticamente a la alimentación de reserva. Operación de hora normal continúa mientras que la parte opera desde la alimentación de reserva (batería).

CARACTERÍSTICAS

- El reloj de tiempo real cuenta segundos, minutos, horas, mes, día de la semana y año incluso con año bisiesto. Válido hasta el 2100.
- 56-Byte, respaldada por batería, de propósito general.
- RAM con escrituras ilimitadas.
- Interfaz serie I²C.
- Consume menos de 500nA con batería de respaldo.

¹ ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS|. (2015). Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22. 2015, de ABCelectronica.net Sitio web: <http://www.abcelectronica.net/productos/sensores/humedad/>

- Rango de temperatura: -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$.

Figura 3.21 Reloj de tiempo real.¹

3.6.3 PLATAFORMA ARDUINO

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO	ARDUINO MEGA 2560
Microcontrolador	Atmega328	ATmega2560
Voltaje de Operación	5V	5V
Pines Digitales E/S	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)	54 (de los cuáles 15 proporcionan salida PWM)
Pines de Entradas Analógicas	6	16
Corriente de DC por E/S Pin	40 mA	20 mA
Velocidad del reloj	16 MHz	16 MHz
EEPROM	1 KB	4 KB
SRAM	2 KB	8 KB
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB utilizados por el gestor de arranque)	256 KB (8 KB utilizado por el gestor de arranque)
Costo	\$317.241	\$860.345

Tabla 3.5 Tabla comparativa de plataformas Arduino.

Considerando las características que anteriormente se observaron se eligió la plataforma Arduino Mega, además de que tendríamos entradas digitales sobradas por si se requieren futuros cambio o ampliaciones.

¹ ELECTRICAL WORLD. (2014). RTC DS1307 TIMER COMPONENT PRECISION. 2015, de ELECTRICAL WORLD Sitio web: <http://antekel.blogspot.mx/2015/04/rtc-ds1307-timer-component-precision.html>

PLACA ARDUINO MEGA 2560

El Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o una fuente de alimentación externa con un adaptador de CA o simplemente con una batería.

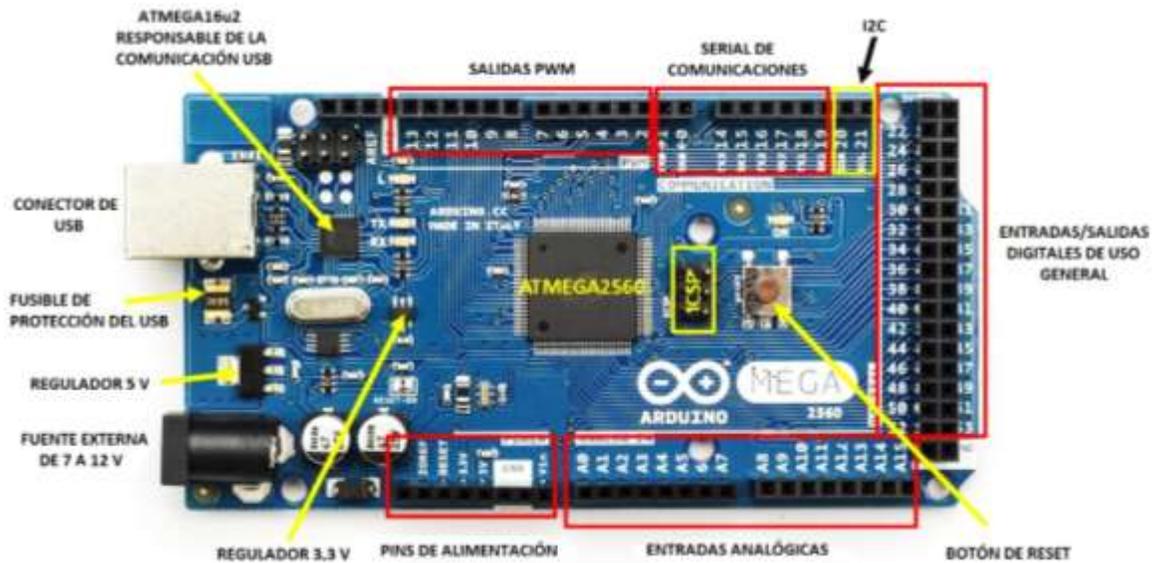


Figura 3.22 Arduino Mega 2650¹

ADVERTENCIAS

El Mega 2560 tiene un fusible reajutable que protege a los puertos USB del ordenador desde cortos y sobrecorrientes. Aunque la mayoría de las computadoras proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si hay más de 500 mA a través del arduino, el fusible se rompe automáticamente.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El Mega 2560 puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa.

El adaptador se puede conectar al mega 2560 mediante un enchufe de 2,1 mm de centro-positivo en el conector de alimentación de la placa. También es posible

¹ Embarcados. (2014). Arduino MEGA 2560. 2015, de Embarcados Sitio web: <http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>



alimentar la placa Arduino a través de una batería, la cual es conectada en los pines GND y V_{in} . La placa puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 volts. En dado caso que se suministre menos de 7 V, la placa se vuelve inestable. Y si se suministra una tensión mayor a 12 V, el regulador se puede sobrecalentar y dañar la placa.

Los pines de alimentación son los siguientes:

V_{in} . Se puede suministrar tensión a través de este pin por medio de una fuente externa. También es posible acceder a esta tensión a través de este pin.

5V. Este pin es la salida regulada de 5V. La placa puede ser alimentada ya sea desde la toma de alimentación de CD (7 - 12 V), el conector USB (5V), o el pin V_{in} de la placa (7-12V). El suministro de tensión a través de los pines de 5V o 3.3V.

3.3V. Pin de salida con un suministro de 3.3 V generados por el regulador de la placa y con una corriente máxima de 50 mA.

GND. Pin de tierra.

MEMORIA

El Atmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar el código (de los cuales 8 KB se utiliza para el cargador de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la biblioteca EEPROM).

ENTRADA Y SALIDA

Cada uno de los 54 pines digitales en el Mega se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando `pinMode()`, `digitalWrite()`, y `digitalRead()`. Operan a 5 volts. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de funcionamiento recomendada y tiene una resistencia de pull-up (desconectado por defecto) de 20 a 50 kOhms. La placa no debe recibir una corriente máxima de 40mA ya que puede dañarse el microcontrolador permanentemente.

Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

Serial: 0 (RX) y 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL. Pins 0 y 1 también están conectados a los pines correspondientes del USB a TTL chips del Serial ATmega16U2.

I²C: 20 (SDA) y 21 (SCL). Comunicación I²C soporte utilizando Wire library. Ver también el mapeo Arduino Mega diagrama PIN 2560.

El Mega 2560 tiene 16 entradas analógicas, cada uno de los cuales proporcionan 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto se miden desde el suelo a 5 volts, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin AREF y `analogReference()` función.



3.6.4 PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

Las pantallas de cristal líquido (en inglés “Liquid Crystal Displays”) ofrecen una manera muy rápida y vistosa de mostrar mensajes. Las podemos clasificar en LCD’s de caracteres y LCD’s gráficas. Las primeras se comercializan en diferentes tamaños (16x2, 20x4...) donde el primer número indica la cantidad de caracteres que caben en una fila, y el segundo número es el número de filas que caben en la pantalla. Las segundas sirven para mostrar, además de texto, dibujos e imágenes y también se comercializan en diferentes tamaños, los cuales están definidos por la cantidad de pixeles que puede mostrar (128x64, 128x128...).

Pantalla de Cristal Liquido			
Características	LCD 1	LCD 2	LCD 3
Alimentación	5VDC	5VDC	5VDC
Luz de fondo	No	Si	Si
Caracteres	16 caracteres por 1 fila (16x1)	16 caracteres por 2 filas (16x2)	20 caracteres por 4 filas (16x4)
Color de letras	Negro	Blancas	Blancas
Costo	\$68.966	\$68.966	\$243.966

Tabla 3.6. Tabla comparativa de LCD.

En la tabla anterior se muestran tres tipos de LCD con las características principales, en este caso se seleccionó el LCD 3 porque cuenta con los requisitos necesarios para el proyecto ya que principalmente tiene más caracteres y cuenta con luz de fondo que es ideal para observar en lugares de poca visión.

Cada modelo de LCD es diferente por lo que es imprescindible consultar su data sheet concreto para poder distinguir los diferentes pines de conexión que ofrece y sus características generales. De todas formas, lo más habitual es que una LCD estándar ofrezca:

Un pin para recibir la alimentación y otro para conectar la pantalla a tierra. Es conveniente conectar un divisor de tensión entre la fuente de alimentación de la pantalla para evitar posibles daños.

Un pin para regular el contraste de la pantalla. Este pin se debe conectar a la pastilla central de un potenciómetro de nuestro circuito, de modo que regulando el potenciómetro podremos regular el contraste de la pantalla.

Tres pines de control generalmente marcados como “RS”, “EN” y “RW”, que se deberán conectar cada uno a un pin digital de la placa arduino. El pin RS sirve para que el Microcontrolador le diga a la LCD si quiere mostrar caracteres o si lo que quiere es enviar comandos de control. Concretamente, si por ese pin el LCD detecta una señal LOW, los datos recibidos serán tratados como comandos a ejecutar, y si se detecta una señal HIGH, los datos recibidos serán el texto a mostrar en la pantalla. El pin EN establece la línea enable, la cual sirve para



advertir a la LCD que el Microcontrolador le va a enviar datos. Esta advertencia se produce cada vez que la señal recibida por ese pin cambia de HIGH a LOW. Finalmente el pin RW sirve para definir si se desea enviar datos a la LCD o recibirlos de ella.

Varios pines (4 u 8, según si la LCD es de “4-bit” o “8-bit”) que se deberán conectar también cada uno a un pin digital de la placa Arduino. Se usan para establecer las líneas de comunicación en paralelo por donde se transfieren los datos y los comandos de control de la placa Arduino hacia el LCD. Hay que saber que una LCD de 8 bits puede funcionar perfectamente con solo cuatro cables de datos conectados pero lo hará a una velocidad menor.

Dos pines exclusivos para la luz de fondo, uno para recibir la alimentación y otro pin para conectar a tierra.

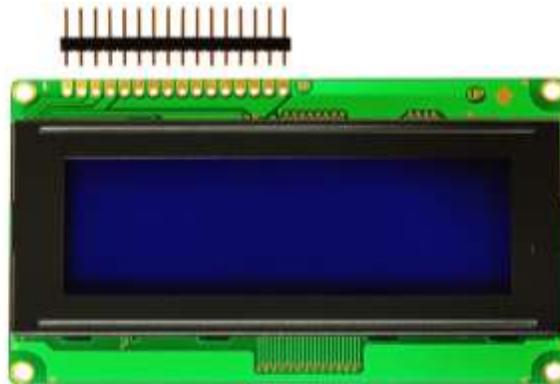


Figura 3.23 Pantalla de cristal líquido.¹

3.6.5 TECLADO MATRICIAL

Un teclado matricial, independientemente del número de teclas, se divide en filas y en columnas. Cuando una tecla específica se presiona, se une la columna con la fila respectiva en una coordenada única. El teclado más común es el de 4 x 4 (16 teclas) con 8 pines base: 4 para las columnas y 4 para las filas.

El circuito que controlador de teclado matricial se divide en dos partes: el *circuito de escaneo*, que permite identificar qué tecla se presionó y el *circuito del encoder*, cuya función es codificar el valor binario de una tecla hacia una conversión particular. El algoritmo de escaneo más simple es utilizar un contador de anillo con un demultiplexor que “barre” cada una de las columnas (o filas) en un tiempo. El valor binario correspondiente a una tecla presionada se almacena en un registro de datos con salida hacia el módulo del encoder.

¹ gravitech. (2014). 20x4 White on Blue Character LCD with Backlight. 2015, de Electronic experimental solutions Sitio web: <http://www.gravitech.us/20chblld.html>



Figura 3.24 Teclado Matricial de 4x4.¹

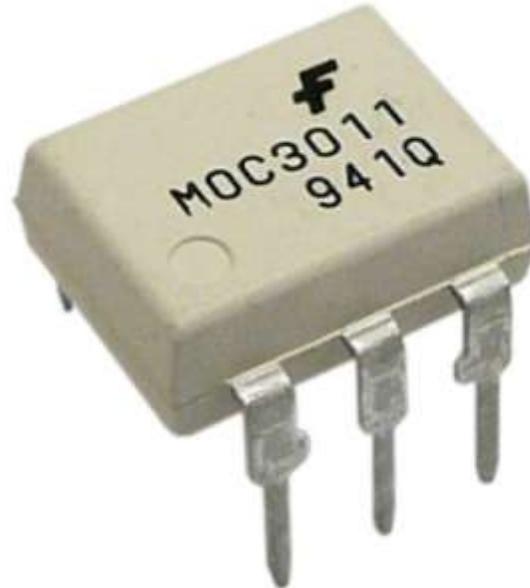
3.6.6 EL OPTOACOPLADOR MOC3011

El optoacoplador MOC3011 consta de un diodo emisor de infrarrojos de arseniuro de galio, acoplado ópticamente a un interruptor bilateral de silicio y está diseñado para aplicaciones que requieren disparo aislado de TRIAC, bajo corriente de conmutación aislado de CA, un alto aislamiento eléctrico (a 7500V pico), de alto voltaje detector de punto muerto, pequeña tamaño, y de bajo costo.

CARACTERISTICAS

- N^o de canales: 1
- Tensión de aislamiento: 7.5 kV.
- Optoacoplador Tipo de salida: Fototriac.
- Entrada de corriente: 10 mA.
- Voltaje de salida: 250 V.
- Corriente de entrada máxima: 10 mA.
- Voltaje inverso, VR 3 V.
- Corriente directa continua, SI 60 mA.
- Disipación de potencia total: PD 100 mW.
- Encapsulado DIP.
- 6 pines.

¹ Electronilab. (2015). Teclado Matricial de Membrana 4x4. 2015, de ElectroniLab Sitio web: <http://electronilab.co/tienda/teclado-matricial-de-membrana-4x4-16-digitos/>

Figura 3.25 MOC 3011.¹

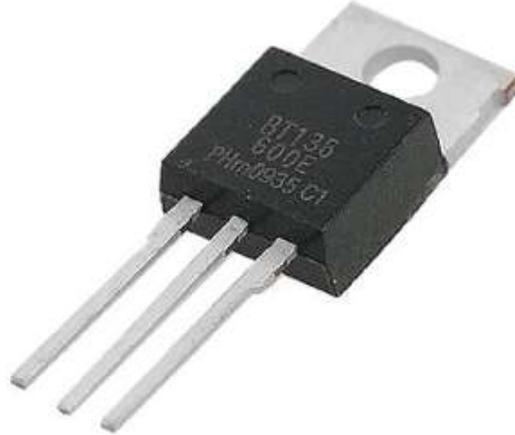
3.6.7 TRIAC

Una gama de TRIAC (tríodos para corriente alterna, también denominados tiristores bidireccionales) para aplicaciones de control y conmutación AC con corrientes nominales desde menos de 1 A hasta 40 A de rms. Un TRIAC actúa como un práctico conmutador para un circuito de corriente alterna.

CARACTERISTICAS

- 3 pines
- corriente máxima de disparo de puerta 10 mA.
- Corriente máxima de retención 10mA.
- Corriente nominal de supresión 27 A.
- Temperatura de funcionamiento mínima -40°C.
- Temperatura máxima de funcionamiento 125°C.
- Tensión de bloqueo directa de pico repetitiva 600V.
- Tensión de encendido de pico 1.7V.
- Tensión inversa de pico repetitiva 600V.
- Tensión máxima de disparo de puerta 1.5V.

¹ Electro-Devices. (2014). MOC3031. 2015, de Electro-Devices Sitio web: <http://electro-devices.com/view.php?id=511315031&NumCat=52>

Figura 3.26 TRIAC BT136.¹

3.6.8 MOTOR

Este elemento es muy importante ya que a través de este es que se realizará la apertura y cierre de ventanas. Para poder determinar la potencia del motor que se utilizará es necesario conocer el par o torque que se necesita, así como también la velocidad que se tendrá a la salida.

Para determinar el torque se tiene que el peso de la cortina lateral es de 180 Kg y la fuerza se aplicará a un brazo de 0.10 m.

Las ecuaciones que nos van a servir para calcular la potencia del motor son las siguientes:

$$T = F * D \text{ --- Ecuación 1}$$

Dónde:

T = Par o torque en newton-metro {Nm}.

F = Fuerza en newton {N}.

D = Distancia del brazo de palanca en metros {m}.

$$F = m * a \text{ --- Ecuación 2}$$

Dónde:

F = Fuerza {N}.

M = Masa {Kg}.

a = Aceleración {m/s²}.

Comenzamos con el cálculo de la fuerza, para esto utilizamos la *Ecuación 2*:

¹ Amazon. (2015). BT136-600E Through Hole Sensitive Gate Triacs. 2015, de Amazon Sitio web: <http://www.amazon.com/BT136-600E-Through-Hole-Sensitive-Triacs/dp/B00BQC38B4>



$$F = 180 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 1764 \text{ N}$$

Posteriormente se calcula el par o torque, para realizar esto utilizamos la *Ecuación 1*:

$$T = 1764 \text{ N} * 0.10 \text{ m} = 176.4 \text{ Nm}$$

Aunque la ventana abriera rápidamente, la temperatura no cambiará instantáneamente, sino que requiere de cierto tiempo para que el ambiente exterior modifique el ambiente dentro del invernadero. Así que no es de gran importancia cerrar y abrir cortinas con gran rapidez, por lo que se eligió un reductor con relación 119; es decir, tendrá a la entrada una velocidad de 1750 Revoluciones por minuto (RPM) y a la salida del reductor tendrá 14.7 RPM. Para abrir o cerrar completamente la ventana se necesitan de 35 vueltas a la manivela, lo que quiere decir que, con esta relación del reductor, la ventana tardará 2.38 minutos para abrir o cerrar completamente.

En base a estos datos se puede calcular la potencia del motor. Para esto utilizaremos la siguiente ecuación:

$$P = \frac{T * RPM}{9.55} \text{ --- Ecuación 3}$$

Dónde:

P = Potencia del motor {W}.

T = Par o Torque {Nm}.

RPM = Velocidad de salida {RPM}.

9.55 = Constante.

Sustituyendo valores en la *Ecuación 3*, se obtiene lo siguiente:

$$P = \frac{176.4 * 14.7}{9.55} = 271.5267 \text{ W} = \frac{1}{2} \text{ HP}$$

Como podemos observar en esta fórmula, mientras mayor sea la velocidad de salida, aumentará la potencia del motor y por tanto aumentarán los costos, así que resultará más conveniente tener una menor velocidad.

Las cortinas frontales son de menor dimensión por lo tanto de menos peso, el peso de estas es de 60 Kg. Por lo tanto:

Primero calculamos la Fuerza, sustituimos valores en la *Ecuación 2*:

$$F = 60 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 588 \text{ N}$$

Posteriormente calculamos el par o toque, para esto utilizamos la *Ecuación 1*:



$$T = 588 * 0.10 = 58.8 Nm$$

Finalmente calculamos la Potencia del motor, sustituimos valores en la *Ecuación 3*:

$$P = \frac{58.8 * 14.7}{9.55} = 90.50 W = \mathbf{0.12 HP}$$

NOTA: En el mercado únicamente se encuentran disponibles motores de $\frac{1}{3}$ HP o lo que es lo mismo de 0.25kW. Por lo tanto el motor elegido es de $\frac{1}{3}$ HP.

Las cortinas cenitales, aproximadamente tienen un peso de 80 Kg. Por lo tanto:

Primero calculamos la Fuerza, sustituimos valores en la *Ecuación 2*:

$$F = 80 Kg * 9.8 m/s^2 = 784N$$

Posteriormente calculamos el par o toque, para esto utilizamos la *Ecuación 1*:

$$T = 784 * 0.10 = 78.4 Nm$$

Finalmente calculamos la Potencia del motor, sustituimos valores en la *Ecuación 3*:

$$P = \frac{78.4 * 14.7}{9.55} = 120.67 W = \mathbf{0.16 HP}$$

NOTA: En el mercado únicamente se encuentran disponibles motores de $\frac{1}{3}$ HP o lo que es lo mismo de 0.25kW. Por lo tanto el motor elegido es de $\frac{1}{3}$ HP.

3.6.9 ELECTROVÁLVULA

Para automatizar las válvulas existentes, se remplazarán por electro válvulas.

Se utilizará una electroválvula con las siguientes características:

- Operación directa.
- 2 vías.
- $\frac{1}{2}$ ".
- Presión máxima de 10 bar.
- Temperatura de operación de -10 a 65°C.
- Normalmente cerrada.
- Operación a 12 V de C.D.



Figura 3.27 Electroválvula solenoide.¹

3.6.10 INTERRUPTOR DE LÍMITE.

El interruptor de límite es el que va a detener el motorreductor cuando los ventanales del invernadero estén completamente abiertos o cerrados.

El interruptor de límite que se seleccionó es de la marca Omron Z-15GW22-B contiene las siguientes características:

- Corriente nominal: 15 A (CA), 6 A (CC).
- Clasificación de voltaje: CA, 125 V.
- Clasificación de voltaje: CC, 30 V.
- Tipo de accionador: Palanca, rodillo.
- Tipo de montaje: Montaje de chasis
- Tipo de terminación Terminal de tornillo
- Fuerza de funcionamiento, torque: 160 gf.
- Fuerza de desconexión: 42 gf.
- Temperatura de operación: -25°C ~ 80°C.



Figura 3.28 Interruptor de límite Omron.²

¹ EMC. (2015). Electroválvula. 2015, de MercadoLibre Sitio web: http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-528214669-electrovalvula-valvula-solenoide-de-nylon-12-nc-_JM

² Omron. (2015). Omron Automation and Safety Z-15GW22-B. 2015, de Digi-Key Electronics Sitio web: <http://www.digikey.com/product-detail/es/Z-15GW22-B/SW197-ND/206330>

3.7 INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS

Una vez seleccionados los dispositivos a utilizar se describirá más detalladamente la forma de interconectarlos así como la importancia que tienen en el desarrollo del proyecto, para que sea más entendible se describirá por partes este proceso.

3.7.1 CONEXIÓN LCD-ARDUINO

En este proyecto se requiere transmitir datos de forma visual, por lo que lo primero es interconectar una pantalla LCD con la plataforma Arduino como se muestra en los siguientes diagramas.

Además de la conexión física de estos elementos se requiere un código de programación, por medio de este código la plataforma Arduino interpretará las instrucciones para poder llevarlas a cabo (Ver Anexo). Una parte a destacar en este código es el uso de la librería LiquidCrystal.

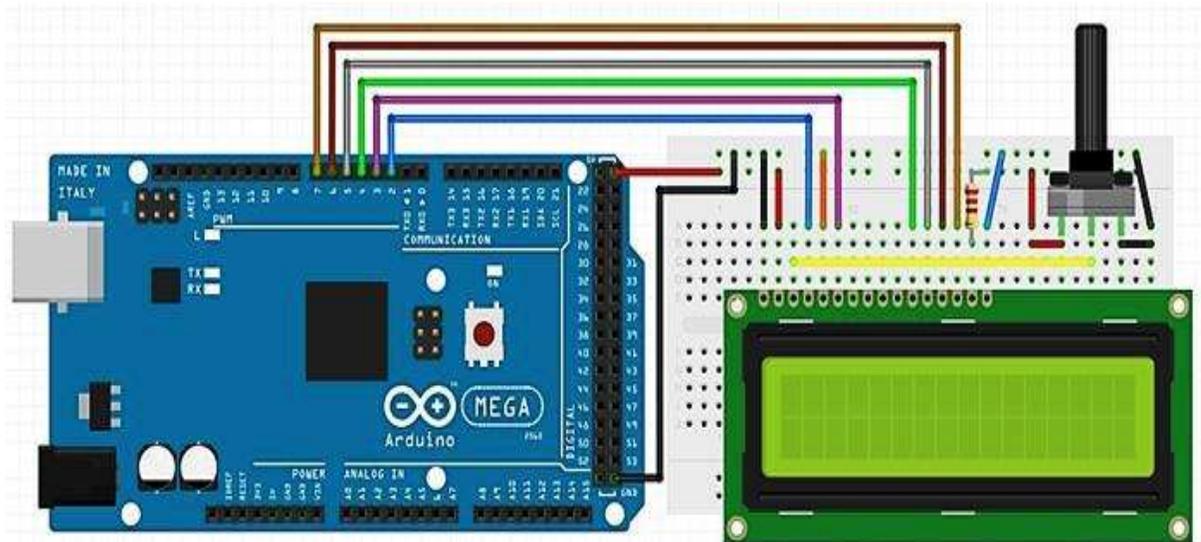
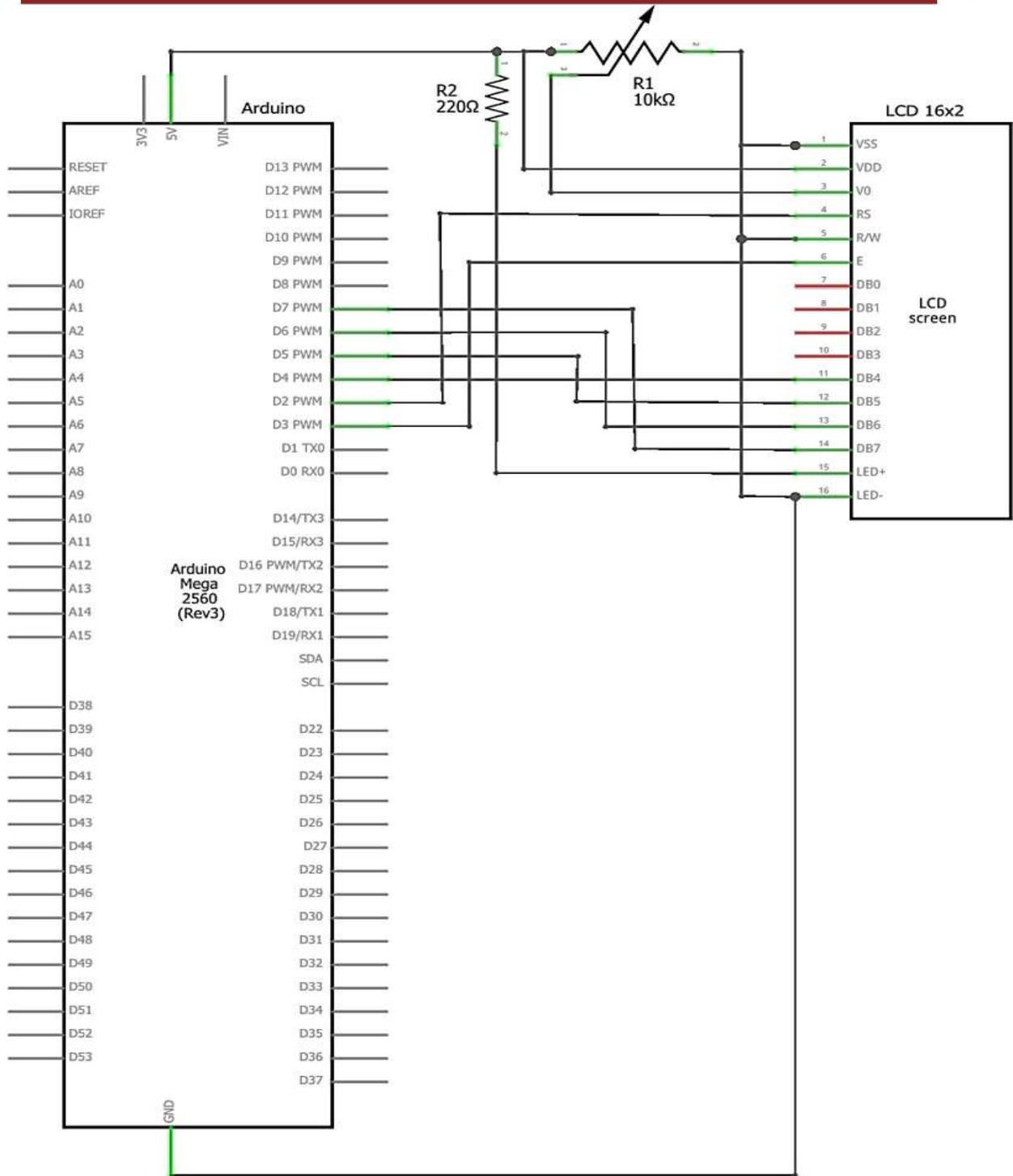


Figura 3.29 Diagrama físico de conexiones del LCD.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®



fritzing

Figura 3.30 Diagrama esquemático de conexiones del LCD.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing ®



PIN Arduino	PIN LCD
GND	VSS
5V	VDD
5V	A
GND	K
D2	RS
GND	RW
D3	E
D4	D4
GND	GND
D5	D5
D6	D6
D7	D7

Tabla 3.7 Conexión de la LCD.

Primero que todo, la pantalla necesitará ser alimentada, por tanto los pines de 5V y GND de la placa Arduino se conectarán de la siguiente manera:

Conexión: GND - pin 1 de la LCD (VSS)

Conexión: 5V - pin 2 de la LCD (VDD)

Conexión: 5V - pin 15 de la LCD (A)

Conexión: GND - pin 16 de la LCD (K)

Posteriormente para ajustar el contraste de la pantalla se conectará un potenciómetro de 50 Kohms de la siguiente manera:

Conexión: primer pin del potenciómetro - GND

Conexión: pin de en medio potenciómetro - pin 3 de la pantalla LCD (V0)

Conexión: tercer pin del potenciómetro - 5V

En el próximo paso, se conectará la pantalla LCD a la placa Arduino para que se pueda mostrar el mensaje de texto que deseamos.

Conexión: pin 4 de la LCD (RS)- D2 de la placa Arduino (salida digital, PWM)

Conexión: pin 5 de la LCD (RW) - GND

Conexión: pin 6 de la LCD (E) - pin D3 de la placa Arduino (PWM)

Conexión: pin 11 de la LCD (D4) - pin D4 de la placa Arduino (PWM)

Conexión: pin 12 de la LCD (D5) - pin D5 de la placa Arduino (PWM)

Conexión: pin 13 de la LCD (D6) - pin D6 de la placa Arduino (PWM)

Conexión: pin 14 de la LCD (D7) - pin D7 de la placa Arduino (PWM)



Figura 3.31 Mensaje mostrado a través de la pantalla LCD.

3.7.2 CONEXIÓN DHT22-ARDUINO

Para poder obtener el dato de la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero, se utilizó el sensor DHT22, el cual se conectó a la placa Arduino de la siguiente manera.

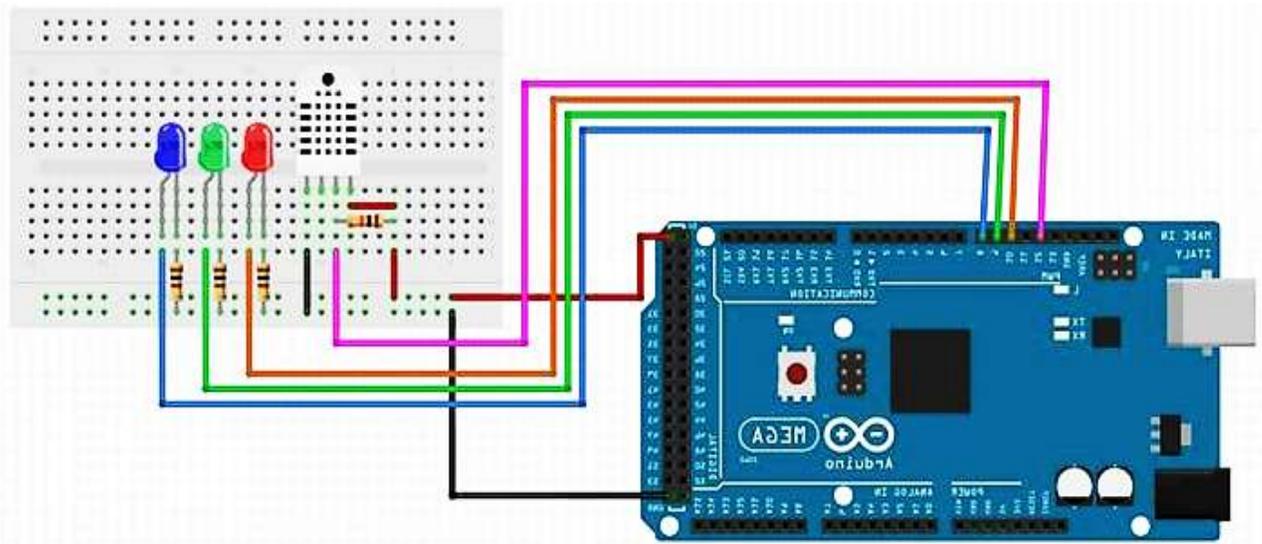


Figura 3.32 Diagrama físico de conexiones del DHT-22.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing ®

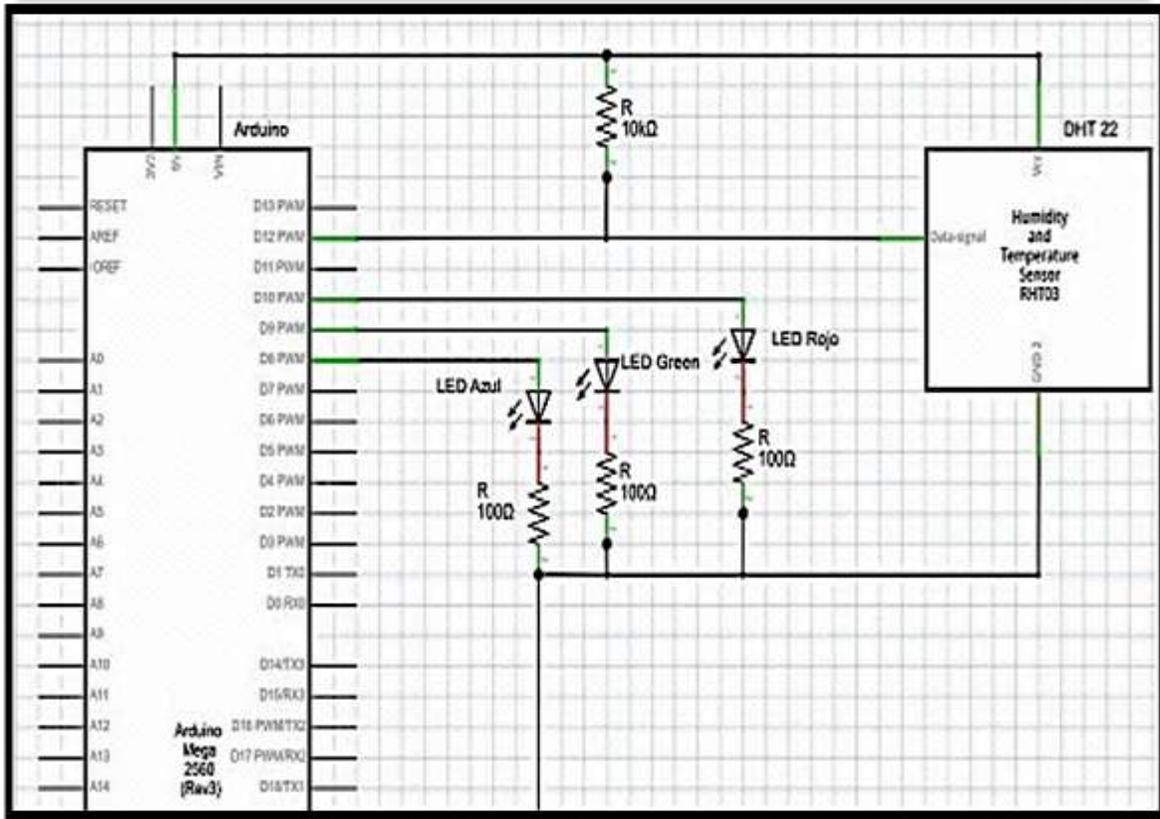


Figura 3.33 Diagrama esquemático de conexiones del DHT-22.¹

PIN Arduino	PIN DHT22
VCC	VCC
D12	DATA SIGNAL
GND	GND

Tabla 3.8 Conexión del DHT22.

El sensor DHT22 cuentan con cuatros pines:

Pin 1. VCC (3.3VDC A 5VDC) este se conecta a VCC de la plataforma Arduino.

Pin 2.Salida de datos este se conecta a la entrada digital D12 de la plataforma Arduino.

Pin 3. No se conecta

Pin 4. GND se conecta directamente a GND de Arduino.

Es importante conectar una resistencia de 10 kΩ entre el pin de VCC y el pin de salida de datos de esta manera se coloca en pull up y la lectura se hace sin problemas.

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing ®

Los leds conectados en D8, D9 y D10, son para tener una señalización visual de un parámetro de temperatura.

Cuando la temperatura sea mayor de 28°C, se encenderá una luz Roja la cual indicara al agricultor que la temperatura está por encima de la temperatura máxima a la que debe desarrollarse el jitomate.

Cuando la temperatura sea menor de los 20°C, se encenderá una luz Azul que indicara que la temperatura está por debajo del rango permitido y es peligroso para el desarrollo del cultivo.

Y cuando la temperatura sea mayor de 20°C y menor de 28°C se encenderá una luz Verde que indica que las condiciones del invernadero son las ideales para el cultivo.

Sin embargo será mejor que esta señalización sea por lámpara incandescente y no por leds, ya que así será más fácil para el agricultor percatarse del estado del invernadero aun cuando se encuentre trabajando en otro invernadero o desde la ventana de su casa.

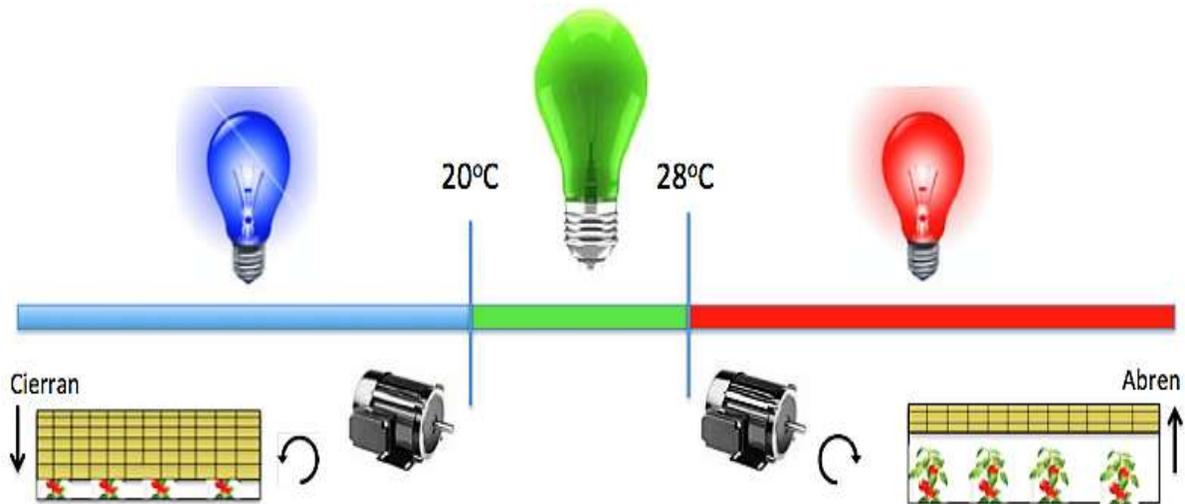


Figura 3.34 Esquema de funcionamiento en base a la temperatura.

3.7.3 ACOPLAMIENTO CONTROL - POTENCIA

Este acoplamiento se realiza mediante un optoacoplador que en este caso será el MOC3011.



Figura 3.35 Diagrama de acoplamiento.

Una vez que ya se conoce el sistema de control y el optoacoplador que se usará, en el siguiente circuito se puede observar cómo estará conformado el sistema de potencia.

CIRCUITO DE CONTROL CD

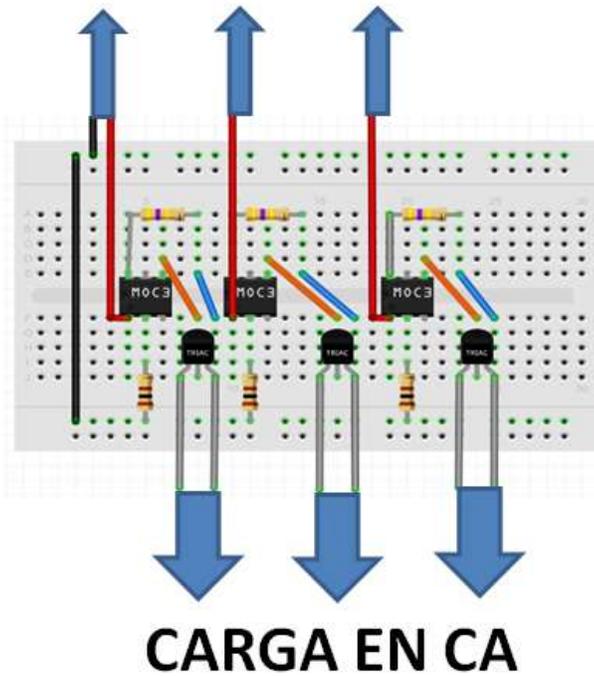


Figura 3.36 Diagrama físico de conexiones del acoplamiento control-potencia.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®

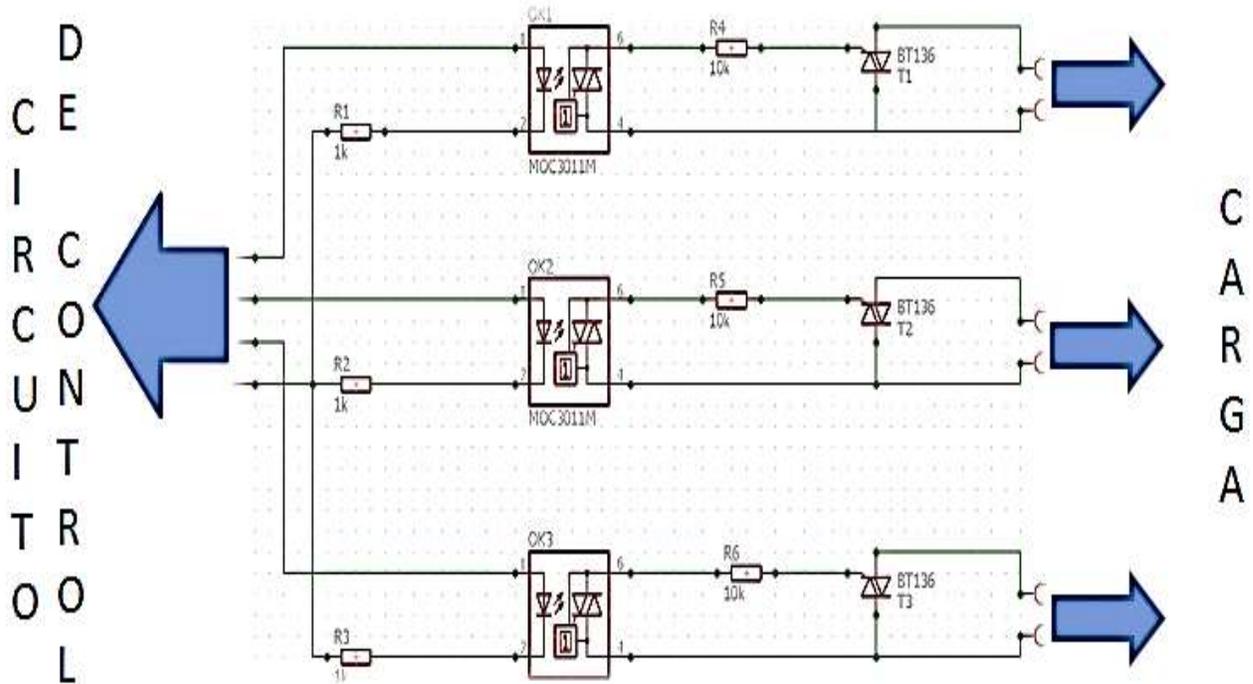


Figura 3.37 Diagrama esquemático de acoplamiento control-potencia.¹

Del lado de la carga del diagrama esquemático se alimentarán las lámparas incandescentes y esto se hará por medio de cable calibre 12 AWG.

El lado de control del diagrama esquemático se conectará a la plataforma Arduino. Las resistencias de la figura anterior se seleccionaron en base a la corriente que necesita para que se active el led del MOC301, con el TRIAC BT136 la resistencia también se seleccionó con el mismo procedimiento que con el MOC3011.

Además de indicar la temperatura del invernadero, estas luces también indican cuando se acciona un motor, es decir, cuando el clima es más caliente de lo ideal se encenderá la luz roja y la plataforma Arduino accionará el motor para que gire en sentido horario y en consecuencia abrirá las cortinas del invernadero; y viceversa, cuando el clima sea muy frío se encenderá la luz azul y el motor girará en sentido anti-horario de tal forma de que cierren las cortinas.

3.7.4 CONEXIÓN RTC-ARDUINO

Con este módulo la plataforma Arduino puede ser capaz de saber en qué fecha y hora se encuentra actualmente, lo cual es muy útil para realizar la programación

¹ Diagrama realizado por autores en software EAGLE®



de los riegos del invernadero ya que se realizarán accionamientos temporizados. La conexión del RTC será de la siguiente manera:

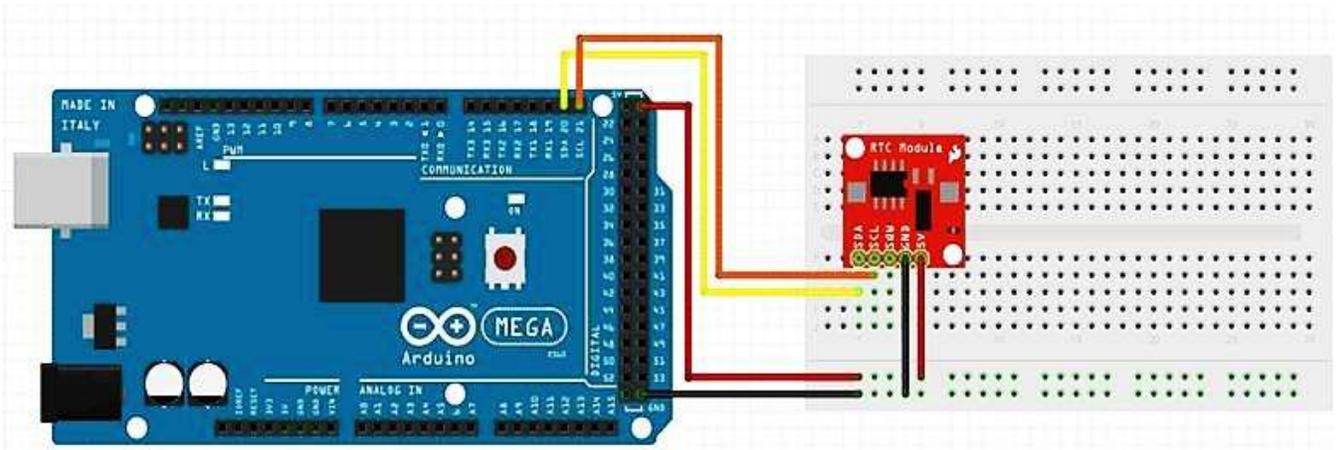


Figura 3.38 Diagrama físico de conexiones del RTC.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®

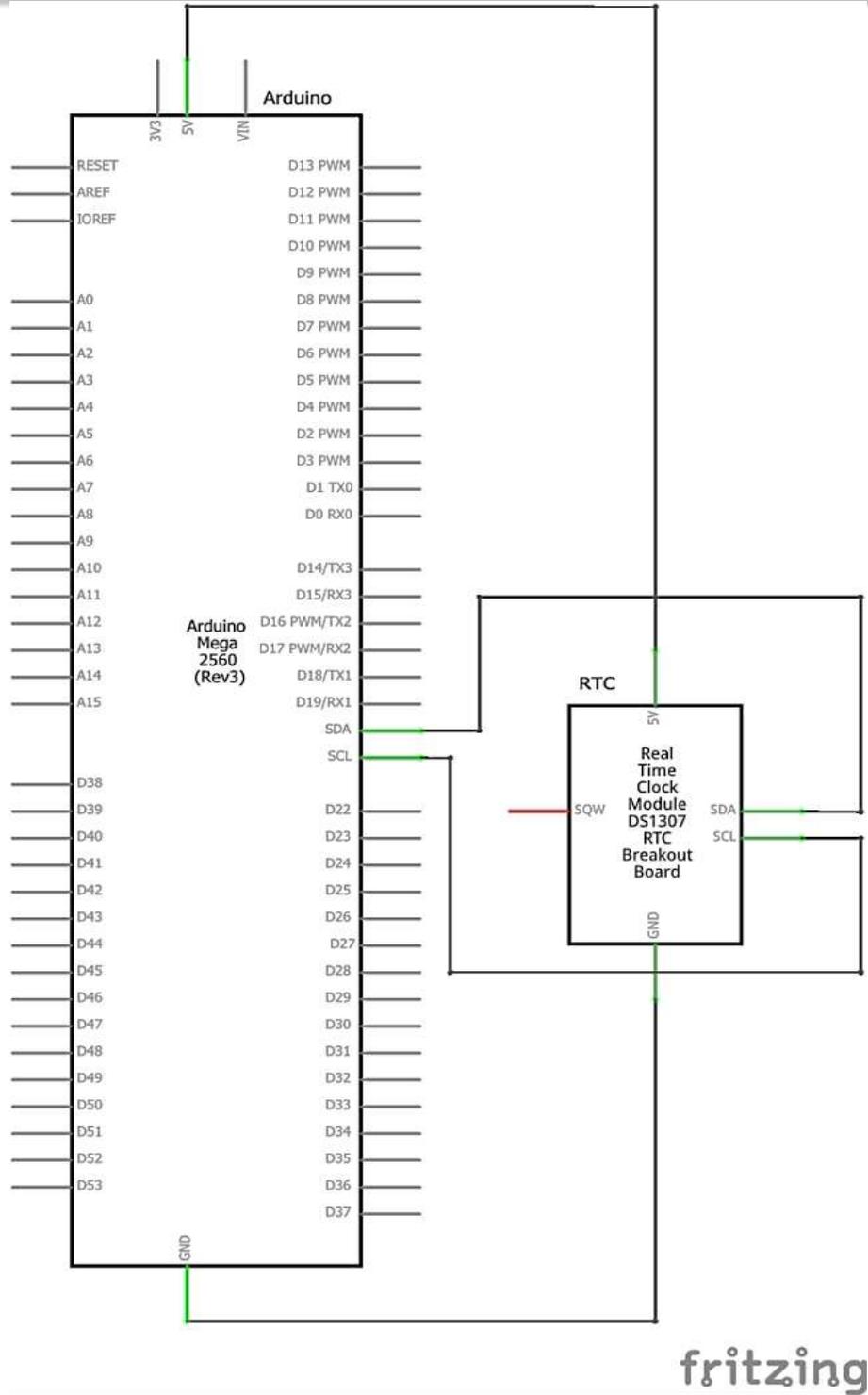


Figura 3.39 Diagrama esquemático de conexiones del RTC.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing ®

PIN Arduino	PIN RTC
SDA	SDA
SCL	SCL
VCC	5V
GND	GND

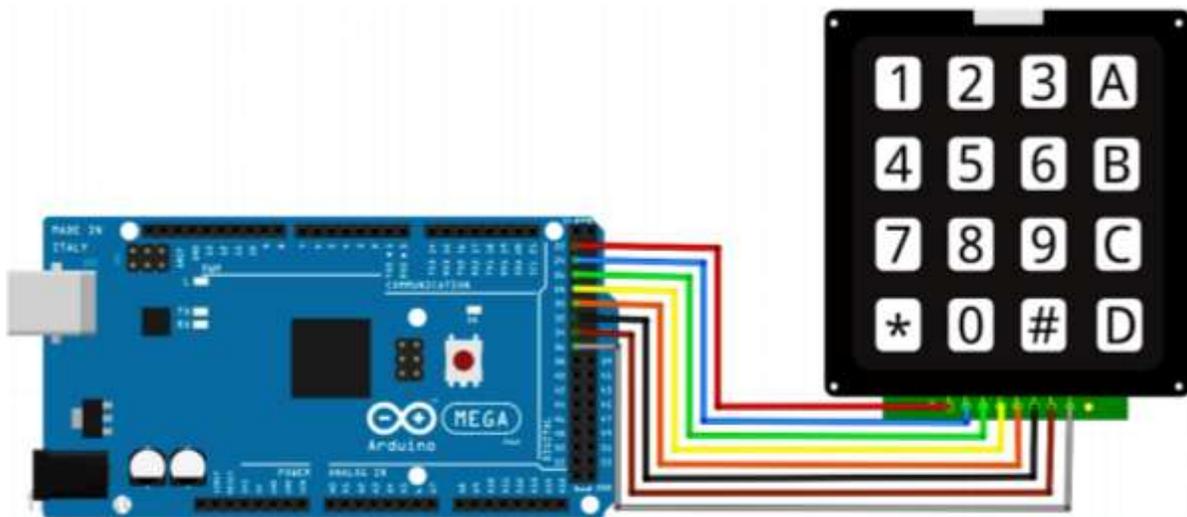
Tabla 3.9 Conexión del RTC.

El módulo RTC se conectó mediante el bus I²C por lo tanto se conecta el pin SDA del módulo RTC al pin 20 (SDA) del Arduino Mega y el pin SCL se conecta al pin 21 (SCL) de Arduino.

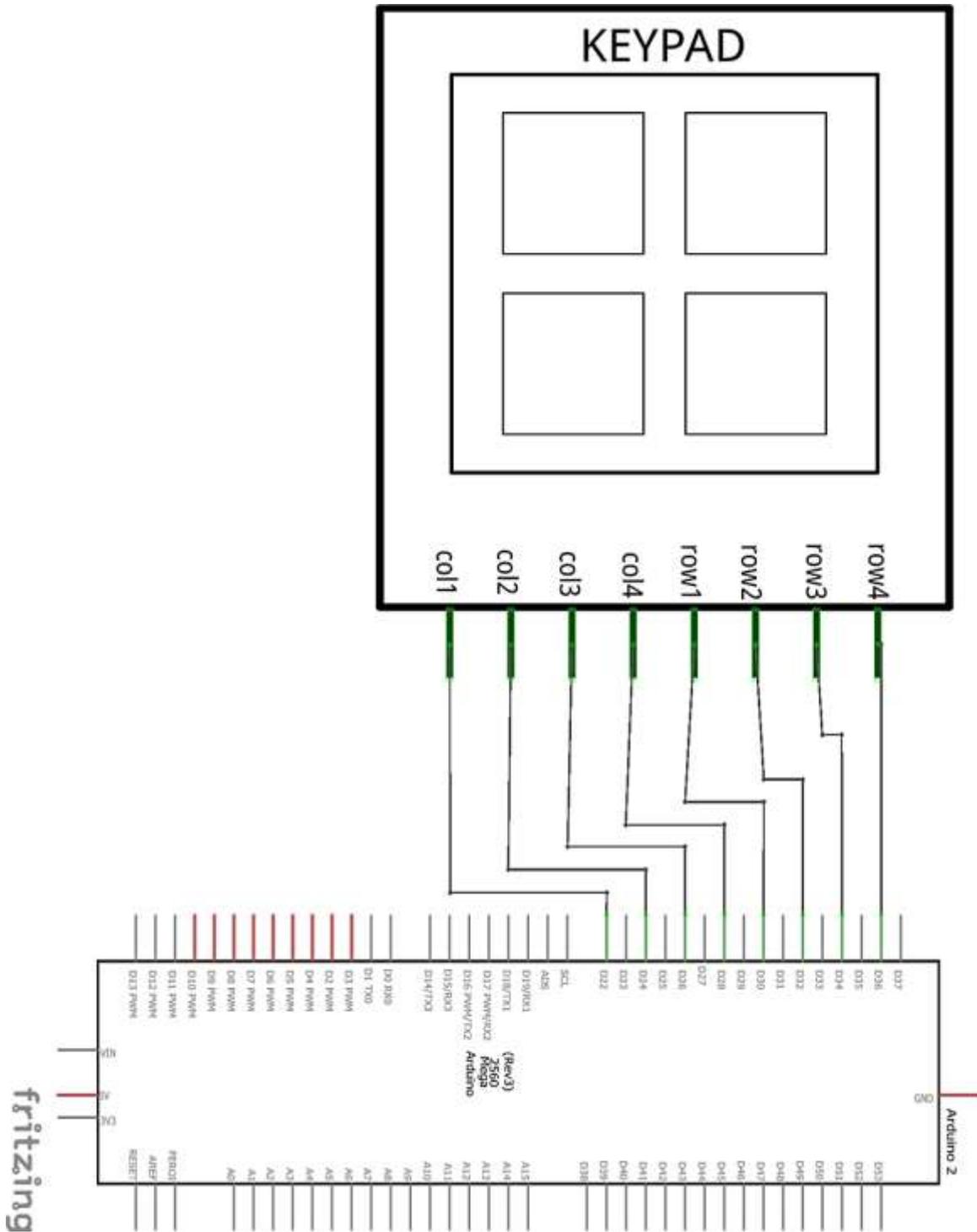
Para Utilizar el protocolo I²C es necesario utilizar la librería Wire y para utilizar el reloj de tiempo real es necesario incluir de igual forma la librería RTC.

3.7.5 CONEXIÓN TECLADO MATRICIAL-ARDUINO

Para este proyecto se utilizará teclado matricial 4x4, el cual será útil para que agricultor pueda configurar la hora y la duración de sus riegos. Este teclado 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 Arduino.

Figura 3.40 Diagrama físico de conexiones del teclado matricial.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing ®

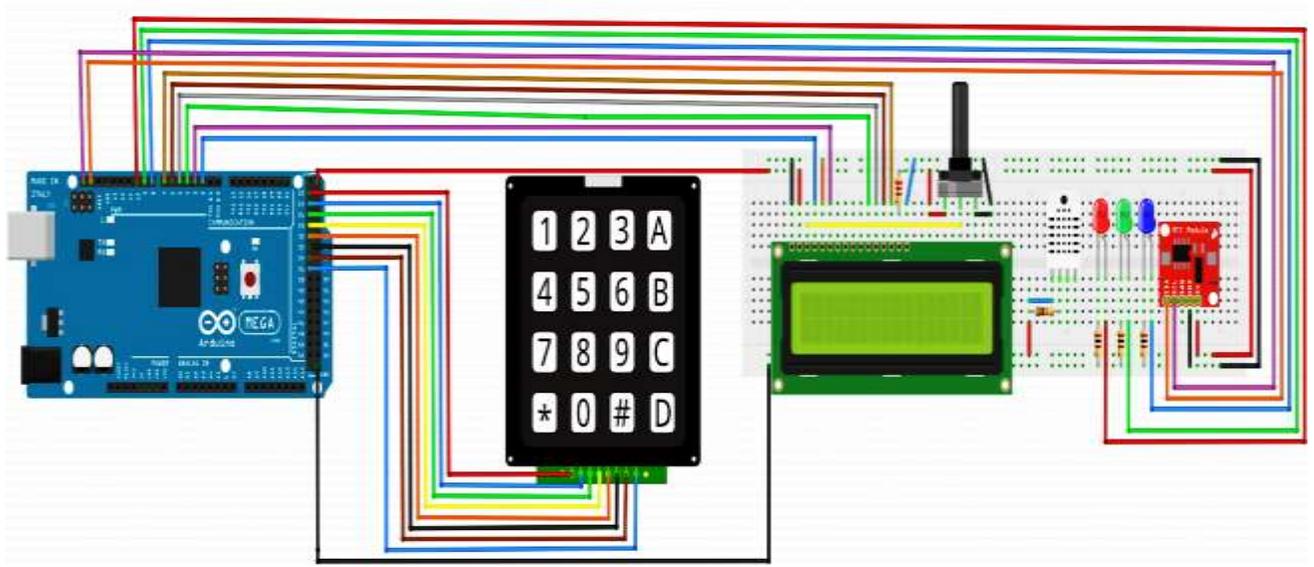


PIN Arduino	PIN KEYPAD
D22	COL1
D22	COL2
D26	COL3
D28	COL4
D30	ROW1
D32	ROW2
D34	ROW3
D36	ROW4

Tabla 3.10 Conexión del KEYPAD.

3.7.6 CONEXIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO

Por último se integrarán los circuitos anteriormente descritos, es decir se mostrará a través de la LCD la temperatura, la humedad relativa, la fecha y la hora en que se encuentra el invernadero además de la opción para que el agricultor pueda configurar el riego, es decir, él podrá determinar la hora en que comenzarán sus riegos y la duración de estos mismos, esto a través del teclado.

Figura 3.42 Diagrama físico de conexiones. ¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®

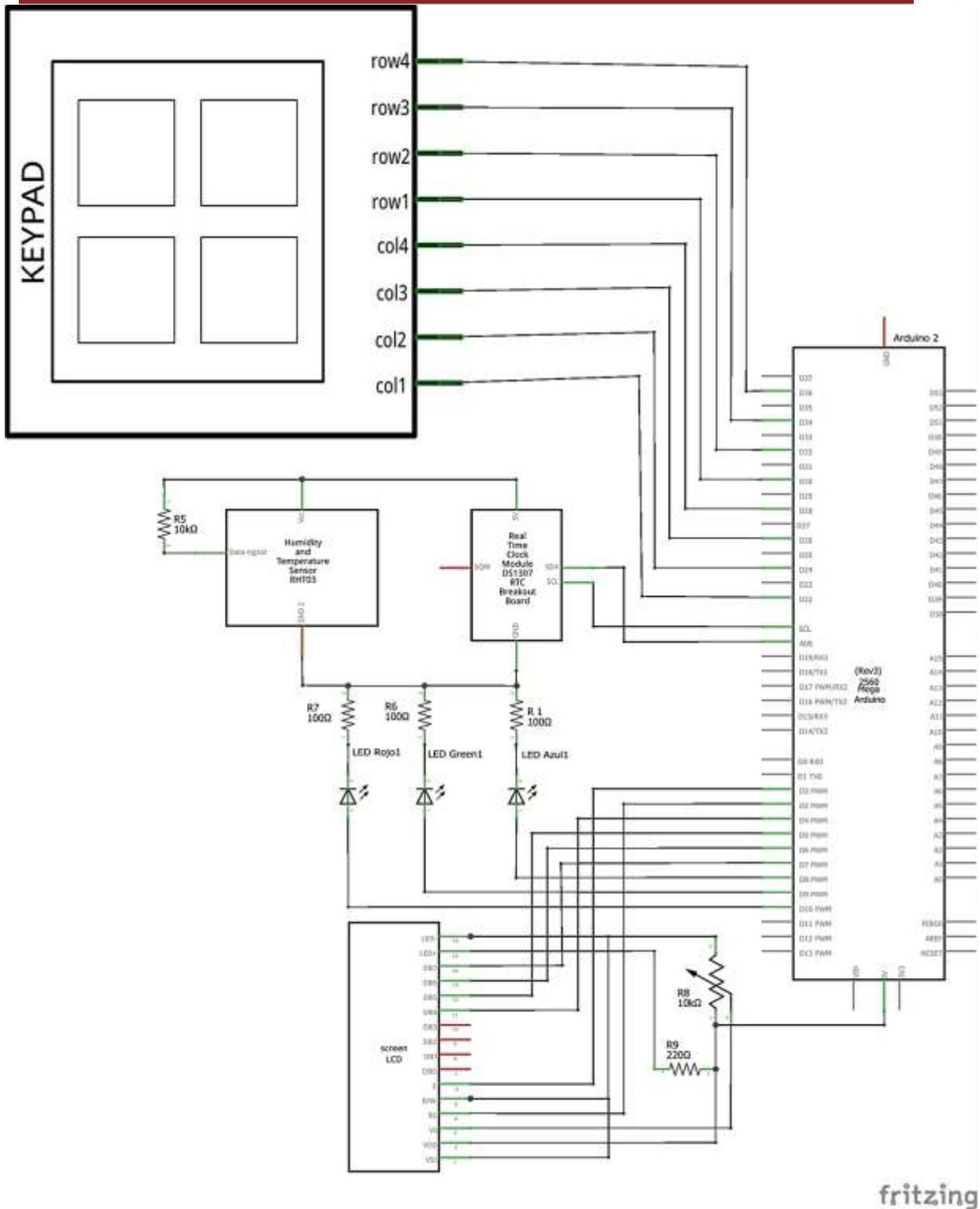


Figura 3.43 Diagrama esquemático de conexiones.¹

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®



Figura 3.44 Pantalla principal del LCD.

3.7.7 CONEXIÓN DEL MOTOR DE RIEGO

A continuación se agrega el diagrama de conexiones del motor utilizado para riego, el cual estará controlado por el pin digital 37 del arduino.

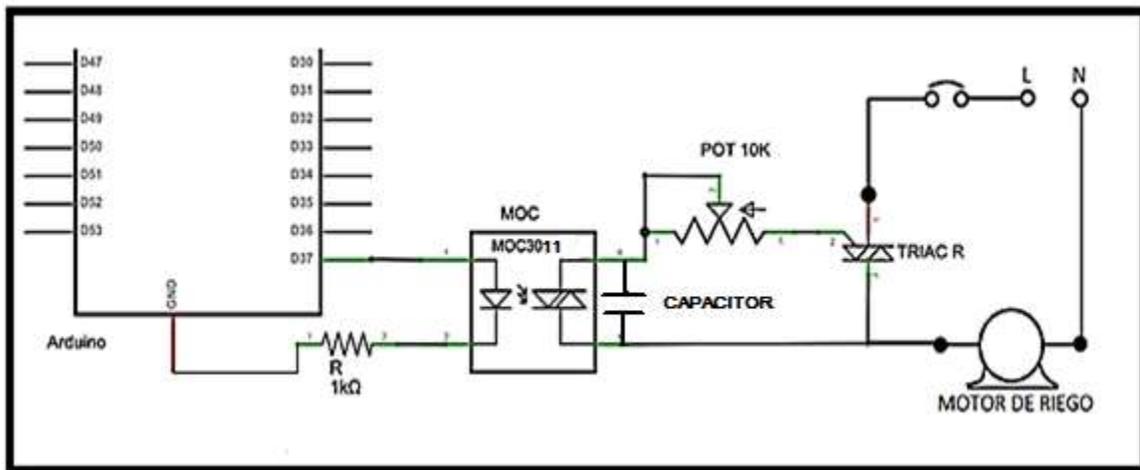


Figura 3.45 Diagrama esquemático de conexiones del motor de riego.¹

Cabe mencionar que este motor solo va girar en un sentido por lo tanto no necesita inversión de giro.

El siguiente circuito eléctrico muestra el pulso de tensión de 5V de corriente directa, el cual se representa de color rosa, que manda el microcontrolador por medio de la salida digital “D37” hacia la entrada del optoacoplador para que este se active, a la salida del optoacoplador se tiene la misma tensión la cual va hacia

¹ Diagrama realizado por autores en software Fritzing®

la compuerta (GATE) de activación del TRIAC, al entrar por esta compuerta de activación una tensión el TRIAC deja pasar la corriente eléctrica a través de él y con esto pone en funcionamiento el motor de riego, tanto el pulso de activación del TRIAC como el flujo de corriente eléctrica se representan de color naranja. Cabe mencionar que el motor de riego es una carga inductiva por lo que genera sobretensiones por lo que también se colocó una red snubber que es la que se utiliza para suprimir transitorios y eliminar problemas de interferencias electromagnéticas y si no se suprimen las sobretensiones transitorias se pueden exceder los límites de los dispositivos y producir su degradación o destrucción. Para la red snubber se utilizó un capacitor de $0.1 \mu f$ que es el valor adecuado que se usa para manejar el TRIAC BT136 cuando la corriente de la compuerta (GATE) es de 15 mA utilizando el MOC 3011, ver ANEXO 1 (hojas de datos de los dispositivos electrónicos utilizados).

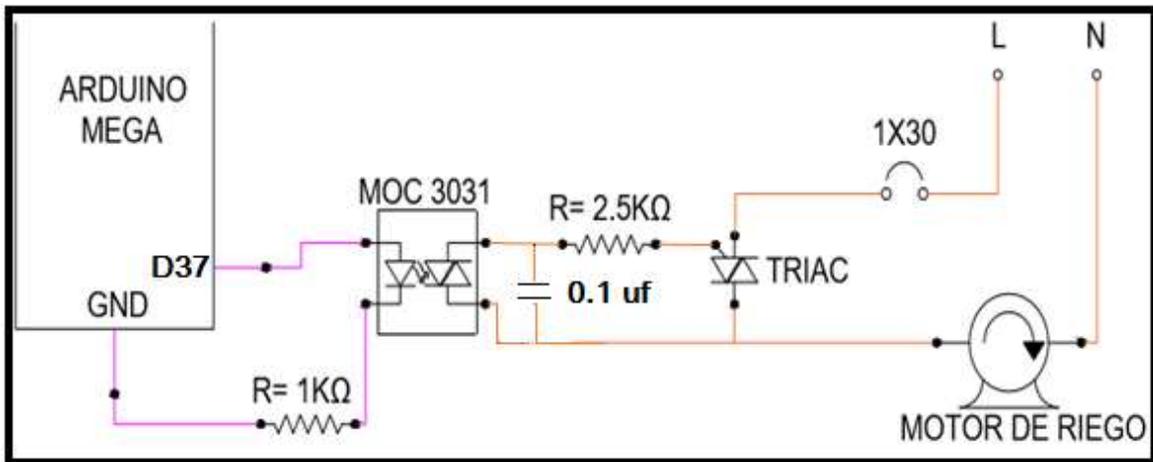


Figura 3.46 Representación del pulso que activa el optoacoplador y del flujo de corriente a través del motor de riego.¹

3.7.8 CONEXIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN Y DEL MOTOR

A continuación se muestra el diagrama de conexiones de las lámparas de señalización y también la conexión del motor que acciona una ventana de ventilación.

¹ Diagrama realizado por autores en AutoCad 2D.

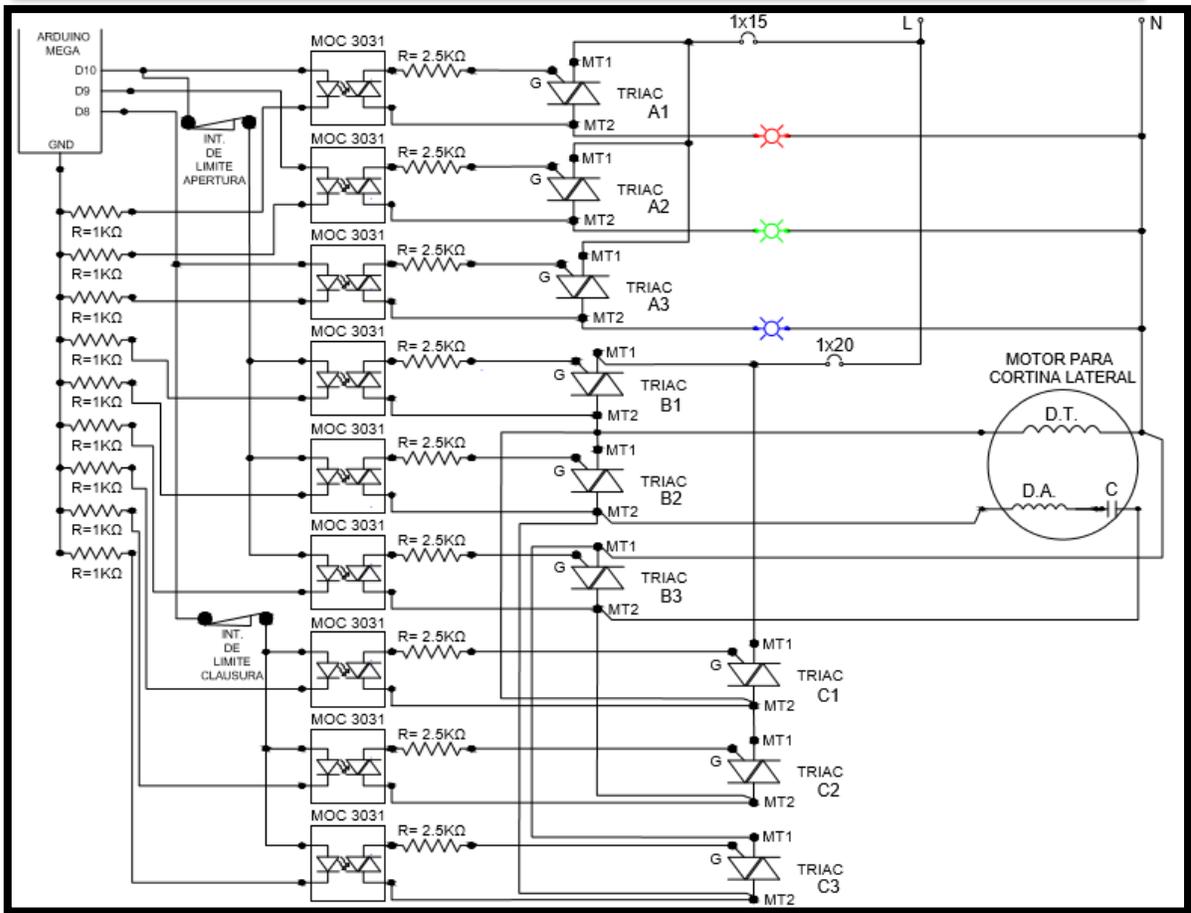


Figura 3.47 Diagrama esquemático de conexiones del motor de ventanas.¹

Se puede notar que los leds fueron reemplazados por lámparas la cuales trabajan con corriente alterna. Esto se realizó para que se pudiera notar de manera más clara la temperatura en la cual se encuentra el invernadero.

El motor que acciona la cortina para que fluya el aire, debe tener dos sentidos de giro. Un sentido para la apertura y otro sentido para el cierre de esta. Se puede notar además en el diagrama anterior que existe dos interruptores de limite, esto se realizó para que al abrir completamente la ventana, el motor dejará de funcionar. Lo mismo ocurre al cerrar la cortina en su totalidad, el interruptor de limite es el dispositivo encargado de sacar de funcionamiento al motor.

En el diagrama siguiente, se muestra el pulso de tensión que activa el optoacoplador y el flujo de corriente a través del TRIAC A2.

¹ Diagrama realizado por autores en AutoCad 2D.

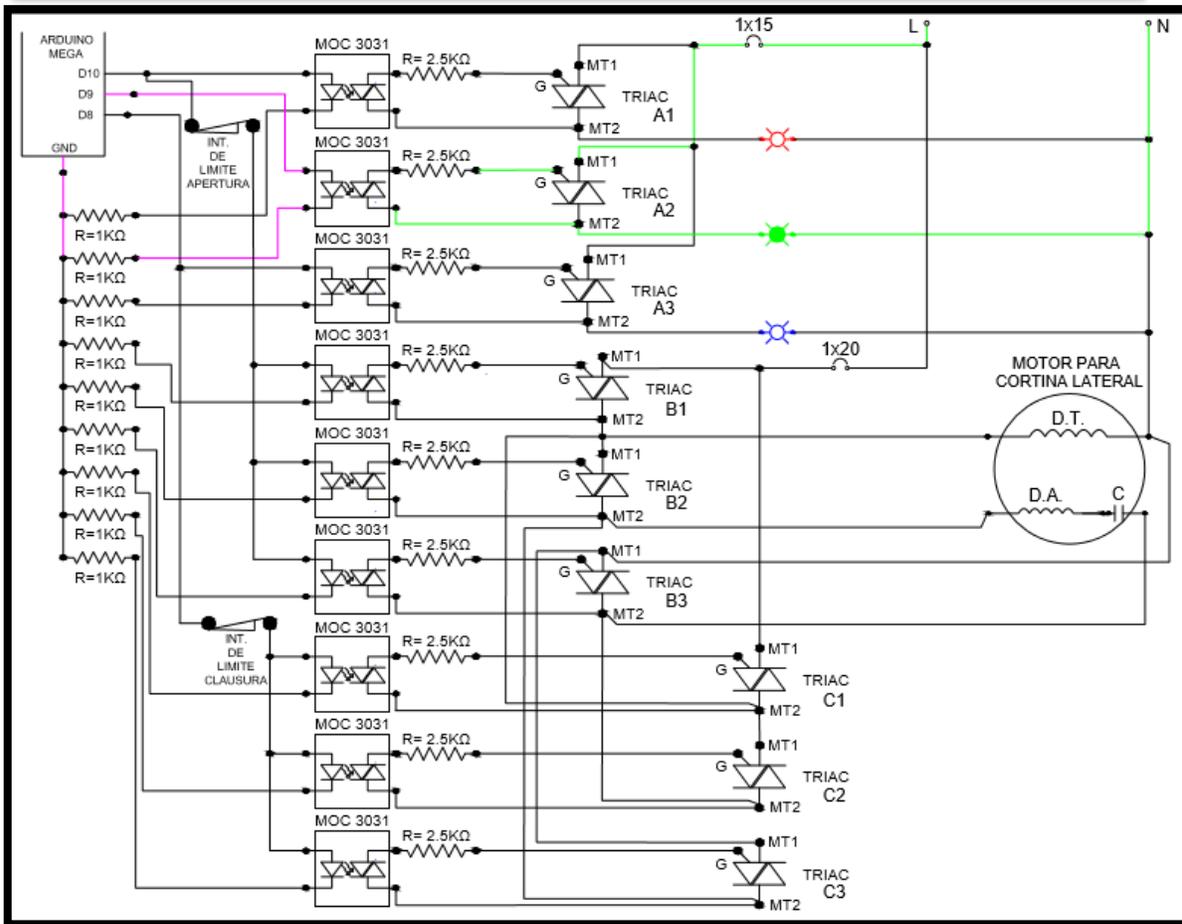


Figura 3.48 Representación del pulso que activa el optoacoplador y del flujo de corriente que activa una lámpara de señalización.¹

La salida digital “D9” es la encargada de activar, por medio de una tensión de 5V de corriente directa, el optoacoplador y este a su vez activa el TRIAC A2, dejando pasar un flujo de corriente capaz de activar una lámpara de señalización. En este caso la lámpara es de color verde y representa que la temperatura dentro del invernadero se encuentra dentro del rango de temperatura permitido y no es necesario abrir o cerrar las cortinas cenitales y laterales.

Como se había mencionado antes el invernadero se debe encontrar dentro de un rango de temperatura permitido para que el cultivo se desarrolle de manera adecuada y así también incrementar su calidad. El siguiente diagrama muestra que pasaría si la temperatura dentro del invernadero se incrementa saliéndose del rango permitido.

¹ Diagrama realizado por autores en AutoCad 2D.

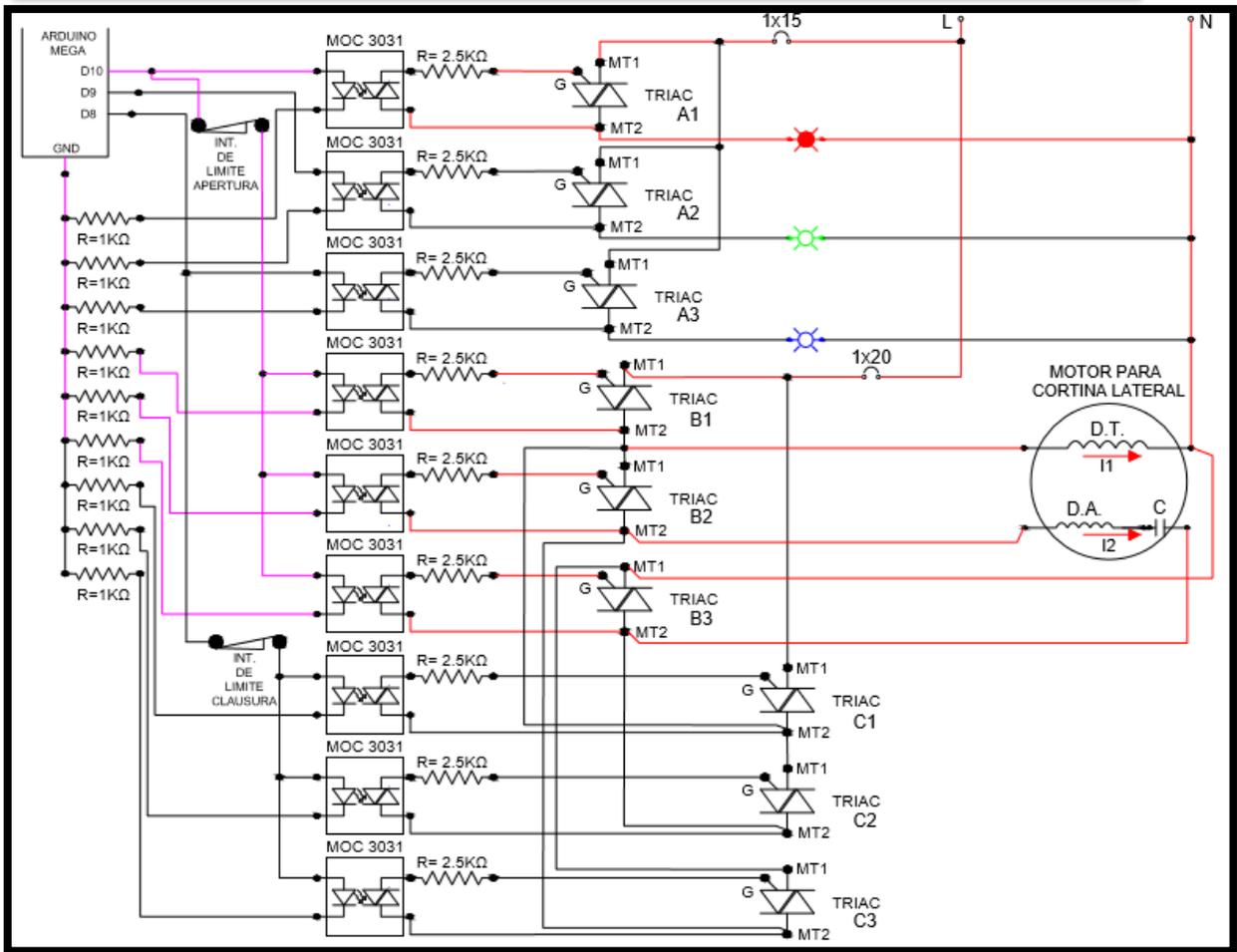


Figura 3.49 Representación del pulso que activa los optoacopladores y del flujo de corriente que pasa a través de una lámpara de señalización y del motor para cortina lateral (SENTIDO HORARIO).¹

Se pueden observar dos cosas:

Primero, la salida digital “D10” es la encargada de activar por medio de un pulso de 5VCD el primer optoacoplador (contando los MOC’S de arriba hacia abajo) y este a su vez activa el TRIAC A1, dejando pasar un flujo de corriente el cual pasa a través de este y posteriormente a través de la lámpara de señalización de color rojo.

Segundo, el mismo pulso de 5VCD entregado por la salida digital “D10” pasa a través del interruptor de límite de apertura, activando además el cuarto, quinto y sexto optoacopladores. Después de esto se activan los TRIAC’S B1, B2 y B3,

¹ Diagrama realizado por autores en AutoCad 2D.

estos elementos son los que permitirán arrancar el motor en sentido horario para que se abran las cortinas, al abrir completamente la ventana el interruptor de límite de apertura es el elemento que sacará de funcionamiento el motor.

El siguiente diagrama muestra que pasaría si la temperatura dentro del invernadero decrecía saliéndose del rango permitido.

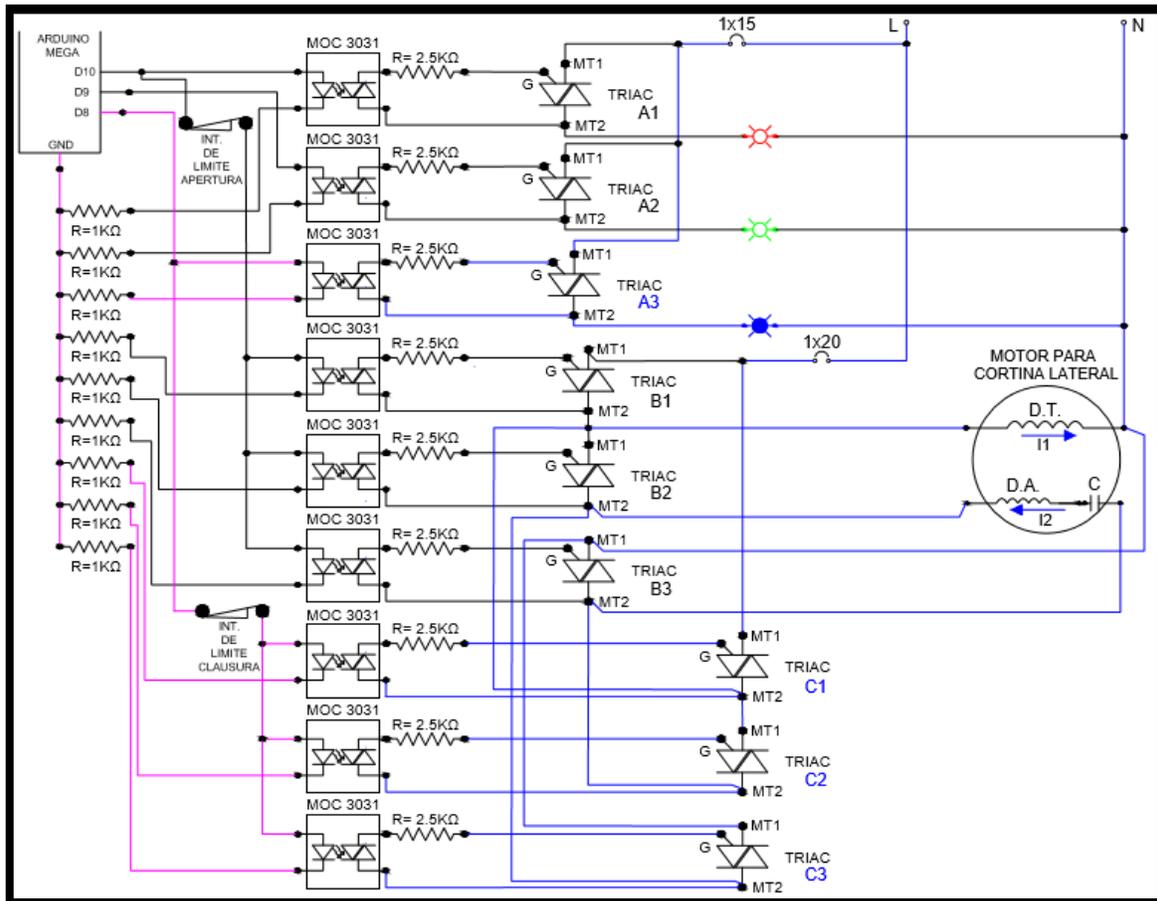


Figura 3.50 Representación del pulso que activa los optoacopladores y del flujo de corriente que pasa a través de una lámpara de señalización y del motor para cortina lateral (SENTIDO ANTI-HORARIO).¹

Se pueden observar dos cosas:

Primero, la salida digital “D8” es la encargada de activar por medio de un pulso de 5VCD el tercer optoacoplador (contando los MOC’S de arriba hacia abajo) y este a su vez activa el TRIAC A3, dejando pasar un flujo de corriente el cual pasa a

¹ Diagrama realizado por autores en AutoCad 2D.



través de este y posteriormente a través de la lámpara de señalización de color azul.

Segundo, el mismo pulso de 5VCD entregado por la salida digital “D8” pasa a través del interruptor de límite de clausura, activando además el séptimo, octavo y noveno optoacopladores. Después de esto se activan los TRIAC’s C1, C2 y C3, estos elementos son los que permitirán arrancar el motor en sentido anti-horario para que se cierren las cortinas, al cerrar completamente la ventana el interruptor de límite de clausura es el elemento que sacará de funcionamiento el motor.

3.7.9 PROPUESTA DE INSTALACIÓN DENTRO DEL INVERNADERO

Después de haber realizado la interconexión de los elementos de control con los de potencia, se dispone a realizar la instalación de estos dentro del área protegida de cultivo. Las siguientes figuras muestran la interconexión del controlador y los Motorreductores.

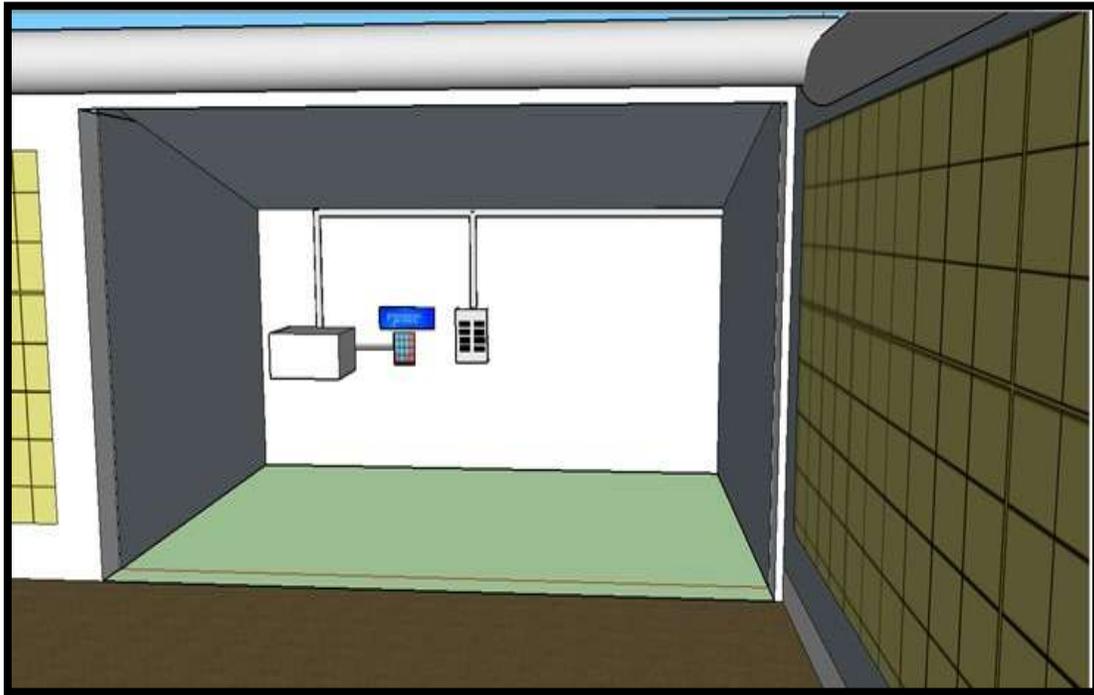


Figura 3.51 Área de control.¹

¹ Modelo en 3D realizado por autores en software SketchUp®

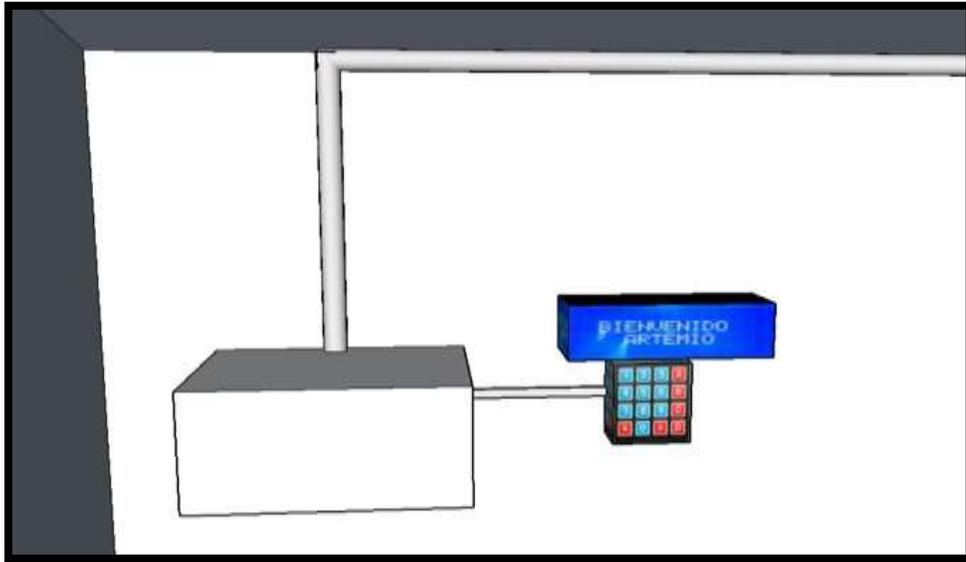


Figura 3.52 Gabinete, LCD y Teclado Matricial.¹

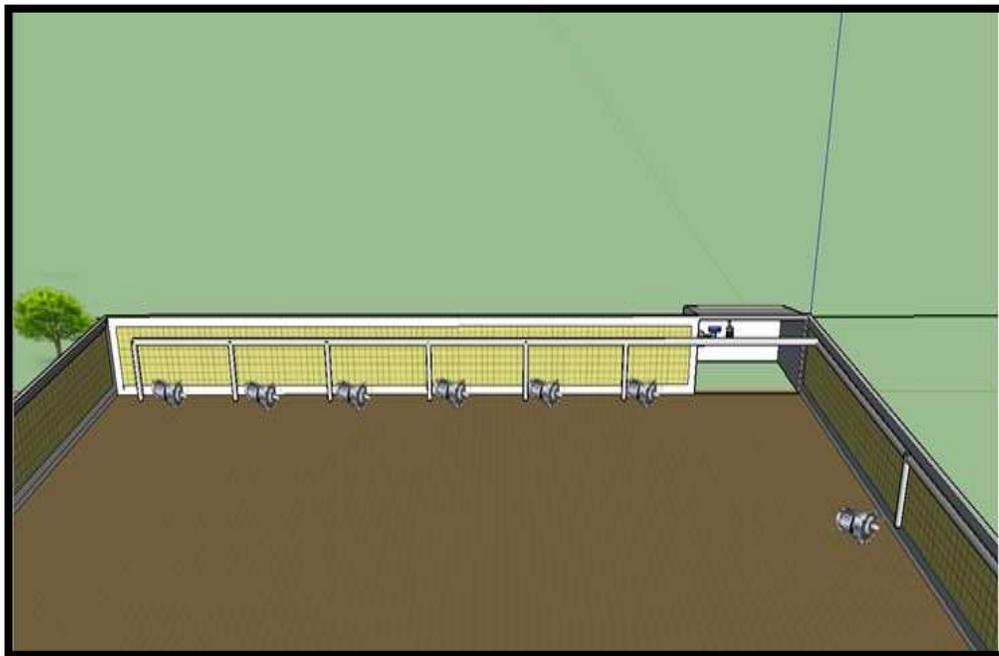


Figura 3.53 Motores con caja de engranes.¹

¹ Modelo en 3D realizado por autores en software SketchUp®



Como se puede observar el invernadero tendrá un área destinada para la instalación del Arduino, el cual se encuentra dentro de un gabinete, la pantalla LCD, el teclado matricial y el centro de carga. Desde esta área el agricultor podrá observar en qué condiciones se encuentra el invernadero. Así como también tendrá la posibilidad de configurar los riegos de su cultivo cada vez que lo requiera o desee.

3.8 PROPUESTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica es una parte fundamental en el proyecto ya que de no existir esta instalación de nada sirve tener lo demás. Para realizar esta instalación nos basaremos en las normas vigentes, que en este caso es la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización).

3.8.1 CARGAS

Como se mencionó anteriormente para automatizar el sistema de riego y ventilación del invernadero se utilizará un microcontrolador el cual accionará la bomba de agua que se encuentra ya instalada en el invernadero dependiendo la configuración de riegos que el agricultor realice y para la automatización de la automatización se utilizaran varios motores. Las cargas que se alimentará son las siguientes:

MOTOR DE RIEGO (1 pieza)

Datos del motor:

- Tensión: 127/220 V
- Corriente de placa: 12.5/6.0 A
- HP: 1
- Factor de Servicio: 1.3
- Eficiencia: 66.0 %
- RPM: 3525/3500
- Marca: Siemens

MOTOR PARA CORTINA LATERAL (2 piezas)

Datos del motor:

- Tensión: 127/220 V
- Corriente de placa: 6.7/3.87 A
- HP: $\frac{1}{2}$
- Factor de Servicio: 1.15
- Factor de Potencia: 0.65



- Eficiencia: 66.5 %
- RPM: 1750
- Marca: Siemens

MOTOR PARA CORTINA FRONTAL (2 piezas)

- Tensión: 127/220 V
- Corriente de placa: 5.07/2.93 A
- HP: $\frac{1}{3}$
- Factor de Servicio: 1.15
- Factor de Potencia: 0.62
- Eficiencia: 61.0 %
- RPM: 1750
- Marca: Siemens

MOTOR PARA CORTINA CENITAL (4 piezas)

- Tensión: 127/220 V
- Corriente de placa: 5.07/2.93 A
- HP: $\frac{1}{3}$
- Factor de Servicio: 1.15
- Factor de Potencia: 0.62
- Eficiencia: 61.0 %
- RPM: 1750
- Marca: Siemens

3.8.2 PROTECCION DE MOTORES, CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

El cálculo para la selección del calibre del conductor que se utilizará como medio para alimentar a los motores así como el cálculo de la protección de estos, se desglosan a continuación:

3.8.2.1 MOTOR DE RIEGO

- 1) Protección de motores contra sobre corriente con fusibles e interruptores.

De acuerdo a la **Tabla 430-52** de la NOM-001-SEDE-2012, el porcentaje de la corriente a plena carga es de 250% si se utiliza un Interruptor automático de tiempo inverso para un motor monofásico. Por lo tanto la protección contra cortocircuito se calcula:



$$P_{CC} \leq 250\%I_{tabla}$$

De la **Tabla 430-248** de la NOM-001-SEDE-2012 se obtiene la corriente de tabla. Para un motor monofásico de 1 HP a 127V:

$$I_{tabla} = 14 A$$

El cálculo para la protección contra corto circuito se muestra a continuación:

$$P_{CC} \leq (2.5)(14)$$

$$P_{CC} \leq 35 A$$

En base al **artículo 240-6** de la NOM-001-SEDE-2012, se toma un **Interruptor automático de disparo fijo igual a 35A. TOMAMOS UN VALOR DE 30 A** ya que es el que se encuentra disponible en el mercado.

2) Protección contra sobrecarga.

En base al **artículo 430-33** de la NOM-001-SEDE-2012, se permite que el motor este protegido contra sobrecargas por el dispositivo protector contra corto circuito.

3) Selección del conductor.

Consideraciones:

- ✓ Conductores por fase = 1.
- ✓ Temperatura ambiente 30°C.

3a) Factor de ajuste al valor de la corriente de acuerdo al tipo de carga.

Con base en el **tabla 430-22(e)** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene lo siguiente:

Clasificación de servicio: servicio de corto tiempo (por tratarse de una bomba)

Porcentaje del valor nominal de corriente de las placas de características: Motor especificado para 30 y 60 minutos. Por lo tanto el **factor de ajuste al valor de la corriente es de 90%**.

3b) Factor de ajuste al valor de la corriente por temperatura.

De acuerdo a la **tabla 310-104(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 se toma un conductor **THHW-LS a 75°C para lugares mojados**.

En base a la **tabla 310-15(b)(2)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 para una temperatura ambiente de 26-30°C y una temperatura de 75°C del conductor, el **Factor de corrección por temperatura es de 1**.



3c) Factor de ajuste al valor de la corriente por número de conductores portadores de corriente.

Número de conductores portadores de corriente:

- FASE=1 conductor portador de corriente.
- NEUTRO= 1 conductor portador de corriente.

La sumatoria total de los conductores portadores de corriente= 2.

De acuerdo a la **tabla 310-15(b)(3)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012, el **Factor de corrección por ampacidad para un rango de 1-3 conductores portadores de corriente es de 100%**.

4) Cálculo de la corriente en el conductor.

La fórmula para el cálculo de la corriente en el conductor es la siguiente:

$$I_{cond} = \frac{(Factor\ de\ ajuste\ al\ valor\ de\ la\ corriente)(I_{tabla})}{(Factor\ de\ correc.\ por\ temperatura)(Factor\ de\ correc.\ por\ ampacidad)} \quad - - - \text{Ec. 1}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 1:

$$I_{cond} = \frac{(0.90)(14)}{(1.0)(1.0)} = 12.6 \text{ A}$$

5) Selección del tamaño o calibre del conductor

Para escoger el calibre adecuado nos basamos en la **tabla 310-15(b)(16)** de la NOM-001-SEDE-2012. La corriente que debe soportar el cable debe ser mayor a la corriente del conductor calculada anteriormente, el **conductor de calibre 10 AWG (5.6mm²) soporta hasta 35 A**. Por lo tanto este es el calibre adecuado.

6) Selección del conductor de puesta a tierra.

En base a la **tabla 250-122** de la NOM-001-SEDE-2012, para una capacidad de 30 A del interruptor automático y que para este caso se toma un valor de 60 A como capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito, el calibre del conductor de puesta a tierra es **10AWG (5.26mm²) de cobre**.

3.8.2.2 MOTORES PARA CORTINAS LATERALES

1) Protección de motores contra sobre corriente con fusibles e interruptores.



De acuerdo a la **Tabla 430-52** de la NOM-001-SEDE-2012, el porcentaje de la corriente a plena es de 250% si se utiliza un Interruptor automático de tiempo inverso para un motor monofásico. Por lo tanto la protección contra cortocircuito se calcula:

$$P_{CC} \leq 250\%I_{tabla}$$

De la **Tabla 430-248** de la NOM-001-SEDE-2012 se obtiene la corriente de tabla. Para un motor monofásico de 1 HP a 127V:

$$I_{tabla} = 8.9 A$$

El cálculo para la protección contra corto circuito queda de la siguiente manera:

$$P_{CC} \leq (2.5)(8.9)$$

$$P_{CC} \leq 22.25 A$$

En base al **artículo 240-6** de la NOM-001-SEDE-2012, se toma un **Interruptor automático de disparo fijo igual a 20 A**.

2) Protección contra sobrecarga.

En base al **artículo 430-33** de la NOM-001-SEDE-2012, se permite que el motor este protegido contra sobrecargas por el dispositivo protector contra corto circuito.

3) Selección del conductor.

Consideraciones:

- ✓ Conductores por fase = 1.
- ✓ Temperatura ambiente 30°C.

3a) Factor de ajuste al valor de la corriente de acuerdo al tipo de carga.

Con base en la **tabla 430-22(e)** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene lo siguiente:

Clasificación de servicio: servicio de corto tiempo (Elevación o descenso de rodillos)

Porcentaje del valor nominal de corriente de las placas de características: Motor especificado para 5 minutos. Por lo tanto el **factor de ajuste al valor de la corriente es de 110%**.

3b) Factor de ajuste al valor de la corriente por temperatura.



De acuerdo a la **tabla 310-104(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 se toma un conductor **THHW-LS a 75°C para lugares mojados**.

En base a la **tabla 310-15(b)(2)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 para una temperatura ambiente de 26-30°C y una temperatura de 75°C del conductor, el **Factor de corrección por temperatura es de 1**.

3c) Factor de ajuste al valor de corriente por número de conductores portadores de corriente.

Número de conductores portadores de corriente:

- FASE=1 conductor portador de corriente.
- NEUTRO= 1 conductor portador de corriente.

La sumatoria total de los conductores portadores de corriente= 2.

De acuerdo a la **tabla 310-15(b)(3)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012, el **Factor de corrección por ampacidad para un rango de 1-3 conductores portadores de corriente es de 100%**.

4) Cálculo de la corriente en el conductor.

Utilizando la ecuación 1 y sustituyendo valores:

$$I_{cond} = \frac{(1.10)(14)}{(1.0)(1.0)} = 9.79 A$$

5) Selección del tamaño o calibre del conductor

Para escoger el calibre adecuado nos basamos en la **tabla 310-15(b)(16)** de la NOM-001-SEDE-2012. La corriente que debe soportar el cable debe ser mayor a la corriente del conductor calculada anteriormente, un **conductor de calibre 12 AWG (3.3mm²) soporta hasta 25 A**. Por lo tanto este es el calibre adecuado.

6) Selección del conductor de puesta a tierra.

De acuerdo a la **tabla 250-122** de la NOM-001-SEDE-2012, para una capacidad de 20 A del interruptor automático y que para este caso se toma un valor de 20 A como capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito, el calibre del conductor de puesta a tierra es **12AWG (3.31mm²) de cobre**.



Ya que se tienen 3 motores más con las mismas características la protección seleccionada y el calibre de los conductores serían del mismo valor.

3.8.2.3 MOTOR PARA CORTINA FRONTAL Y POSTERIOR

1) Protección de motores contra sobre corriente con fusibles e interruptores.

De acuerdo a la **Tabla 430-52** de la NOM-001-SEDE-2012, el porcentaje de la corriente a plena es de 250% si se utiliza un Interruptor automático de tiempo inverso para un motor monofásico. Por lo tanto la protección contra cortocircuito se calcula:

$$P_{CC} \leq 250\%I_{tabla}$$

De la **Tabla 430-248** de la NOM-001-SEDE-2012 se obtiene la corriente de tabla. Para un motor monofásico de 1 HP a 127V:

$$I_{tabla} = 6.5 A$$

El cálculo para la protección contra corto circuito queda de la siguiente manera:

$$P_{CC} \leq (2.5)(6.5)$$

$$P_{CC} \leq 16.25 A$$

En base al **artículo 240-6** de la NOM-001-SEDE-2012, se toma un **Interruptor automático de disparo fijo igual a 15 A**.

2) Protección contra sobrecarga.

En base al **artículo 430-33** de la NOM-001-SEDE-2012, se permite que el motor este protegido contra sobrecargas por el dispositivo protector contra corto circuito.

3) Selección del conductor.

Consideraciones:

- ✓ Conductores por fase = 1.
- ✓ Temperatura ambiente 30°C.

3a) Factor de ajuste al valor de la corriente de acuerdo al tipo de carga.

Con base en la **tabla 430-22(e)** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene lo siguiente:

Clasificación de servicio: servicio de corto tiempo (Elevación o descenso de rodillos)



Porcentaje del valor nominal de corriente de las placas de características: Motor especificado para 5 minutos. Por lo tanto el **factor de ajuste al valor de la corriente es de 110%**.

3b) Factor de ajuste al valor de la corriente por temperatura.

De acuerdo a la **tabla 310-104(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 se toma un conductor **THHW-LS a 75°C para lugares mojados**.

En base a la **tabla 310-15(b)(2)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 para una temperatura ambiente de 26-30°C y una temperatura de 75°C del conductor, el **Factor de corrección por temperatura es de 1**.

3c) Factor de ajuste al valor de corriente por número de conductores portadores de corriente.

Número de conductores portadores de corriente:

- FASE=1 conductor portador de corriente.
- NEUTRO= 1 conductor portador de corriente.

La sumatoria total de los conductores portadores de corriente= 2.

De acuerdo a la **tabla 310-15(b)(3)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012, el **Factor de corrección por ampacidad para un rango de 1-3 conductores portadores de corriente es de 100%**.

4) Cálculo de la corriente en el conductor.

Utilizando la ecuación 1 y sustituyendo valores:

$$I_{cond} = \frac{(1.10)(6.5)}{(1.0)(1.0)} = 7.15A$$

5) Selección del tamaño o calibre del conductor

Para escoger el calibre adecuado nos basamos en la **tabla 310-15(b)(16)** de la NOM-001-SEDE-2012. La corriente que debe soportar el cable debe ser mayor a la corriente del conductor calculada anteriormente, un **conductor de calibre 12 AWG (3.3mm²) soporta hasta 25 A**. Por lo tanto este es el calibre adecuado.

6) Selección del conductor de puesta a tierra.

De acuerdo a la **tabla 250-122** de la NOM-001-SEDE-2012, para una capacidad de 15 A del interruptor automático y que para este caso se toma un valor de 15 A como capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre



corriente en el circuito, el calibre del conductor de puesta a tierra es **14 AWG (2.08mm²) de cobre.**

Ya que se tienen 3 motores más con las mismas características la protección seleccionada y el calibre de los conductores serían del mismo valor.

3.8.2.4 MOTORES PARA CORTINA CENTAL

1) Protección de motores contra sobre corriente con fusibles e interruptores.

De acuerdo a la **Tabla 430-52** de la NOM-001-SEDE-2012, el porcentaje de la corriente a plena es de 250% si se utiliza un Interruptor automático de tiempo inverso para un motor monofásico. Por lo tanto la protección contra cortocircuito se calcula:

$$P_{CC} \leq 250\%I_{tabla}$$

De la **Tabla 430-248** de la NOM-001-SEDE-2012 se obtiene la corriente de tabla. Para un motor monofásico de 1 HP a 127V:

$$I_{tabla} = 6.5 A$$

El cálculo para la protección contra corto circuito queda de la siguiente manera:

$$P_{CC} \leq (2.5)(6.5)$$

$$P_{CC} \leq 16.25 A$$

En base al **artículo 240-6** de la NOM-001-SEDE-2012, se toma un **Interruptor automático de disparo fijo igual a 15 A.**

2) Protección contra sobrecarga.

En base al **artículo 430-33** de la NOM-001-SEDE-2012, se permite que el motor este protegido contra sobrecargas por el dispositivo protector contra corto circuito.

3) Selección del conductor.

Consideraciones:

- ✓ Conductores por fase = 1.
- ✓ Temperatura ambiente 30°C.

3a) Factor de ajuste al valor de la corriente de acuerdo al tipo de carga.

Con base en la **tabla 430-22(e)** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene lo siguiente:



Clasificación de servicio: servicio de corto tiempo (Elevación o descenso de rodillos)

Porcentaje del valor nominal de corriente de las placas de características: Motor especificado para 5 minutos. Por lo tanto el **factor de ajuste al valor de la corriente es de 110%**.

3b) Factor de ajuste al valor de la corriente por temperatura.

De acuerdo a la **tabla 310-104(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 se toma un conductor **THHW-LS a 75°C para lugares mojados**.

En base a la **tabla 310-15(b)(2)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012 para una temperatura ambiente de 26-30°C y una temperatura de 75°C del conductor, el **Factor de corrección por temperatura es de 1**.

3c) Factor de ajuste al valor de corriente por número de conductores portadores de corriente.

Número de conductores portadores de corriente:

- FASE=1 conductor portador de corriente.
- NEUTRO=1 conductor portador de corriente.

La sumatoria total de los conductores portadores de corriente= 2.

De acuerdo a la **tabla 310-15(b)(3)(a)** de la NOM-001-SEDE-2012, el **Factor de corrección por ampacidad para un rango de 1-3 conductores portadores de corriente es de 100%**.

4) Cálculo de la corriente en el conductor.

Utilizando la ecuación 1 y sustituyendo valores:

$$I_{cond} = \frac{(1.10)(6.5)}{(1.0)(1.0)} = 7.15A$$

5) Selección del tamaño o calibre del conductor

Para escoger el calibre adecuado nos basamos en la **tabla 310-15(b)(16)** de la NOM-001-SEDE-2012. La corriente que debe soportar el cable debe ser mayor a la corriente del conductor calculada anteriormente, un **conductor de calibre 12 AWG (3.3mm²) soporta hasta 25 A**. Por lo tanto este es el calibre adecuado.

6) Selección del conductor de puesta a tierra.



De acuerdo a la **tabla 250-122** de la NOM-001-SEDE-2012, para una capacidad de 15 A del interruptor automático y que para este caso se toma un valor de 15bA como capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito, el calibre del conductor de puesta a tierra es **14 AWG (2.08mm²) de cobre**.

Ya que se tienen 3 motores más con las mismas características la protección seleccionada y el calibre de los conductores serían del mismo valor.

3.8.2.5 SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR POR CAIDA DE TENSION

La caída de tensión en los conductores de los circuitos debe ser menor a lo siguiente para que proporcione una eficacia de funcionamiento razonable a los equipos de utilización que están conectados la salida de los circuitos derivados:

Para **CIRCUITOS DERIVADOS**: Los conductores de circuitos derivados deben tener un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción y alumbrado o cualquier combinación de ellas.

Dado que el motor más alejado se encuentra a 85 m de distancia del tablero principal, se tiene que corroborar la selección del calibre por caída de tensión para evitar que esta no sea superior a 3%.

Cuando existe una distancia significativa entre la fuente de alimentación y la carga existe una pérdida de potencia debida a la impedancia de los conductores. Esta pérdida ocasiona que la tensión que llega a la carga no sea suficiente. Es decir, en este caso en específico el motor opera a una tensión de $127v \pm 5\%$ según sus especificaciones. Por lo tanto para que el motor opere de una manera eficiente se le deben suministrar entre 133.35v y 120.65V, de lo contrario el motor trabajara forzado ocasionando un desgaste del mismo y provocando además un aumento en la energía consumida lo que generará mayor costo o simplemente el motor no operará.

Con este cálculo se garantiza que lo equipos dentro de la instalación serán alimentados con la tensión requerida sin provocar pérdidas en el sistema.

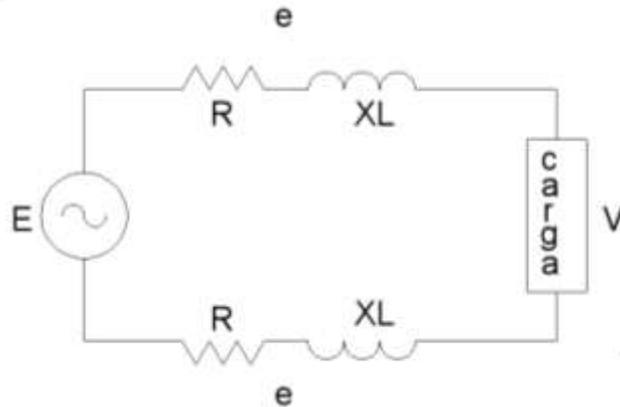


Figura 3.54 Circuito equivalente de una línea corta.

$$V = E - e$$

V= tensión en la carga

E= tensión suministrada

e= caída de tensión

Para poder determinar la tensión que llega a la carga se requiere conocer la caída de tensión, sin embargo para conocer esta se necesita obtener el valor de la impedancia del conductor, la cual está conformada por una resistencia y una reactancia inductiva, valores que se determinarán a continuación

$$X_L = 2 \pi f L$$

X_L = Reactancia Inductiva

f = Frecuencia

L = Inductancia

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right)$$

DMG = Distancia media geométrica

RMG = Radio medio geométrico

El radio geométrico medio está en base al número de hilos y el radio con que fue fabricado el conductor, en la tabla 8 de la NOM-001-SEDE-2012 nos indica que el cable calibre 10 está compuesto por 7 hilos, tiene un diámetro total de 2.95 mm y una resistencia de 4.226 Ω / Km.



TABLA. 8 Propiedades de los conductores

Tamaño (AWG o kcmil)	Área		Conductores				Resistencia en corriente continua a 75 °C		
			Trenzado		Total		Cobre		Aluminio
	mm ²	kcmil	Cantidad de hilos	Diámetro	Diámetro	Área	No Cubierto	Recubierto	Aluminio
				mm	mm	mm ²	Ω/km	Ω/km	Ω/km
18	0.823	1620	1	—	1.02	0.823	25.5	26.5	—
18	0.823	1620	7	0.39	1.16	1.06	26.1	27.7	—
16	1.31	2580	1	—	1.29	1.31	16	16.7	—
16	1.31	2580	7	0.49	1.46	1.68	16.4	17.3	—
14	2.08	4110	1	—	1.63	2.08	10.1	10.4	—
14	2.08	4110	7	0.62	1.85	2.68	10.3	10.7	—
12	3.31	6530	1	—	2.05	3.31	6.34	6.57	—
12	3.31	6530	7	0.78	2.32	4.25	6.5	6.73	—
10	5.261	10380	1	—	2.588	5.26	3.984	4.148	—
10	5.261	10380	7	0.98	2.95	6.76	4.07	4.226	—
8	8.367	16510	1	—	3.264	8.37	2.506	2.579	—
8	8.367	16510	7	1.23	3.71	10.76	2.551	2.653	—

Figura 3.55 Tabla 8 propiedades de los conductores NOM-001-SEDE-2012¹.

Con los datos anteriores y con ayuda de la siguiente tabla obtenemos el valor del RMG.

$$\text{RMG} = 0.726 \text{ r}$$

$$\text{RMG} = 0.726 (1.475)$$

$$\text{RMG} = 1.07085 \text{ mm}$$

¹ http://www.upt.edu.mx/contenido/Certificaciones/pdf/iso/2/ReqLegales/Federal/06_NOM-001-SEDE-2012.pdf



Radio medio geométrico a partir de su radio exterior (D_s)	
Alambre cilíndrico	0.779 r
Cable de material único:	
7 hilos	0.726 r
19 hilos	0.758 r
37 hilos	0.768 r
61 hilos	0.772 r
91 hilos	0.774 r
127 hilos	0.776 r
Conductor ACSR :	
30 hilos (2 capas)	0.826 r
26 hilos (2 capas)	0.809 r
54 hilos (3 capas)	0.810 r
1 capa	0.55 a 0.70 r

Figura 3.56 Radio medio geométrico a partir de su radio exterior (D_s) NOM-001-SEDE-2012.¹

El Diámetro medio geométrico para sistemas eléctricos en baja tensión se determina con el diámetro mismo del conductor incluyendo el aislamiento.

Nuestro cable a utilizar tiene aislamiento THHW por lo tanto con ayuda de la tabla 5 de la NOM-001-SEDE-2012.

DMG = 4.470 mm

¹ http://www.upt.edu.mx/contenido/Certificaciones/pdf/iso/2/ReqLegales/Federal/06_NOM-001-SEDE-2012.pdf



TABLA 5. Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado mm	Área aproximada mm ²
	mm ²	AWG o kcmil		
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF				
RFH-2, FFH-2	0.824	18	3.454	9.355
	1.31	16	3.759	11.10
RHH, RHW, RHW-2	2.08	14	4.902	18.9
	3.31	12	5.385	22.77
	5.26	10	5.994	28.19
	6.63	8	8.28	53.87
	8.37	6	9.246	67.16
	21.2	4	10.46	86
	26.7	3	11.18	98.13
	33.6	2	11.99	112.9
	42.4	1	14.78	171.6
	53.5	1/0	15.8	196.1
	67.4	2/0	16.97	226.1
	85.0	3/0	18.29	262.7
	107	4/0	19.76	306.7
	127	250	22.73	405.9
	152	300	24.13	457.3
177	350	25.43	507.7	
203	400	26.62	556.5	
253	500	28.78	650.5	
304	600	31.57	782.9	
SF-2, SFF-2	0.824	18	3.073	7.419
	1.31	16	3.378	8.968
	2.08	14	3.759	11.10
SF-1, SFF-1	0.824	18	2.311	4.194
RFH-1, XF, XFF	0.824	18	2.692	5.161
TF, TFF, XF, XFF	1.31	16	2.997	7.032
TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2	2.08	14	3.378	8.968
TW, THHW, THW, THW-2	3.31	12	3.861	11.68
	5.26	10	4.470	55.68
	6.63	8	5.994	28.19
RHH*, RHW*, RHW-2*	2.08	14	4.140	13.48
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	3.31	12	4.623	16.67
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, RHH, RHW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	5.26	10	5.232	21.48
RHH*, RHW*, RHW-2*	6.63	8	6.756	35.87
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	8.37	6	7.722	46.84
	21.2	4	8.941	62.77
	26.7	3	9.652	73.16
	33.6	2	10.46	86.00
	42.4	1	12.50	122.60
	53.5	1/0	13.51	143.40
67.4	2/0	14.68	169.30	

Figura 3.57 Tabla 5 dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos NOM-001-SEDE-2012.¹

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{4.470}{1.07085} \right)$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln (4.1742)$$

$$= 3.42 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 2 \pi (60) (3.42 \times 10^{-3})$$

¹ http://www.upt.edu.mx/contenido/Certificaciones/pdf/iso/2/ReqLegales/Federal/06_NOM-001-SEDE-2012.pdf



$$X_L = 1.2928 \Omega / \text{Km.}$$

Una vez obtenidos los valores de la resistencia y de la reactancia se calcula la impedancia como a continuación se muestra.

$$Z = R \cos(\phi) + X_L \sin(\phi)$$

$$Z = (4.226)(0.65) + j(1.2928)(0.7599)$$

$$Z = 2.7469 + j0.9823 \Omega / \text{Km.}$$

$$Z = 2.9172 \angle 19.677^\circ \Omega / \text{Km.}$$

Para 85 m

$$Z = (85) 2.9 \times 10^{-3} \angle 19.677^\circ \Omega / \text{m.}$$

$$Z = 0.2465 \Omega$$

$$e = 2 | Z = 2 (6.7) (0.2465) = \underline{3.3031 \angle 19.677^\circ}$$

$$\%e = \frac{e}{E} \times 100 = 2.60\%$$

$$V = E - e$$

$$V = 127 - \underline{3.3031 \angle 19.677^\circ}$$

$$\underline{V = 123.89 \angle -0.51^\circ}$$

Utilizando conductor de **5.26 mm² (10 AWG)** la tensión que alimentará el motor será de 123V lo cual está dentro del rango de 127V \pm 5% con lo que podemos concluir que la selección del conductor es adecuada para los requerimientos de la carga.

3.8.3 CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ALIMENTADOR

Para poder calcular el alimentador, nos basaremos en el **Artículo 215 ALIMENTADORES** de la NOM-001-SEDE-2012 con referencia en el **Artículo 215-2a) Capacidad y tamaños mínimos del conductor.**

De acuerdo al artículo anteriormente mencionado, el tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador ANTES DE LA APLICACIÓN DE CUALQUIER AJUSTE O DE FACTORES DE CORRECCION, **debe tener una ampacidad permisible no menor a la carga continua, más el 125 por ciento de la carga continua.**

O en otras palabras:



$$\text{Tamaño min. del conductor} > \text{Carga no cont.} + 1.25 \text{ carga cont.} \text{ --- Ec. 2}$$

El **Artículo 100 DEFINICIONES, A. Definiciones generales** de la NOM-001-SEDE-2012, nos ayudará a entender mejor lo que es una carga continua.

Carga continua: Carga cuya corriente máxima circula durante tres horas o más.

De modo que, podemos deducir la definición de una **carga no continua** como:

Aquella carga cuya corriente máxima circula durante un lapso menor a 3 horas.

En nuestro proyecto se tiene una carga continua, la cual es el MOTOR DE RIEGO. Se eligió así debido a que aunque el agricultor no riegue más de 15 minutos por válvula, y como se dijo anteriormente son 4 válvulas, lo cual nos daría un total de 60 minutos (1hr), puede llegar a programar intencionalmente o no un riego en el cual la duración total de este sea mayor a 180 minutos (3hrs). Y el conductor del alimentador tendrá que ser capaz de soportar esta carga.

Los motores tanto para las cortinas laterales, cenitales, la cortina frontal y posterior se toman como cargas no continuas, debido a que el cierre o apertura total de estas no tardará más de 5 minutos.

En resumen

- 2 motores con una corriente de 6.7 A. (Cargas no lineales).
- 6 motores con una corriente de 5.07 A. (Cargas no lineales).
- Un motor de 12.5 A. (Carga lineal).
- 3 contactos de uso general 180W.

En este caso para los contactos de uso general la potencia aparente es de 180VA ya que el factor de potencia de estos es igual a 1.

Por lo tanto la corriente requerida por estos contactos es:

$$I = \frac{180VA}{127V} = 1.5 A$$

Sustituyendo valores en ecuación 2:

$$\text{Tamaño min. del conductor} > (3 * 1.5) + (2 * 6.7) + (6 * 5.07) + (1.25 * 12.5)$$

$$\text{Tamaño min. del conductor} > 63.945 A$$

De acuerdo a la **Tabla 310-15(b)(7).-Tipos y tamaño o designación de conductores para alimentadores monofásicos, de 3 hilos de 120/240 volts para viviendas. Tipos de conductores RHH, RHW, RHW-2, THHN, THHW,**



THHW-LS, THW, THW-LS. THW-2, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2, SE, USE, USE-2 de la NOM-001-SEDE-2012.

$$100 \text{ A} > 63.945 \text{ A}$$

Por lo tanto se toma un calibre que soporte más de 63.945 A, en este caso el **calibre seleccionado es de 21.2 mm² (4 AWG o kcmil) de cobre ya que soporta hasta 100 A.**

3.8.4 CALCULO DE LA PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR

Para determinar la protección del alimentador, se suman las corrientes de placa de todos los motores así como la corriente requerida por otras cargas.

$$I_{TOTAL} = 12.5 + (4 * 6.7) + (4 * 5.07) + (3 * 1.5)$$

$$I_{TOTAL} = 64.08 \text{ A}$$

$$I_{PROTECCION} = 1.25 * 64.08 \text{ A} = 80.1 \text{ A}$$

Por lo tanto **la protección seleccionada es un interruptor termo magnético de 80 A.**

3.8.5 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA CANALIZACIÓN

Para poder proteger apropiadamente contra daño mecánico los conductores se debe conocer, calcular y seleccionar adecuadamente la canalización, así como las cajas, soportes y demás material que esto implique para su correcto funcionamiento.

- CANALIZACION PARA MOTOR DE RIEGO

1.- Porcentaje de ocupación de los conductores.

En base a la **Tabla 1** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene el porcentaje de ocupación de los conductores. Los conductores son: Fase, Neutro y Puesta a Tierra. Por lo tanto el **porcentaje de la sección transversal para más de dos conductores es de 40%.**

Con base en la **Tabla 5** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores aislados.

- Fase: THHW-LS 10 AWG(15.69mm²)
- Neutro: THHW-LS 10 AWG(15.69mm²)

2.- Cálculo del área total de los conductores aislados.



$$A_{\text{conductores aislados}} = (2)(15.69) = 31.38\text{mm}^2$$

3.- Con base en la **Tabla 8** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores sin aislamiento, puesta a tierra.

- Puesta a tierra: 10 AWG con una cantidad de hilos igual a siete es de 6.76mm^2

4.- Cálculo del área total de los conductores sin aislamiento

$$A_{\text{conductores desnudos}} = (1)(6.76) = 6.76\text{mm}^2$$

5.- Cálculo del área total de conductores

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{conductores aislados}} + A_{\text{conductores desnudos}}$$

$$A_{\text{Total}} = 31.38\text{mm}^2 + 6.76\text{mm}^2 = 38.14\text{mm}^2$$

6.- Selección del tubo de IMC, tubo conduit metálico semipesado.

Con base en la **Tabla 4** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos la medida del tubo conduit metálico semipesado.

Para un área de 38.14mm^2 no existe un tamaño de tubería específico, por lo que tomamos el más cercano a este.

Por lo tanto:

El tubo IMC seleccionado es de un área de 69mm^2 (para 2 conductores), designación métrica 16 (1/2").

- CANALIZACION PARA MOTOR DE CORTINAS LATERALES

1.- Porcentaje de ocupación de los conductores.

En base a la **Tabla 1** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene el porcentaje de ocupación de los conductores. Los conductores son: Fase, Neutro y Puesta a Tierra. Por lo tanto el **porcentaje de la sección transversal para más de dos conductores es de 40%**.

Con base en la **Tabla 5** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores aislados.

- Fase: THHW-LS 12 AWG(11.68mm^2)
- Neutro: THHW-LS 12 AWG(11.68mm^2)

2.- Cálculo del área total de los conductores aislados.



$$A_{\text{conductores aislados}} = (2)(11.68) = 23.36\text{mm}^2$$

3.- Con base en la **Tabla 8** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores sin aislamiento, puesta a tierra.

- Puesta a tierra: 12 AWG con una cantidad de hilos igual a siete es de 3.31mm^2

4.- Cálculo del área total de los conductores sin aislamiento

$$A_{\text{conductores desnudos}} = (1)(3.31) = 3.31\text{mm}^2$$

5.- Cálculo del área total de conductores

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{conductores aislados}} + A_{\text{conductores desnudos}}$$

$$A_{\text{Total}} = 23.36\text{mm}^2 + 3.31\text{mm}^2 = 26.67\text{mm}^2$$

6.- Selección del tubo de IMC, tubo conduit metálico semipesado.

Con base en la **Tabla 4** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos la medida del tubo conduit metálico semipesado.

Para un área de 26.67mm^2 no existe un tamaño de tubería específico, por lo que tomamos el más cercano a este.

Por lo tanto:

El tubo IMC seleccionado es de un área de 69mm^2 (**para 2 conductores**), **designación métrica 16 (1/2")**. Se instalarán 2 tubos del mismo tamaño ya que son 2 cortinas laterales.

- **CANALIZACION PARA MOTOR DE CORTINA FRONTAL Y POSTERIOR**

1.- Porcentaje de ocupación de los conductores.

En base a la **Tabla 1** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene el porcentaje de ocupación de los conductores. Los conductores son: Fase, Neutro y Puesta a Tierra. Por lo tanto el **porcentaje de la sección transversal para más de dos conductores es de 40%**.

Con base en la **Tabla 5** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores aislados.

- Fase: THHW-LS 12 AWG(11.68mm^2)
- Neutro: THHW-LS 12 AWG(11.68mm^2)



2.- Cálculo del área total de los conductores aislados.

$$A_{\text{conductores aislados}} = (2)(11.68) = 23.36\text{mm}^2$$

3.- Con base en la **Tabla 8** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores sin aislamiento, puesta a tierra.

- Puesta a tierra: 14 AWG con una cantidad de hilos igual a siete es de 2.08mm^2

4.- Cálculo del área total de los conductores sin aislamiento

$$A_{\text{conductores desnudos}} = (1)(2.08) = 2.08\text{mm}^2$$

5.- Cálculo del área total de conductores

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{conductores aislados}} + A_{\text{conductores desnudos}}$$

$$A_{\text{Total}} = 23.36\text{mm}^2 + 2.08\text{mm}^2 = 25.44\text{mm}^2$$

6.- Selección del tubo de IMC, tubo conduit metálico semipesado.

Con base en la **Tabla 4** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos la medida del tubo conduit metálico semipesado.

Para un área de 25.44mm^2 no existe un tamaño de tubería específico, por lo que tomamos el más cercano a este.

Por lo tanto:

El tubo IMC seleccionado es de un área de 69mm^2 (**para 2 conductores**), **designación métrica 16 (1/2")**. Se instalarán 2 tubos del mismo tamaño, uno para la cortina frontal y otro para la cortina posterior.

- **CANALIZACIÓN PARA MOTORES DE CORTINA CENTAL**

1.- Porcentaje de ocupación de los conductores.

En base a la **Tabla 1** de la NOM-001-SEDE-2012, se obtiene el porcentaje de ocupación de los conductores. Los conductores son: Fase, Neutro y Puesta a Tierra. Por lo tanto el **porcentaje de la sección transversal para más de dos conductores es de 40%**.

Con base en la **Tabla 5** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores aislados.

- Fase: THHW-LS 12 AWG(11.68mm^2)



- Neutro: THHW-LS 12 AWG(11.68mm²)

2.- Cálculo del área total de los conductores aislados.

$$A_{\text{conductores aislados}} = (2)(11.68) = 23.36\text{mm}^2$$

3.- Con base en la **Tabla 8** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos el área aproximada de los conductores sin aislamiento, puesta a tierra.

- Puesta a tierra: 14 AWG con una cantidad de hilos igual a siete es de 2.08mm²

4.- Cálculo del área total de los conductores sin aislamiento

$$A_{\text{conductores desnudos}} = (1)(2.08) = 2.08\text{mm}^2$$

5.- Cálculo del área total de conductores

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{conductores aislados}} + A_{\text{conductores desnudos}}$$

$$A_{\text{Total}} = 23.36\text{mm}^2 + 2.08\text{mm}^2 = 25.44 \text{mm}^2$$

6.- Selección del tubo de IMC, tubo conduit metálico semipesado.

Con base en la **Tabla 4** de la NOM-001-SEDE-2012, adquirimos la medida del tubo conduit metálico semipesado.

Para un área de 25.44 mm² no existe un tamaño de tubería específico, por lo que tomamos el más cercano a este.

Por lo tanto:

El tubo IMC seleccionado es de un área de **69mm² (para 2 conductores), designación métrica 16 (1/2")**. Se instalarán 4 tubos del mismo tamaño, uno para cada cortina cenital.

3.8.6 CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LA PROTECCIÓN PRINCIPAL DEL ALIMENTADOR.

El conductor para puesta a tierra de la protección principal del alimentador será de **8.37 mm² (8 AWG)** como criterio de diseño y en cumplimiento con lo citado en la **Tabla 250-122 Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos** de la NOM-001-SEDE-2012.



CAPÍTULO

4

DESARROLLO DEL SOFTWARE



INTRODUCCIÓN

El diagrama de flujo es la representación gráfica de un algoritmo o proceso, por lo tanto este capítulo aborda los diagramas de flujo utilizados para realizar la programación.

Si se desea comprender de mejor manera los diagramas de flujo, se puede consultar el código de programación el cual se encuentra en el Anexo 2.

4.1 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE PROGRAMACIÓN

A continuación se muestra el diagrama de flujo general que se utilizó para llevar a cabo la programación.



Figura 4.1 Diagrama de flujo general.

El diagrama anterior contiene información general del proceso que el Arduino necesita realizar para que el proceso de Configuración de riegos y Control de temperatura se lleven a cabo adecuadamente.

El diagrama anterior contiene información general de las etapas que el Arduino desarrolla para que el proceso de Configuración de riegos y Control de temperatura lleven a cabo adecuadamente.



El diagrama de flujo para Configurar los riegos y el diagrama de flujo de Control de temperatura se muestran más adelante.

4.2 CONFIGURACIÓN DE PERIFÉRICOS

Nos referimos como periféricos a los dispositivos complementarios que se utilizaron para realizar el proyecto.

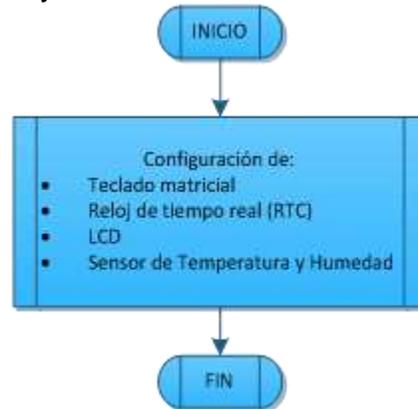


Figura 4.2 Diagrama de flujo para la configuración de periféricos.

Cada dispositivo se aborda independientemente ya que la configuración de cada uno es diferente.

4.2.1 CONFIGURACIÓN DEL TECLADO MATRICIAL (KEYPAD)

Para poder realizar la configuración del teclado matricial se debe declarar la siguiente librería:

Keypad.h

Posteriormente se declara el tamaño del keypad a utilizar, esto se realiza de la siguiente manera:

```
char teclado[FILAS][COLUMNAS] { };
```

Dentro de los corchetes se introducen los caracteres del teclado matricial.

```
{'1','2','3','A'},  
{'4','5','6','B'},  
{'7','8','9','C'},  
{' ','0','#','D'},
```

Posteriormente se declaran los pines que se utilizarán de la placa Arduino para conectar las filas y las columnas del teclado matricial. Al final se realiza el mapeo de este keypad.



```
byte filasPins[FILAS] = {22, 24, 26, 28};  
byte columnasPins[COLUMNAS] = {30, 32, 34, 36};  
Keypad personalizaciondeteclado = Keypad( makeKeymap(teclado), filasPins,  
columnasPins, FILAS, COLUMNAS);
```

4.2.2 CONFIGURACIÓN DEL RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC)

Las librerías que nos permite iniciar la configuración del reloj en tiempo real son las siguientes:

Wire.h
RTClib.h

La librería **Wire.h** permite comunicarse con aquellos dispositivos que tienen un tipo de comunicación I²C. En este caso el RTC que utilizamos interactúa con la placa Arduino de esta forma.

La librería **RTClib.h** nos permite configurar el Reloj en tiempo real.

Posteriormente se declara el tipo de RTC a utilizar de la siguiente forma:

RTC_DS1307 rtc;

En este caso se utilizó el Reloj en tiempo real tipo DS1307.

4.2.3 CONFIGURACIÓN DEL LIQUID-CRYSTAL DISPLAY (LCD)

Para poder configurar el LCD, se declara la siguiente librería:

LiquidCrystal.h

Después se declaran los pines de la placa Arduino donde se conectarán las terminales del LCD. Las terminales del LCD que en este caso utilizamos son: RS, E, D4, D5, D6, D7. Cada uno se conectó respectivamente en los siguientes pines digitales del Arduino: pin2, pin3, pin4, pin5, pin6, pin7. Por lo tanto la declaración queda:

LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);

4.2.4 CONFIGURACION DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para configurar el Sensor de Temperatura y Humedad (DHT) se declara la siguiente librería:

DHT.h



Después se define el tipo de Sensor que se utilizara así como también el pin digital de la placa Arduino donde se conectara. Esto se realiza de la siguiente manera:

```
DHTTYPE DHT22  
DHTPIN 11
```

En nuestro caso se utilizó el Sensor DHT22 y se conectó en el pin digital 11 de la placa Arduino.

Ahora se declara el tipo de Sensor a utilizar y el pin de la placa Arduino donde se conectó de la siguiente forma:

```
DHT dht(11, DHT22);
```

4.3 INICIALIZACION DE PERIFÉRICOS

Después de haber configurado los periféricos algunos de estos se debe inicializar.

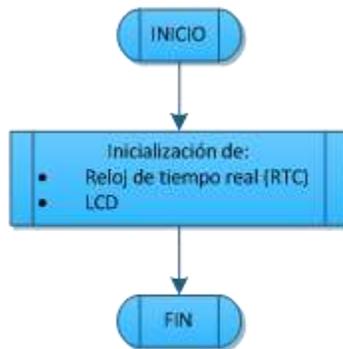


Figura 4.3 Diagrama de flujo para la inicialización de periféricos.

Estos dispositivos se deben inicializar antes para que puedan funcionar de manera correcta. Esto se realiza dentro del *void setup*.

4.3.1 INICIALIZACION DEL RELOJ EN TIEMPO REAL

Para inicializar el RTC introduce las siguientes líneas:

```
Wire.begin();  
rtc.begin();
```

La primera tiene la función de inicializar la comunicación de tipo I²C. Como se mencionó anteriormente el RTC que se utilizó se relaciona de esta forma con la placa Arduino.



4.3.2 INICIALIZACION DEL LIQUID-CRYSTAL DISPLAY

La inicialización del LCD es de la siguiente forma:

```
lcd.begin(20,4);
```

Como se mencionó con anterioridad el LCD que se utilizó para este caso tiene un tamaño de 20 columnas por 4 filas. Estos dos números son los que se introduce en el paréntesis, y como se puede ver están separados por una coma.

4.4 CONFIGURACIÓN DE RIEGOS

Como se mencionó anteriormente el agricultor tendrá la posibilidad de configurar tres riegos, divididos a lo largo del día y con la duración que él crea pertinente. Estos riegos se realizarán diario, a la misma hora y con la misma duración hasta que el agricultor decida cambiar de nuevo estos parámetros.

El diagrama utilizado para realizar la configuración de riegos se muestra a continuación, cabe mencionar que el diagrama al ser muy grande se dividió en tres partes, y cada parte muestra el procedimiento para almacenar la hora de inicio de riego y la duración de este.

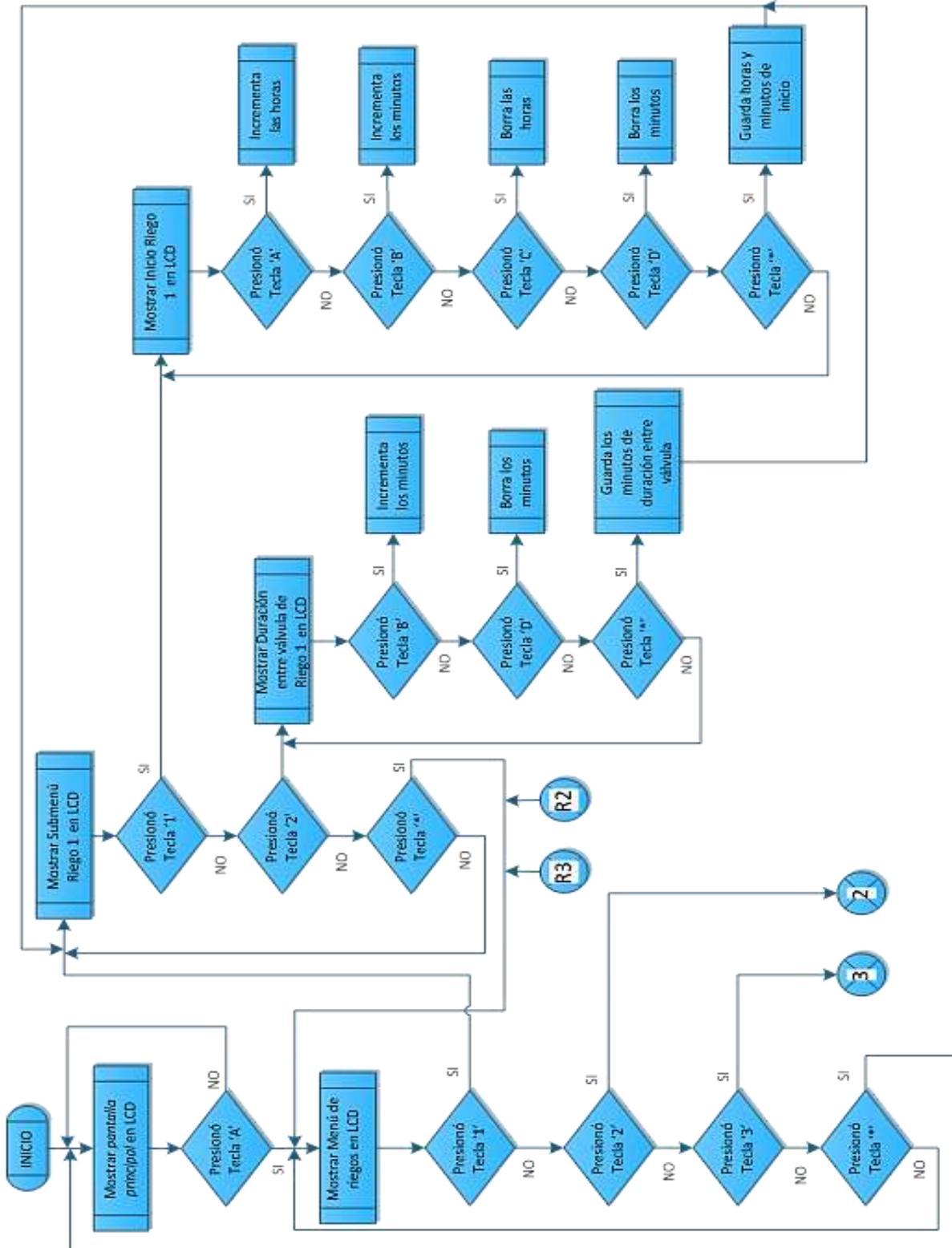


Figura 4.4 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 1).

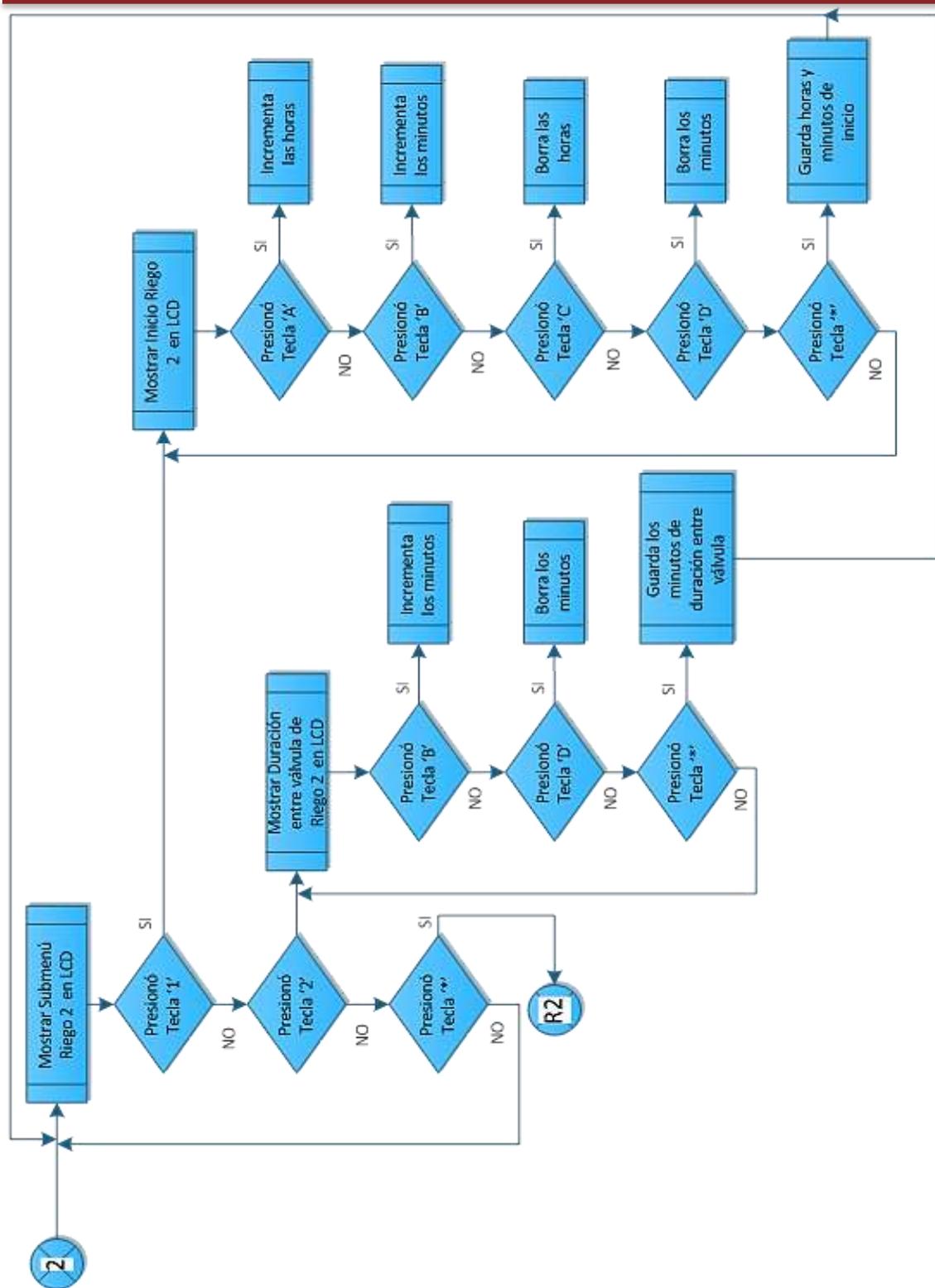


Figura 4.5 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 2).

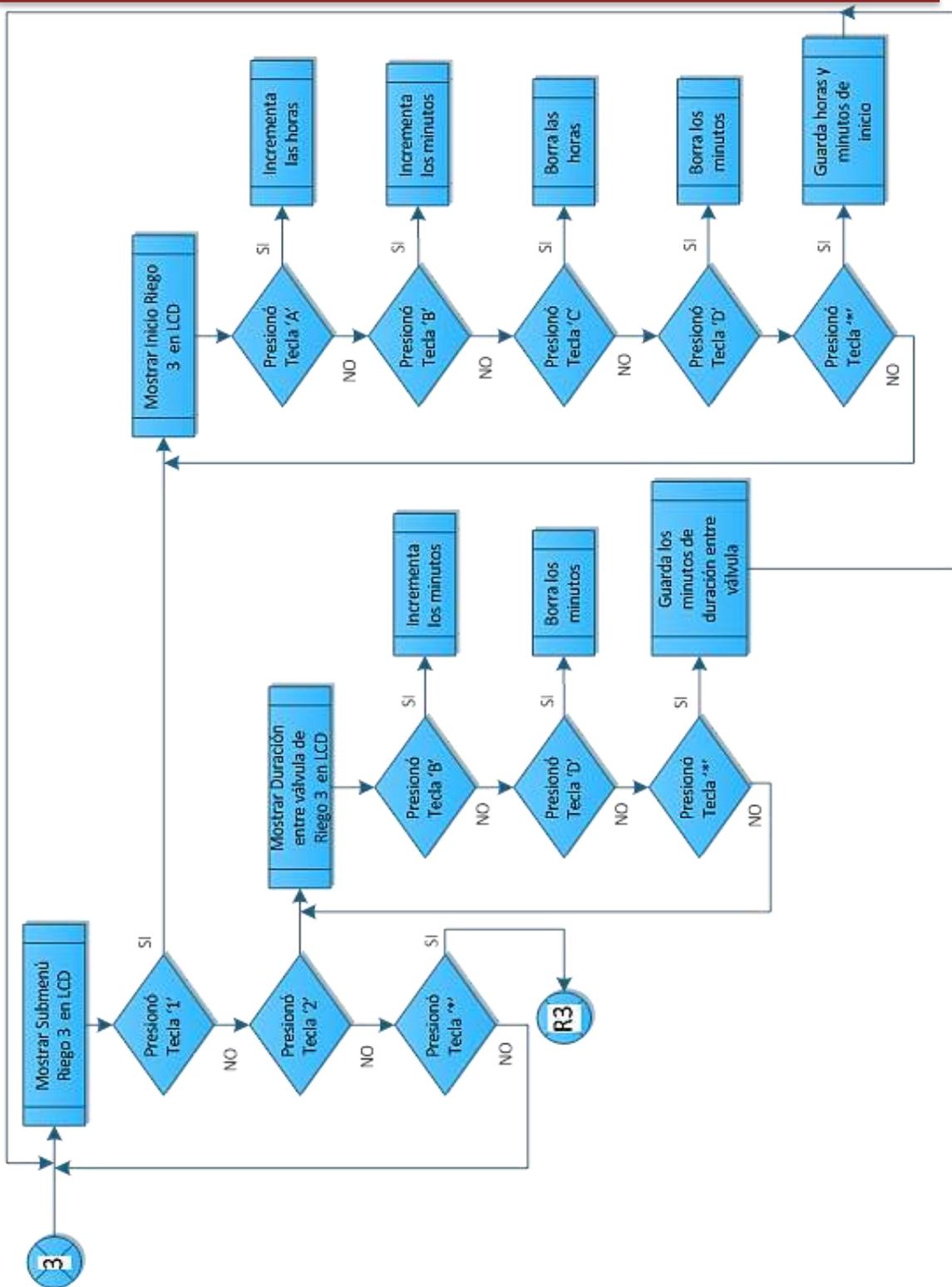


Figura 4.6 Diagrama de flujo para la configuración de riegos (Parte 3).



El sistema de riego es de lo más esencial dentro de un invernadero ya que este es el que alimenta al cultivo para que se pueda desarrollar adecuadamente. Por este motivo es importante que el agricultor pueda configurar el inicio de los riegos y la duración de estos.

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE VENTILACIÓN

Otro de los parámetros que se pretende controlar es la circulación de aire dentro del área protegida ya que como se mencionó con anterioridad el control de la ventilación ayuda al cultivo estar en óptimas condiciones. Para poder realizar esto nos basamos en un diagrama de flujo, el cual se muestra a continuación.

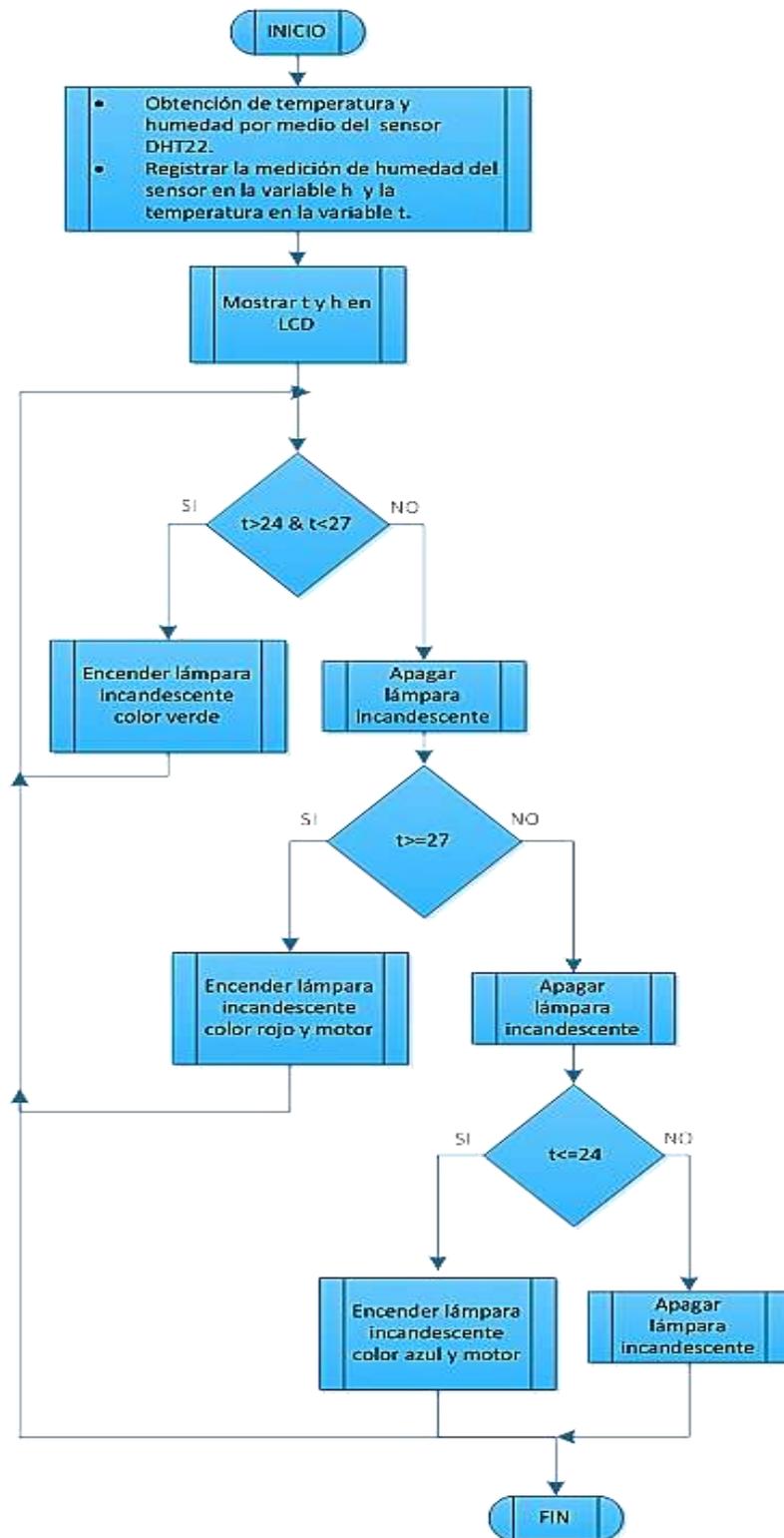


Figura 4.7 Diagrama de flujo del sistema de ventilación.



Para obtener la temperatura en que se encuentra el cultivo dentro del invernadero se utilizó como se mencionó anteriormente el Sensor de Temperatura y Humedad DHT22, y en base a las lecturas de este, se accionan dos dispositivos, el primero es una lámpara incandescente de señalización y el segundo es el motor, el cual permite abrir o cerrar las ventanas laterales para que la temperatura pueda estar dentro del rango óptimo para el cultivo.



CAPÍTULO 5

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



INTRODUCCIÓN

A continuación, se realizará el análisis económico con la finalidad de dar a conocer lo que implica la realización de este proyecto. En este capítulo se incluyen costos de equipos, materiales y de desarrollo de ingeniería para determinar el costo total del proyecto y concluir con el análisis económico para determinar el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto.

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS

En esta primera parte se enlistaron los materiales que se utilizarán tanto en la realización del prototipo como en la instalación del mismo. Se manejaron los precios unitarios y el precio total de cada concepto, al hacer la sumatoria de cada uno se obtiene el importe total de materiales (sin IVA).

Obra: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION PARA UN INVERNADERO

Lugar: , TETELA DE OCAMPO, Puebla

ANÁLISIS DE INVERSIÓN

Análisis:

AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION Y RIEGO DE UNA AREA PROTEGIDA.

INCLUYE: SUMINISTRO, MANEJO, INSTALACION Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe
MATERIALES						
MAT001	ARDUINO MEGA 2650	PZA	\$860.35	*	1.000000	\$860.35
MAT002	FOCO ESPIRAL T3 14W COLOR AZUL 10000 HORAS DE VIDA. ENCENDIDO INSTANTÁNEO. LÁMPARA FLUORESCENTE COMPACTA AUTOBALASTRADA. PARA USO EN INTERIORES/EXTERIORES CON PROTECCIÓN MCA. PHILIPS	PZA	\$57.50	*	1.000000	\$57.50
MAT003	FOCO ESPIRAL T3 14W COLOR ROJO 10000 HORAS DE VIDA. ENCENDIDO INSTANTÁNEO. LÁMPARA FLUORESCENTE COMPACTA AUTOBALASTRADA. PARA USO EN INTERIORES/EXTERIORES CON PROTECCIÓN MCA. PHILIPS	PZA	\$57.50	*	1.000000	\$57.50
MAT004	FOCO ESPIRAL T3 14W COLOR VERDE 10000 HORAS DE VIDA. ENCENDIDO INSTANTÁNEO. LÁMPARA FLUORESCENTE COMPACTA AUTOBALASTRADA. PARA USO EN INTERIORES/EXTERIORES CON PROTECCIÓN MCA. PHILIPS	PZA	\$57.50	*	1.000000	\$57.50
MAT005	PORTALÁMPARA DE CERÁMICA	PZA	\$23.00	*	3.000000	\$69.00



CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



MAT006	CABLE THW-LS/THHW-LS 90° 600V ROJO 12 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$5.48	*	227.000000	\$1,243.96
MAT007	CABLE THW-LS/THHW-LS 90° 600V BLANCO 12 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$5.48	*	227.000000	\$1,243.96
MAT008	CABLE VINANEL XXI RoHS THW-LS/THHW-LS ROJO 10 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$8.66	*	100.000000	\$866.00
MAT009	CABLE VINANEL XXI RoHS THW-LS/THHW-LS BLANCO 10AWG MCA. CONDUMEX	M	\$8.66	*	100.000000	\$866.00
MAT010	CABLE DESNUDO DE COBRE CALIBRE 10 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$6.38	*	10.000000	\$63.80
MAT011	CABLE DESNUDO DE COBRE CALIBRE 12 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$4.01		156.000000	\$625.56
MAT012	CABLE DESNUDO DE COBRE CALIBRE 14 AWG MCA. CONDUMEX	M	\$2.53		46.000000	\$116.38
MAT013	PLACA FENOLICA PARA CIRCUITO IMPRESO DE 0.30X0.40 METROS.	PZA	\$60.00	*	2.000000	\$120.00
MAT014	ROLLO DE 200 GRAMOS DE SOLDADURA CON ALEACIÓN ESTAÑO/PLOMO (60/40)	PZA	\$250.00	*	1.000000	\$250.00
MAT015	RESISTENCIA VARIABLE DE 1KILO OHM	PZA	\$7.00	*	1.000000	\$7.00
MAT016	TRIAC BT136 120V 4 AMP	PZA	\$18.00	*	51.000000	\$918.00
MAT017	SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT22.	PZA	\$210.35	*	2.000000	\$420.70
MAT018	CONDUCTOR DE COBRE SUAVE ESTAÑADO, AISLAMIENTO DE PVC SEMIRÍGIDO, FORMACIÓN DE 2 O 3 CONDUCTORES TORCIDOS 22 AWG, ESPECIFICACIONES NMX-I-236/01 - NYCE TM2670555	M	\$0.31	*	100.000000	\$31.00
MAT019	RELOJ DE TIEMPO REAL RTC DS 1307.	PZA	\$70.00	*	1.000000	\$70.00
MAT020	PANTALLA LCD ALFANUMERICA 20X4 (20 CARACTERES POR LINEA, 4 LINEAS), CON BACKLIGHT AZUL Y LETRAS BLANCAS.	PZA	\$243.97	*	1.000000	\$243.97
MAT021	INTERRUPTOR DE LIMITE MARCA OMRON Z-15GW22-B	PZA	\$277.50	*	16.000000	\$4,440.00
MAT022	ELECTROVALVULA SOLENOIDE 12 VCD DE 1/2"	PZA	\$1,123.00	*	4.000000	\$4,492.00
MAT023	MOTOR MONOFASICO DE 1/3 HP DE 127V A 1.95 AMP. CLASE DE AISLAMIENTO B F.S. 2 MCA SIEMENS.	PZA	\$1,421.00	*	4.000000	\$5,684.00
MAT024	MOTOR MONOFASICO DE 1/2 HP DE 127V A 2.93 AMP. CLASE DE AISLAMIENTO B F.S. 2 MCA SIEMENS.	PZA	\$1,606.60	*	4.000000	\$6,426.00
MAT025	CAJA REDUCTORA RELACIÓN 119:1 MARCA DAYTON.	PZA	\$12,386.50	*	8.000000	\$19,092.00
MAT026	CENTRO DE CARGA CAT. NQ183L100S MCA. SQUARE-D.	PZA	\$3,896.58	*	1.000000	\$3,896.58
MAT027	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1X15 AMP. MCA. SUQUARE-D CAT. QO115	PZA	\$76.56	*	4.000000	\$306.24
MAT028	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1X20 AMP. MCA. SUQUARE-D CAT. QO120	PZA	\$76.56	*	6.000000	\$459.36
MAT029	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1X30 AMP. MCA. SUQUARE-D CAT. QO130	PZA	\$76.56	*	1.000000	\$76.56
MAT030	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1X80 AMP. MCA. SUQUARE-D CAT. QO160	PZA	\$76.56	*	1.000000	\$76.56
MAT031	TUBO CONDUIT PARED GRUESA 13MM (1/2") SIN COPLE MCA. RYMCO.	TR	\$54.57	*	85.000000	\$4,638.45
MAT032	TUBO LIQUID TIGHT 13MM (1/2")	M	\$18.40	*	9.000000	\$165.60
MAT033	CONECTOR PARA TUBO LIQUID TIGHT DE 13MM (1/2")	PZA	\$5.62	*	9.000000	\$50.58
MAT034	COPLE PARED GURESA 13MM (1/2") MCA. RYMCO	PZA	\$3.12	*	72.000000	\$224.64
MAT035	VARILLA ROSCADA DE 3/8"	M	\$31.30	*	1.000000	\$31.30



CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



MAT036	MONITOR 13MM (1/2") MCA. ANCLO.	PZA	\$1.52	*	22.000000	\$33.44
MAT037	CONTRATUERCA 13MM (1/2") MCA. ANCLO	PZA	0.63	*	22.000000	\$13.86
MAT038	TUBO ELÉCTRICO DE PVC PESADO 13MM (1/2") MCA. DEPLAYUSA.	PZA	\$13.25	*	4.000000	\$53.00
MAT039	CONECTOR DE PVC PESADO 13MM (1/2") MCA. DEPLAYUSA	PZA	\$1.85	*	1.000000	\$1.85
MAT040	COPLA PVC PESADO 13MM (1/2")	PZA	\$0.94	*	3.000000	\$2.82
MAT041	CODO TUBO PVC PESADO 13MM (1/2")	PZA	\$4.11	*	2.000000	\$8.22
MAT042	TUERCA HEXAGONAL 3/8" MCA. ANCLO	PZA	\$0.33	*	3.000000	\$0.99
MAT043	ROLDANA PLANA 3/8" MCA. ANCLO	PZA	\$0.36	*	3.000000	\$1.08
MAT044	ROLDANA DE PRESION DE 3/8"	PZA	\$0.36	*	3.000000	\$1.08
MAT045	PERFIL TUBULAR RECTO DE 4" x 2"	TR	\$380.75	*	2.000000	\$761.50
MAT046	CONDULET OVALADO LB DE 13MM (1/2') SERIE 9 CON TAPA MCA. CROUSE HINDS.	PZA	\$41.81	*	22.000000	\$919.82
MAT047	RECEPTACULO DUPLEX 2P+T 15AMP. 125V. NEMA 5-15R COLOR BLANCO MCA. LEVITON.	PZA	\$12.05	*	3.000000	\$36.15
MAT048	LOTE DE SOPORTERIA DE CANALIZACIÓN	LTE	\$1,500.00	*	1.000000	\$1,500.00
MAT049	VARILLA COPPER WELD 5/8" X 3M PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	PZA	\$140.80	*	2.000000	\$281.60
MAT050	CONECTOR PARA VARILLA DE 5/8" PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	PZA	\$23.60	*	2.000000	\$27.20
MAT051	REGISTRO PARA SISTEMA DE TIERRAS	PZA	\$135.00	*	2.000000	\$270.00
MAT052	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 8 AWG MARCA CONDUMEX	M	\$10.14	*	10.000000	\$101.40
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$56,250.93

Los costos anteriores solo son en cuanto a los materiales, para realizar la instalación de los mismos se requiere de la mano de obra.

Para la realización de este proyecto se consideró que es necesario contratar un ingeniero, un cabo de oficios y 2 ayudantes operarios. El salario que se incluye es por jornada de trabajo, si consideramos que el trabajo se realizara en 3 días el total seria el siguiente.



Obra: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION PARA UN INVERNADERO

Lugar: , TETELA DE OCAMPO, Puebla

ANALISIS DE INVERSIÓN

Análisis:

AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION Y RIEGO DE UNA AREA PROTEGIDA.

INCLUYE: SUMINISTRO, MANEJO, INSTALACION Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------

MANO DE OBRA

CUADELEC01	CUADRILLA ELÉCTRICA	JOR			3.000000	
MOCDO101	CABO DE OFICIOS	JOR	\$500.00	*	1.000000	\$500.00
MOOE01	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$400.00	*	2.000000	\$800.00

SUBTOTAL: MANO DE OBRA **\$3900.00**

Por último para llevar a cabo la mano de obra del proyecto se requiere del equipo de seguridad y de la herramienta necesaria para la realización de dicha instalación, el importe de estos conceptos se toman como un porcentaje de la mano de obra por lo que el total del equipo de seguridad y herramienta utilizada será el siguiente.

Obra: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION PARA UN INVERNADERO

Lugar: , TETELA DE OCAMPO, Puebla

ANALISIS DE INVERSIÓN

Análisis:

AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION Y RIEGO DE UNA AREA PROTEGIDA.

INCLUYE: SUMINISTRO, MANEJO, INSTALACION Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------

EQUIPO DE SEGURIDAD Y HERRAMIENTA

%MO000H	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$3,900.00	*	0.030000	\$117.00
%ES000H	EQUIPO DE SEGURIDAD	%MO	\$3,900.00	*	0.010000	\$39.00
	Importe:					\$156.00

SUBTOTAL: EQUIPO DE SEGURIDAD Y HERRAMIENTA **\$156.00**



Los conceptos anteriores se manejaron sin IVA, en esta última tabla se hace la sumatoria y se calcula el IVA al 16%.

Además, como el proyecto se tendría que realizar en el estado de Puebla se deben considerar los viáticos, es decir, considerar los costos de hospedaje, comidas y transporte, los cuales se consideraron como costos indirectos.

Ahora si la sumatoria de todo esto representa el monto total que costaría la realización del proyecto.

Obra:	IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION PARA UN INVERNADERO
Lugar:	, TETELA DE OCAMPO, Puebla

ANALISIS DE INVERSIÓN

Análisis:

AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION Y RIEGO DE UNA AREA PROTEGIDA.

INCLUYE: SUMINISTRO, MANEJO, INSTALACION Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.

Código	Parámetro	Importe
MAT	MATERIALES	\$56,250.93
MO	MANO DE OBRA	\$3,900.00
ESYHM	EQUIPO DE SEGURIDAD Y HERRAMIENTA MENOR	\$156.00
SUBTOTAL		\$62,487.13
IVA 16%		\$9,997.94
INDIRECTOS		\$5,000.00
COSTO TOTAL		\$77,485.07

(* SETENTA Y SIETE MIL CUATROSIENTOS OCHENTA Y CINCO 07/100 M.N. *)

A este importe total se le debe agregar la ganancia de quien diseña el proyecto, sin embargo, en este caso no se le dará relevancia, el análisis económico se realizará únicamente con el costo total que anteriormente se determinó.

5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con este análisis se pretende dar a conocer la venta total anual del agricultor, al restar la reinversión para el nuevo cultivo resultan sus ganancias con las cuales fácilmente podría cubrir la inversión del proyecto.

**ANÁLISIS ECONÓMICO****Análisis: 003**

SE MUESTRA EL ANÁLISIS ECONÓMICO CUYO OBJETIVO ES CONOCER EL MONTO OBTENIDO PARA LA PRODUCCIÓN DEL JITOMATE EN SITUACIÓN MANUAL Y EN SITUACIÓN

PRODUCCIÓN DEL JITOMATE MANUAL

$$VTA \text{ manual} = PTJ \times PAT$$

Donde:

PTJ= Precio tonelada de jitomate \$ 7,180 M.N.

PAT= Producción anual en toneladas: 28.8 Ton.

VTA manual= Venta total anual.

Sustituyendo valores obtenidos:

$$VTA \text{ manual} = (7,180 \text{ M.N.} \times 28.8 \text{ Ton.})$$

$$VTA \text{ manual} = 206,784 \text{ M.N.}$$

Al automatizar los sistemas de riego y ventilación se pretende que aumente la producción de jitomate, así como la calidad del mismo y así genere mayor utilidad. Sin embargo, no podemos saber realmente cual será el aumento por lo que es complicado conocer en cuanto tiempo el agricultor podrá recuperar su inversión.

Para tener una referencia se consultó con el agricultor cual sería el salario de una persona encargada únicamente de la apertura y cierre de cortinas, así como de los riegos; con este salario que fue de \$100.00 M.N., se determinó el salario anual el cual representa la ganancia del agricultor al desarrollarse el proyecto y así poder determinar el tiempo de recuperación de su inversión.

Salario por jornada del trabajador = \$100.00 M.N.

Salario Anual del trabajador = \$36, 500.00 M.N.



$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Salario anual}}$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{77,485.07 \text{ M.N.}}{36,500.00 \text{ M.N.}} = 2.1 \text{ años}$$

Este tiempo de recuperación es únicamente tomando en cuenta que al automatizar el invernadero no se requerirá un trabajador encargado de la ventilación y el riego; si la producción y la calidad aumenta este tiempo disminuirá considerablemente.

5.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Estudiando el desarrollo del proyecto se deduce que la realización de este es redituable para el agricultor; es decir, requiere una inversión inicial que poco después de dos años será recuperada y a partir de ese momento comenzará a generar utilidades; sin embargo, en el transcurso de ese tiempo se obtienen beneficios como la disminución de esfuerzo y tiempo empleado en esas actividades, mejor control de los rangos de temperatura, y de los tiempos de riego, favoreciendo así la calidad de la cosecha.

Para la demostración del proyecto se realizó la construcción del prototipo y se implementó en una maqueta.

El módulo principal del prototipo cuenta con una pantalla LCD que muestra un mensaje de bienvenida y posteriormente la temperatura y humedad del invernadero así como la fecha, la hora y la opción para configurar los riegos apretando la tecla A del teclado matricial.



Figura 5.1 Mensaje de bienvenida en pantalla LCD.



Figura 5.2 Pantalla principal.

El menú para configurar los riegos es el siguiente y para ingresar se requiere presionar la tecla con el número 1, 2 o 3, o presionar * si se desea regresar al menú principal.



Figura 5.3 Submenú para la configuración de riegos.

Al ingresar a cada configuración de riego muestra si está habilitado el riego y la duración de este mismo, de igual manera muestra otro submenú para poder configurar la hora de inicio del riego presionando la tecla 1 y la duración de este presionando la tecla 2.



Figura 5.4 Submenú para la configuración de riego 1.



En la opción de configuración de inicio de riego puedes insertar la hora y el minuto en que se desea realizar el riego presionando la tecla A para incrementar las horas y la tecla B para incrementar los minutos; además de las opciones para borrar horas y minutos con las teclas C y D respectivamente. Para confirmar la hora de riego se requiere presionar *.



Figura 5.5 Submenú para la configuración de inicio de riego.

Para configurar la duración de riego, se debe presionar la tecla B para ir incrementando los minutos y de igual forma existe la opción de borrar con la tecla D y de confirmar con *.



Figura 5.6 Submenú para la configuración de la duración de riego.

Así es como se configura la duración del riego entre cada válvula del prototipo. A continuación se muestra las siguientes figuras con la demostración en la maqueta.



Figura 5.7 Pantalla principal.



Figura 5.8 Submenú configuración de riegos.



Figura 5.9 Submenú configuración de riego 1.



Figura 5.10 Submenú para la configuración de inicio del riego.



Figura 5.11 Submenú configuración de minutos por válvula.



Figura 5.12 Submenú configuración de duración entre cada válvula.



Figura 5.13 Submenú de la configuración de riego 1.

En la figura anterior se tiene que la configuración del riego 1 dará inicio a las 18:31 hrs. con una duración de 1 minuto pero dado a que se tienen 4 válvulas la duración será de 4 minutos. A continuación se muestra la demostración del prototipo.



Figura 5.14 Prototipo del invernadero.



En la figura anterior se muestra la cortina del invernadero con una lámpara de señalización color azul esto indica que el invernadero se encuentra con una temperatura baja y por consiguiente la cortina se mantiene cerrada.



Figura 5.15 Inicio programado para el riego.

Como se mencionó anteriormente a las 18:31 hrs iniciará el riego del invernadero y este se señaló con una lámpara de color naranja en la siguiente figura se muestra el inicio del riego.



Figura 5.16 Inicio de riego.



Figura 5.17 Apertura de cortina del invernadero.

En la figura anterior se observa una señalización de color rojo indicando que la temperatura aumento a un grado de que la cortina se abrió y observando también que el riego continua con su periodo de tiempo programado.



Figura 5.18 Señalización de la temperatura óptima del invernadero.

Como se muestra en la figura anterior la señalización color verde significa que la temperatura es óptima para el invernadero y también se observa que la señalización del riego continúa.



Figura 5.19 Cierre de cortina del invernadero.

Como se observa en la figura anterior la señalización de color verde cambio nuevamente a color azul indicando que la temperatura bajo y como resultado la cortina cerró.



CONCLUSIONES

Gracias al avance tecnológico que se ha dado a través de los años se han desarrollado dispositivos electrónicos capaces de realizar funciones de automatización, facilitando así diversos procesos que requerían invertir trabajo y tiempo para su realización. Entre los dispositivos que se tienen para realizar la automatización de estos procesos se encuentra el Microcontrolador; sin embargo para que realice estos procesos es necesario indicarle una serie de instrucciones por medio de un determinado ambiente de programación.

Partiendo de las necesidades del agricultor en los procesos de ventilación y riego de su invernadero, se implementó un prototipo capaz de procesar señales y en base a ellas tomar acciones necesarias por medio de actuadores y así realizar el trabajo que anteriormente se realizaba manualmente.

Primeramente por medio de un sensor de temperatura, de motores que accionan las cortinas y del diseño de la programación del Microcontrolador, se automatizó el sistema de ventilación. Con esto se cumplió uno de los objetivos que es reducir el trabajo y el tiempo que emplea el agricultor en dicha actividad y poder dedicar este tiempo en otras actividades, además de que el cultivo siempre se encontrara en las condiciones de temperatura que el agricultor considere óptimas para su desarrollo; también podrá cambiar el sistema a modo manual si así lo requiere por medio de un selector y así el poder manipular las cortinas a su conveniencia.

Anteriormente el agricultor estaba encargado de hacer dos riegos al día y estar al pendiente del tiempo de riego según la etapa en que se encontraba el cultivo. Con este proyecto se realizó el diseño de la programación para realizar un menú por medio del cual el agricultor puede programar la hora en que debe iniciar y la hora en que debe finalizar cada uno de los dos riegos e incluso programar un tercer riego si él considera que es necesario.

Se realizó un estudio de costos, en el cual se especifica todo lo que implica la realización de este proyecto; los materiales como son las plataforma Arduino, el sensor, los motorreductores, la pantalla LCD, el teclado, etc.; el material para la instalación como cable, tubería, tornillería y soportaría, etc. Y finalmente lo que es la mano de obra. Se contabilizó cada uno de estos elementos y en base al precio unitario se determinó un costo total.

Al presentar este estudio con el agricultor el podrá verificar lo que implica el proyecto así como el costo del mismo. Se incluyó un análisis en el cual puede darse cuenta el tiempo que tardará en recuperar su inversión y pueda determinar si está dispuesto a invertir en el proyecto según sus conveniencias.

En este proyecto se buscó mantener un precio accesible para el agricultor, manteniendo siempre la calidad y el buen funcionamiento del mismo, desarrollándolo en base a las necesidades y requerimientos que presentaba.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMCI y SAGARPA. (2010). Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México.. 2015, de Dirección de Vinculación y Desarrollo Tecnológico Sitio web:
http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf
- [2] Arduino. (2015). Arduino MEGA 2560. 2015, de Arduino Sitio web:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [3] Bastida, A. (2008). Los Invernaderos en México. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo
- [4] Castilla, N.. (2007). INVERNADEROS DE PLÁSTICO. Madrid: Mundi-Prensa.
- [5] de la Iglesia, J.. (1999). CULTIVO EN INVERNADERO. Madrid: Mundi-Prensa.
- [6] Domingo, J. Gamiz, J. Grau, A. Martínez, H.. (2003). Introducción a los autómatas programables. Aragón: UOC.
- [7] Flores, O. (2009). BATALLA DE MICROCONTROLADORES ¿AVR o PIC?. 2015, de Boletín Escuela de Informática Sitio web:
https://microcontroladores2utec.files.wordpress.com/2009/11/180909_articulo_colaboracion_boletin_fica_omar_otoniel_flores.pdf
- [8] Juárez-López P, Bugarín-Montoya R, Sánchez-Monteón AL, Balois-Morales R, Juárez-Rosete CR, Cruz-Crespo E.. (2011). HORTICULTURA PROTEGIDA EN NAYARIT, MÉXICO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS. Bio ciencias, 1, 24.
- [9] Ortega, L., Ocampo, J. , Sandoval,E. , Martínez,C., Huerta, A., Jaramillo,J.. (2015). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. Bio ciencias, 2, 270.
- [10] SIAP SAGARPA. (2014). Superficie, volumen de producción y comercio. 2015, de SAGARPA Sitio web:
[http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Jitomate%20\(abr%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Jitomate%20(abr%202014).pdf)
- [11] Torrente, O. (2013). ARDUINO curso práctico de formación. México: Alfaomega.
- [12] José Rafael Laraja Vizcaino y José Pelegrí Sebastía.(2014). Sistemas integrados con Arduino.



[13] *Fernando Reyes Cortes y Jaime Cid Monjaraz. (2015). ARDUINO- Aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingenierías.*

[14] *Condumex. (2012). Manual Técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión.*



ANEXOS

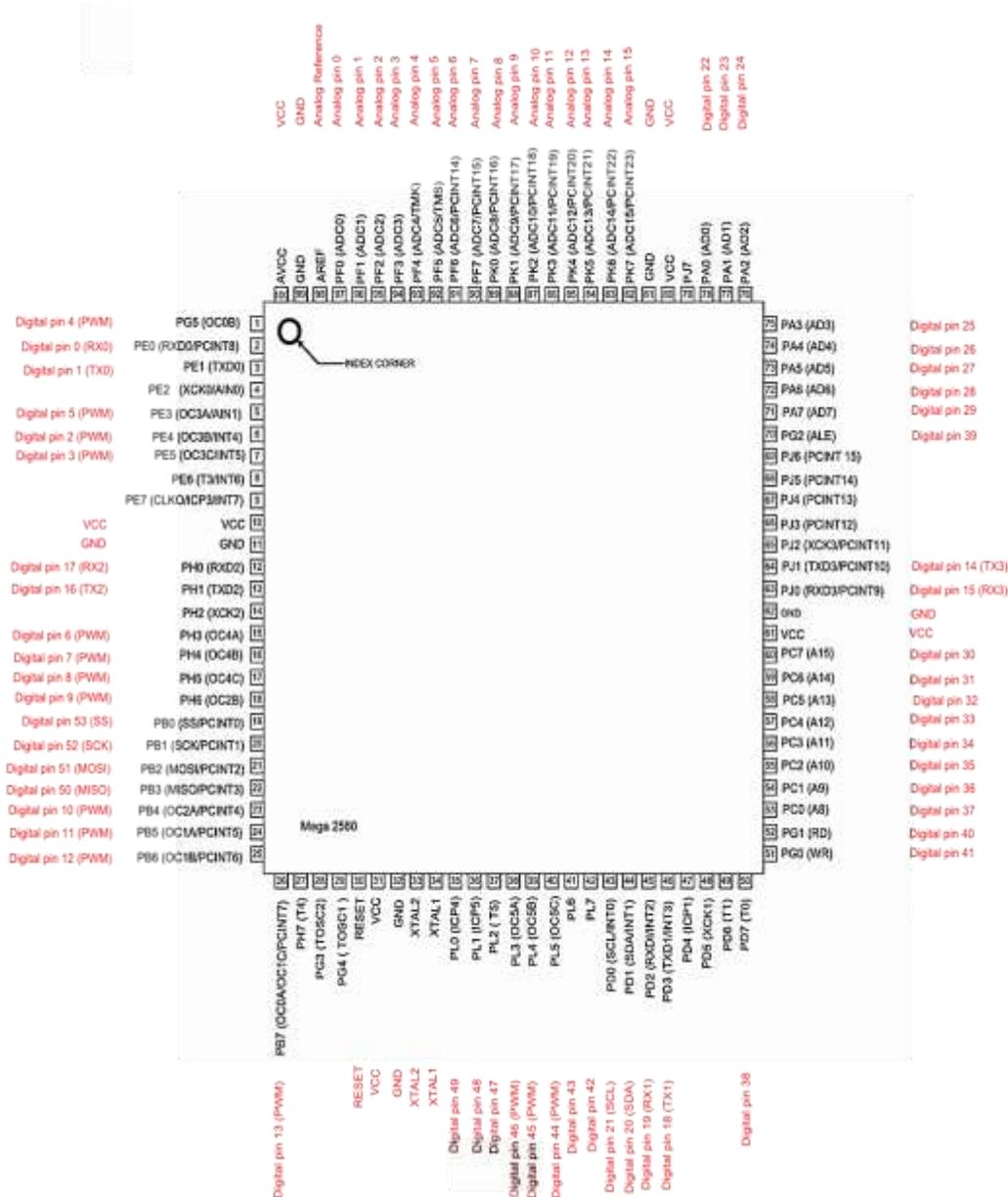


ANEXO 1

Hojas de datos de dispositivos electrónicos utilizados.

- Arduino Mega2560.¹

A continuación se muestra la asignación de pines para el Atmega2560. El chip utilizado en Arduino 2560. Hay asignaciones de pin a Atmega8 y ATmega 168/328.



Arduino Mega 2560 tabla de asignación de PIN.

¹ arduino. (2015). ATmega2560-Arduino Pin Mapping. 2015, de arduino Sitio web: <https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>



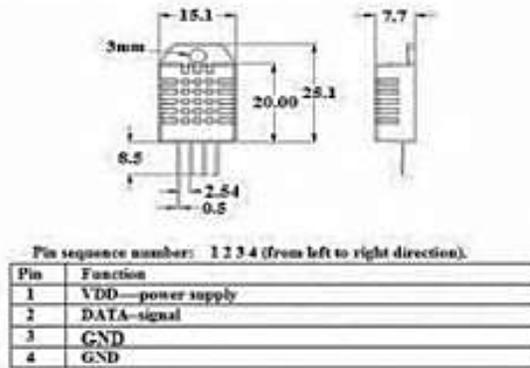
Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	



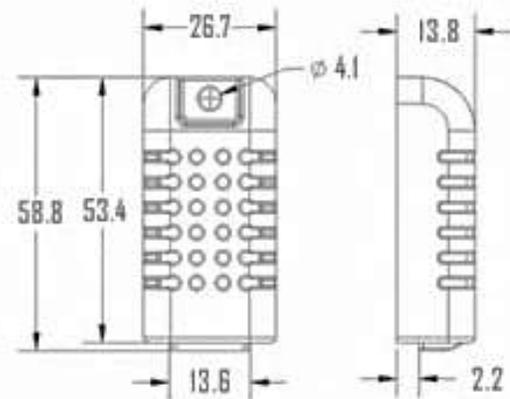
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

- Sensor de temperatura y humedad DHT22.¹

4. Dimensions: (unit---mm)



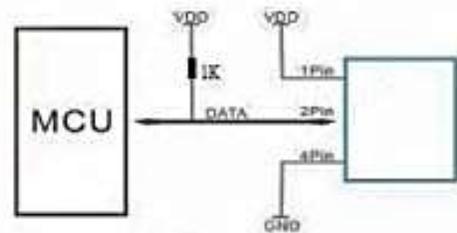
Standard AM2302's dimensions as above



Big case's dimensions as above

Red wire--power supply, Black wire--GND
Yellow wire--Data output

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

I-wire bus is used for communication between MCU and AM2302. (Our I-wire bus is specially designed, it's different from Maxim/Dallas I-wire bus, so it's incompatible with Dallas I-wire bus.)

Illustration of our I-wire bus:

¹ Thomas Liu (Sales Manager). (2014). Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22. 2015, de adafruit Sitio web: <https://www.adafruit.com/datasheets/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf>



- Módulo de reloj de tiempo real (RTC DS1307).¹

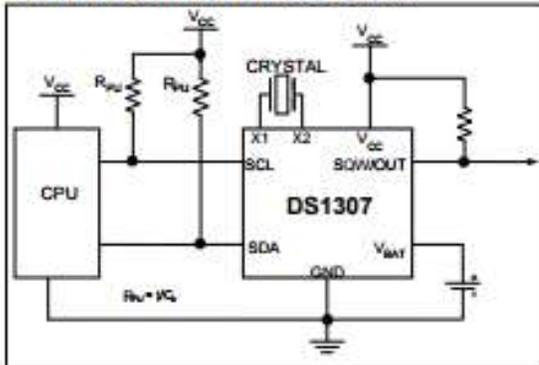


DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

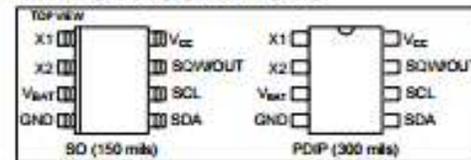
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



BENEFITS AND FEATURES

- Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Port Interfaces to Most Microcontrollers
 - I²C Serial Interface
- Low Power Operation Extends Battery Backup Run Time
 - Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
 - Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- 8-Pin DIP and 8-Pin SO Minimizes Required Space
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C Supports Operation in a Wide Range of Applications
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

+Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.

*A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device. Underwriters Laboratories, Inc. is a registered certification mark of Underwriters Laboratories, Inc.

¹ Maxim integrated. (2015). DS1307 64 x 8, Serial, I2 C Real-Time Clock. 2015, de Maxim Sitio web: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>

- Teclado Matricial 4x4.¹

4x4 Matrix Membrane Keypad

This 16-button keypad provides a useful human interface component for microcontroller projects. Convenient adhesive backing provides a simple way to mount the keypad in a variety of applications.

Features

- Ultra-thin design
- Adhesive backing
- Excellent price/performance ratio
- Easy interface to any microcontroller

Key Specifications

- Maximum Rating: 24 VDC, 30 mA,
Life Expectancy: 1 million closures
Bounce time: ≤ 5 ms
Insulation Resistance: 100M Ohm, @ 100V
Dielectric Withstand: 250VRms (@ 60Hz, 1min)
- Interface: 8-pin access to 4x4 matrix
- Operating temperature: 32 to 122 °F
(0 to 50°C).
- Dimensions:
Keypad, 2.7 x 3.0 in (6.9 x 7.6 cm)
Cable: 0.78 x 3.5 in (2.0 x 8.5 cm)

Application Ideas

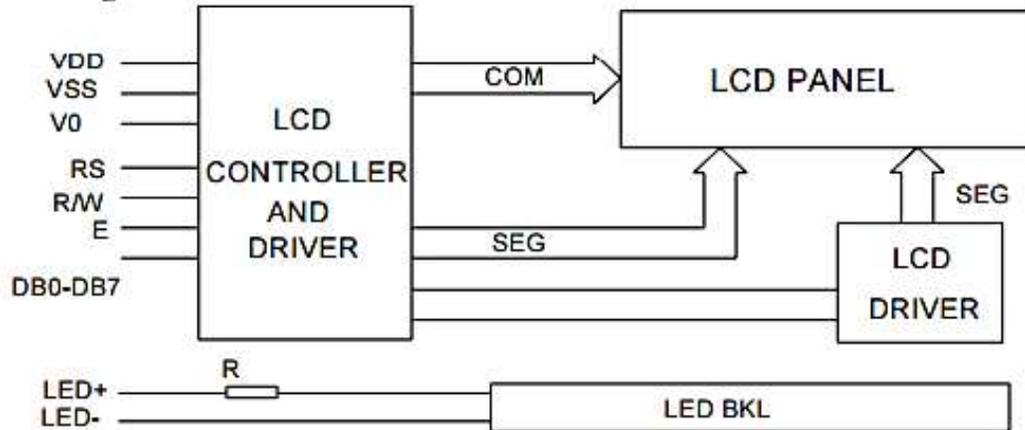
- Security systems
- Menu selection
- Data entry for embedded systems



¹ Matrix Membrane Keypad. (2005). 4x4 Matrix Membrane Keypad . 2015, de electronicoscaldas Sitio web: <http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/Teclado-membrana-matricial-4x4.pdf>

- Pantalla de cristal líquido LCD de 20x4.¹

Block diagram

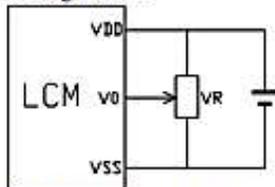


Interface pin description

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	V _{SS}	Power supply	Signal ground for LCM (GND)
2	V _{DD}		Power supply for logic (+5V) for LCM
3	V ₀		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0~DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4~DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power Supply	Power supply for BKL (Anode)
16	LED-		Power supply for BKL (GND)

Contrast adjust

A) For Single Source



For Module with Normal Temperature Range Fluid

V_{DD}-V₀: LCD Driving voltage

VR: 10k~20k

¹ HITACHI. (2000). Systronix 20x4 LCD Brief Technical Data. 2015, de systronix Sitio web: http://www.systronix.com/access/Systronix_20x4_lcd_brief_data.pdf



- Triac BT136¹

Triacs

BT136 series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

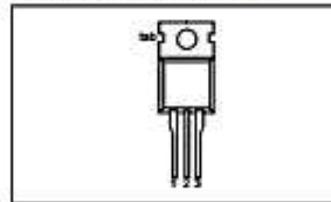
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	BT136-500	600	800	V
		BT136-500F	600F	800F	
		BT136-500G	600G	800G	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	4	4	A
		I_{TSM}	25	25	
	Non-repetitive peak on-state current				

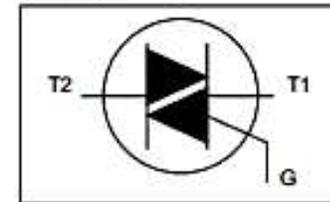
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
				-500	-600	-800	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	500 ¹	600 ¹	800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{ms} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4			A
I_T	Peak gate current	$t = 20\text{ ms}$	-	25			A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	27			A
di/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 10\text{ ms}$	-	3.1			A ² s
		$I_{TV} = 6\text{ A}$; $I_G = 0.2\text{ A}$; $di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$					
		T2+ G+	-	50			A/ μs
		T2+ G-	-	50			A/ μs
		T2- G-	-	50			A/ μs
		T2- G+	-	10			A/ μs
I_{GM}	Peak gate current		-	2			A
V_{GU}	Peak gate voltage		-	5			V
P_{GU}	Peak gate power		-	5			W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5			W
T_{stg}	Storage temperature		-40	150			$^\circ\text{C}$
T_J	Operating junction temperature		-	125			$^\circ\text{C}$

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ μs .

¹ <http://www.micropik.com/PDF/BT136-600.pdf>



- MOC 3011¹

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MOC3010D



**6-Pin DIP Random-Phase
Optoisolators Triac Driver Output
(250 Volts Peak)**

The MOC3010 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to silicon bilateral switch and are designed for applications requiring isolated triac triggering, low-current isolated ac switching, high electrical isolation (to 7500 Vac peak), high detector standoff voltage, small size, and low cost.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.

Recommended for 115 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Transistor Derate above 25°C	P_D	100 1.33	mW mW/°C

OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	250	Volts
Peak Repetitive Surge Current ($PW = 1 \text{ ms}$, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300 4	mW mW/°C

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	330 4.4	mW mW/°C
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T_L	250	°C

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

(Replaces MOC3009/D)

MOC3010
[IFT = 15 mA Max]
MOC3011
[IFT = 10 mA Max]
MOC3012*
[IFT = 5 mA Max]

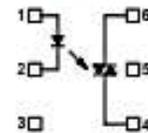
*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

COUPLER SCHEMATIC



1. ANDOE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

¹ <http://www.microelectronicos.com/datasheets/MOC3010.pdf>

MOC3010 MOC3011 MOC3012

TYPICAL APPLICATION CIRCUITS

NOTE: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only. Additional information on the use of the MOC3010/3011/3012 is available in Application Note AN-780A.

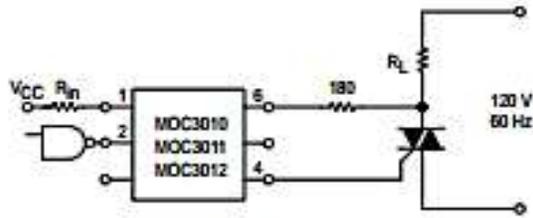


Figure 7. Resistive Load

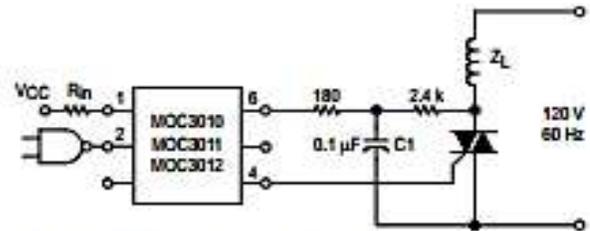


Figure 8. Inductive Load with Sensitive Gate Triac ($I_{GT} < 15 \text{ mA}$)

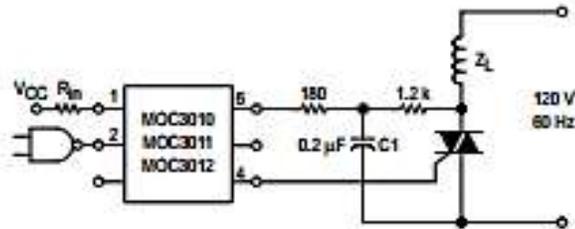


Figure 9. Inductive Load with Non-Sensitive Gate Triac ($15 \text{ mA} < I_{GT} < 50 \text{ mA}$)

¹ <http://www.microelectronicos.com/datasheets/MOC3010.pdf>



ANEXO 2

En este anexo se encuentra el sketch realizado en lenguaje arduino el cual se basa en el lenguaje processing, para mayor comprensión se adjuntan comentarios.

```
// Declaracion de las librerias a utilizar.
#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include "DHT.h"

#define DHTPIN 11
#define DHTTYPE DHT22

const byte FILAS = 4;
const byte COLUMNAS = 4;

char teclado[FILAS][COLUMNAS]{
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'},
};

byte filasPins[FILAS] = {22, 24, 26, 28};
byte columnasPins[COLUMNAS] = {30, 32, 34, 36};
Keypad personalizaciondeteclado = Keypad( makeKeymap(teclado), filasPins,
columnasPins, FILAS, COLUMNAS);

RTC_DS1307 rtc;
DHT dht(11, DHT22);
LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);

int lamparaAzul=8, lamparaVerde=9, lamparaRojo=10, motor=38;
int valvula1=14, valvula2=15, valvula3=16, valvula4=17;
int hora, minuto, segundo;
int numLength, hora1, hora2, hora3, minuto1, minuto2, minuto3,
duracionentrevalvulasriego1, duracionentrevalvulasriego2,
duracionentrevalvulasriego3;
int lapso1_1, lapso1_2, lapso1_3, lapso1_4, lapso2_1, lapso2_2, lapso2_3,
lapso2_4, lapso3_1, lapso3_2, lapso3_3, lapso3_4;
int duraciondelriego1, duraciondelriego2, duraciondelriego3;

String num1, num2, num3, num4, num5, num6, num7, num8, num9;
```



```
void setup() {
  Wire.begin();
  rtc.begin();
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  lcd.begin(20,4);
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("BIENVENIDO");
  lcd.setCursor(7,2);
  lcd.print("ARTEMIO");
  delay(3000);
  lcd.clear();

  pinMode(lamparaRojo, OUTPUT);
  pinMode(lamparaVerde, OUTPUT);
  pinMode(lamparaAzul, OUTPUT);
  pinMode(valvula1, OUTPUT);
  pinMode(valvula2, OUTPUT);
  pinMode(valvula3, OUTPUT);
  pinMode(valvula4, OUTPUT);
  pinMode(motor,OUTPUT);
  pantallaPrincipal();
}

void loop() {
  float h = dht.readHumidity(), t = dht.readTemperature();
  DateTime now = rtc.now();

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(now.day(), DEC);
  lcd.print('/');
  lcd.print(now.month(), DEC);
  lcd.print('/');
  lcd.print(now.year(), DEC);
  lcd.print(' ');
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(now.hour(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.minute(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.second(), DEC);

  hora=(now.hour());
  minuto=(now.minute());
  segundo=(now.second());
```



```
lapso1_1=minuto1+duracionentrevalvulasriego1;  
lapso1_2=lapso1_1+duracionentrevalvulasriego1;  
lapso1_3=lapso1_2+duracionentrevalvulasriego1;  
lapso1_4=lapso1_3+duracionentrevalvulasriego1;
```

```
lapso2_1=minuto2+duracionentrevalvulasriego2;  
lapso2_2=lapso2_1+duracionentrevalvulasriego2;  
lapso2_3=lapso2_2+duracionentrevalvulasriego2;  
lapso2_4=lapso2_3+duracionentrevalvulasriego2;
```

```
lapso3_1=minuto3+duracionentrevalvulasriego3;  
lapso3_2=lapso3_1+duracionentrevalvulasriego3;  
lapso3_3=lapso3_2+duracionentrevalvulasriego3;  
lapso3_4=lapso3_3+duracionentrevalvulasriego3;
```

```
if(segundo==59){  
    delay(1000);  
    lcd.clear();  
}
```

```
else{  
    pantallaprincipal();  
}
```

```
if(hora== hora1 && minuto==minuto1 && duracionentrevalvulasriego1!=0){  
    digitalWrite(valvula1,HIGH);  
    digitalWrite(motor,HIGH);  
}
```

```
else if(minuto==lapso1_1 && duracionentrevalvulasriego1!=0){  
    digitalWrite(valvula1,LOW);  
    digitalWrite(valvula2,HIGH);  
}
```

```
else if(minuto==lapso1_2 && duracionentrevalvulasriego1!=0){  
    digitalWrite(valvula2,LOW);  
    digitalWrite(valvula3,HIGH);  
}
```

```
else if(minuto==lapso1_3 && duracionentrevalvulasriego1!=0){  
    digitalWrite(valvula3,LOW);  
    digitalWrite(valvula4,HIGH);  
}
```

```
else if(minuto==lapso1_4 && duracionentrevalvulasriego1!=0){  
    digitalWrite(valvula4,LOW);  
    digitalWrite(motor,LOW);  
}
```

```
if(hora== hora2 && minuto==minuto2 && duracionentrevalvulasriego2!=0){
```



```
digitalWrite(valvula1,HIGH);
digitalWrite(motor,HIGH);
}
else if(minuto==lapso2_1 && duracionentrevalvulasriego2!=0){
digitalWrite(valvula1,LOW);
digitalWrite(valvula2,HIGH);
}
else if(minuto==lapso2_2 && duracionentrevalvulasriego2!=0){
digitalWrite(valvula2,LOW);
digitalWrite(valvula3,HIGH);
}
else if(minuto==lapso2_3 && duracionentrevalvulasriego2!=0){
digitalWrite(valvula3,LOW);
digitalWrite(valvula4,HIGH);
}
else if(minuto==lapso2_4 && duracionentrevalvulasriego2!=0){
digitalWrite(valvula4,LOW);
digitalWrite(motor,LOW);
}

if(hora== hora3 && minuto==minuto3 && duracionentrevalvulasriego3!=0){
digitalWrite(valvula1,HIGH);
digitalWrite(motor,HIGH);
}
else if(minuto==lapso3_1 && duracionentrevalvulasriego3!=0){
digitalWrite(valvula1,LOW);
digitalWrite(valvula2,HIGH);
}
else if(minuto==lapso3_2 && duracionentrevalvulasriego3!=0){
digitalWrite(valvula2,LOW);
digitalWrite(valvula3,HIGH);
}
else if(minuto==lapso3_3 && duracionentrevalvulasriego3!=0){
digitalWrite(valvula3,LOW);
digitalWrite(valvula4,HIGH);
}
else if(minuto==lapso3_4 && duracionentrevalvulasriego3!=0){
digitalWrite(valvula4,LOW);
digitalWrite(motor,LOW);
}

if(t>24.00 && t<27.00){
digitalWrite(lamparaVerde,HIGH);
}
else{
```



```
digitalWrite(lamparaVerde,LOW);
}

if(t >= 27.00){
  digitalWrite(lamparaRojo,HIGH);
}
else{
  digitalWrite(lamparaRojo,LOW);
}

if(t <=24.00){
  digitalWrite(lamparaAzul,HIGH);
}
else
{
  digitalWrite(lamparaAzul,LOW);
}

configuraciones
char tecla = personalizaciondeteclado.getKey();
  switch(tecla){
    case 'A':
      Menuderiegos();
      configuracionderiegos();
      lcd.clear();
      pantallaprincipal();
      break;
  }
}

void pantallaprincipal(){
float h = dht.readHumidity(), t = dht.readTemperature();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(" PANTALLA PRINCIPAL ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(5,2);
lcd.print((char)223); //(char)223 es el codigo para sacar el ° en el LCD
lcd.setCursor(6,2);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(9,2);
lcd.print(h);
lcd.setCursor(15,2);
lcd.print("% hum");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("CONF. RIEGO, PRES. A");
```



```
}

void Menuderiegos(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("1. CONF. RIEGO1");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("2. CONF. RIEGO2");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("3. CONF. RIEGO3");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("* ATRAS");
}

void configuracionderiegos(){
  char tecla1;
  do{
    tecla1 = personalizaciondeteclado.getKey();
    switch (tecla1){
      case '1':
        submenuriego1();
        configuracioninicioyfinriego1();
        break;

      case '2':
        submenuriego2();
        configuracioninicioyfinriego2();
        break;

      case '3':
        submenuriego3();
        configuracioninicioyfinriego3();
        break;
    }
  }
  while(tecla1 != '*');
}

void configuracioninicioyfinriego1(){
  char tecla2;
  do{
    tecla2=personalizaciondeteclado.getKey();
    switch(tecla2){

      case '1' :
        configurarinicio1();
        ajustehorasym minutos1();
```



```
break;

case '2':
    configurarduracionentrevalvulas1();
    ajustededuracion1();
    break;

case '*':
    Menuderiegos();
    break;
}
}
while(tecla2 != '*');
}

void configuracioninicioyfinriego2(){
    char tecla2;
    do{
        tecla2=personalizaciondeteclado.getKey();
        switch(tecla2){

            case '1' :
                configurarinicio2();
                ajustehorasyminutos2();
                break;

            case '2':
                configurarduracionentrevalvulas2();
                ajustededuracion2();
                break;

            case '*':
                Menuderiegos();
                break;
        }
    }
    while(tecla2 != '*');
}

void configuracioninicioyfinriego3(){
    char tecla2;
    do{
        tecla2=personalizaciondeteclado.getKey();
        switch(tecla2){
```



```
    case '1' :
        configurarinicio3();
        ajustehorasyminutos3();
        break;

    case '2':
        configurarduracionentrevavulas3();
        ajustededuracion3();
        break;

    case '*':
        Menuderiegos();
        break;
    }
}
while(tecla2 != '*') ;
}

void submenuriego1(){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RIEGO 1 DUR:  min");
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(duraciondelriego1);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("1.CONF. INICIO  : ");
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(hora1);
    lcd.setCursor(18,1);
    lcd.print(minuto1);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("2.CONF. MIN x VAL:");
    lcd.setCursor(18,2);
    lcd.print(duracionentrevavulasriego1);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("* ATRAS");

}

void submenuriego2(){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RIEGO 2 DUR:  min");
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(duraciondelriego2);
    lcd.setCursor(0,1);
```



```
lcd.print("1.CONF. INICIO : ");
lcd.setCursor(15,1);
lcd.print(hora2);
lcd.setCursor(18,1);
lcd.print(minuto2);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("2.CONF. MIN x VAL:");
lcd.setCursor(18,2);
lcd.print(duracionentrevalvulasriego2);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("* ATRAS");
}
```

```
void submenuriego3(){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("RIEGO 3 DUR: min");
lcd.setCursor(13,0);
lcd.print(duraciondelriego3);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("1.CONF. INICIO : ");
lcd.setCursor(15,1);
lcd.print(hora3);
lcd.setCursor(18,1);
lcd.print(minuto3);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("2.CONF. MIN x VAL:");
lcd.setCursor(18,2);
lcd.print(duracionentrevalvulasriego3);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("* ATRAS");
}
```

```
void ajustehorasyminutos1(){
char tecla3;
do{
tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
switch(tecla3){
case 'A':
num1=num1+tecla3;
numLength= num1.length();
hora1=numLength;
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(hora1);
break;

case 'B':
```



```
num2=num2+tecla3;
numLength= num2.length();
minuto1=numLength;
  lcd.setCursor(3,2);
  lcd.print(minuto1);
break;

case 'C':
  num1="";
  hora1=0;
  configurarinicio1();
break;

case 'D':
  num2="";
  minuto1=0;
  configurarinicio1();
break;

  case '*':
    submenuriego1();
    break;
  }}
while(tecla3 != '*' );
}

void ajustededuracion1(){
  char tecla3;
do{
  tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
  switch(tecla3){

  case 'B':
    num3=num3+tecla3;
    numLength= num3.length();
    duracionentrevavulasriego1=numLength;
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(duracionentrevavulasriego1);
    break;

  case 'D':
    num3="";
    duracionentrevavulasriego1=0;
    configurarduracionentrevavulas1();
    break;

    case '*':
```



```
        duraciondelriego1=duracionentrevalvulasriego1*4;
        submenuriego1();
        break;
    }}
while(tecla3 != '*' );
}
```

```
void ajustehorasyminutos2(){
    char tecla3;
    do{
        tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
        switch(tecla3){
            case 'A':
                num4=num4+tecla3;
                numLength= num4.length();
                hora2=numLength;
                lcd.setCursor(0,2);
                lcd.print(hora2);
                break;

            case 'B':
                num5=num5+tecla3;
                numLength= num5.length();
                minuto2=numLength;
                lcd.setCursor(3,2);
                lcd.print(minuto2);
                break;

            case 'C':
                num4="";
                hora2=0;
                configurarinicio2();
                break;

            case 'D':
                num5="";
                minuto2=0;
                configurarinicio2();
                break;

                case '*':
                    submenuriego2();
                    break;
        }}
while(tecla3 != '*' );
}
```



```
void ajustededuracion2(){
    char tecla3;
    do{
        tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
        switch(tecla3){
        case 'B':
            num6=num6+tecla3;
            numLength= num6.length();
            duracionentrevulvasriego2=numLength;
            lcd.setCursor(0,2);
            lcd.print(duracionentrevulvasriego2);
            break;

            case 'D':
                num6="";
                duracionentrevulvasriego2=0;
                configurarduracionentrevulvas2();
                break;

                case '*':
                    duraciondelriego2=duracionentrevulvasriego2*4;
                    submenuriego2();
                    break;
        }}
    while(tecla3 != '*' );
}
```

```
void ajustehorasyminutos3(){
    char tecla3;
    do{
        tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
        switch(tecla3){
        case 'A':
            num7=num7+tecla3;
            numLength= num7.length();
            hora3=numLength;
            lcd.setCursor(0,2);
            lcd.print(hora3);
            break;

            case 'B':
                num8=num8+tecla3;
                numLength= num8.length();
                minuto3=numLength;
                lcd.setCursor(3,2);
```



```
lcd.print(minuto3);
break;

case 'C':
    num7="";
    hora3=0;
    configurarinicio3();
break;

case 'D':
    num8="";
    minuto3=0;
    configurarinicio3();
break;

    case '*':
        submenuriego3();
        break;
}} while(tecla3 != '*' );}

void ajustededuracion3(){
char tecla3;
do{
    tecla3 = personalizaciondeteclado.getKey();
    switch(tecla3){
case 'B':
    num9=num9+tecla3;
    numLength= num9.length();
    duracionentrevavulasriego3=numLength;
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(duracionentrevavulasriego3);
    break;

    case 'D':
        num9="";
        duracionentrevavulasriego3=0;
        configuraruracionentrevavulas3();
        break;

        case '*':
            duraciondelriego3=duracionentrevavulasriego3*4;
            submenuriego3();
            break;
}} while(tecla3 != '*' );
}
```



```
void configurarinicio1(){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("INICIO RIEGO 1");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("A.HORA(24HRS) B.MIN");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(hora1);
    lcd.setCursor(3,2);
    lcd.print(minuto1);
    lcd.setCursor(2,2);
    lcd.print(":");
    lcd.setCursor(8,2);
    lcd.print("C.BORRAR HRS");
    lcd.setCursor(8,3);
    lcd.print("D.BORRAR MIN");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("*LISTO");
}
```

```
void configurarduracionentreválvulas1(){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("B.DURACION ENTRE");
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print("CADA VALVULA");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(duracionentreválvulasriego1);
    lcd.setCursor(3,2);
    lcd.print("min");
    lcd.setCursor(8,3);
    lcd.print("D.BORRAR MIN");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("*LISTO");
}
```

```
void configurarinicio2(){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("INICIO RIEGO 2");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("A.HORA(24HRS) B.MIN");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(hora2);
    lcd.setCursor(3,2);
    lcd.print(minuto2);
    lcd.setCursor(2,2);
```



```
lcd.print(":");  
lcd.setCursor(8,2);  
lcd.print("C.BORRAR HRS");  
lcd.setCursor(8,3);  
lcd.print("D.BORRAR MIN");  
lcd.setCursor(0,3);  
lcd.print("*LISTO");  
}
```

```
void configurarduracionentrevalvulas2(){  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("B.DURACION ENTRE");  
  lcd.setCursor(2,1);  
  lcd.print("CADA VALVULA");  
  lcd.setCursor(0,2);  
  lcd.print(duracionentrevalvulasriego2);  
  lcd.setCursor(3,2);  
  lcd.print("min");  
  lcd.setCursor(8,3);  
  lcd.print("D.BORRAR MIN");  
  lcd.setCursor(0,3);  
  lcd.print("*LISTO");  
}
```

```
void configurarinicio3(){  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(3,0);  
  lcd.print("INICIO RIEGO 3");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("A.HORA(24HRS) B.MIN");  
  lcd.setCursor(0,2);  
  lcd.print(hora3);  
  lcd.setCursor(3,2);  
  lcd.print(minuto3);  
  lcd.setCursor(2,2);  
  lcd.print(":");  
  lcd.setCursor(8,2);  
  lcd.print("C.BORRAR HRS");  
  lcd.setCursor(8,3);  
  lcd.print("D.BORRAR MIN");  
  lcd.setCursor(0,3);  
  lcd.print("*LISTO");  
}
```

```
void configurarduracionentrevalvulas3(){  
  lcd.clear();
```



```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("B.DURACION ENTRE");  
lcd.setCursor(2,1);  
lcd.print("CADA VALVULA");  
lcd.setCursor(0,2);  
lcd.print(duracionentrevalvulasriego3);  
lcd.setCursor(3,2);  
lcd.print("min");  
lcd.setCursor(8,3);  
lcd.print("D.BORRAR MIN");  
lcd.setCursor(0,3);  
lcd.print("*LISTO");  
}
```



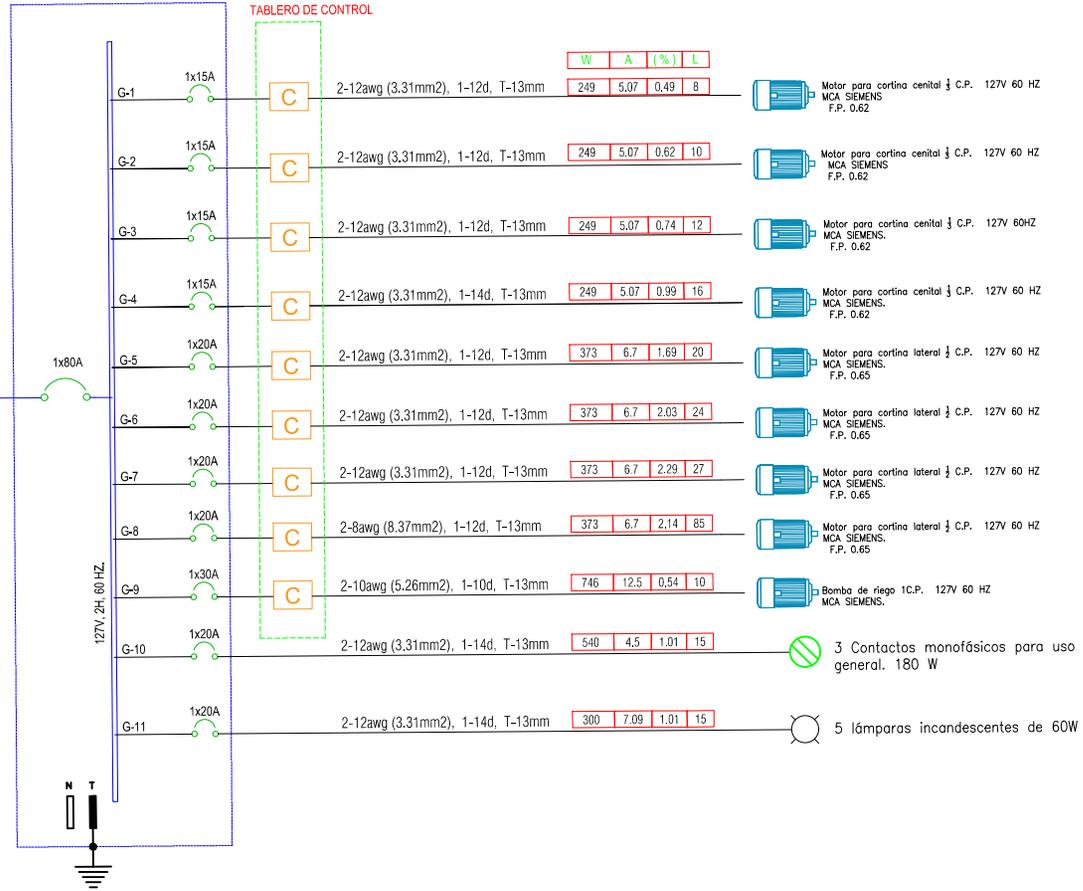
PLANOS

CARGA INSTALADA = 4.074 kW



ACOMETIDA EN BAJA TENSION DE C.F.E 127V, 1F - 2H

TAB. "G"
1F, 2H, 127V



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



NOTAS GENERALES Y SIMBOLOGIA

- ACOMETIDA EN BAJA TENSION DE C.F.E. 127V 1F-2H
- EM EQUIPO DE MEDICION DE C.F.E.
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MCA. SQUARE-D CAPACIDAD INDICADA EN PLANO.
- BARRA DE NEUTRO Y DE PUESTA A TIERRA DE "TAB G".
- C CIRCUITO DE CONTROL Y POTENCIA
- MOTOR ELECTRICO, CARACTERISTICAS INDICADAS EN PLANO
- LAMPARA INCANDESCENTE DE 60W
- CONTACTO DUPLEX RELAYADO 15A, CON PROTECCION DE FALTA A TIERRA 127V, 60 Hz. ROTACION EN SENO A UNA ALTURA DE 0.30 M. S.M.N.T.
- TUBO CONDUIT TAMAÑO Y METROS LINEALES ESPECIFICADOS EN PLANO QUE ALMA CONDUCTOR ELECTRICO TAMAÑO MCA, CONDUITE, TUBOS INDICADOS EN PLANO.

REV.	FECHA	DESCRIPCION	PROY.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA UNIDAD ZACATENCO
AV. LUIS ENRIQUE ERRE 8/P.O. GUSTAVO A. MADERO, ZACATENCO, 89758 CIUDAD DE MEXICO.



INVERVERO				
TITULO DE OBRAS, OBRAS DE PASA				
DIAGRAMA UNIFILAR				
PROYECTISTA	APROBADO	FECHA	PROYECTO	CLIENTE

