



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA APLICADO A UN  
INVERNADERO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO**

**P R E S E N T A N:**

**AYALA SOLIS AYAMIN ALEXIS AGUSTIN  
REYES LOPEZ SERGIO RODOLFO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. en I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO**

**CD. NEZAHUALCOYOTL ESTADO DE MEXICO**

**2013**



**FES Aragón**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

**ALUMNO:**

**AYAMIN ALEXIS AGUSTIN AYALA SOLIS**

*A mi madre Alicia Solís, por todo el apoyo que he recibido de su parte durante toda mi vida y el ejemplo de vida que significa para todos quienes la conocemos.*

*A mis hermanos, por estar conmigo tanto en las buenas como en las malas.*

*A mi novia Alejandra Pardo, que siempre ha estado a mi lado aconsejándome y apoyándome en todo momento.*

*A mi familia, por todos los buenos consejos, motivación y su apoyo incondicional.*

*A mis mejores amigos Sergio Reyes y Alonso Pérez, que sin su apoyo y consejo no hubiera podido salir adelante con el presente trabajo.*

*A mi asesor M en I. Humberto Mancilla, por su aporte y consejo motivándome a salir adelante.*

*Al profesor José Antonio Ávila, por su guía, apoyo y motivación que siempre tuvo con nosotros, mostrando que un profesor puede ser un buen amigo e inspirar al alumno a siempre llegar a su meta.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Aragón por permitir formarme, profesionalmente en sus instalaciones.*

## AGRADECIMIENTOS

ALUMNO:

**SERGIO RODOLFO REYES LOPEZ**

*A mi padre Rodolfo Reyes por su apoyo y ejemplo, a quien admiro y respeto profundamente por ser un hombre íntegro y trabajador.*

*A mi madre Emma López por su invaluable y constante apoyo para hacer de mí, un hombre de bien.*

*A la Ing. Rocío Castrejón por ser una inspiración y motivación excepcional siempre impulsándome a salir adelante y por nunca permitir rendirme.*

*A mi estimado amigo Alexis Ayala por confiar en mí y creer que las cosas se pueden lograr aun en contra de cualquier adversidad.*

*A mi estimado amigo Alonso Pérez por su valioso e incondicional apoyo, por ser parte fundamental en el desarrollo de este proyecto.*

*A mi distinguido, apreciado y amigo profesor José Antonio Ávila por su apoyo para la elaboración de este proyecto, por compartir sus conocimientos y ser un gran ser humano conmigo y los que lo rodean.*

*A mi asesor M en I. Humberto Mancilla por su dirección y determinación para la consolidación de este proyecto.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Aragón por permitir formarme profesionalmente en sus instalaciones.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	VII
----------------------	-----

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	VIII
---------------------------	------

Planteamiento del problema.....	VIII
---------------------------------	------

Objetivo General.....	X
-----------------------	---

### **CAPITULO 1 “MARCO TEÓRICO”**

1.1 ¿Qué es un sistema SCADA?.....	2
------------------------------------	---

1.1.1 Definiciones del sistema SCADA.....	3
---	---

1.1.2 Componentes del sistema SCADA.....	4
--	---

1.1.3 Infraestructura y métodos de comunicación.....	6
--	---

1.2 Antecedentes.....	7
-----------------------	---

1.2.1 ¿Qué es un invernadero?.....	7
------------------------------------	---

1.3 Fundamentos teóricos.....	9
-------------------------------	---

1.3.1 ¿Qué es automatización?.....	9
------------------------------------	---

1.3.2 Tipos de automatización.....	9
------------------------------------	---

1.3.3 ¿Qué es control?.....	11
-----------------------------	----

1.4 ¿Qué es un actuador?.....	14
-------------------------------	----

1.5 ¿Qué es un sensor?.....	15
-----------------------------	----

1.5.1 Características de un sensor.....	15
---	----

1.5.2 Tipos de sensores resistivos.....	16
---	----

1.5.3 Tipos de sensores capacitivos de humedad.....	19
---	----

### **CAPITULO 2 “CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO”**

2.1 Descripción del invernadero.....	22
--------------------------------------	----

2.2 Descripción de los sistemas del invernadero.....	24
--	----

2.2.1 Sistema de calefacción.....	26
-----------------------------------	----

2.2.2 Sistema de enfriamiento.....	27
------------------------------------	----

2.2.3	Sistema de riego.....	28
2.2.4	Sistema de humedad relativa.....	29
2.2.5	Sistema de iluminación.....	30
2.3	Sistemas propuestos.....	33
2.3.1	Sistema propuesto de calefacción.....	33
2.3.2	Sistema de enfriamiento propuesto.....	34
2.3.3	Sistema de riego propuesto.....	34
2.3.4	Sistema de humedad relativa propuesto.....	35
2.3.5	Sistema de iluminación propuesto.....	36

### **CAPITULO 3 “CONTROL DEL INVERNADERO”**

3.1	Sistema SCADA aplicado al invernadero.....	38
3.2	Microcontrolador ATMEGA 2560.....	40
3.3	LabVIEW.....	41
3.4	LabVIEW con Arduinó.....	42
3.5	Adquisición de datos.....	43
3.6	Base de datos.....	44
3.6.1	¿Qué es una base de datos?.....	44
3.7	Funcionamiento del sistema.....	47
3.7.1	Control todo o nada (ON-OFF).....	49
3.7.2	Control ON-OFF para sistema de temperatura.....	50
3.7.3	Control ON-OFF para sistema de Humedad Relativa.....	52
3.7.4	Control ON-OFF para sistema de Riego.....	52
3.7.5	Control analógico para sistema de iluminación.....	53

### **CAPITULO 4 “CIRCUITOS DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO”**

4.1	Circuito.....	55
4.2	Activación del sistema de temperatura.....	56
4.3	Activación del sistema de humidificación.....	59
4.4	Activación del sistema de riego.....	61
4.5	Activación del sistema de iluminación.....	62

4.6 Componentes electrónicos y electromecánicos empleados.....	63
4.7 Elementos de mando.....	67

## **CAPITULO 5 “PROGRAMACION”**

5.1 Programación de los sistemas.....	69
5.1.1 Programación del sistema de temperatura.....	73
5.1.2 Programación del sistema de humedad relativa.....	75
5.1.3 Programación del sistema de riego.....	76
5.1.4 Programación del sistema de iluminación.....	80
5.2 Activación manual de los sistemas.....	81

## **CAPITULO 6 “PRUEBAS Y RESULTADOS”**

6.1 Modelo a escala.....	83
6.1.1 Elementos de construcción del modelo a escala.....	84
6.2 Resultados.....	88
6.3 Conclusiones.....	95

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>96</b>
--------------------------	-----------

## **ANEXOS**

Anexo A Diagrama arquitectónico invernadero.....	97
Anexo B Diagrama electrónico tarjeta de potencia.....	98
Anexo C Gabinete de control.....	99
Anexo D Diagrama DTI.....	100
Anexo E Diagrama de conexiones eléctricas.....	102
Anexo F Ficha técnica del arduino mega.....	103
Anexo G Ficha técnica del sensor DS18B20.....	104
Anexo H Ficha técnica del sensor DHT11.....	106
Anexo I Ficha técnica del sensor LDR.....	107

## **RESUMEN**

El presente trabajo muestra el diseño e implementación de un sistema SCADA, aplicado a un invernadero, con el fin de optimizar el trabajo en el área de agronomía, contribuyendo en mejorar las condiciones climáticas del mismo, esto a través de una interfaz gráfica con la que el agricultor puede interactuar fácilmente. Incluye un sistema de control basado en un entorno de programación (LabVIEW) y una tarjeta de adquisición de datos fundamentada en el uso de un microcontrolador, también está integrado por una base de datos que expone las condiciones climáticas a las que deben de ser sometidos los diversos cultivos. Además permite generar un historial de datos con las condiciones de operación y funcionamiento del proceso, lo que se refleja en mejoras continuas para los cultivos.

Cabe mencionar que se desarrolló un sistema de automatización flexible, destinado a controlar las variables de: Temperatura, Luminosidad, Riego, Humedad relativa y Humedad del sustrato. Utilizando recursos de información y herramientas: sensores, actuadores, tarjeta de adquisición de datos, software de programación gráfica e información sobre los procesos de cultivo.

Además, se realizó la construcción de un modelo a escala del invernadero, el cual permitió entender e interpretar el comportamiento de las variables y perturbaciones en el sistema original.

El sistema destaca porque en su integración, las distintas variables se lograron manipular a través de un: Control gráfico o virtual, control físico (con la ayuda de un gabinete de control), control por eventos o censado, control por tiempos y un control a distancia.



## **INTRODUCCION**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El invernadero de la Facultad de Estudios Superiores Aragón presenta limitaciones en algunos de sus sistemas actuales:

**Sistema de Temperatura:** Este es supervisado con la ayuda de un termómetro digital pero el proceso de control es realizado de forma manual a criterio del personal a cargo y en ausencia de ellos, el cultivo queda desprotegido en los momentos en que la temperatura se eleva o disminuye. Obligando la presencia continua del ingeniero agrónomo para realizar dicho proceso.

**Riego (Humedad del sustrato):** Controlado por medio de un sistema temporizado, pero no obstante, presenta limitación en el sentido de que el cultivo requiera o no de agua, esta será suministrada o limitada, debido a que presenta una programación fija.

**Humedad del ambiente:** La limitación principal es que no se cuenta con ningún elemento que ayude a su supervisión y control, reflejándose en detrimento directo del cultivo, ya que este requiere de un nivel de humedad óptimo para su desarrollo, así como de ningún dispositivo de carácter específico para la generación de la misma.

**Luminosidad:** Este presenta el mismo caso que el sistema anterior no existe dispositivo de supervisión y control que ayude a suministrar la dosis y cantidad de energía luminosa necesaria para el desarrollo ideal del cultivo.

## **HIPOTESIS**

Se propone implementar un sistema SCADA con la finalidad de hacer más eficiente el entorno climático del invernadero, a través de un sistema de control general que supervise monitorice y controle por medio de una HMI los sistemas de:

Temperatura: Implementar un sensor que proporcione información sobre el aumento o disminución de la misma y que esta al ser evaluada o comparada con las señales de consigna, active el actuador para calefacción (calentador de gas eléctrico) o enfriamiento (pared húmeda y extractores) según corresponda.

Riego (Humedad del sustrato): Se propone aplicar control por eventos, por medio de un sensor de humedad del sustrato, el cual sense si el cultivo tiene un nivel de humedad bajo o alto y a partir de tal información, se ejerza una acción de control para activar la bomba y la o las respectivas electroválvulas para el suministro de agua.

Humedad del ambiente: La propuesta es, aplicar un sensor de humedad que ayude a determinar la cantidad de saturación de agua que hay en el medio, generando la acción de control necesaria para humedecer el mismo, según el caso con la ayuda de un humidificador.

Luminosidad: Se sugiere colocar un sensor de luz (fotorresistencia) que informe sobre la cantidad de luz que reciben los cultivos para así activar o desactivar el sistema de iluminación (lámparas) que suministren la cantidad de energía luminosa necesaria para el desarrollo ideal del cultivo contribuyendo al proceso de fotosíntesis del mismo..

## **OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de adquisición, supervisión y control de datos del invernadero para aumentar la eficiencia de los sistemas climáticos, mejorar la calidad de los cultivos, reducción de costos, aumento de la producción, aumento del ingreso económico, reducir las horas de trabajo del ingeniero agrónomo y del personal que ahí labora, contar con un sistema flexible que permita realizar la aplicación de recetas de diversos cultivos de forma automática sin tener que hacer grandes cambios físicos y de esfuerzo de persona

## CAPITULO 1

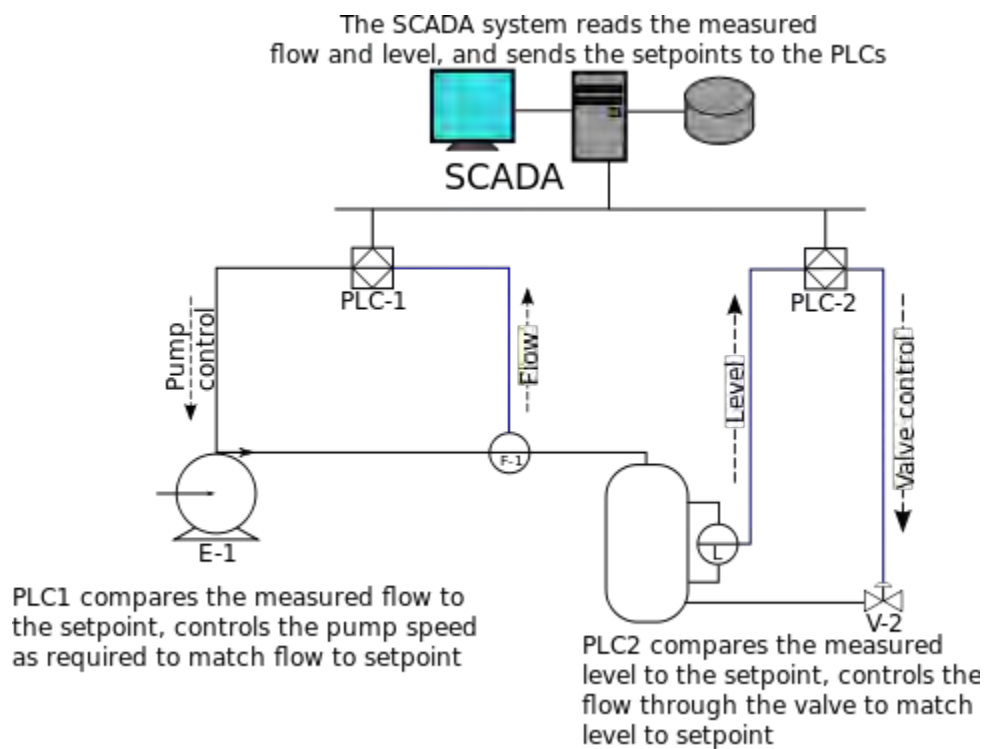
---

## MARCO TEÓRICO



## 1.1 QUE ES UN SISTEMA SCADA

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un sistema que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención. Todo esto se puede visualizar en la figura 1.1.



*Figura 1.1 Ejemplo de proceso SCADA en áreas industriales*

### **1.1.1 DEFINICIONES DEL SISTEMA SCADA**

Supervisión: Acto de observar el trabajo o tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad, supervisar no significa el control sobre el otro, sino el guiarlo en un contexto de trabajo, profesional o personal, es decir con fines correctivos y/o de modificación.

Automática: Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que monitoriza y controla un sitio completo o una parte de un sitio que nos interesa controlar (el control puede ser sobre máquinas en general, depósitos, bombas, etc.) o finalmente un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas). La mayor parte del control del sitio es en realidad realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (UTR), por un Controlador Lógico Programable (PLC) y más actualmente por un Controlador de Automatización Programable (PAC). Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión. Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. La realimentación del lazo de control es cerrada a través del RTU o el PLC; el sistema SCADA monitoriza el desempeño general de dicho lazo. El sistema SCADA también puede mostrar gráficas con históricos, tablas con alarmas y eventos, permisos y accesos de los usuarios, etc.

Necesidades de la supervisión de procesos:

- Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.
- Control software. Cierre de lazo del control.
- Recoger, almacenar y visualizar la información.

## 1.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA SCADA

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como UTR, RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

### Unidad de Terminal Remota (RTU)

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo el RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha, pararla.

La RTU puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.

Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor NORMAL o ALARMA. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten. Un ejemplo de una alarma es la luz de "tanque de combustible vacío" del automóvil. El operador de SCADA pone atención a la parte del sistema que lo requiera, por la alarma. Pueden enviarse por correo electrónico o mensajes de texto con la activación de una alarma, alertando al administrador o incluso al operador de SCADA.

### Estación Maestra

El término "Estación Maestra" se refiere a los servidores y al software responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTUs, PLCs, etc.) en estos se encuentra el software HMI corriendo para las estaciones de trabajo en el cuarto de control, o en cualquier otro lado. En un sistema SCADA pequeño, la estación maestra puede estar en una sola

computadora, A gran escala, en los sistemas SCADA la estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido y sitios de recuperación de desastres.

El sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada. Por ejemplo un dibujo de una bomba conectada a la tubería puede mostrar al operador cuanto fluido está siendo bombeado desde la bomba a través de la tubería en un momento dado o bien el nivel de líquido de un tanque o si la válvula está abierta o cerrada. Los diagramas de representación pueden consistir en: gráficos de líneas y símbolos esquemáticos para representar los elementos del proceso, o pueden consistir en fotografías digitales de los equipos sobre los cuales se animan las secuencias.

Los bloques software de un SCADA (módulos), permiten actividades de adquisición, supervisión y control.

Características:

- Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.



El paquete HMI para el sistema SCADA típicamente incluye un programa de dibujo, con el cual los operadores o el personal de mantenimiento del sistema pueden cambiar la apariencia de la interfaz. Estas representaciones pueden ser tan simples como unas luces de tráfico en pantalla, las cuales representan el estado actual de un campo en el tráfico actual, o tan complejas como una pantalla de multiproyector representando posiciones de todos los elevadores en un rascacielos o todos los trenes de una vía férrea. Plataformas abiertas como GNU/Linux que no eran ampliamente usados inicialmente, se usan debido al ambiente de desarrollo altamente dinámico y porque un cliente que tiene la capacidad de acomodarse en el campo del hardware y mecanismos a ser controlados que usualmente se venden UNIX o con licencias Open VMS. Hoy todos los grandes sistemas son usados en los servidores de la estación maestra, así como en las estaciones de trabajo HMI.

### **1.1.3 INFRAESTRUCTURA Y METODOS DE COMUNICACIÓN**

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica) es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos de conexión entre sistemas pueden incluso ser a través de comunicación wireless.

Para que la instalación de un SCADA sea perfectamente aprovechada, debe de cumplir varios objetivos:

1. Deben ser sistemas de arquitectura abierta (capaces de adaptarse según las necesidades del proceso).
2. Deben comunicarse con facilidad al usuario con el equipo de planta y resto de la empresa (redes locales y de gestión).
3. Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware. También tienen que ser de fácil manejo.

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **1.2.1 ¿QUÉ ES UN INVERNADERO?**

Los invernaderos son estructuras de diversas formas y tamaños, cuyo propósito es resguardar las condiciones de temperatura y humedad, además de proveer de protección contra plagas y enfermedades para el cultivo de plantas dentro de un ambiente adecuado y obtener cultivos con mayor rapidez y durante cualquier época del año.

Los invernaderos normalmente contruidos de plástico o vidrio, aíslan a los cultivos de inclemencias naturales como:

Las lluvias, las cuales siendo moderadas ayudarían a los plantíos en el proveído de agua la cual es necesaria para el proceso de fotosíntesis, pero en condiciones en las que la precipitación pasan de ser moderadas a chubasco afecta directamente al crecimiento de la planta.

El frio que es generado por corrientes de aire en algunas ocasiones y en otras por la caída de la temperatura, usualmente en las madrugadas y en épocas donde el clima es gélido crea un exceso de humedad dentro de la tierra poniendo en riesgo el crecimiento adecuado de la planta y la posible pérdida de nuestro plantío.

Las plagas y enfermedades que se presentan por diferentes medios en el ambiente, un buen ejemplo de una plaga puede ser la maleza que crece de manera natural en la tierra y ataca a los plantíos por sus niveles de crecimiento en su raíz, los gusanos que se comen las hojas y dañan el tallo, etc.

El calor que es generado por el sol en algunas ocasiones en exceso en diferentes épocas del año haciendo que la humedad que es necesario en el sueño sea mínimo y en ocasiones no se tenga así como la evaporación del agua de una manera más rápida secando a nuestro plantío.

Los primeros invernaderos de horticultura fueron construidos alrededor de 1850 para el cultivo de uvas. Se descubrió que el cultivo en invernaderos con calefacción y con el más alto nivel de cristal incrementaba el rendimiento. Las plantas crecían más rápidamente cuando se les daba más luz y el entorno cálido era constante. Estos servían de protección contra el clima frío que se tenía en alguno de los países bajos pudiendo sembrar en cualquier época del año.

## **INVERNADERO DE TÚNEL O SEMICILÍNDRICO**

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5.0 m x 8.0 m ó 3.0 m x 5.0 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3.5m y 5.0m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 m a 4.0 m. El ancho de estas naves está comprendido entre 6.0 m y 9.0 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero. En la Figura 1.2 se muestra una imagen de este tipo de invernadero.



*Figura 1.2 Ejemplo Invernadero de tipo túnel*

## **1.3 FUNDAMENTOS TEORICOS**

### **1.3.1 ¿QUÉ ES AUTOMATIZACIÓN?**

Es el manejo de un proceso total o parcial con la menor intervención de la mano del hombre. Los sistemas automáticos son controles que actúan por si mismos constantemente verificando los parámetros establecidos y ejecutan las operaciones necesarias y en los cuales la intervención de operador es reducida o nula. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas.

### **1.3.2 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN**

- Fija.
- Flexible.
- Programable.

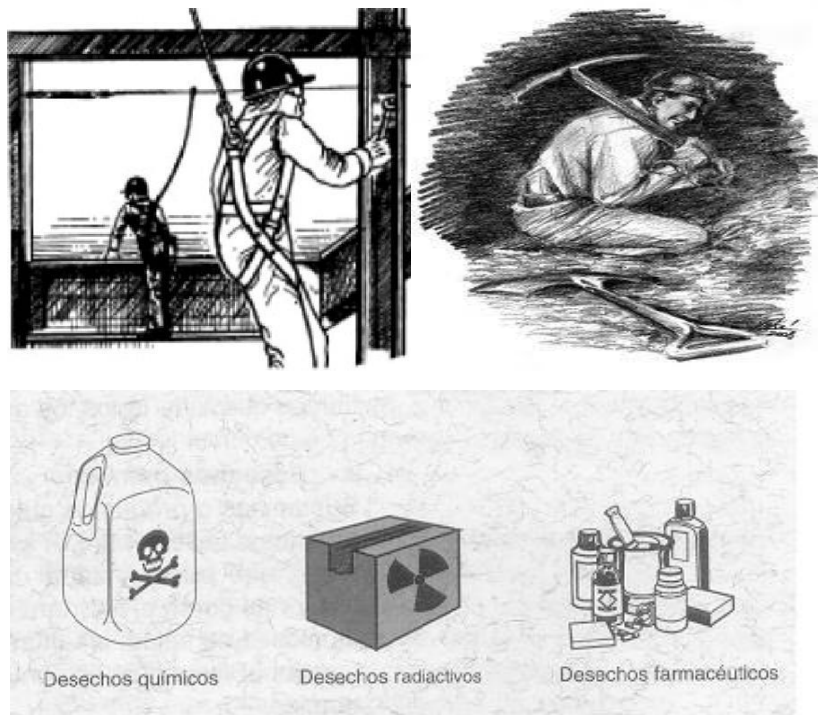
La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, por tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto con rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Un posible inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto; esta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

Por su parte la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

## PROCESOS SUSCEPTIBLES DE AUTOMATIZAR

Muchos de los procesos en la industria proveen de un claro riesgo para los empleados fig. 1.3 y empresarios, tales procesos suelen ser con respecto al manejo de productos químicos, los cuales si no son cuidadosamente manejados suelen tener percances en la salud del operario. El constante incremento del costo de equipos, primas de seguros además de posibles pérdidas humanas por incidentes, ha aumentado el ímpetu de la industria hacia objetivos de prevención de riesgos. En otras situaciones los costos de tener un operador en procesos repetitivos suele ser mayor a la inversión de un proceso que sea autónomo.

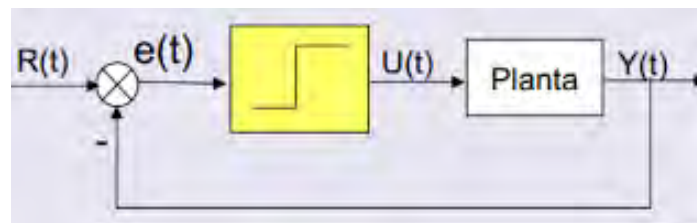


***Figura 1.3 Procesos de alto riesgo para los trabajadores***

Dentro de la automatización podemos observar una palabra que puede saltar a la vista “control”, pero que significa esta palabra y qué importancia tiene en la automatización; veamos lo a continuación.

### 1.3.3 ¿QUÉ ES CONTROL?

Es todo proceso en los que influye un sistema mecánico, eléctrico o electrónico, que es retroalimentado por sí mismo para ejercer una acción determinada y producir un trabajo para llevar a cabo alguna tarea en diferentes ramas de la ingeniería. También control significa medir el valor de la variable controlada del sistema, y aplicar al sistema la variable manipulada para corregir o limitar la desviación del valor medido, respecto al valor deseado.



*Figura 1.4 Ejemplo de diagrama de control on-off*

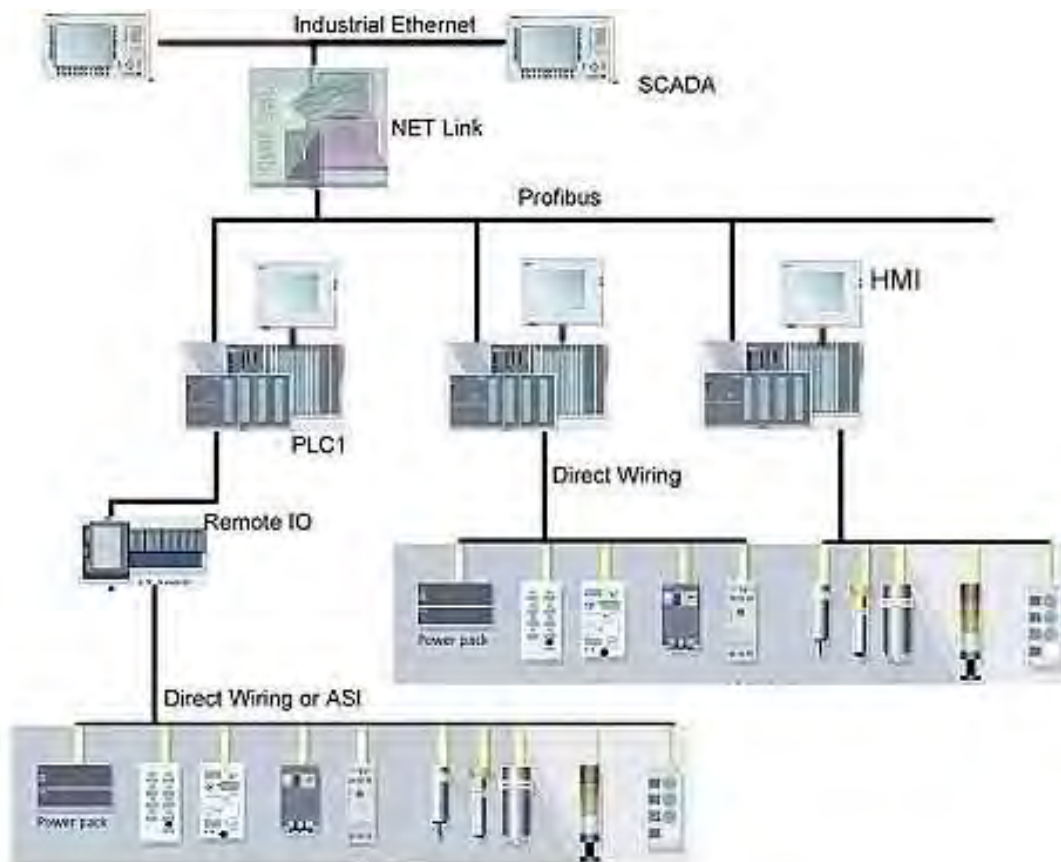
### RELACIÓN ENTRE EL CONTROL Y LA AUTOMATIZACIÓN

La automatización es un conjunto de técnicas que relaciona sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, que se combinan para luego ser dirigidos o mejor dicho controlados por medio de un software especializado, que se encarga de poner en movimiento a este mecanismo complejo de una forma automática.

El control es el sistema que da accionamiento al proceso precargado en un dispositivo Microcontrolador que recogerá el programa hasta cargarlo todo y dará salida a todos los datos recabados en el para ejercer los controles necesarios del sistema que serán automáticos gracias a una programación previa de todas las variables a controlar.

## Características de un sistema de automatización y control:

- Flexibilidad.- respuesta rápida a cambios y actualizaciones.
- Versatilidad.- Capacidad de utilizar el equipo de control en otro proceso sin necesidad de cambiar conexiones y dispositivos mecánicos.
- Monitoreo.- Seguimiento del proceso en lo individual y en conjunto.
- Centralización del control.- El proceso debe ser supervisado desde un solo puesto.
- Ligación.- Los sistemas individuales que pueden ser enlazados para una producción en conjunto.
- Mantenimiento rápido.- Tiempos cortos de paro y rápida respuesta de corrección de fallas.



*Figura 1.5 Diagrama de Control y Automatización de un sistema industrial.*

## MICROCONTROLADOR

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de una computadora. Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores de dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender a sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.



*Figura 1.6 Microcontrolador ATMEGA2560 de la marca ATMEL*



## 1.4 ¿QUÉ ES UN ACTUADOR?

Es un elemento electromecánico o eléctrico que se encargan de ejecutar las órdenes recibidas de los controladores. Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

Actuador eléctrico: transforman la energía eléctrica en mecánica. Son los que poseen una mayor aplicación dada la fácil disponibilidad de la energía eléctrica a través de las redes de distribución. Sus tipos son los siguientes:

- Motores de corriente alterna.
  - Monofásicos
  - Trifásicos
- Motores de corriente continua
  - Bobinados en derivación.
  - Bobinados en serie
  - Excitación independiente
  - Motores paso a paso
  - Servomotores
  - Motor universal



*Figura 1.7 Actuadores eléctricos*

## 1.5 ¿QUÉ ES UN SENSOR?

Es un dispositivo que hace uso de un transductor para transformar variables físicas de un sistema en señales procesables por un controlador. Transductor es un elemento que transfiere energía un tipo de energía en otro para poder procesable o manipulable por un sistema de control.

### 1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR

El uso de los sensores está en función de las características con las que cuenta el mismo y su aplicación dependerá de las necesidades del proceso para el cual va ser implementado.

- RANGO: Valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de sensor.
- EXACTITUD: la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medidas.
- REPETITIVIDAD: la capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
- REPRODUCIBILIDAD: tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- RESOLUCIÓN: la cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
- ERROR: es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
- NO LINEALIDADES: la desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
- SENSIBILIDAD: razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada:  $s = \partial V / \partial x$
- EXCITACIÓN: es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
- ESTABILIDAD: es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante.

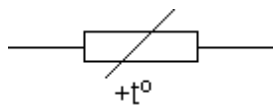
- TIEMPO DE RETARDO: TD, es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el 50% de su valor final.
- TIEMPO DE SUBIDA: TS, es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
- TIEMPO DE PICO: TP, es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación.
- PICO DE SOBREOSCILACIÓN: MP, expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.
- TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO: TE, el tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del 5% alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella.

## 1.5.2 TIPOS DE SENSORES RESISTIVOS

Los sensores que se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son seguramente los más abundantes. Esto se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material. Por lo tanto, ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida. Entre los que destacan:

### DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS (RTD)

Estos tipos de sensores suelen designarse por sus siglas en inglés RTD (*Resistance Temperature Detector*). Su símbolo es el que se muestra en la figura 1.8. La línea recta indica que tienen un comportamiento lineal intrínseco y la anotación que la acompaña indica que su variación se debe a la temperatura y que tiene un coeficiente positivo.



**Figura 1.8 Símbolo de un RTD**

Las RTD se basan en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Dicha variación puede expresarse de la forma:

$$R = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \alpha_3 T^3 + \dots + \alpha_n T^n) \dots \dots \dots (1.1)$$

Donde  $R_0$  es la resistencia a la temperatura de referencia y  $T$  es el incremento de temperatura con respecto a ella. Para determinados conductores, los coeficientes a partir del segundo orden pueden despreciarse con respecto a  $\alpha_1$  en un amplio margen de temperaturas y la expresión anterior queda como:

$$R = R_0(1 + \alpha T) \dots \dots \dots (1.2)$$

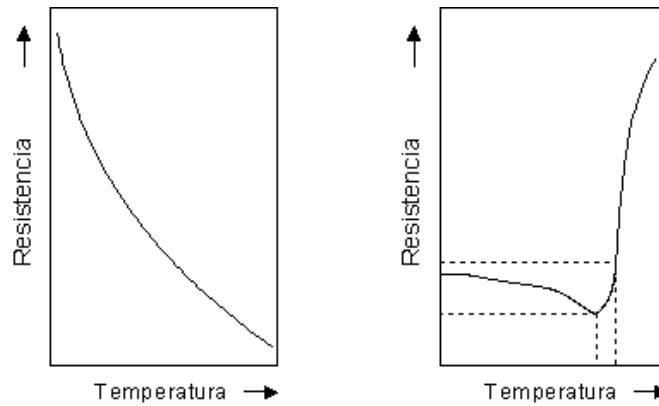
### Termistores

Los termistores (*thermally sensitive resistor*) son dispositivos resistores variables con la temperatura, basados en semiconductores. En función de que su coeficiente de temperatura sea positivo o negativo, se distingue entre PTC (*Positive Temperature Coefficient*) y NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Sus símbolos son los mostrados en la figura 1.9, donde el trazo horizontal que acompaña a la línea inclinada indica un comportamiento no lineal.



**Figura 1.9 Símbolo de termistores PTC y NTC**

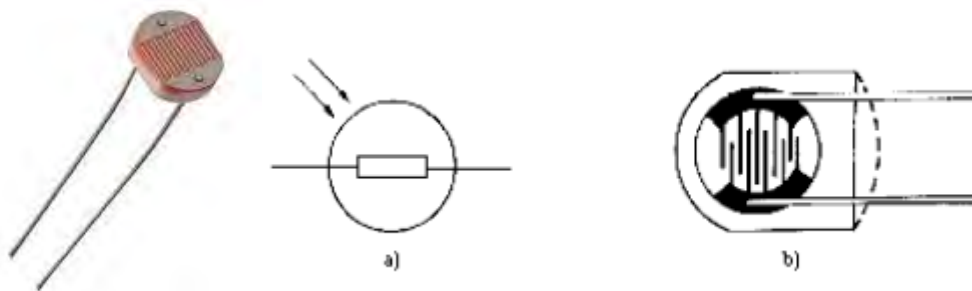
Los termistores se basan en el aumento de portadores en los semiconductores con el aumento de la temperatura, lo que da lugar a una disminución de su resistencia. Cuando el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades de coeficiente de temperatura positivo en un rango de temperaturas limitado. En las figuras 1.9 y 1.10 se muestran las características resistencia-temperatura típicas de una NTC y una PTC.



**Figura 1.10 Características resistencia-temperatura típica para un NTC y PTC**

### SENSOR FOTORESISTIVO

Las fotorresistencias (LDR, *Light Dependent Resistor*) se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor al incidir sobre él una radiación. La radiación de una determinada energía provoca que los electrones salten de la banda de valencia a la de conducción en el semiconductor, aumentando la conductividad del mismo. Este efecto es más importante cuando se incrementa la temperatura del material, ya que la energía de los electrones aumenta y con ello la probabilidad de que se produzcan saltos de una banda a otra.

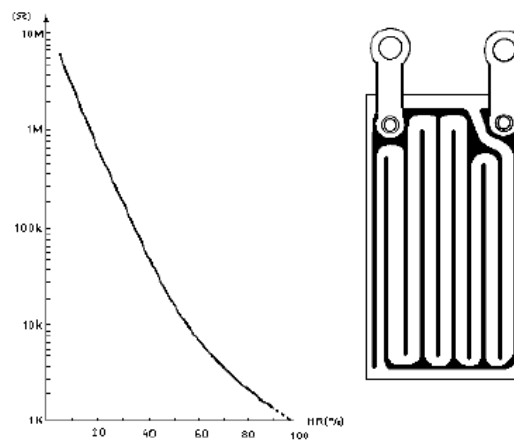


**Figura 1.11 Fotorresistencia LDR**

## HIGROMETROS RESISTIVOS

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en un gas o de agua absorbida en un líquido o sólido. La mayoría de los aislantes eléctricos presentan un descenso en su resistencia brusca, al aumentar su contenido de humedad. Si se mide la variación de su resistencia se tiene un higrómetro resistivo.

La mayoría de los aislantes eléctricos presentan un descenso de resistencia brusca y un aumento de su constante dieléctrica, al aumentar su contenido de humedad. Si se mide la variación de su resistencia se tiene un hidrómetro resistivo.



*Figura 1.12 Variación de la resistencia con respecto a la cantidad de humedad*

### 1.5.3 TIPOS DE SENSORES CAPACITIVOS DE HUMEDAD

Los sensores capacitivos (polímero orgánico capacitivo) son diseñados normalmente con platos paralelos con electrodos porosos o con filamentos entrelazados en el sustrato. El material dieléctrico absorbe o elimina vapor de agua del ambiente con los cambios del nivel de humedad. Los cambios resultantes en la constante dieléctrica causa una variación en el valor de la capacitancia eléctrica del dispositivo por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad. Un cambio en la constante dieléctrica de aproximadamente el 30 % corresponde a una variación de 0...100 %HR en la humedad relativa.

El principio en el cual se basa este tipo de sensores, es en el cambio que sufre la capacidad (C en [Farad]) de un condensador al variar la constante dieléctrica del mismo. Si se utiliza la mezcla gaseosa como dieléctrico entre las placas del condensador, el valor de este estará determinado por:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \dots \dots \dots (1.3)$$

Donde:

- C, es el valor de la capacidad.
- $\epsilon$ , es la permisividad del dieléctrico (constante dieléctrica).
- A, el área de las placas del condensador.
- D, la distancia entre las placas del condensador.

Una molécula de agua está compuesta por 2 átomos de hidrogeno y 1 de oxígeno. Los átomos de hidrogeno se encuentran unidos al oxígeno a través de un enlace covalente, que se produce al compartir un electrón, sin embargo, lo anterior ocurre en forma desequilibrada geoméricamente hablando. Lo cual se traduce en que una molécula de agua tenga una disposición neta de sus cargas, similar a las de un dipolo eléctrico.

Dado a la naturaleza polar del agua, en presencia de un campo eléctrico, se produce la alineación de la moléculas, siendo esta la causa del porque el agua presenta una constante dieléctrica (80) mayor que el aire . Luego si se utiliza como dieléctrico, una mezcla gaseosa que contenga vapor de agua, el valor C del condensador va a variar dependiendo de la cantidad de moléculas de agua que estén presentes entre las placas.



**Figura 1.13 Sensor de humedad y temperatura DHT11**

## CAPITULO 2

---

# CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO





## 2.1 DESCRIPCION DEL INVERNADERO

El invernadero de la Facultad de Estudios Superiores de Aragón es de tipo túnel, tiene un ancho de 6.0 m por 24 m de largo, lo que equivale a  $144 \text{ m}^2$ , está construido de perfil tubular de 2.0 pulgadas de diámetro calibre 14. El piso está recubierto con plástico negro que evita el contacto directo con el suelo y evita el crecimiento de malezas, éste material se llama malla piso. Las paredes laterales, están cubiertas por malla permeable o malla antiáfidos, la cubierta del invernadero es de plástico blanco con 25% de sombreado tratado contra rayos ultravioleta calibre 720, con vida útil de 2 años. Consta de un sistema de tutoraje con cables de acero colocados a una altura de 2.0 m.

Se utilizan bolsas de plástico negro calibre 600 con capacidad de 16 litros como contenedores. Las bolsas tienen 4 perforaciones de 0.5 cm cada una ubicadas en la base de las mismas, el objetivo de las perforaciones es ayudar a eliminar el exceso de agua. Se colocan a doble hilera. El sustrato utilizado es tezontle fino color rojo (con tamaño de partículas menores a 0.5 mm). También puede utilizarse sin ningún inconveniente el tezontle negro, siempre y cuando tenga las mismas características de tamaño que el tezontle rojo.



*Figura 2.1 Vista frontal del invernadero de la Facultad de Estudios Superiores de Aragón*



*Figura 2.2 Vista interior del invernadero de la Facultad de Estudios Superiores de Aragón*

## 2.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO

### SISTEMA DE TEMPERATURA

Las plantas necesitan para su correcto desarrollo una temperatura ideal a cada género. En general, el rango de temperatura que permite obtener una producción óptima se encuentra entre los 12 °C y los 32°C de temperatura ambiente; pero existen ciertas condiciones en las cuales la planta suele detener su crecimiento para entrar en un periodo de latencia o hibernación, tales se encuentran por debajo de los 10°C. En un rango superior a los 35°C, las plantas reducen su actividad para evitar la deshidratación producida por el excesivo calor que se encuentra dentro del entorno climático.

El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior.

El calor se transmite en el interior del invernadero por radiación, conducción e infiltración. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero, el suelo y la estructura del mismo. La infiltración se debe al intercambio de calor al interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura. La radiación, por el desplazamiento del calor a través del espacio translucido.

El invernadero debe calentarse si la temperatura exterior cae por debajo de la temperatura mínima requerida por los cultivos. Las necesidades de cantidad calor del invernadero pueden calcularse según la siguiente expresión:

$$Q = A_H K' (t_i - t_a) \dots \dots \dots (2.1)$$

Las necesidades específicas de calor por metro cuadrado de suelo de invernadero, se calculan por:

$$q = \frac{A_H}{A_G K'} (t_i - t_a) \dots\dots\dots (2.2)$$

En dónde:

$K'$  = es el coeficiente global de transmisión de calor ( $W/m^2K$ )

$A_H$  = es el área de la superficie del invernadero ( $m^2$ )

$A_G$  = es la superficie del suelo del invernadero ( $m^2$ )

$t_i$  = es la temperatura requerida dentro del invernadero

$t_a$  = es la temperatura media de las mínimas en el exterior

En el caso de la temperatura exterior para calcular las medias mínimas, se deben tomar valores registrados en estaciones meteorológicas próximas. A continuación se muestran los coeficientes globales de pérdida de calor de una serie de materiales de cubierta:

MATERIAL	$W/m^2k$
Vidrio sencillo	6,0 - 8,8
Doble vidrio, cámara de 9 mm.	4,2 - 5,2
Doble acrílico SDP 16	4,2 - 5,0
Triple acrílico S3P 32	3,0 - 3,5
Doble policarbonato, cámara 10 mm.	4,7 - 4,8
Doble policarbonato, cámara 16 mm.	4,2 - 5,0
Plástico	6,0 - 8,0
Doble plástico	4,2 - 6,0
Doble plástico IR opaco + cortina	2,5 - 3,0

Vidrio + cortina térmica de polietileno	6,4
Vidrio + cortina térmica de PVC	4,7
Vidrio + cortina térmica de EVA	5,1
Vidrio + cortina térmica de burbujas	4,9
Vidrio + cortina térmica de plástico, film no tejido	4,1 - 4,8
Vidrio + cortina térmica de doble plástico, burbujas	3,4 - 3,9
Vidrio + cortina térmica de film aluminizada y burbujas	3,2
Vidrio + cortina térmica de film aluminizada sencillo	3,4 - 3,9

## 2.2.1 SISTEMA DE CALEFACCION

### SISTEMA ACTUAL DE CALEFACCION

El sistema actual de calentamiento está integrado en primer lugar por un tanque con una capacidad de 300Lt. de gas LP que es distribuido por medio de una tubería de cobre de ½” de diámetro, hacia una válvula de paso y al calentador. El calentador es de tipo llave de paso, con una estructura de lámina galvanizada, con encendido eléctrico por medio de una bujía conectada a alimentación de 120 VCA además de contar con un ventilador axial con motor y aspas de hélice para la correcta distribución del aire caliente.



**Figura 2.3** *Calentador del invernadero*

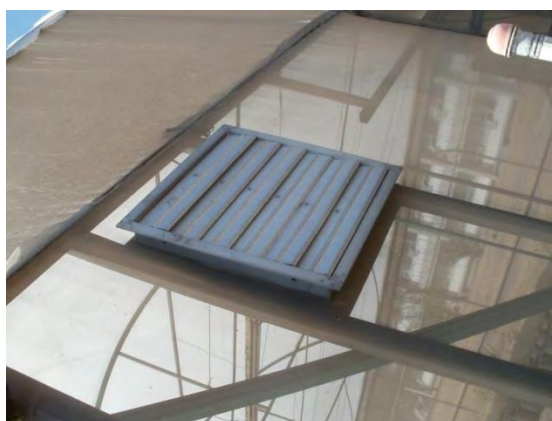
## 2.2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

### SISTEMA ACTUAL DE ENFRIAMIENTO

El sistema de enfriamiento consta de dos extractores de acero galvanizado y ventilas de protección contra plagas que se encuentran conectados a alimentación de 120 VCA cada uno. Además de contar con una pared húmeda de 5m de largo y 1.5 m de altura que distribuye agua con ayuda de una bomba de  $\frac{1}{4}$  HP por una tubería de 1" de diámetro. El agua es extraída de un tanque con capacidad de 2500 Lt. lo que hace que la temperatura del invernadero disminuya gracias al principio de transferencia de calor por convección en el cual masas calientes suben y masas frías bajan.



*Figura 2.4 Vista de pared húmeda, tanque de agua y bomba de riego*



*Figura 2.5 extractor*

### **2.2.3 SISTEMA DE RIEGO**

El agua es de vital importancia para los organismos vivientes entre ellos el humano y las plantas, es el principal constituyente, representa 80% o más del peso de las plantas herbáceas y alrededor de un 50% de las leñosas. Además constituye el medio de transporte de los nutrientes que provienen del suelo y es de notable importancia en el proceso fotosintético. El agua se combina con el bióxido de carbono para constituir la biomasa, es decir la planta misma.

Se estima que en la mayoría de los cultivos el agua evapotranspirada durante su desarrollo representa más del 95% del consumo de este elemento. La transpiración de las plantas constituye un importante proceso en su desarrollo, el cual se describe brevemente de la siguiente forma:

El agua almacenada en el suelo, dentro de la zona de exploración de las raíces de las plantas, penetra a éstas por los pelillos absorbentes de la raíz, debido a diferencia del potencial hídrico o diferencia de presión, la cual generalmente es mayor en el suelo que en la planta. Posteriormente se mueve por el xilema de la planta, también por diferencia de potencial de presión, hasta llegar a las hojas y sale por las estomas (pequeños orificios que abundan principalmente en el envés), de donde se evapora por efecto de la energía radiante. Parte del agua almacenada en el suelo, se evapora directamente de éste, principalmente cuando la cubierta vegetal no lo cubre en su totalidad, por esta razón se dice que los cultivos evapotranspiran.

#### **RIEGO POR GOTEO**

El Sistema de Riego por Goteo, ha sido introducido en el sistema agropecuario desde hace algunos años y fue adoptado debido a su alto grado de eficiencia ya que, con este sistema se logran minimizar las pérdidas por infiltración profunda y lo más importante, se reduce el escurrimiento superficial. Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento y producción.

Con el Sistema de Riego por Goteo sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita con lo que se tiene un crecimiento adecuado y más rápido del cultivo.

#### SISTEMA DE ACTUAL DE RIEGO

Consta de un tinaco de 2500 litros, una bomba eléctrica de ½ HP, un filtro de disco de 1", una válvula de vacío de 1", tubería principal de PVC de 1", un controlador automático,(físico) laterales de riego de 16 mm, goteros autocompensantes con capacidad de 8 Lts por hora, múltiples de 4 salidas, microtubo y estacas.



*Figura 2.6 Tanque de 2500Lts y línea de riego por goteo*

#### 2.2.4 SISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA

Se define como humedad relativa a la cantidad de vapor de agua en el aire. Las plantas necesitan una cierta cantidad de humedad para poder realizar la transpiración. La transpiración es el proceso realizado por las plantas mediante el cual estas expulsan agua a la atmosfera a través de aberturas microscópicas de las hojas llamadas estomas. La transpiración vegetal es el motor necesario para que la planta pueda absorber agua y nutrientes desde el suelo.

El grado de humedad en el aire determina el grado de transpiración. En un ambiente muy seco, las plantas deben incrementar la transpiración por lo que absorben mucha agua del suelo. Los ambientes muy húmedos reducen la transpiración de las plantas.



## SISTEMA DE ACTUAL DE HUMEDAD RELATIVA

El sistema que actualmente ayuda en este proceso se realiza de forma manual activando los extractores y la bomba de la pared humedad para generar saturación de humedad en el ambiente tal acción ocurre a criterio del personal que labora en el invernadero.

### 2.2.5 SISTEMA DE ILUMINACION

Los pigmentos vegetales involucrados en la fotosíntesis son las antocianinas (azul, hoja y púrpura en color), los carotenoides (naranjas y amarillos en color) que absorben 450-500 nm (azul y verde) los fitocromos que absorben la luz roja (660 nm) y la luz roja extrema (730 nm) siendo responsables del fotoperiodismo.

Las hojas absorben eficazmente la luz en las longitudes de onda de las regiones del azul (400–500 nm) y rojo (500–600 nm) del espectro de radiación solar. Los fitocromos, foto receptores de las plantas, tienen su máxima sensibilidad en las regiones del rojo (R) favorecen la fotosíntesis y, por tanto, la mayor producción de azúcares y materia seca, estimulando el crecimiento.

### FOTOPERIODICIDAD

La fotoperiodicidad es la regulación de distintos procesos del desarrollo de la planta por la duración relativa del día y de la noche. Entre estos procesos encontramos la floración, la formación de bulbos y tubérculos, fructificación, inicio de la dormición de la semilla, etc. Así, cada planta presenta un fotoperiodo diferente, de modo que podemos distinguir:

Plantas de día largo. Son plantas que necesitan fotoperiodos de entre 15 y 16 horas para desarrollarse. A este grupo pertenecen la avena y la remolacha.

Plantas de día cortó. Son plantas como el arroz y el maíz que necesitan fotoperiodos de entre 8 y 15 horas para desarrollarse.

Plantas de día neutro. Son plantas en las que la floración es independiente del fotoperiodo. Entre este tipo de plantas se encuentran la judía, el girasol, el pepino, etc.

El responsable de estos fototropismos es un pigmento denominado fitocromo. Este pigmento presenta dos estados dependiendo de la longitud de onda de la luz absorbida. Cuando es impresionado por la luz cambia la forma de su molécula y el cambio químico induce cambios en las células a nivel génico o enzimático que implican cambios en la actividad de la planta.

Las ondas luminosas tienen asociada energía, la que se transmite en paquetes denominados fotones. La energía que posee la onda es proporcional a su frecuencia:

$$E = h\nu$$

Donde:

- E = la energía.
- h = la constante de Planck;  
 $h = 6,624 \times 10^{-34}$  joules
- $\nu$  = la frecuencia.

La frecuencia de la onda que se propaga es proporcional a la distancia que recorre en un período, denominada longitud de onda  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Donde:

- $\nu$  = la frecuencia de la onda que se propaga.
- $\lambda$  = longitud de onda.
- c = la velocidad de la luz;  $c = 3.108$  m/s para el vacío.

## SISTEMA DE ACTUAL DE ILUMINACION

El sistema presenta 3 pares de lámparas de encendido instantáneo de 32 Watts de 1.20 Mts, con “balastro” electrónico. Toda la conexión está realizada en calibre No. 14 AWG y en la caja (“chalupa”) el apagador es un contacto de calibre No. 12 AWG y se realiza un puente entre ambos dispositivos. Las lámparas se encuentran distribuidas a 5m una de la otra.



*Figura 2.7 Lámpara con balastro*

## 2.3 SISTEMAS PROPUESTOS

### 2.3.1 SISTEMA PROPUESTO DE CALEFACCIÓN

El sistema de calefacción propuesto presenta un tanque con una capacidad de 300Lt. de gas LP con una estructura colgante o con base para piso con una válvula de encendido eléctrico de la serie DV-100 con conexión a 120 VAC y salida a 24 VCD, ventilador axial de balance dinámico y silencioso con un gasto de aire 4500 ft<sup>3</sup>/m, quemador de gas con un consumo de 9.7 Lt/h. Este sistema hará óptimo el consumo de gas LP por contar con una lógica de control de adquisición de datos que suministra solo la cantidad de energía necesaria al sistema físico. En el cual la conexión de la válvula pasara por una etapa de potencia que iniciara su accionamiento con una señal que viene dirigida del sistema de programación virtual “LabVIEW” dicha señal proporcionada por el sensor DS18B20 (sensor de temperatura) que tomara la lectura del medio y la mostrara en el ambiente virtual que monitoriza y realiza las acciones necesarias de control de forma oportuna sobre la electroválvula la cual permitirá el paso de gas necesario para así elevar la temperatura del ambiente.



*Figura 2.8 calefactor propuesto*

### **2.3.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PROPUESTO**

El sistema de enfriamiento propuesto cuenta con 2 extractores de ¼ HP a 120 VCA, persianas de sobrepresión con 12 aletas, pared húmeda de 5 m de largo por 1.5 m de altura conectada a una red de tubería de PVC de 1" de diámetro que distribuye agua de una bomba de ¼" HP. La señal de control será generada cuando el sensor DS18B20 que proporciona las lecturas de temperatura hacia el programa virtual detecte un aumento considerable en los rangos de temperatura preestablecidos (set point). Esto será evaluado en el sistema de control y siendo el caso se liberará la orden hacia la tarjeta de potencia que permitirá el accionamiento tanto de los extractores como de la bomba que alimenta a la pared húmeda con el fin de mantener el cultivo en óptimas condiciones para su crecimiento.

### **2.3.3 SISTEMA DE RIEGO PROPUESTO**

Consta de un tinaco de 2500 litros, una bomba eléctrica de ½ HP, un filtro de disco de 1" , una válvula de vacío de 1", tubería principal de PVC de 1", una electroválvula de la serie DV-100, laterales de riego de 16 mm, goteros autocompensantes con capacidad de 8 Lts por hora, múltiples de 4 salidas, micro tubo y estacas, un sensor de humedad DHT11 que representará a un tensiómetro modelo R provisto con una unidad de detección remota, el cual censará la cantidad de agua en el sustrato de la planta reportando la información hacia la tarjeta de adquisición de datos la cual inmediatamente enviará los mismos hacia el controlador el cual tomará o ejercerá la acción respectiva de control a través de una etapa de potencia accionando de esta manera la bomba que alimenta la red de riego.

El riego se realiza a través de un sistema de goteo localizado automático. El volumen de agua aplicado se irá incrementando de acuerdo al crecimiento del cultivo. De 0-30 días después del trasplante, se aplica un promedio de 0.5 Lts de agua por planta. De 30-45 días 0.75 Lts por planta. De 45-60 días 1.0 Lts. De 60-75 días 1.5 Lts y de 75 a 140 días 2.0 Lts por planta.

Las cantidades pueden variar dependiendo de la época del año y de las condiciones ambientales. En la siembra de primavera-verano se gasta más agua y en otoño-invierno el gasto es menor; también, cuando existen días nublados o lluviosos se disminuyen los riegos. Es necesario mencionar, que el riego es de suma importancia, ya que en el agua se adicionan los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

#### **2.3.4 SISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA PROPUESTO**

Se propone un sistema de nebulización integrado por un sensor de humedad DHT11 que informe acerca de la cantidad de saturación de agua que existe en el medio lo cual con ayuda del controlador y en base a los parámetros definidos de set point se liberara la acción de control sobre un actuador que permita humidificar el ambiente al interior del invernadero El cual consiste en una bomba de alta presión que impulsa el agua a 60-70 bares hacia las boquillas de nebulización, que tienen un orificio de salida. A esta presión de trabajo, el agua al atravesar el orificio de la boquilla se rompe en millones de microgotas con un tamaño de 10-20micras.



*Figura 2.9 humidificador propuesto*

### 2.3.5 SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO

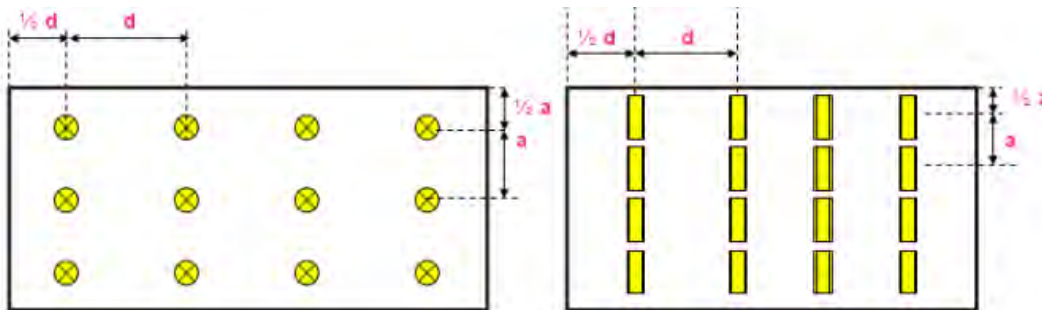
El sistema de iluminación deberá contar con lámparas de luz de LED, el diseño de las mismas permitirá emitir un ancho acotado del espectro, para esto se hará una combinación adecuada y estratégica en el que el espectro cubra en su mayor parte la región del cultivo que le corresponda para el correcto desarrollo de las plantas. Este tipo de lámparas no producen calor excesivo, consumen poca energía “9 W” con un voltaje de entrada de 12 v con un convertidor de señal a 120 VAC a 12VDC, vida útil 50,000 hrs. El sistema será encendido gracias a una fotorresistencia colocada en la parte alta del invernadero la cual detecta luz o penumbra que por medio de un elemento inversor cuando hay luz apaga el sistema y cuando hay ausencia o deficiencia de la misma enciende las lámparas. Cabe aclarar que este tipo de lámparas es de propósito específico para el óptimo crecimiento y desarrollo de los cultivos



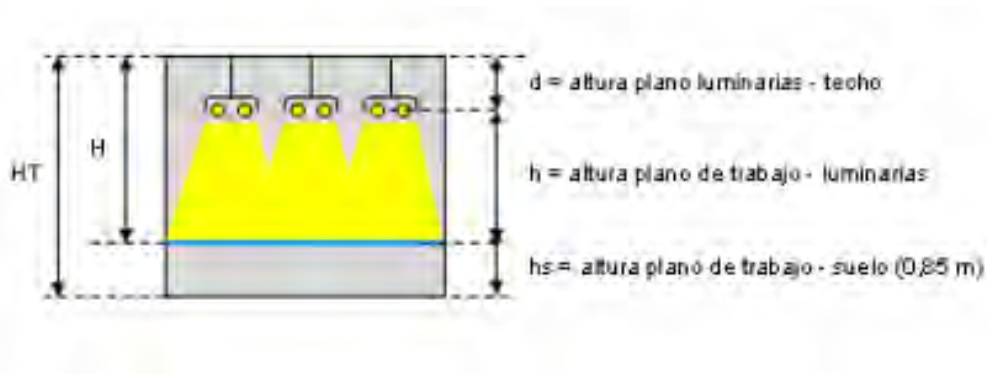
*Figura 2.10 fotorresistencia y lámpara especial propuestos*

## CALCULO PARA LA COLOCACION DE LUMINARIAS EN EL INVERNADERO

Los niveles de iluminación se pueden calcular según los siguientes factores



*Figura 2.11 Distancia entre luminarias*



*Figura 2.12 Altura ideal de luminarias*

La distancia entre las luminarias dependerá si debe tener una iluminación directa, semidirecta o indirecta, para el caso de los cultivos la iluminación deberá ser directa.

$$h = \frac{4}{5}(HT - 0.85)$$

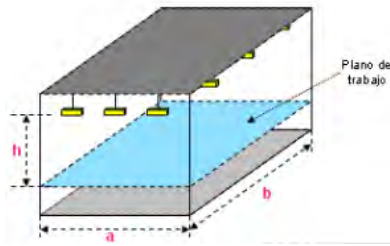
Dónde:

h = altura de las luminarias

HT = altura total del lugar



El coeficiente de utilización se calcula con:



**Figura 2.13** *Calculo del coeficiente de iluminación*

Para el coeficiente de utilización de manera directa:

$$k = \frac{a * b}{h(a + b)}$$

El factor de mantenimientos se deberá sacar de tablas

\	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	
10	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
20	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
30	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9
40	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3
50	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	1.8	1.9	2	2	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.8
60	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3	3.2	3.3	3.3
70	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.9	3	3.2	3.4	3.5	3.7	3.7	4
80	1.2	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	4	4.2	4.5	4.5	4.8
90	1.2	1.3	1.3	1.4	1.7	1.9	2	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.5	3.7	4.1	4.3	4.6	5	5.4	5.4	5.7
100	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2	2.1	2.3	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6	4	4.3	4.6	5.1	5.5	5.9	6.4	6.4	6.9

**Figura 2.14** *Tabla para calcular el factor de mantenimiento*

Para el número N de lámparas:

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

Dónde:

$\phi_u$  = flujo luminoso

$\phi_L$  = flujo luminoso emitido por cada luminaria

$f_m$  = factor de mantenimiento

$$\phi_U = \phi_T f_m C_u$$

$$\phi_T = \frac{\phi_U}{C_u f_m}$$

## CAPITULO 3

---

## CONTROL DEL INVERNADERO

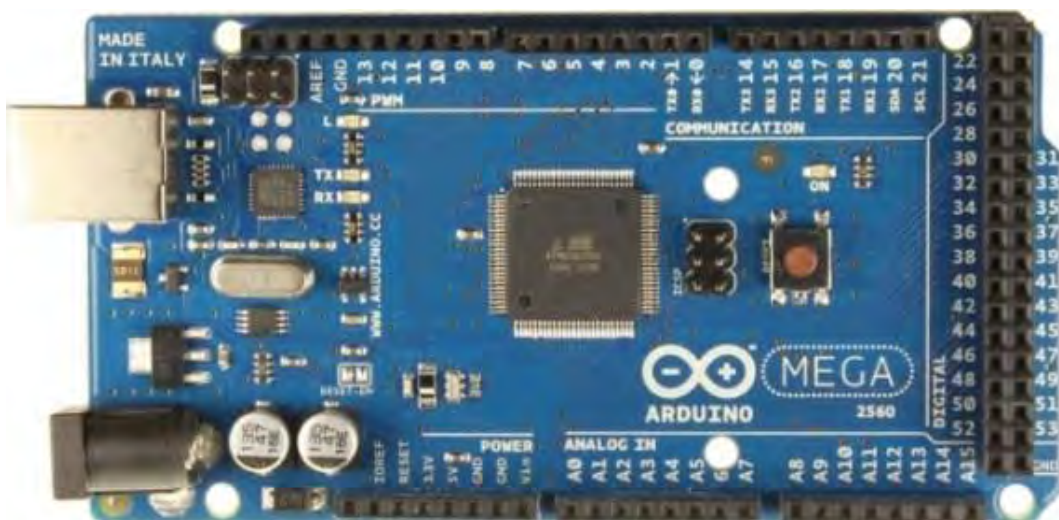


### 3.1 SISTEMA SCADA APLICADO AL INVERNADERO

Es un sistema que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Para el presente trabajo permitirá visualizar el estado de las variables ambientales en el invernadero, facilitando su interpretación, además permitirá comunicar los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y ejercer control sobre las variables físicas a través del entorno virtual. Por otra parte permite la adquisición de datos y hace posible la generación de historiales en el momento que se requiera y también de forma automática al finalizar cualquier sesión de trabajo.

### 3.2 MICROCONTROLADOR ATMEGA 2560

El microcontrolador ATMEGA 2560 de la marca ATMEL es una herramienta que en conjunto con una PC tiene la posibilidad o característica de poder controlar el mundo físico. Es una plataforma de desarrollo de código abierto también cuenta con un software de programación que permite crear distintas aplicaciones. El ATMEGA 2560, cuenta con 54 pines de entrada/salida digitales (de los cuales 15 pueden ser utilizados como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal 16 MHz, una conexión RS-232, un conector para alimentación a 5 VCD, y un botón de reset. Fig. 3.1



**Figura 3.1 ATMEGA 2560 de ARDUINO**

El lenguaje de programación del microcontrolador ATMEGA 2560 es una implementación de Wiring, una plataforma de computación física., que a su vez se basa en Processing, un entorno de programación multimedia. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++.

### **3.3 LABVIEW**

El sistema de programación LabVIEW contiene un ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de mediciones y presentación de datos. LabVIEW ofrece un poderoso ambiente de programación sin la complejidad de los ambientes tradicionales a diferencia de los lenguajes de propósito general, esta herramienta también brinda funcionalidades de medición, control y automatización de procesos.

El programa es ideal para el monitoreo de maquinaria y para aplicaciones de mantenimiento predictivo que necesitan controles determinísticos, análisis de vibraciones, análisis de visión e imagen o control de movimiento, incluye un complemento de control en tiempo real confiable. Se pueden crear potentes aplicaciones de monitoreo y control de maquinaria de manera rápida y precisa.

Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardan en ficheros llamados VI's y con la misma extensión, que significa instrumento virtual (Virtual Instruments). También relacionado con este concepto se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un Panel Frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. y una circuitería interna. En LabVIEW estas partes reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente.

La ventana “panel frontal” es el ambiente virtual donde el usuario podrá interactuar con el sistema, en esta puede encontrar (botones, graficas, indicadores, tablas) y una gran cantidad de elementos que le permiten ejecutar acciones de control, supervisión y adquisición de datos. Por otra parte la ventana “diagrama de bloques” es donde está la programación para las diferentes acciones de control, está integrada por un sistema grafico que facilita la forma de programar el sistema. El Panel Frontal y el Diagrama de Bloques están conectados a través de los terminales (elementos que sirven como entradas o salidas de datos).

### **3.4 LABVIEW CON ARDUINO**

La interfaz de LabVIEW y el ATMEGA 2560 (LIFA) Toolkit es una herramienta que permite a los usuarios adquirir datos y procesarlos en el entorno de programación gráfica de LabVIEW. Con esta herramienta se puede aprovechar la potencia del entorno de programación gráfica.

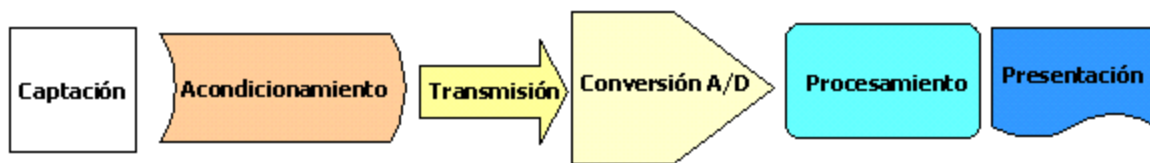
La interfaz de LabVIEW para arduino es un VI (instrumento virtual) basado en API (autómata de programación industrial) que fue escrito y distribuido por National Instruments. También incluye código con la posibilidad de interactuar con el ATMEGA 2560 de la marca ATMEL que debe descargarse al dispositivo. Este programa responde a los comandos enviados en el bus serial desde el programa LabVIEW.

La interfaz contiene programas que deberán ser directamente cargados al ATMEGA 2560 que permitirán la lectura de los pines de entrada y salida al microcontrolador. Estas son bibliotecas proporcionadas por Nacional Instruments que son hechas en lenguaje de programación C y C++, las cuales pueden ser modificadas desde el software libre de programación del microcontrolador ATMEGA “IDE” según sea necesaria la utilización de algún comando especial para la ejecución de lecturas o bien pueden ser cargadas más bibliotecas a la interfaz LIFA. Los programas contenidos en el LIFA son leídos como caso (CASE) desde LabVIEW que los interpreta como VIs en un entorno gráfico.

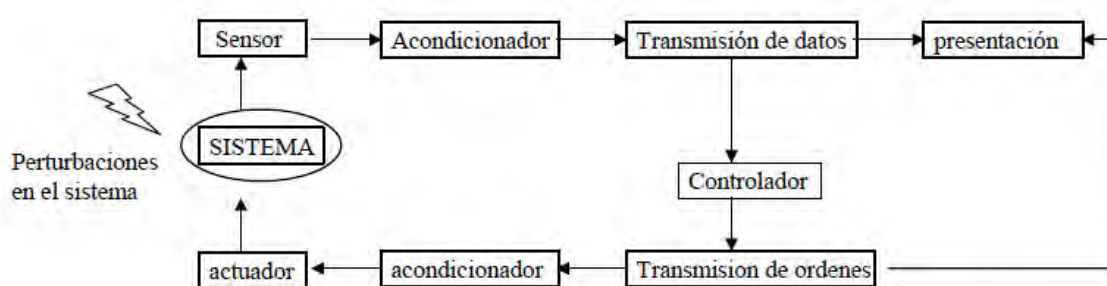
### 3.5 ADQUISICION DE DATOS

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por una computadora u otros dispositivos electrónicos (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

La información es recopilada mediante la tarjeta de adquisición de datos La cual recibe lecturas provenientes de los sensores, posteriormente es ingresada al sistema de control LabVIEW, mediante la paquetería LIFA que cuenta con un sistema de comunicación con el microcontrolador y el software.



**Figura 3.2 Diagrama de Adquisición de Datos**



**Figura 3.3 Diagrama del proceso de adquisición de datos**

### **3.6 BASE DE DATOS**

Uno de los objetivos que se tienen con la utilización de un sistema SCADA es el manejo de base de datos con el cual se puede llevar un control de la información que es requerida por el usuario, por lo cual es importante saber que es una base de datos y como se maneja.

#### **3.6.1 ¿QUÉ ES UNA BASE DE DATOS?**

Una base de datos es una herramienta que sirve entre otras cosas para recopilar y organizar información. En las bases de datos se puede almacenar información sobre personas, productos, pedidos, o cualquier otra cosa. Muchas de estas empiezan siendo una lista en un programa de procesamiento de texto o en una hoja de cálculo.

#### **TABLA PARA BASE DE DATOS**

En una tabla de base de datos, estos se almacenan en filas y columnas. Como consecuencia, normalmente es bastante fácil importar una hoja de cálculo en una tabla de base de datos. La principal diferencia entre almacenar los datos en una hoja de cálculo y hacerlo en una base de datos es la forma de organizar los mismos.

Para lograr la máxima flexibilidad en una base de datos, la información tiene que estar organizada en tablas, para que no haya redundancias. Cada fila de una tabla se denomina registro. En los registros es donde se almacena la información individual. Cada registro consta de campos (al menos uno). Los campos corresponden a las columnas de la tabla.

La base de datos hecha para el invernadero esta construida en forma de tabla donde los registros hacen referencia a las condiciones climáticas: Temperatura, Humedad, Horas luz y Riego. Con las cuales los cultivos trabajan de manera óptima para un crecimiento eficiente. Los campos son las condiciones a cumplir en factores numéricos los cuales son enviados al software de programación donde el agrónomo los puede observar en pantalla.

Los datos almacenados dentro de la base fueron recopilados de diferentes fuentes de información incluyendo al personal agropecuario y fuentes de texto para tener un amplio conocimiento sobre las condiciones climáticas adecuadas para los distintos cultivos y su óptimo crecimiento.

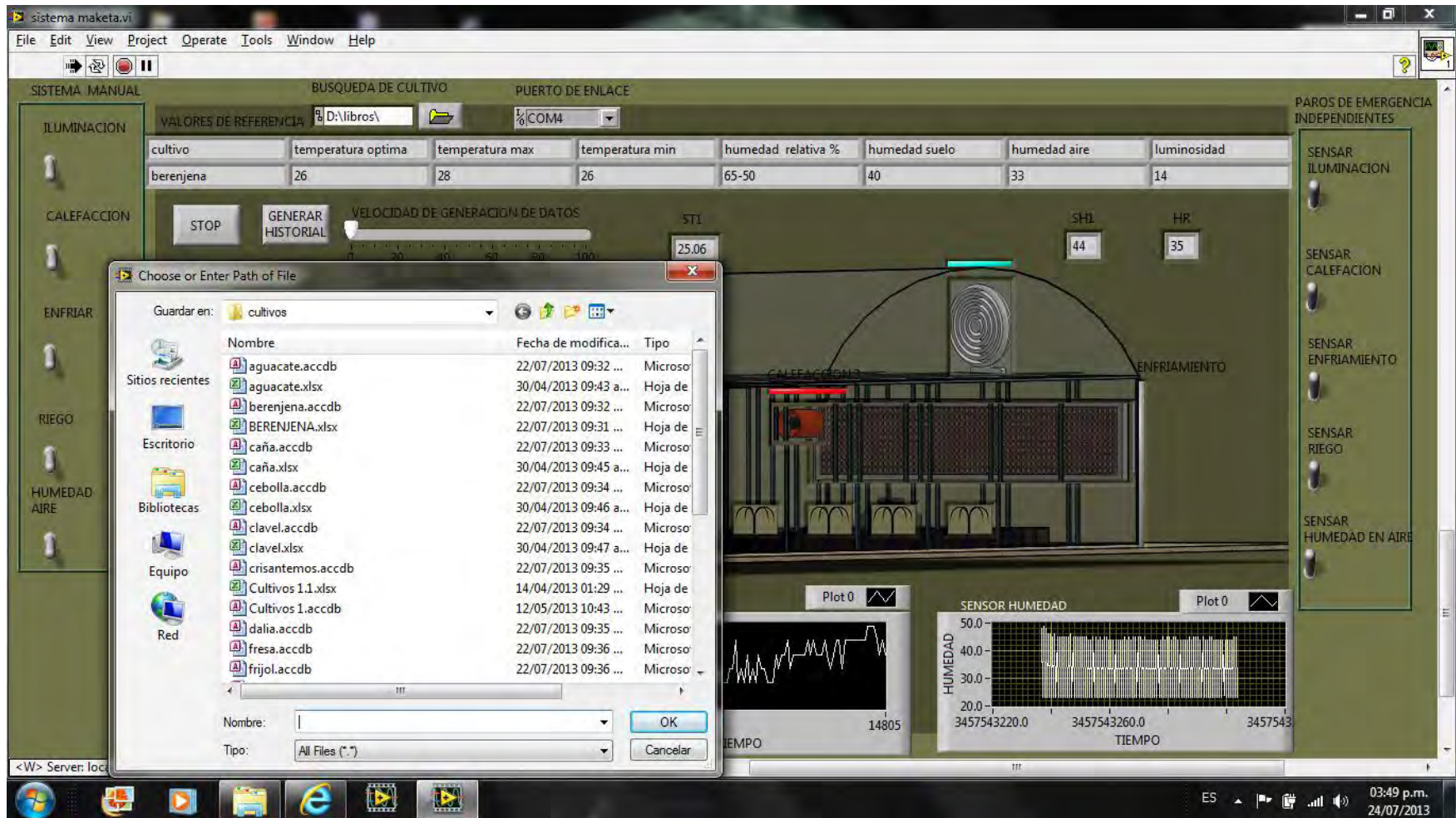
En la siguiente tabla se puede observar los diferentes tipos de cultivos comunes en un invernadero. En la misma se pueden visualizar los valores ideales de temperatura mínima y máxima, humedad relativa, humedad en el sustrato y la cantidad de horas luz. Los valores se visualizan de forma particular a cada cultivo.

Tipo de cultivo	Temperatura optima	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Humedad relativa %	Humedad AIRE	Humedad SUELO	Luminosidad en hrs.
Aguacate	22	25	18	90-83	83	83	15
Berenjena	28	35	20	65	65	65	14
Caña	30	34	25	85-65	65	65	12
Cebolla	23	27	20	70-60	60	60	16
Piquín	24	30	15	75-60	60	60	14
Clavel	20	25	10	65-45	45	45	15
Fresa	20	22	13	65-50	50	50	14
frijol	23	28	18	90-80	80	80	14
Girasol	23	25	20	70-60	60	60	16
Jitomate	23	28	15	80-60	60	60	16
Lechuga	20	25	15	90-70	70	70	12
Lirios	20	25	15	70-60	60	60	16
Mandarina	23	30	13	85-65	65	65	14
Melón	25	30	15	70-50	50	50	15
Papa	20	23	18	85-65	65	65	15
Pepino	23	27	18	70-55	55	55	15
Pimiento	22	23	19	70-55	55	55	15
Piña	27	30	23	80-60	60	60	16
Plátano	25	30	20	85-65	65	65	16
Rosal	23	30	15	75-60	60	60	15
Sandía	23	26	18	70-55	55	55	14
Tomate	23	25	15	75-60	60	60	16
Uva	25	30	15	80-60	60	60	14
Zanahoria	25	25	15	70-55	55	55	15

**Tabla 3.1 base de datos de los cultivos**

Una vez que se da inicio al programa se despliega una ventana donde se podrá observar la base de datos con todos los cultivos a seleccionar, mediante el nombre del cultivo previamente almacenado en ACCES para ser enviado hacia Excel y así ser visualizado en pantalla, una vez seleccionando el programa comenzara las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo seleccionado, mostrándolo en forma de tabla como se puede observar en la figura 3.4 Los datos arrojados por los sensores y visualizados en pantalla pueden resguardarse en una hoja de datos para su posterior revisión, con un solo clic dentro del programa, además de contar con el día y la hora en que fue resguardada esta información para tener un historial del comportamiento del proceso de cultivo.

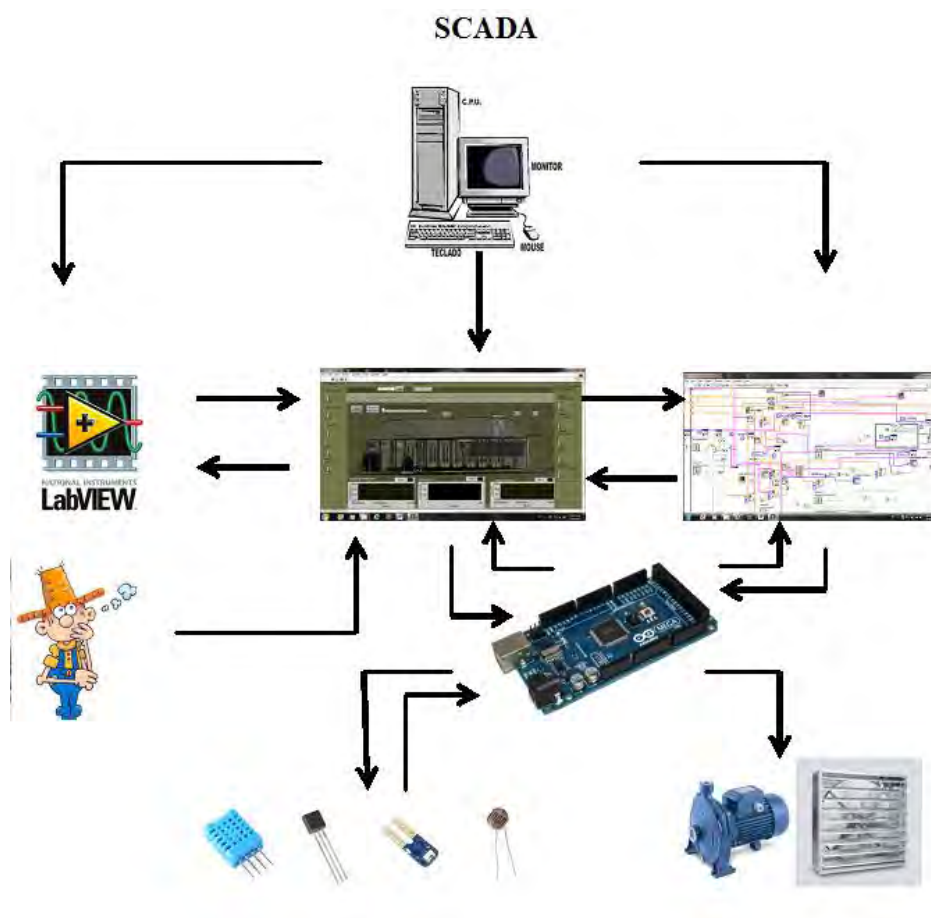




**Figura 3.4 Base de datos desplegada en el sistema SCADA**

### 3.7 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En la fig. 3.5 se muestran los elementos que están ligados al sistema SCADA propuesto.



**Figura 3.5 Esquema SCADA del invernadero**

En la figura anterior se muestran los elementos principales que constituyen el sistema SCADA propuesto, para posteriormente describir cada uno de ellos.

En la parte superior del esquema se encuentra la PC que es el hardware que funciona como unidad maestra, que hace posible la interacción entre hombre maquina pues en ella se encuentra cargado el programa que permite el control de las variables y de los sistemas de actuación, esto gracias a los periféricos que la componen, incluyendo el monitor que permite interactuar con el ambiente grafico del sistema, además gracias al puerto serial RS-232 permite la comunicación con la tarjeta de adquisición de datos. En su pantalla el ingeniero agrónomo puede manipular las variables climáticas.

Las visualizaciones correspondientes están programadas en LabVIEW, que es una herramienta de instrumentación virtual que destaca por su ventana principal “panel frontal” que soporta todo tipo de gráficos: botones, leds, graficas, tablas, figuras que hacen referencia a instrumentos reales: motores, ventiladores, bombas etc. Una segunda ventana llamada diagrama de bloques en la cual se encuentra la programación que es la lógica de control del sistema, ya que cuenta con: compuertas lógicas, sistemas boléanos, sistemas de control de texto visible etc.

La comunicación que hay entre la PC y el entorno físico para la recolección de datos proveniente de sensores se realizara mediante una tarjeta de adquisición de datos, esta tarjeta también permite recibir señales provenientes del sistema de control y hacerlas llegar a la etapa de potencia (etapa intermedia entre la tarjeta de adquisición y los actuadores).

En el final del esquema se puede observar a los sensores que son los encargados de captar el entorno físico y mediante pulsos eléctricos enviaran información a la tarjeta de adquisición de datos, la cual los enviara hacia el software de programación para ser evaluados y comparados, una vez procesados serán interpretados por el programa y transformados a lenguaje digital para ser mostrados en pantalla.

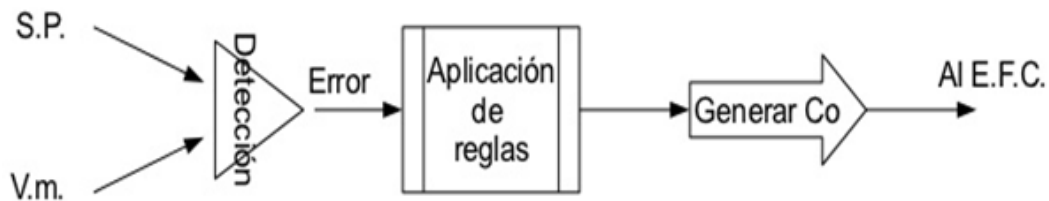
Por otra parte en el esquema también se observa a los actuadores, quienes reciben instrucciones del software de programación de los datos que fueron captados previamente por los sensores, datos que se procesaron y compararon mediante puntos de consigna tomados de la base de datos, previamente cargados al programa lo que permitirá realizar acciones de control automático sobre los mismos.

Los procesos pueden ser supervisados y controlados por el ingeniero agrónomo si se presenta alguna perturbación a través de la interfaz virtual, además de poder cambiar valores de consigna que crea incorrectos en cierto punto del proceso, puede realizar historiales de las variables observadas almacenándolas en Excel. El sistema se ejecuta indefinidamente hasta que el programa sea parado o si se considera realizar alguna acción de mantenimiento.

## ALGORITMOS DE CONTROL

Un algoritmo de control se encarga de monitorear el valor de la señal de salida del sistema (variable controlada) y compararla con la señal de referencia, con lo que calcula la señal de error, que pasa por una serie de reglas de control para calcular el valor de la señal de salida del proceso con la finalidad de ajustar la variable controlada lo más cerca al valor deseado.

Fig. 3.6



**Figura 3.6 Diagrama de un algoritmo de control**

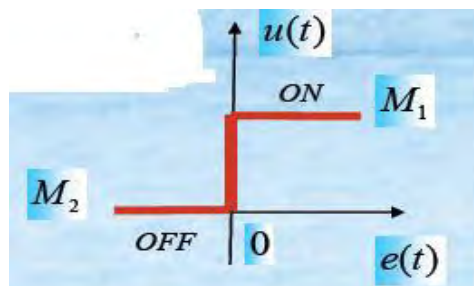
S.P. = Set Point = Valor de Referencia

V.m. = Valor Medido

E.F.C. = Elemento Final de Control o Actuador

### 3.7.1 CONTROL TODO O NADA (ON-OFF)

El control ON-OFF es no lineal y proporciona a su salida 2 valores fijos que corresponden a conectado/desconectado, ya sea que la señal de error sea positiva o negativa. Inicialmente el error es positivo y el control se activa ON hasta llegar al valor deseado, el error se hace negativo y el controlador pasa a OFF. El proceso se repite continuamente. Fig. 37



$$u(t) = M_1, \text{ si } e(t) > 0$$

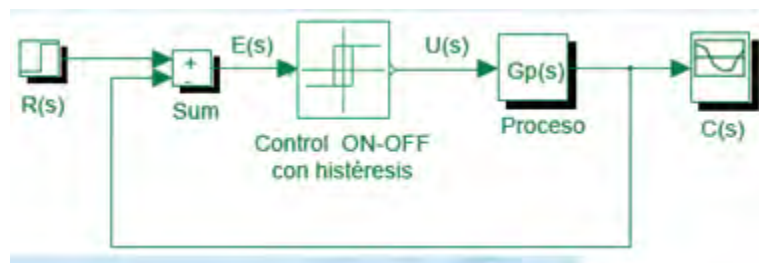
$$u(t) = M_2, \text{ si } e(t) < 0$$

**Figura 3.7 control ON – OFF**

Las reglas son:

- Si el valor de la variable a controlar esta entre (M1 y M2) mantener el estado actual del EFC.
- Si el valor de la variable a controlar está por encima del rango de operación (M1 y M2) Encender el EFC.
- Si el valor de la variable a controlar está por debajo del rango de operación (M1 y M2) apagar el EFC.

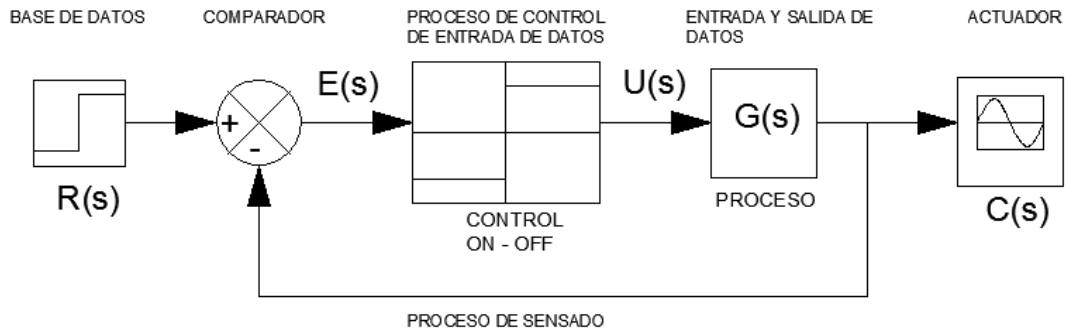
El valor de consigna “R(s)” es introducido en el valor de error “E(s)” que es un valor de comparación siendo de entrada un valor positivo el sistema de control ON-OFF lo ejecuta como un valor de entrada en el sistema “U(s)” posteriormente el lazo de retroalimentación lo envía de regreso a la comparación para su lectura y por último se da la ejecución de la acción provista por el sistema “C(s)” como se puede observar en la fig. 3.8



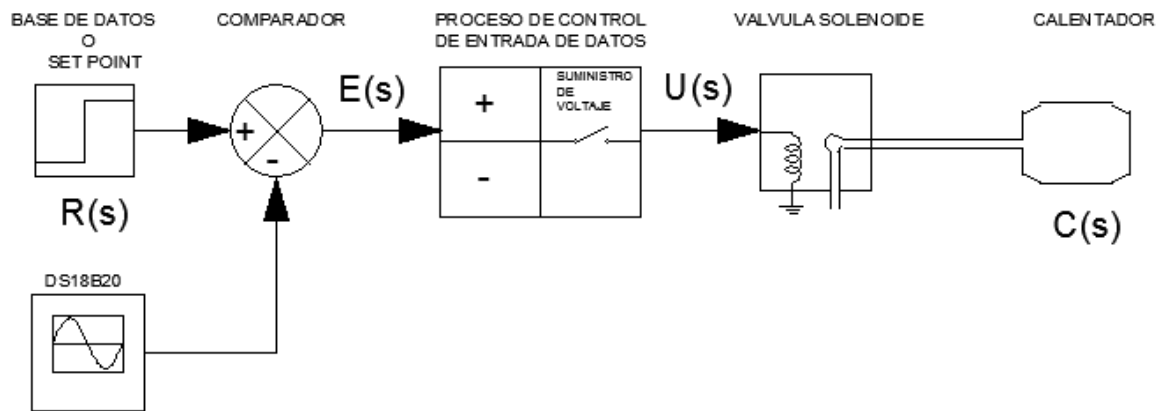
**Figura 3.8 diagrama control todo o nada**

### 3.7.2 CONTROL ON-OFF PARA SISTEMA DE TEMPERATURA

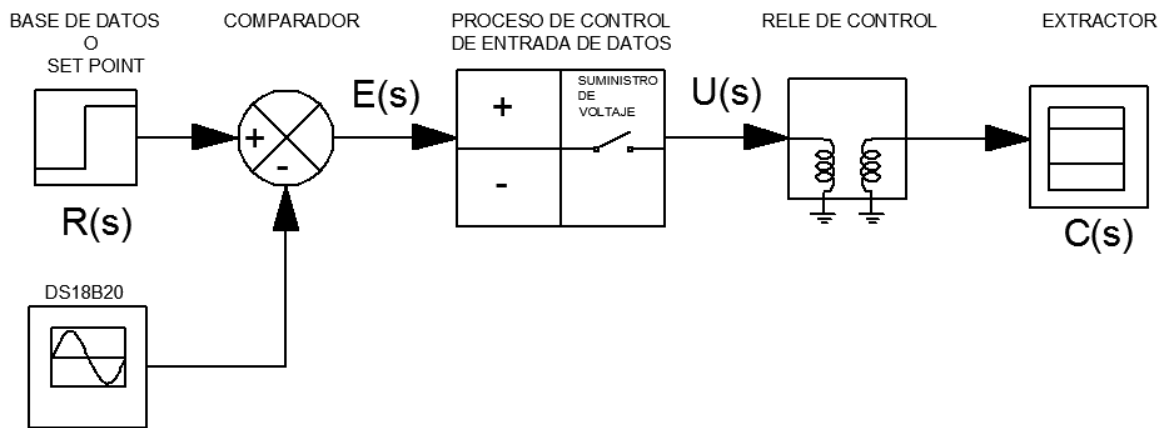
La acción de control para la temperatura se da por medio de un control todo o nada establecido por un set point (señal de consigna) dependiendo del cultivo seleccionado en la base de datos, esta señal es generada por el sensor DS18B20, después es recibida por la tarjeta de adquisición de datos y enviada al sistema de control para ser evaluada y generar así la respectiva acción de control ya sea para temperatura baja o alta fig. 3.10 y fig. 3.11 posteriormente se tomara una nueva lectura del sensor en ciclos repetidos hasta lograr estabilizar el sistema gracias a la lógica de control de lazo cerrado figura 3.9



**Figura 3.9** diagrama de un sistema de lazo cerrado



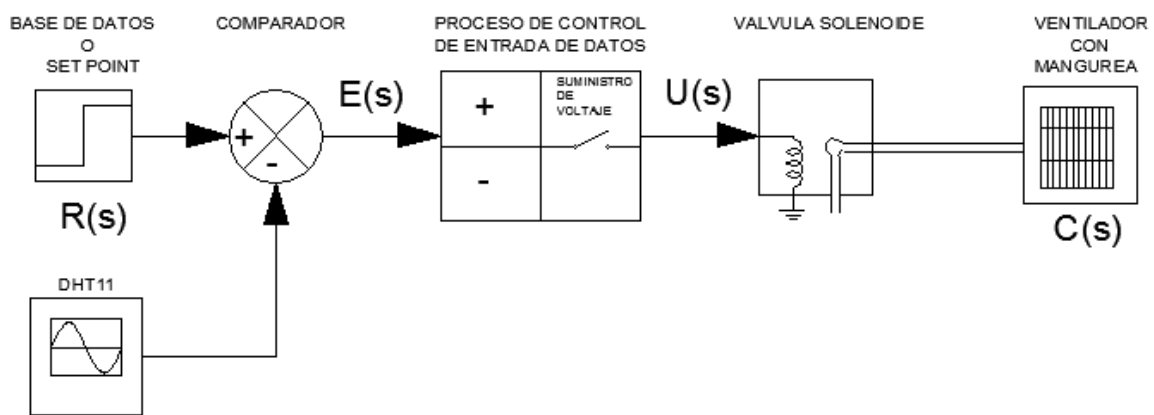
**Figura 3.10** diagrama de bloques calefacción



**Figura 3.11** diagrama de bloques enfriamiento

### 3.7.3 CONTROL ON-OFF PARA SISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA

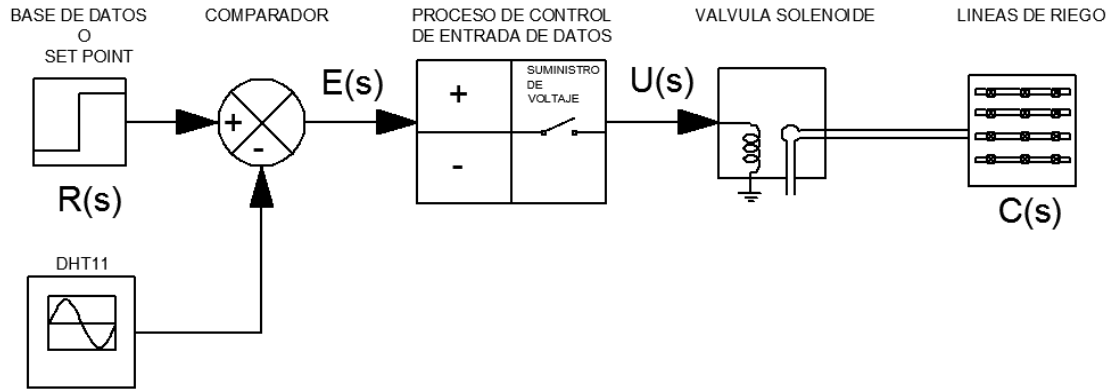
La acción de control para la humedad relativa en el invernadero se obtiene gracias a la comparación del valor de consigna obtenido desde la base de datos y la señal generada por el sensor DHT11 este proceso tiene un comportamiento muy similar al sensor de temperatura, también se genera una señal de error y es evaluada por el controlador para realizar los ajustes necesarios que activen los actuadores o elementos finales de control encargados de modificar la humedad en el ambiente. Fig. 3.12



*Figura 3.12 diagrama de bloques humedad relativa*

### 3.7.4 CONTROL ON-OFF PARA SISTEMA DE RIEGO

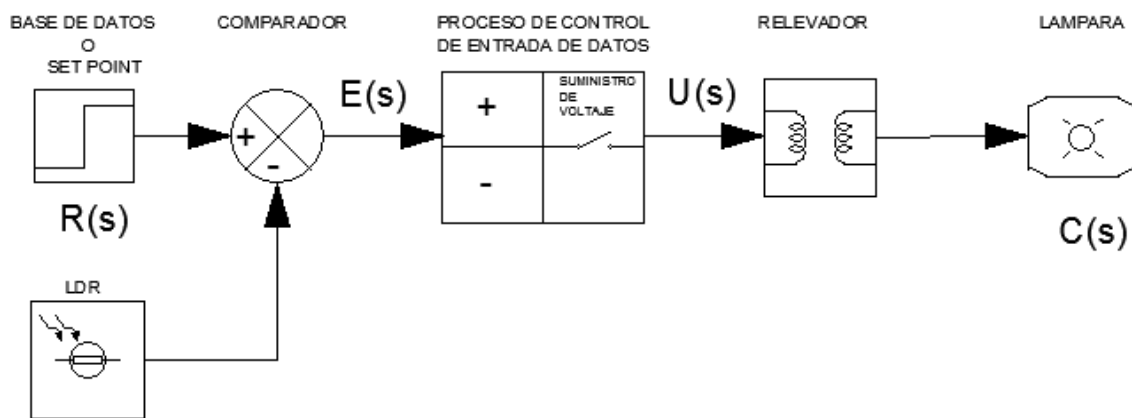
El sistema de riego también es un tipo de control todo o nada con un valor de referencia establecido en la base de datos y que recibe información del sensor DHT11 que para este propósito fue encapsulado para así ser introducido en el sustrato del cultivo. Tiene como fin informar la cantidad de humedad que hay en la planta, si esta es la adecuada el sistema no ejercerá ninguna acción de control pero si esta se encuentra por debajo de los límites requeridos el controlador tomara la decisión de regar el cultivo hasta tener el nivel de humedad óptimo 3.13



**Figura 3.13 diagrama de bloques riego**

### 3.7.5 CONTROL ANALOGICO PARA SISTEMA DE ILUMINACION

Para este sistema fue implementado control analógico ya que el dispositivo encargado de censar la cantidad de luz en el medio se trató de una LDR o fotorresistencia la cual varía la intensidad de corriente eléctrica al estar expuesta a una cantidad mayor o menor de luz también en el sistema dicho dispositivo se ayuda de un elemento inversor debido a la lógica de control de igual forma la señal que proporciona es evaluada por el controlador y dependiendo de las necesidades de cada cultivo se ejecutara la acción de control pertinente en este caso prender o pagar el sistema de iluminación fig. 3.14



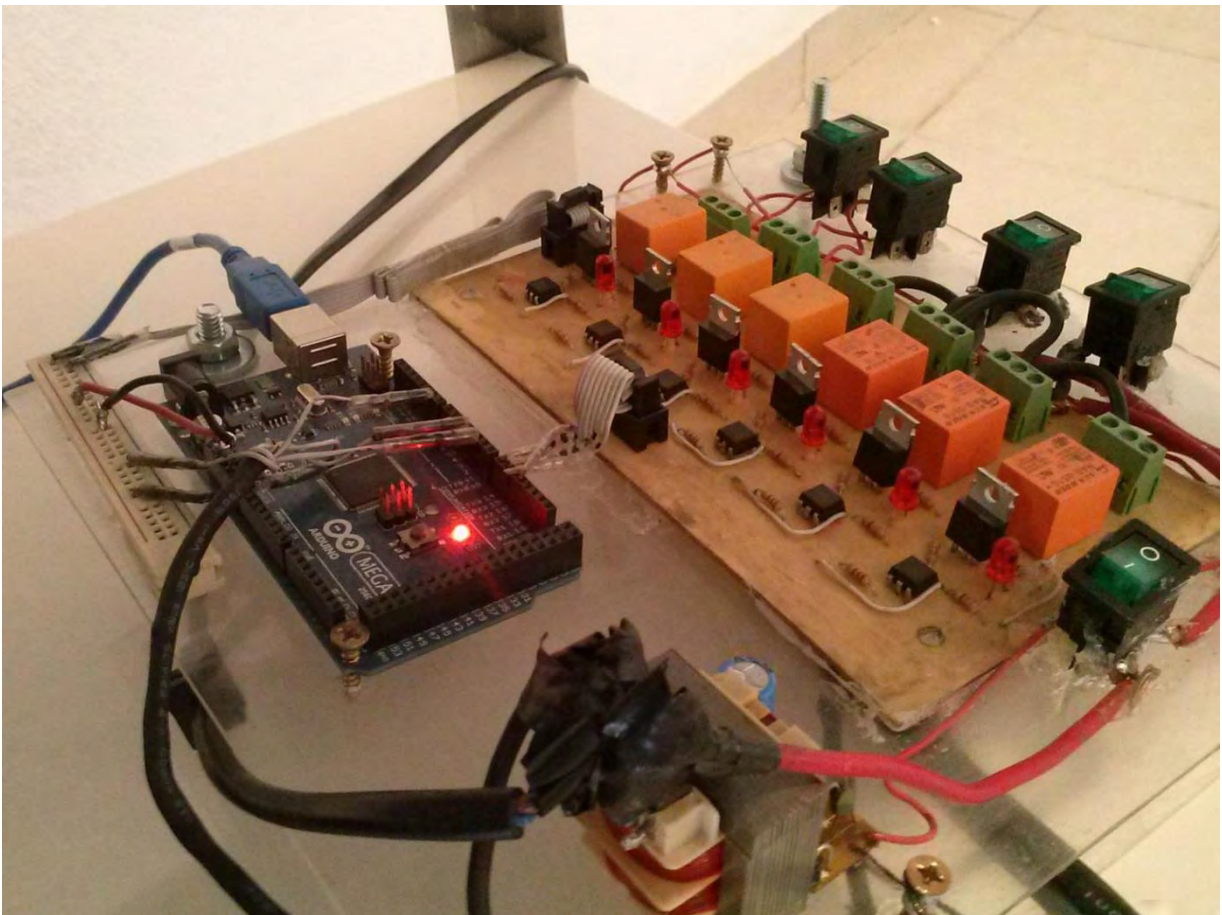
**Figura 3.14 diagrama de bloques iluminación**



## CAPITULO 4

---

# CIRCUITOS DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO



## 4.1 CIRCUITO

Una parte fundamental en todo sistema electrónico y eléctrico es su circuitería, ya que esta es el vínculo entre el controlador y las distintas herramientas que lo integran. La aplicación de los diferentes circuitos entre ellos: la etapa de potencia, la etapa de acoplamiento para los sensores, y la etapa de control, permitirá el funcionamiento de los sistemas ofreciendo como resultado un mejor censado y manipulación de los valores deseados. Por tal motivo es importante saber que es un circuito.

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos u operadores que unidos entre sí permiten establecer una corriente entre dos puntos, llamados polos o bornes, para aprovechar la energía eléctrica. Todo circuito eléctrico se compone al menos de los siguientes elementos:

- Generador
- Receptor (dispositivo que aprovecha la energía eléctrica para convertirla a otro tipo energía)
- Alambres o conductores de conexión
- Interruptor

**CIRCUITO DE MANDO.-** Recibe la información de los dispositivos de entrada y en función de las condiciones establecidas para el automatismo, activa los dispositivos de potencia. La parte mando suele ser un controlador programable, aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

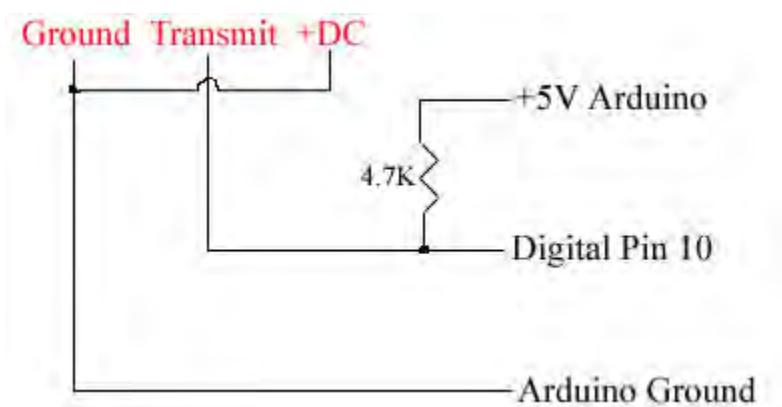
**CIRCUITO DE POTENCIA.-** Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que esta se mueva y realice la operación deseada entre los que destacan relevadores contactores y dispositivos de potencia. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas, como motores, cilindros, compresores.

## 4.2 ACTIVACION DEL SISTEMA DE TEMPERATURA

El circuito para la activación del sistema de temperatura presenta un sensor de temperatura de tipo resistivo DS18B20 proporciona mediciones de temperatura en grados centígrados, de 9 a 12 bits, se comunica a través de bus one –wire. Tiene una precisión de 0.5 °C en el rango de -10°C a 85°C. Para el sistema de temperatura se cuenta con dos salidas una de enfriamiento y otra de calentamiento. FIG. 4.1



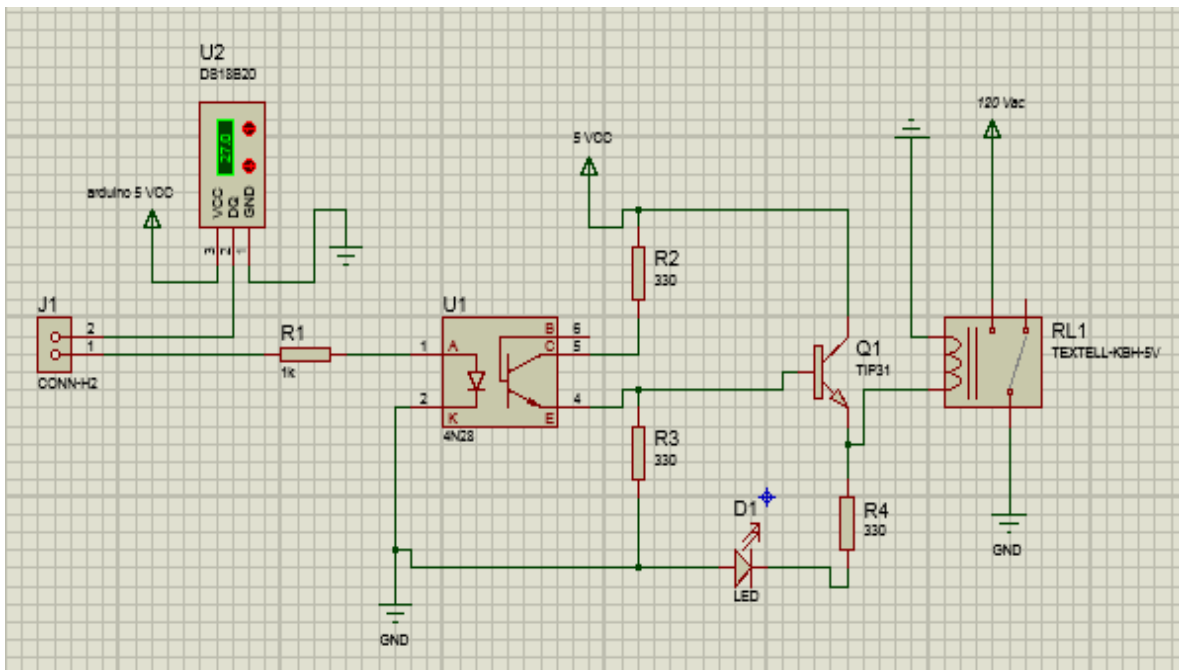
*Figura 4.1 Sensor DS18B20*



*Figura 4.2 Diagrama de conexión DS18B20*

## CIRCUITO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

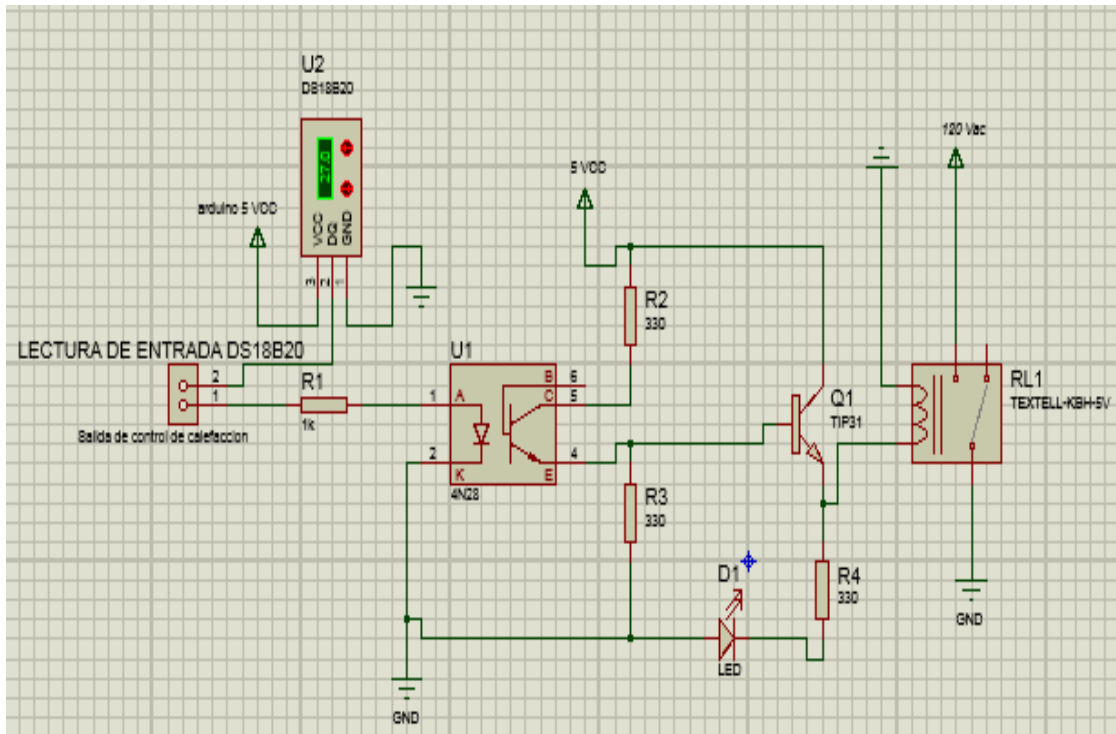
En el sistema de enfriamiento se cuenta con dos extractores y una pared húmeda que permiten bajar la temperatura, este cuenta con el sensor mencionado DS18B20 en conjunto con un optoacoplador 4n28 que recibirá la señal de accionamiento del software y será proporcionada por el microcontrolador ATMEGA 2560. El optoacoplador está alimentado a una fuente de 5Vcc al recibir el receptor la señal permitirá el paso de corriente hacia el transistor de potencia (TIP-31C) el cual también esta alimentado a 5Vcc y conmuta un voltaje más alto que va hacia uno de los extremos de la bobina del relevador mientras el otro extremo es alimentado a 5Vcc una vez accionada la bobina esta conmuta y permite el paso al tiro de esta la cual cerrara el circuito conectando el común del relevador en el pin 5 como se puede mostrar en la figura 4.3



**Figura 4.3 Diagrama de activación sistema de ENFRIAMIENTO**

## CIRCUITO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

En este sistema se cuenta prácticamente con los mismos componentes del sistema anterior, con la diferencia de que a la salida del accionamiento existe un calentador de tipo resistivo que es sumergido en agua para que al calentar genere el nivel de temperatura requerido por el cultivo; este tipo de calentamiento se tiene en el sistema a escala. En el invernadero de la facultad cuenta con una electroválvula DV-100 que servirá de llave de paso para suministrar el calor necesario a través de la quema de combustible. El circuito se muestra en la siguiente figura 4.4



**Figura 4.4 Diagrama de activación sistema de CALEFACCIÓN**

### 4.3 ACTIVACION DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACION

#### CIRCUITIO DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACION

##### **HUMEDAD**

La humedad es un fenómeno natural, que se presenta a nivel molecular y se encuentra básicamente relacionada con la cantidad de moléculas de agua presente en una determinada sustancia, la cual puede estar en estado sólido o gaseoso.

Higrometría o psicrometría.- se refiere al estudio y medición de la cantidad de agua presente en una mezcla de sustancias ya sea solida o gaseosa.

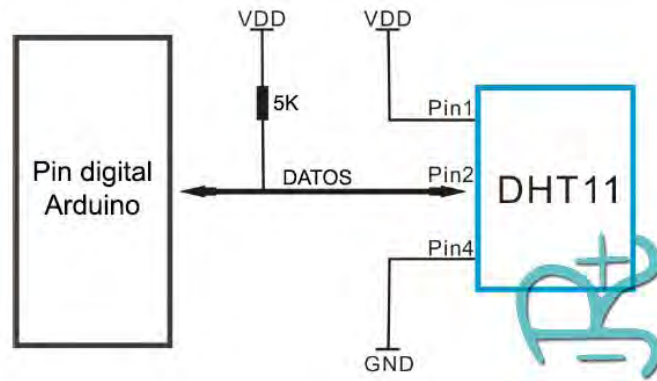
**HUMEDAD RELATIVA.**- es la razón entre la presión parcial de vapor actual, y la presión de vapor de saturación, expresada generalmente en porcentaje. O de otra manera, es la cantidad de agua que contiene un gas expresada en tanto por ciento de la cantidad que el gas tendría en estado de saturación a la misma temperatura y presión absoluta:

$$Hr = \frac{P_r}{P_{sat}} 100[\%]$$

**HUMEDAD ABSOLUTA.**- es la razón entre la masa de agua presente en la mezcla (en Kg) y el volumen (m<sup>3</sup>) de la misma.

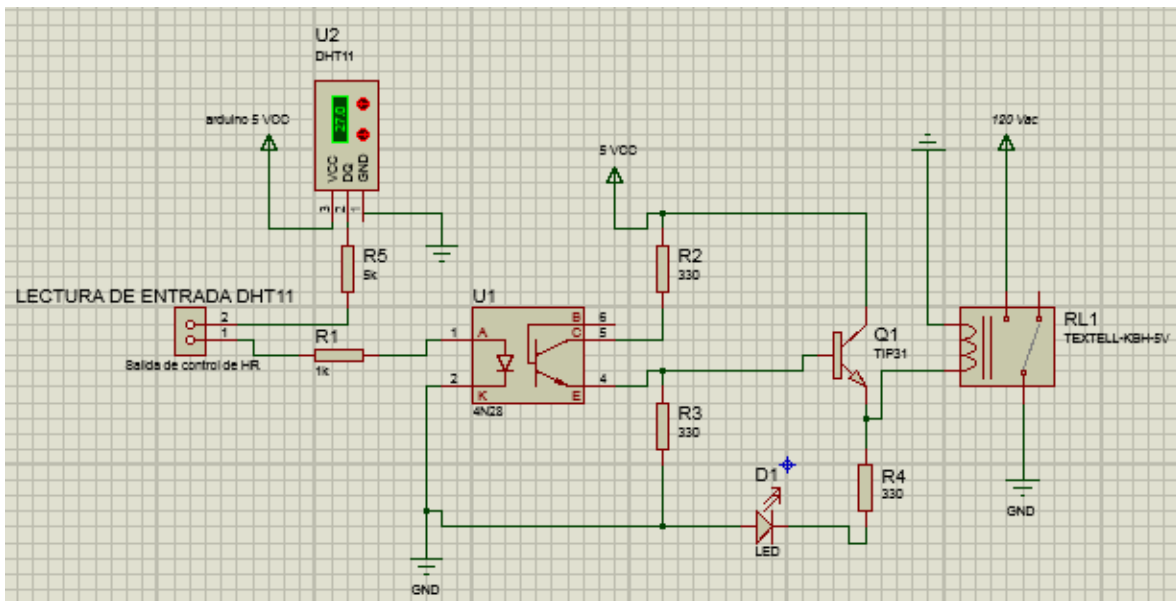
**HUMEDAD ESPECÍFICA.**- es la razón entre la masa de agua y la masa de sustancia seca presente en la mezcla (Kg/agua) / (Kg/ sustancia seca).

El sensor DHT11, es un dispositivo capaz de medir la humedad relativa. Para medir la misma cuenta con un elemento tipo resistivo que trabaja entre los rangos (20% - 95%)H. La interfaz con el protocolo one-wire a un hilo es el medio de comunicación que permite su funcionamiento. Su lectura es obtenida por el pin 2 de la tarjeta de adquisición de datos, así mismo va conectado a alimentación de 5 Vcc y conmuta con una resistencia de 5Kohm para la amplificación de la señal. Como se muestra en la figura 4.5



**Figura 4.5 Diagrama de conexión DHT11**

El sistema de humedad relativa propuesto para el modelo a escala contará con un calentador basado en una resistencia eléctrica, que calentará el agua hasta el punto de evaporación lo que permitirá proporcionar humedad al ambiente en beneficio del cultivo. Para el invernadero original se ha propuesto un sistema de nebulización que por medio de un ventilador y con la ayuda del riego de una manguera se generará una cantidad de rocío que suministrará humedad al ambiente. El circuito de accionamiento será el mismo para ambos y se puede observar en la figura 4.6

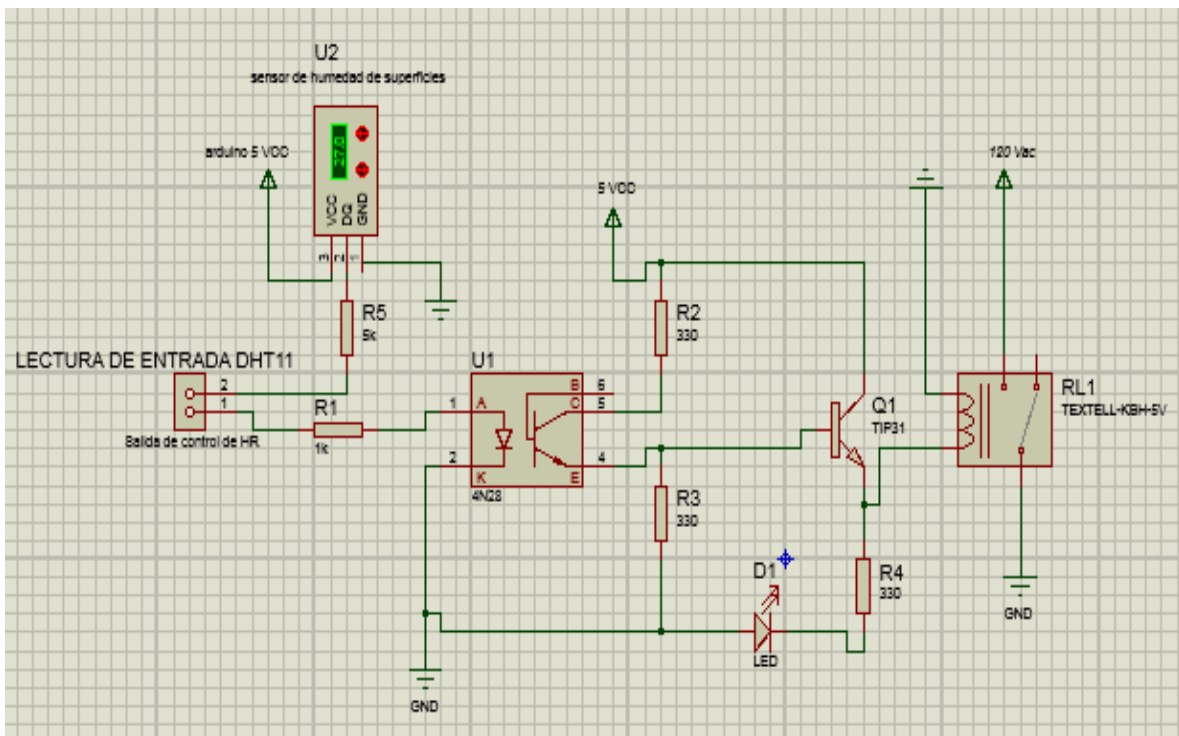


**Figura 4.6 Diagrama de activación sistema de HUMEDAD RELATIVA**

## 4.4 ACTIVACION DEL SISTEMA DE RIEGO

### CIRCUITO DEL SISTEMA DE RIEGO

La humedad del sustrato es registrada de igual forma por el dispositivo DHT11, que como ya se mencionó su mecanismo de funcionamiento es de tipo resistivo debido a que varía la resistencia entre dos polos colocados en la tierra. En el sustrato al haber una mayor cantidad de agua la resistencia del elemento disminuye generando un mayor flujo de corriente eléctrica lo que genera un proceso de transducción en el que esta variación de corriente en un rango de 4 a 20 miliampers representa un porcentaje de humedad interpretado por el controlador para ejecutar las acciones de control correspondientes. Y su circuito correspondiente es el mostrado en la fig.4.7



**Figura 4.7 Diagrama de activación sistema de RIEGO**

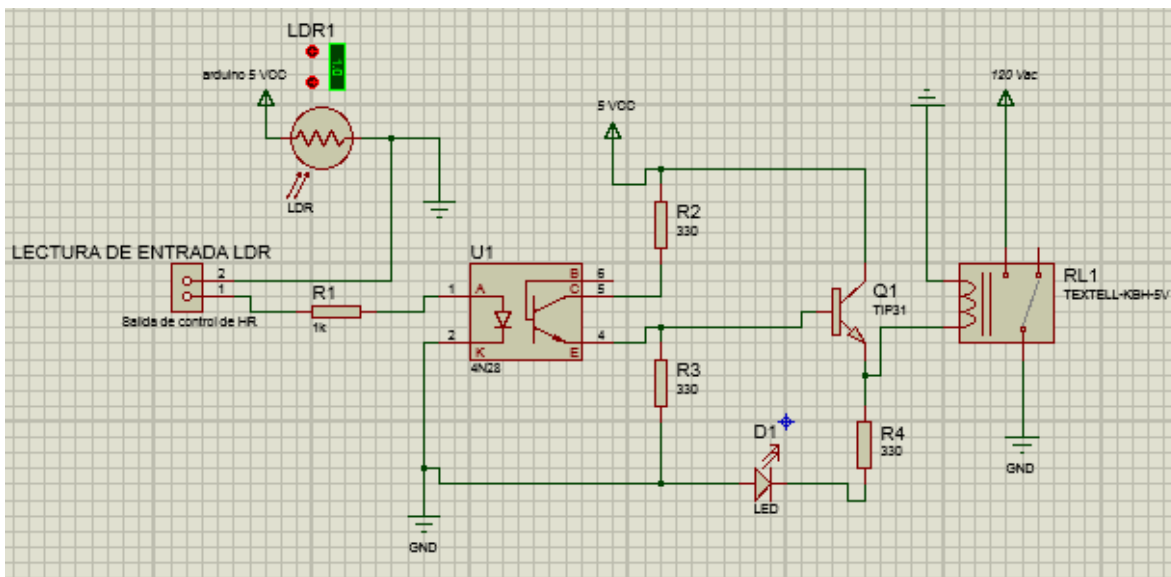


## 4.5 ACTIVACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION

### CIRCUITO DEL SISTEMA DE ILUMINACION

El sistema de iluminación es accionado gracias a un elemento fotorresistivo mejor conocido como LDR o Fotorresistencia, que consiste en una célula de Sulfuro de Cadmio, altamente estable, encapsulada con una resina epoxi transparente, resistente a la humedad. La respuesta espectral es similar a la del ojo humano. Su nivel de resistencia aumenta cuando el nivel de luz disminuye. De igual forma tiene alimentación a 5 Vcc

El sistema de iluminación implementado en el modelo a escala contiene 3 lámparas LEDS con el espectro de luz clara que permite un crecimiento estable de la planta a un nivel de 30 cm del suelo lo que reduce el rango de sombra y proporciona una cobertura ideal a toda la planta, además de que las paredes y el techo del prototipo cuentan con un hule transparente que permite la entrada del libre del espectro de luz proporcionado por el sol. El circuito para el accionamiento del sistema se puede observar en la figura 4.8



**Figura 4.8 Diagrama de activación sistema de ILUMINACION**

## 4.6 COMPONENTES ELECTRONICOS Y ELECTROMECHANICOS EMPLEADOS

Dentro de los circuitos electrónicos existen componentes constituidos de materiales semiconductores o dieléctricos con los cuales es posible manipular el paso de la electricidad de una dirección a otra los cuales funcionan como interruptores, almacenadores, seccionadores etc. Algunos de los componentes empleados en este proyecto son los siguientes:

### FUENTE DE TENSION CONTINUA (FUENTE DE ALIMENTACIÓN)

Es un dispositivo que convierte la tensión alterna, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta produce una tensión en la carga que es constante en el tiempo, cuya resistencia interna es cero. Genera una tensión constante para diferentes resistencias de carga. Cuando la resistencia de carga tiende a cero, la corriente tiende a infinito.

### RESISTOR

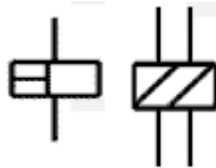
Dispositivo que se opone o impide el paso de la corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina la ley de Ohm la cantidad de corriente que fluye en un circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. La unidad de resistencia es el ohmio, que es la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de un amperio cuando se le aplica una tensión de 1 voltio. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y el símbolo del ohmio es la letra griega omega,  $\Omega$ . En algunos cálculos eléctricos se emplea el inverso de la resistencia,  $1/R$ , que se denomina conductancia y se representa por G. La unidad de conductancia es siemens, cuyo símbolo es S. Aún puede encontrarse en ciertas obras la denominación antigua de esta unidad, ohm.



**Figura 4.9 símbolo eléctrico de un resistor**

## REELEVADOR DE CONTROL

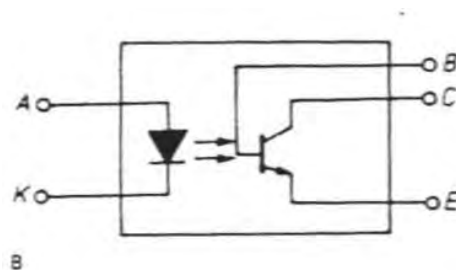
Son dispositivos electromagnéticos que disponen de contactos de mando y que se encargan del mando y control de automatismos su tamaño suele ser reducido, ya que se encargan de la parte de control. Está compuesto por una bobina más un circuito magnético y una serie de contactos abiertos y cerrados, que se mantienen en la posición de reposo por el muelle resorte. Al poner bajo tensión la bobina se crea un electroimán que atrae la parte móvil del circuito magnético sobre la parte fija desplazando también los contactos porque están unidos mecánicamente, abriendo el que está cerrado y cerrando el que está abierto en el momento en que la bobina se queda sin tensión el relé recupera la posición de reposo.



**Figura 4.10** símbolo de relé rápido con doble bobina

## OPTOACOPLADOR 4N28

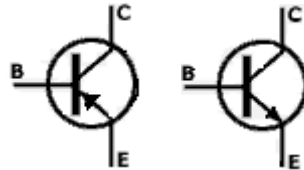
Opto aislador combina un diodo LED y un fotodiodo en un mismo encapsulado a esta combinación se le denomina optoacoplador. Algunos tipos de optoacopladores pueden utilizar fototransistores, foto tiristores y otros dispositivos ópticos en sus circuitos de salida. La ventaja fundamental del optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. En un optoacoplador el único contacto entre la entrada y la salida es el haz de luz. Por esto, es posible disponer de una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos de miles de mega ohmios. Este tipo de aislamiento resulta útil en la aplicación de alta tensión en las que los potenciales de os circuitos pueden diferir en varios miles de voltios



**Figura 4.11** Diagrama del competente 4n28

## TRANSISTORES

Los transistores se componen de semiconductores. En general se puede decir que poseen un terminal colector, emisor y receptor. Se trata de materiales, como el silicio o el germanio, dopados (es decir, se les han incrustado pequeñas cantidades de materias extrañas), de manera que se produce un exceso o una carencia de electrones libres. En el primer caso, se dice que el semiconductor es del tipo n, y en el segundo, que es del tipo p.



**Figura 4.12 símbolo transistor NPN y PNP**

## DIODO

Componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Los diodos más empleados en los circuitos electrónicos actuales son los diodos fabricados con material semiconductor. En los diodos de germanio (o de silicio) modernos, el cable y una minúscula placa de cristal van montados dentro de un pequeño tubo de vidrio y conectados a dos cables que se sueldan a los extremos del tubo.



**Figura 4.13 símbolo diodo**

## LED

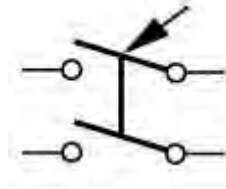
El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica, emite luz. Existen **diodos LED** de varios colores que dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo, entre otros.



**Figura 4.14 símbolo diodo LED**

## INTERUPTOR TERMOMAGNETICO

Es un dispositivo conectado en serie con el circuito y tiene como función la protección contra las sobre cargas e intensidades de corto circuito provocando la interrupción en el mismo.



**Figura 4.15 símbolo interruptor termomagnético**

## RELEVADOR DE POTENCIA

Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor. Un relé está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán. Éste requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios. Por tanto, el conmutador permite que una corriente y tensión pequeñas controlen una corriente y tensión mayores.



**Figura 4.16 relevador de potencia**

## **4.7 ELEMENTOS DE MANDO**

Los elementos de mando son todos los elementos o dispositivos que permiten dar órdenes al automatismo, bien sea de forma manual, mecánica o de forma automática. Se establecen dos tipos:

- **Elementos de mando manuales o mecánicos.**- dispositivos que un operador activan manualmente para enviar información al automatismo y pueden ser pulsadores, interruptores, conmutadores. Dispositivos que se activan mecánicamente: interruptores de posición y finales de carrera.
- **Elementos de mando automático.**- Sensores o detectores y son dispositivos que activados por diferentes variables físicas, permiten dar órdenes al automatismo. En función de la variable física que lo activa pueden ser: detectores de presión, detectores de temperatura, detectores de nivel de líquidos, detectores foto eléctricos o células fotoeléctricas, detectores de presencia e inductivos, etc.

### **INTERRUPTOR O SELECTOR**

Dispositivo de mando accionado manualmente que al actuar sobre él cambia de posición y que recupera su posición de reposo al actuar de nuevo sobre él. Existen de dos posiciones o más.

### **ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN (PILOTOS)**

Son aquellos dispositivos eléctricos que nos dan información y que nos permiten conocer el estado en que se encuentra el automatismo pueden ser ópticos o acústicos.

## CAPITULO 5

---

## PROGRAMACION



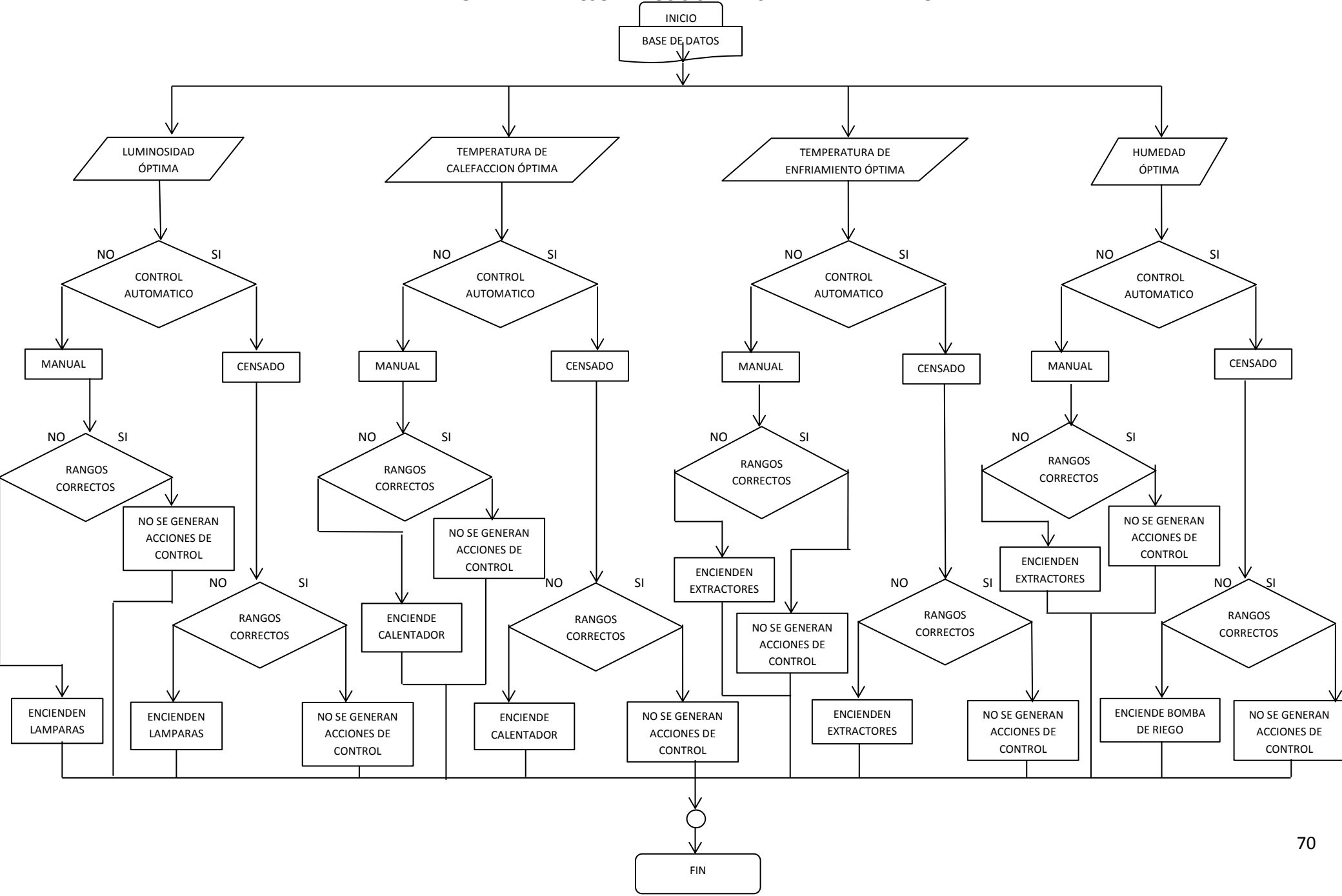
En este capítulo se dará una explicación sobre la lógica de control implementada en los sistemas del invernadero programado en LabVIEW, con la que el usuario podrá tener un entendimiento más amplio del tema, permitiéndole interactuar con el sistema SCADA desarrollado. El sistema implementado permite que el control de las variables climáticas en el invernadero inicie su ciclo de trabajo.

Se realizó la implementación de los sistemas de automatización del entorno climático del modelo a escala, para lo cual fue importante conocer los parámetros ideales de cada cultivo, principalmente: aguacate, berenjena, caña, cebolla, chile piquín, frijol, jitomate, lechuga, papa, pepino, tomate y zanahoria; particularmente se trabajó sobre el cultivo chile piquín por presentar las condiciones adecuadas para el modelo a escala con datos e información proporcionada entre otras fuentes por el ingeniero agrónomo y el personal que labora en el invernadero.

A continuación se mostrará la programación implementada por medio de un diagrama de flujo considerando que es más fácil hacer una interpretación del mismo para entender los sistemas.



# DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS SISTEMAS DEL INVERNADERO



## **5.1 PROGRAMACION DE LOS SISTEMAS**

El software LabVIEW es la herramienta que permitió desarrollar la programación para cada uno de los sistemas implementados en el sistema SCADA los cuales son:

- Programación del sistema de temperatura de calefacción.
  
- Programación del sistema de temperatura de enfriamiento.
  
- Programación del sistema de humedad relativa.
  
- Programación del sistema de riego.
  
- Programación del sistema de iluminación.

# INTERFAZ GRAFICA DEL SISTEMA SCADA



Figura 5.1 Interfaz gráfica del sistema SCADA

### 5.1.1 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE TEMPERATURA

#### SISTEMA DE CALEFACCION Y ENFRIAMIENTO

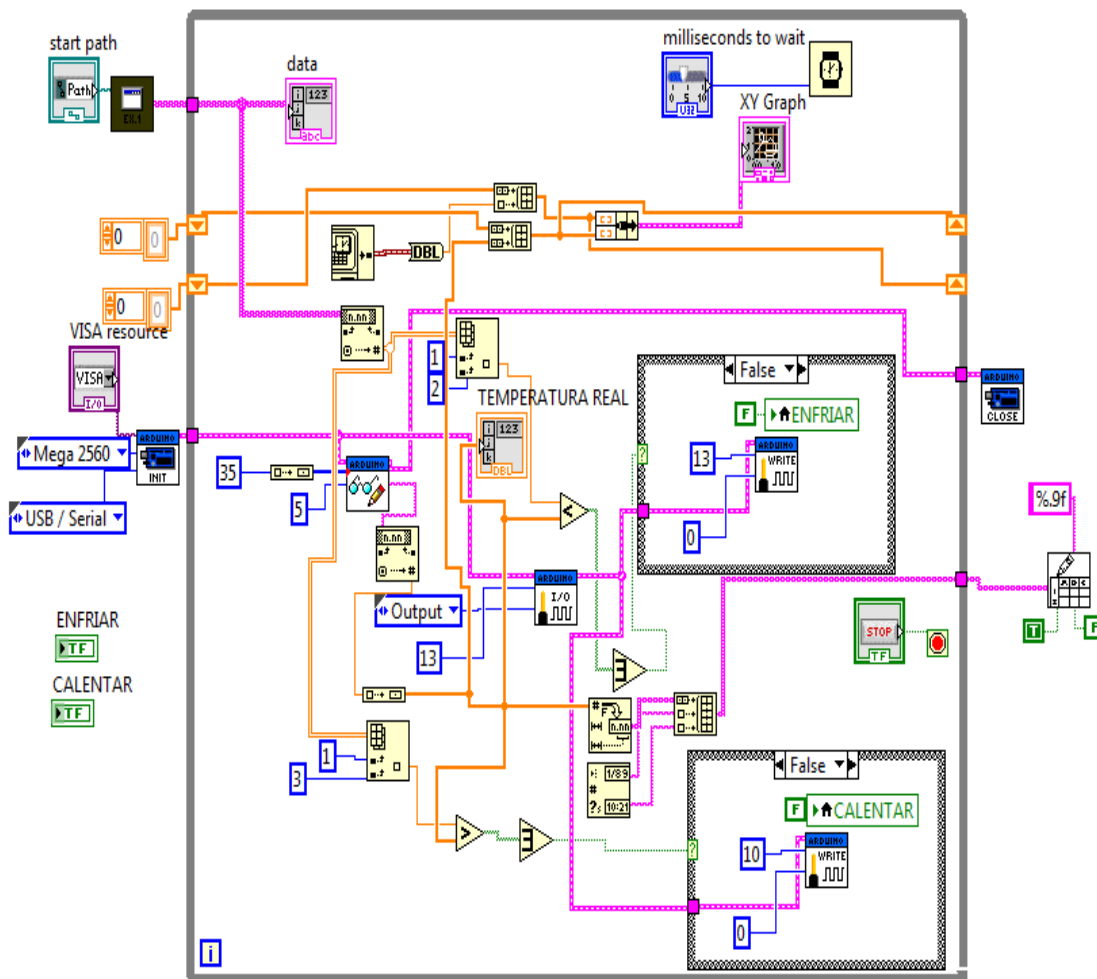
El control de temperatura está integrado por dos sistemas: El sistema de calefacción que permite incrementar la temperatura del invernadero cuando esta se encuentra por debajo del parámetro establecido (set point) y por otro lado se encuentra el sistema de enfriamiento que se activa en el instante en que la temperatura se localiza por encima del rango definido, rango que de ser superado puede llegar a perjudicar el desarrollo del cultivo.

En primer término se colocó un VI de tipo entero el cual permite definir el controlador y el tipo de comunicación empleado, además de los recursos de programación proporcionados por la librería LIFA los cuales fueron tomados de la tarjeta de adquisición de datos.

Posteriormente una vez iniciado el programa, este evalúa las condiciones de temperatura del invernadero captada por los sensores, información que es administrada por un VI de tipo ARRAY (este elemento permite realizar una colección de datos del mismo tipo y puede tener 1 o más dimensiones), de ser necesario elevar o disminuir la temperatura los parámetros a emplearse se tomarán de la base de datos localizados en una tabla, eligiendo entre el registro y campo respectivos. Esta comparación también es realizada por VIs. A la salida de esta comparación se determinará el tipo de caso a aplicar, es así que en funcionamiento la estructura CASE (Estructura que permite elegir entre dos casos: uno verdadero y uno falso en ellos solo uno se ejecuta a la vez dependiendo del valor booleano), si la situación que se presenta es la generación de calefacción debido a un nivel bajo de temperatura el bit será = 255 que se comporta como un caso verdadero lo que activa el elemento final de control y cuando se presenta un nivel estable “set point” de temperatura, el bit será = 0, comportándose como un caso falso, siendo así no se genera ninguna acción de control. Para proporcionar calefacción al sistema se tiene un VI de tipo escritura digital, que muestra el resultado tanto de forma virtual como de forma física, generando el accionamiento del actuador de calefacción, además de contar con una gráfica que refleja el comportamiento de la temperatura en el tiempo. Cuenta con un VI para arranque manual, además de indicadores virtuales que reflejan el estado de activación o desactivación de los

elementos. Todos estos elementos están contenidos dentro de estructuras WHILE (estructura que ejecuta el código que contiene dentro de sus bordes indefinidamente hasta que el valor booleano cableado a la terminal de condición sea verdadero tiene la función de ciclo infinito hasta que alguien ejecute un STOP). El sistema presenta el mismo funcionamiento para enfriamiento solo que tiene una salida distinta en el microcontrolador.

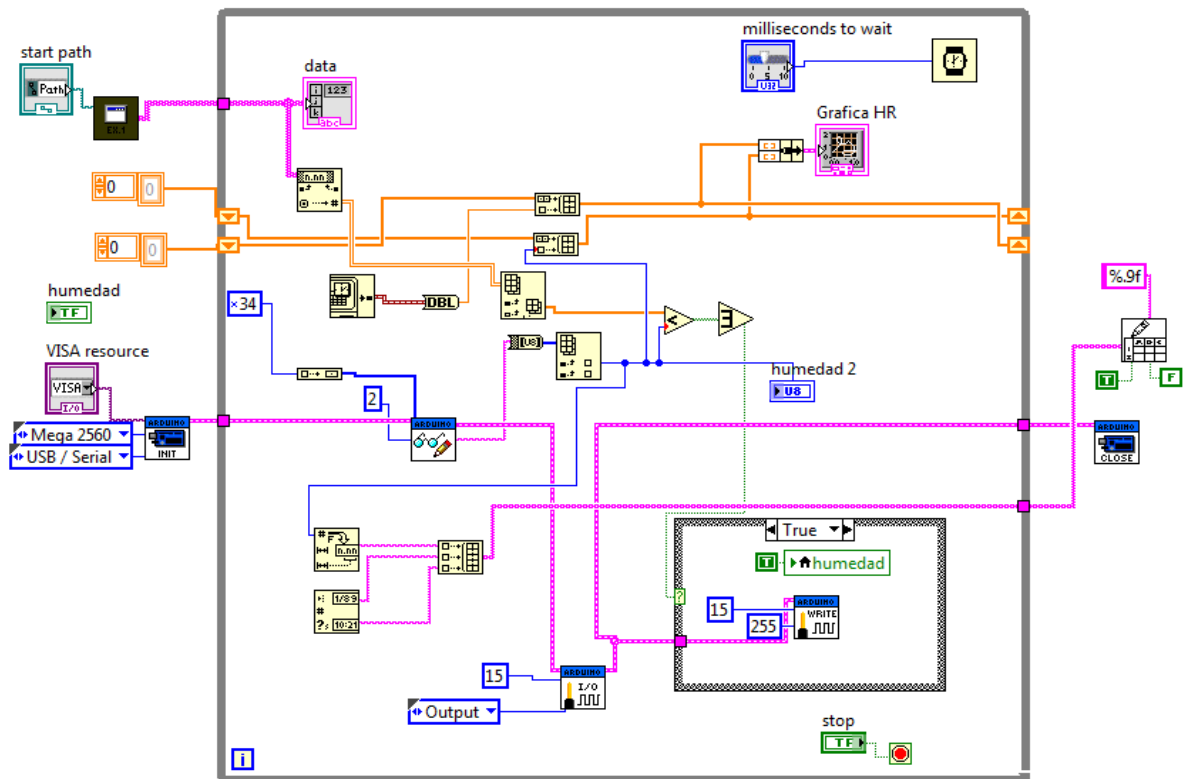
### DIAGRAMA DE BLOQUES DE EL SISTEMA DE CALEFACCION Y ENFRIAMIENTO



## 5.1.2 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA

La programación para este sistema es muy similar a la del anterior la principal diferencia es el tipo de sensor empleado que como ya se mencionó en capítulos anteriores es el DHT11, también otra diferencia es el tipo de caso de lectura de la librería LIFA, el cual es el 34, en este caso la lectura será en 2 Bytes y su salida hacia la tarjeta de adquisición de datos le corresponderá el pin 15. El sistema evaluará la cantidad de humedad en el ambiente, si la humedad que requiere el cultivo se encuentra por debajo del porcentaje deseado, este en su proceso de comparación determinará que existe una señal de error y ejercerá la acción de control para corregirlo. La programación para este sistema también cuenta con una gráfica, un VI para cancelar el censado, indicadores virtuales y un VI para iniciar manualmente el actuador de humidificación, así como de estructuras WHILE y CASE

DIAGRAMA DE BLOQUES DE EL SISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA



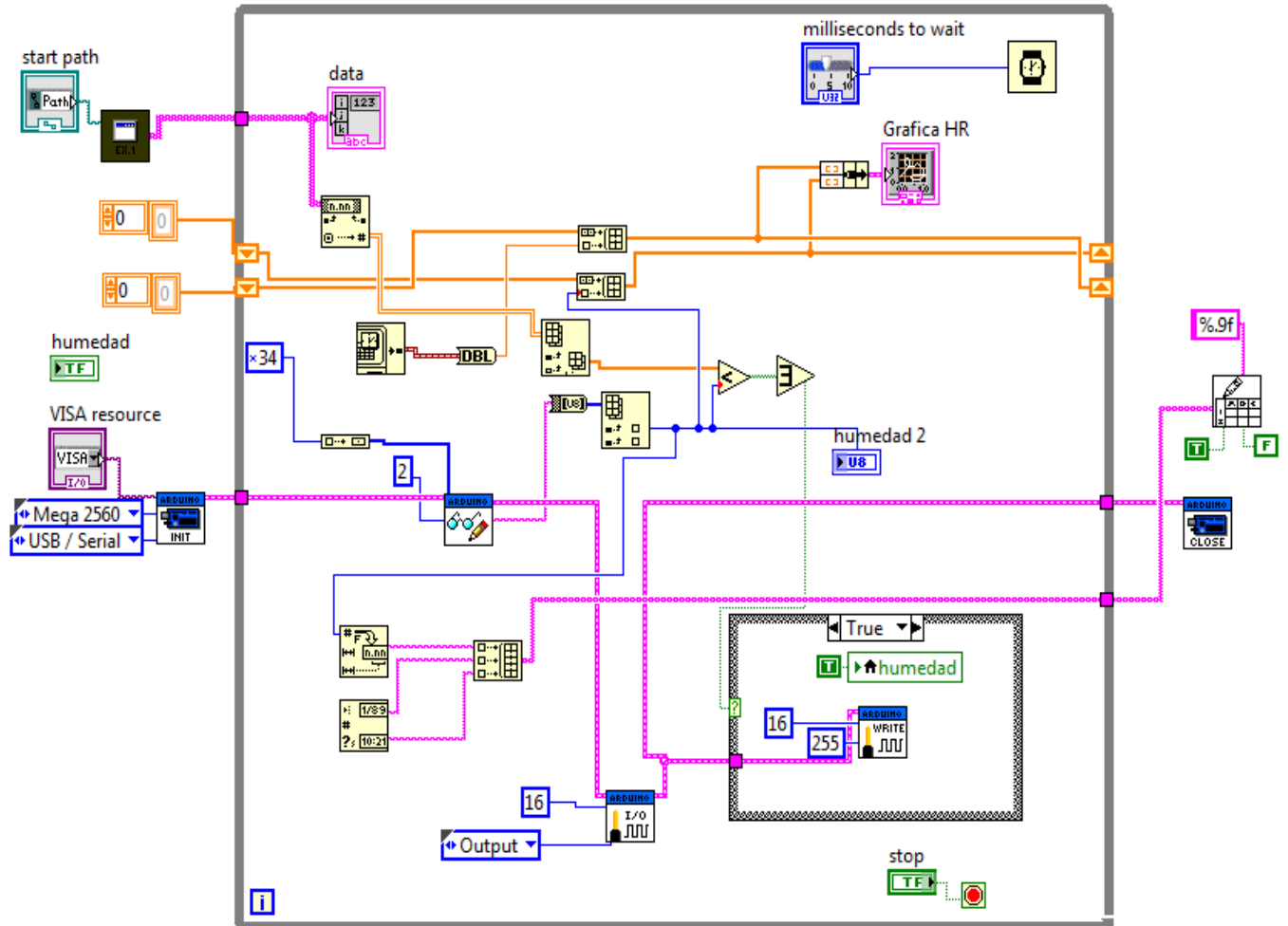
### **5.1.3 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**

#### **CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE CENSADO**

En el siguiente diagrama se puede observar a los elementos virtuales que integran el sistema de riego, en este sistema también se empleó un sensor DHT11 por lo que su programación es muy semejante a la del sistema de humedad relativa, aunque cabe destacar que existe un cambio debido a la entrada y salida por las que esta señal es procesada, además de los campos y registros a los que obedece de la base de datos creada. Cuando el sensor detecta un rango de humedad bajo en el sustrato del cultivo, esta información es procesada por un elemento ARRAY y con ayuda de los VIs de comparación se evalúa la acción de control a tomar.

La programación extensa y fuerte del sistema es llevada a cabo en el microcontrolador ATMEGA 2560 de la marca ATMEL tal programación es realizada en lenguaje C, la cual con ayuda de las librerías LIFA y ONE WIRE permite exportarla a el software LabVIEW y una vez que inicia el programa la señal es procesada y manipulada con ayuda también de los instrumentos virtuales de ARDUINO contenidos en LabVIEW empleando de igual forma Estructura WHILE y CASE así como una gráfica, indicadores y mandos virtuales.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE EL SISTEMA DE RIEGO



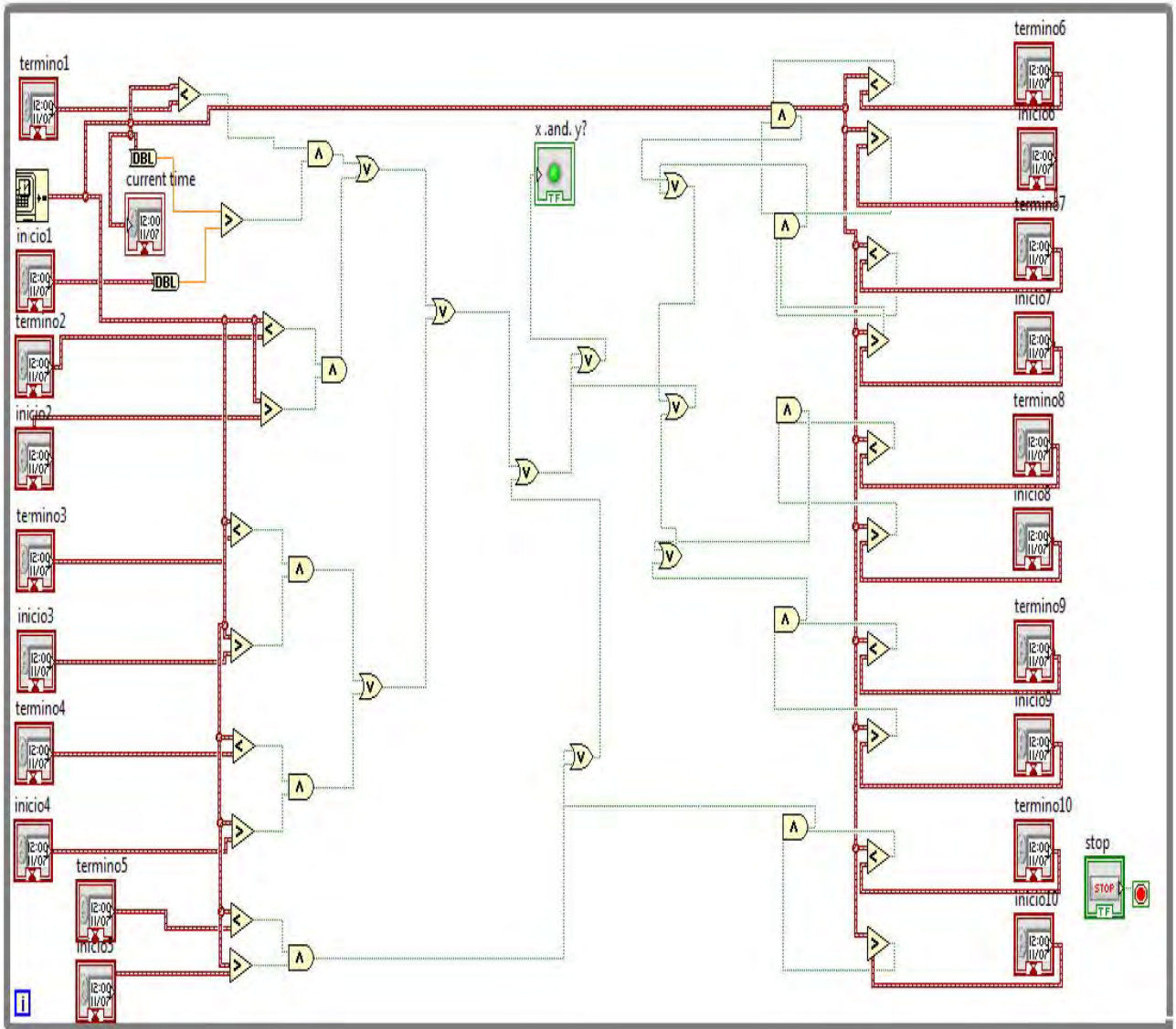


## **CONTROL DEL SISTEMA DE RIGIO MEDIANTE TEMPORIZACION**

En siguiente diagrama se presenta la programación del sistema de riego de manera temporizada se puede observar un lazo de programación WHILE y también se observan en color rojo VIs asociados a un GET DATE/TIME IN SECONDS que realiza la función de introducir un tiempo real, con fecha y hora, todos los VIs están enlazados a otros elementos de comparación y elementos boléanos. De esta manera el ingeniero agrónomo tiene la posibilidad de acceder a un tipo de control por tiempos, ante cualquier posible falla o mantenimiento del sistema de control por eventos o control por censado.

El sistema cuenta con un temporizador de inicio y otro temporizador de término de riego y adicionalmente a estos dos pares mencionados existen 7 más al servicio del ingeniero agrónomo.

# DIAGRAMA DE BLOQUES DE EL SISTEMA DE RIEGO TEMPORIZADO

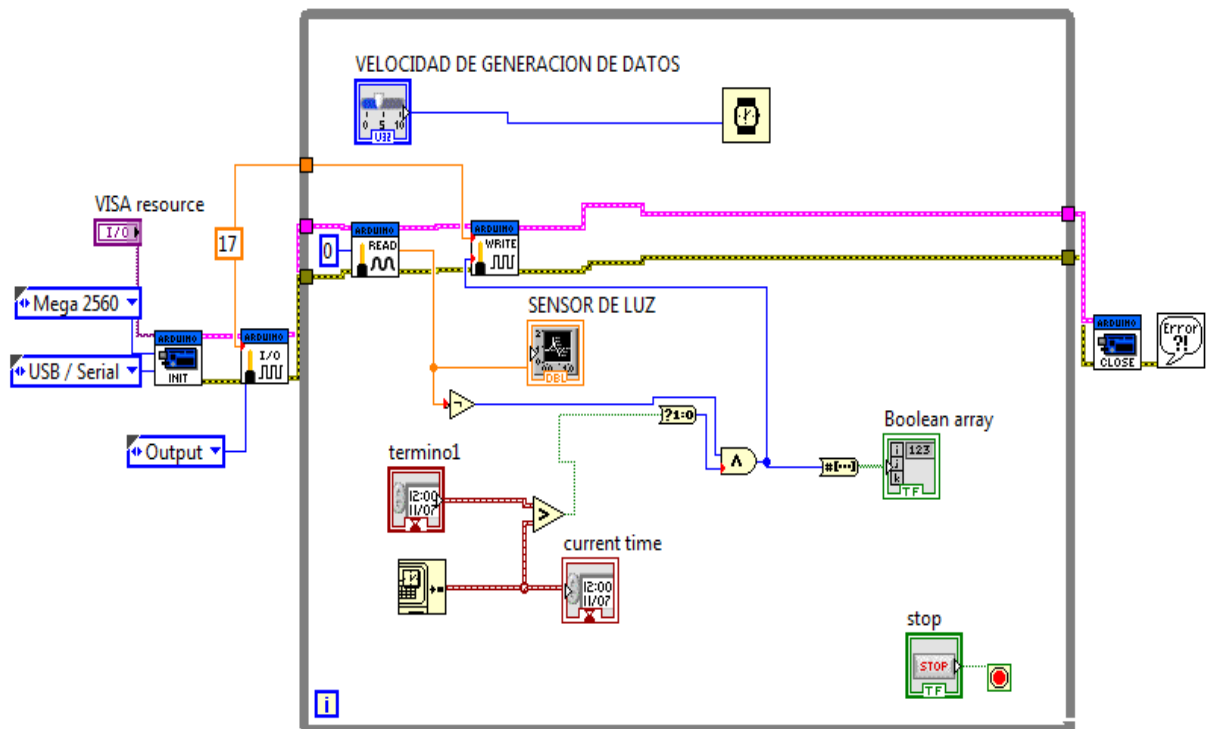


### 5.1.4 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACION

La programación del sistema de iluminación es diferente a la de los anteriores, aquí se trata de una señal de entrada analógica a diferencia de los otros que procesaban una señal digital, también la lógica del programa está contenida en un lazo de control o estructura WHILE. Para la programación del sensor se utilizan VIs directamente proporcionados por el software LabVIEW para la lectura y escritura del mismo.

Un VI de lectura es el encargado de recibir la señal del sensor LDR y otro VI de entrada/salida encargado de escribir la señal, en este caso en el pin 17, también cuenta con una gráfica del comportamiento de la variable a controlar, en cuanto a la detección de luz o no. En su lógica integra un inversor en comunicación con una compuerta lógica booleana AND. Contiene un elemento de temporización que con ayuda del sensor permite captar el comienzo y termino de la luz del día lo que llevara al sistema a un valor alto o bajo, acción que permitirá activar los actuadores de iluminación artificial.

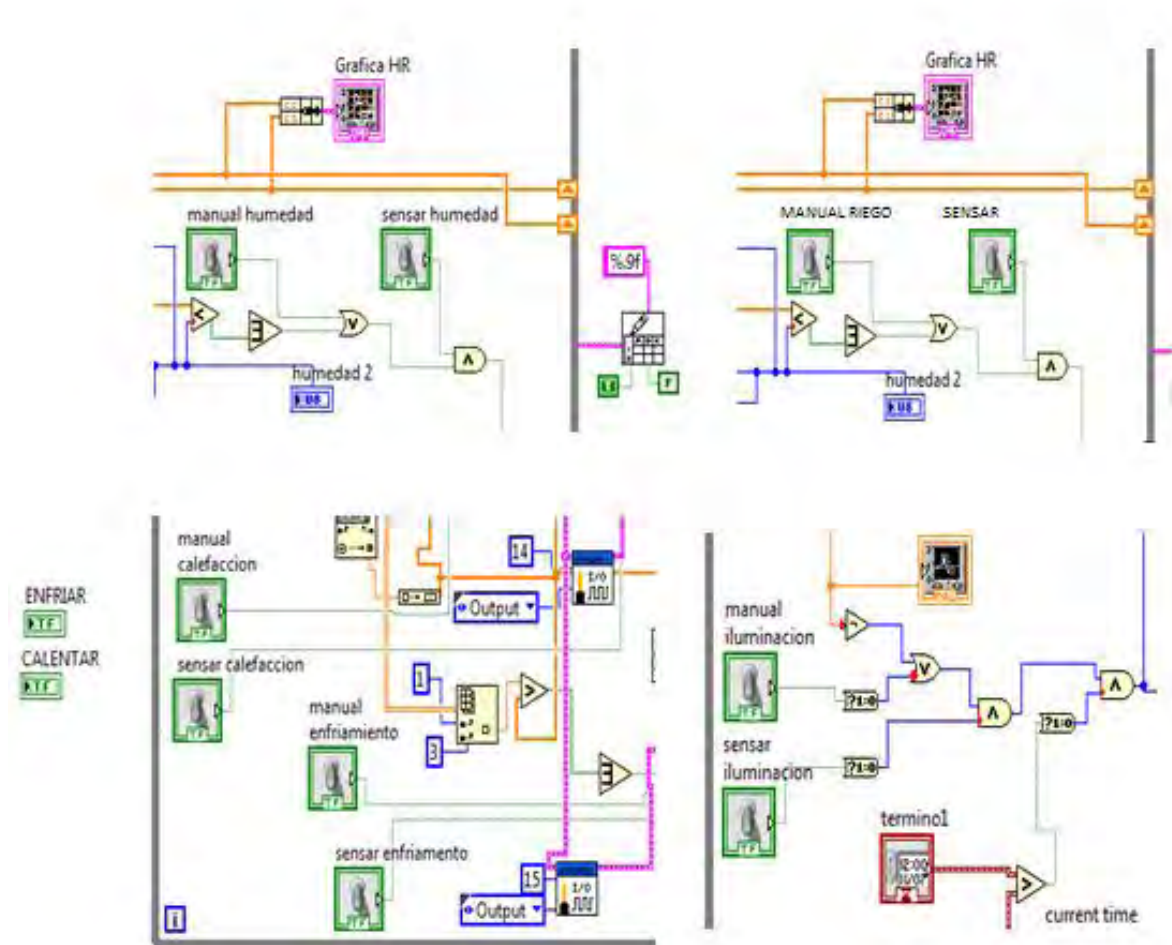
### DIAGRAMA DE BLOQUES DE EL SISTEMA DE ILUMINACION



## 5.2 ACTIVACION MANUAL DE LOS SISTEMAS

En muchas ocasiones se necesita tener un sistema manual para tener la posibilidad de manipular el proceso de manera rápida y sin tener que recurrir al censado, teniendo en cuenta la experiencia del operador se sabe que en cierto momento no le es muy funcional el control por censado, por tal motivo se pensó brindar la ventaja de poder manipular las variables con un control manual desde el panel frontal des sistema para accionar los actuadores.

### DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ACTIVACION DE LOS SISTEMAS DE FORMA MANUAL



## CAPITULO 6

---

### PRUEBAS Y RESULTADOS

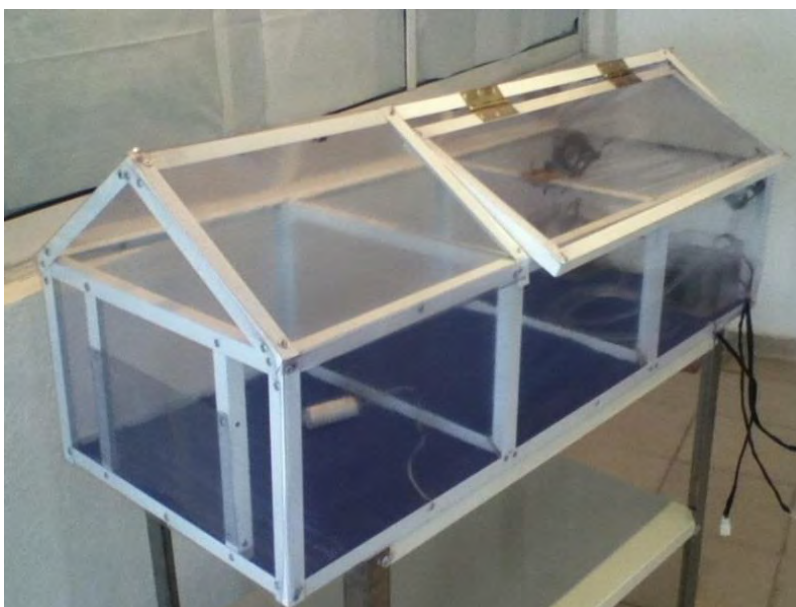


## 6.1 MODELO A ESCALA

Se construyó un modelo a escala del invernadero con la finalidad de realizar pruebas y obtener datos que permitirán conocer el comportamiento de las variables climáticas, manipuladas a través de la aplicación de un sistema SCADA.



*Figura 6.1 Vista lateral modelo a escala*



*Figura 6.2 Vista de perfil modelo a escala*

### **6.1.1 ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO A ESCALA**

Para la construcción de este modelo a escala, se utilizaron distintos elementos y dispositivos que simulan al sistema original. A continuación se presenta una lista con el material y los elementos implementados:

Material:

1. Angulo de aluminio de ½” para la estructura de la maqueta.
2. Acrílico de 5mm. para la base de la maqueta y contenedores: bomba y humidificador.
3. Hule cristal para el recubrimiento de la estructura.
4. Bisagras para la puerta de acceso.
5. Manguera Transparente de 6mm de diámetro.
6. Malla metálica para simular pared húmeda.

Elementos:

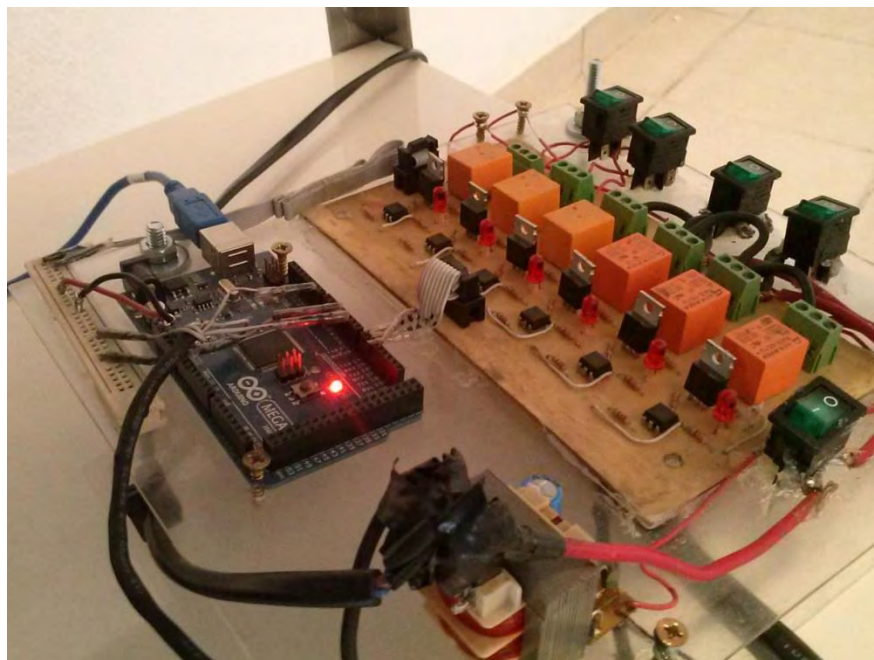
1. Bomba de agua de 60 Lt/Hr alimentada a 120 VCA potencia de 8W.
2. Calentador de resistencia eléctrica 120 VCA.
3. Ventiladores monofásicos alimentados a 12 VDC.
4. Tira de LED's alimentados a 12 VDC.
5. Sensores implementados: DHT11, DALLAS, LDR.

Tarjeta de potencia y adquisición de datos:

1. Relevadores de 5VCD
2. Transistores TIP31C de 5VCD
3. Optoacopladores 4N28 5VCD
4. LED's Rojos
5. Transformador de 120 VCA a 12 VCD
6. Botones de control de doble alimentación ON/OFF
7. Placa PCB
8. Acrílico para soportar componentes
9. Cable eléctrico rojo y negro calibres 14 y 18



**Figura 6.3 Modelo a escala con elementos de control**



**Figura 6.4 Hardware del sistema SCADA**





**Figura 6.5** Sensor de humedad del sustrato DHT11



**Figura 6.6** Sensores de temperatura y humedad relativa DALLAS Y DHT11



**Figura 6.7 Actuador de enfriamiento**



**Figura 6.8 Actuador de calefacción y humidificación**



**Figura 6.9 Actuador de riego**

## 6.2 RESULTADOS

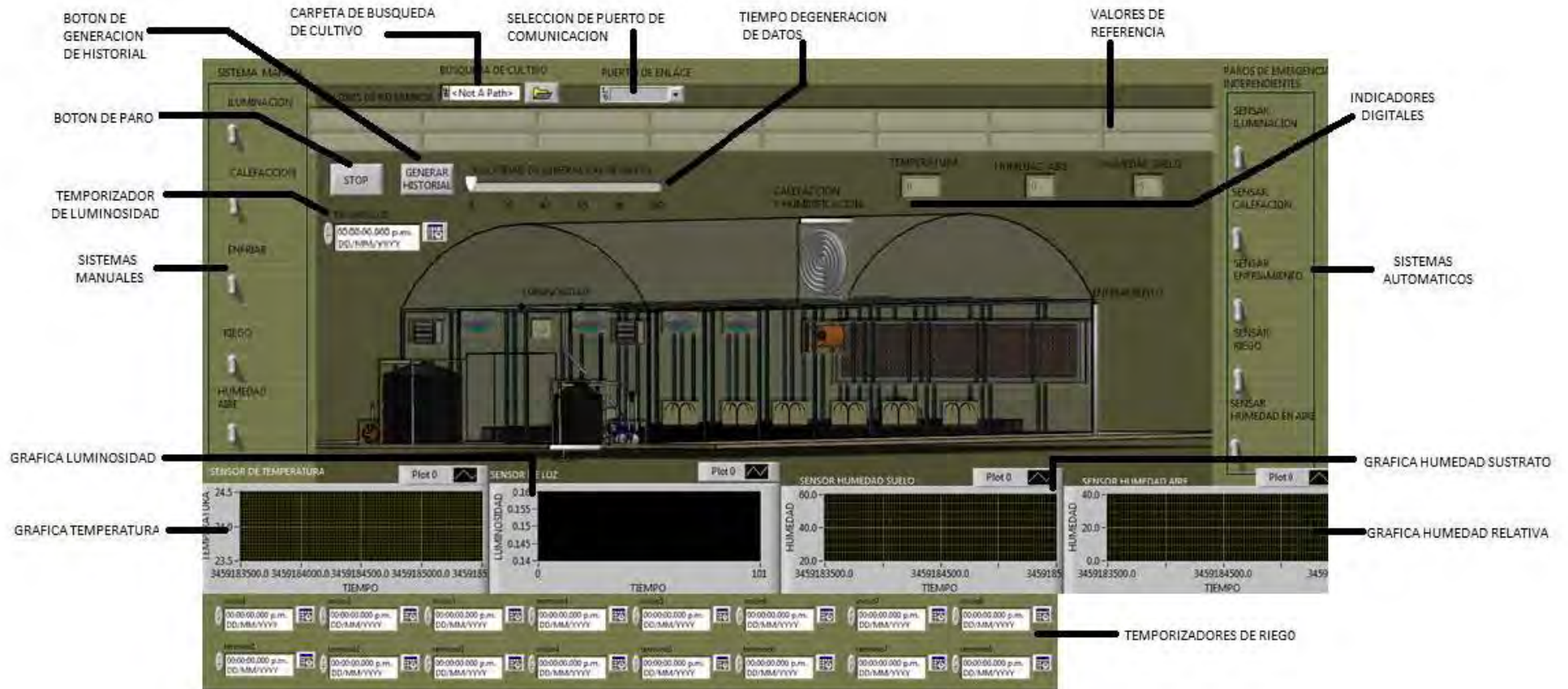
Las pruebas se realizaron en diferentes días y horas ya que el sistema permite guardar un historial de los datos obtenidos durante dichas pruebas, con esto podemos hacer un análisis de los resultados presentados en este capítulo.

El historial generado permite almacenar datos de los niveles de: temperatura, humedad del sustrato, humedad relativa y luminosidad, datos que permitirán al ingeniero agrónomo obtener un estándar del comportamiento de los sistemas, para posteriormente realizar un control más eficaz y con ayuda de las gráficas obtener curvas de comportamiento más estables.



***Figura 6.10 Prueba final del comportamiento de los sistemas realizada 19/10/2013***

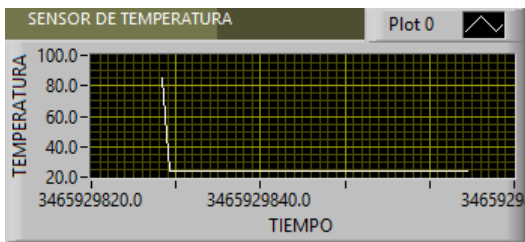
## ELEMENTOS DE LA INTERFAZ DE USUARIO



## PRUEBA REALIZADA EL 29/07/2013

CULTIVO	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	FECHA	HORA
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.500	HUMEDAD AIRE	39.0	HUMEDAD SUELO	45.0	29/07/2013	10:53 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	24.190	HUMEDAD AIRE	33.0	HUMEDAD SUELO	40.0	29/07/2013	11:53 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	26.690	HUMEDAD AIRE	37.0	HUMEDAD SUELO	56.0	29/07/2013	12:53 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	25.620	HUMEDAD AIRE	36.0	HUMEDAD SUELO	60.0	29/07/2013	1:53 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.560	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	66.0	29/07/2013	2:53 p.m.

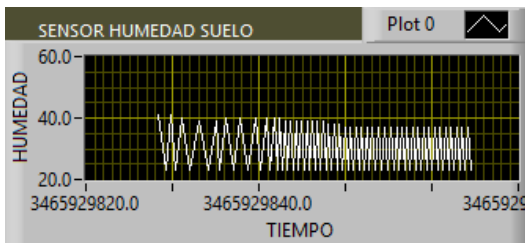
**GRAFICA DE TEMPERATURA**



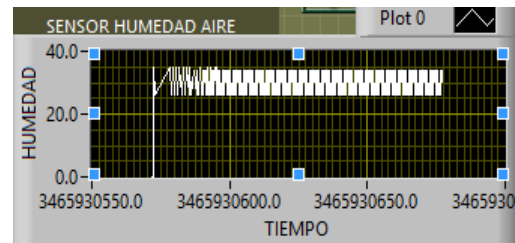
**GRAFICA DE LUMINOSIDAD**



**GRAFICA DE HUMEDAD DE SUSTRATO**



**GRAFICA HUMEDAD RELATIVA**



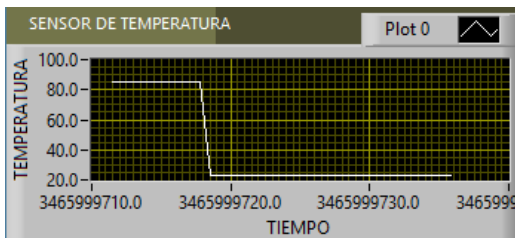
En estas graficas se observa:

- 1) La temperatura se encuentra dentro de los niveles establecidos.
- 2) El sistema de iluminación aunque variante se encuentra en el rango definido.
- 3) La humedad en el sustrato apreciada es alta, aun así se genera una acción de control para elevarla al 60%.
- 4) La humedad en el aire presenta muy poca variación se encuentra entre 38% y 40% que es un rango ideal para el cultivo.

## PRUEBA REALIZADA EL 04/08/2013

CULTIVO	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	FECHA	HORA
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	23.310	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	40.0	04/08/2013	10:30 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	25.310	HUMEDAD AIRE	42.0	HUMEDAD SUELO	50.0	04/08/2013	11:30 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	27.750	HUMEDAD AIRE	36.0	HUMEDAD SUELO	43.0	04/08/2013	12:30 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	27.810	HUMEDAD AIRE	34.0	HUMEDAD SUELO	43.0	04/08/2013	1:30 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.500	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	45.0	04/08/2013	2:30 p.m.

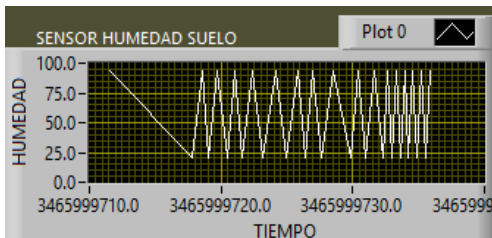
**GRAFICA DE TEMPERATURA**



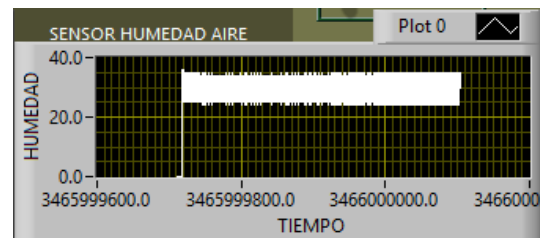
**GRAFICA DE LUMINOSIDAD**



**GRAFICA DE HUMEDAD DE SUSTRATO**



**GRAFICA HUMEDAD RELATIVA**



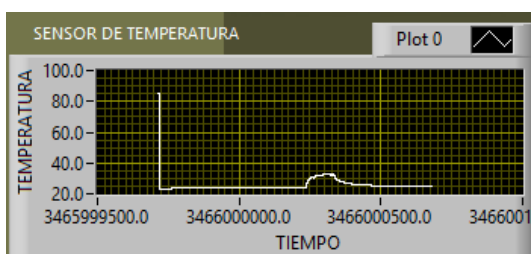
En estas graficas se observa:

- 1) La temperatura se encuentra en el rango de consigna ideal aun en un día nublado.
- 2) El sistema de iluminación encendió el actuador debido a la disminución de luz.
- 3) La humedad en el sustrato apreciada intenta nivelar las condiciones de set point.
- 4) La humedad en el aire presenta muy poca variación se encuentra entre 38% y 40% que es un rango ideal para el cultivo.

## PRUEBA REALIZADA EL 11/08/2013

CULTIVO	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	FECHA	HORA
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	19.190	HUMEDAD AIRE	35.0	HUMEDAD SUELO	44.0	11/08/2013	10:00 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	24.690	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	60.0	11/08/2013	11:00 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	25.620	HUMEDAD AIRE	37.0	HUMEDAD SUELO	66.0	11/08/2013	12:00 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.560	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	70.0	11/08/2013	1:00 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	23.310	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	40.0	11/08/2013	2:00 p.m.

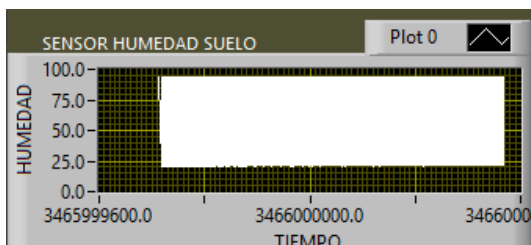
**GRAFICA DE TEMPERATURA**



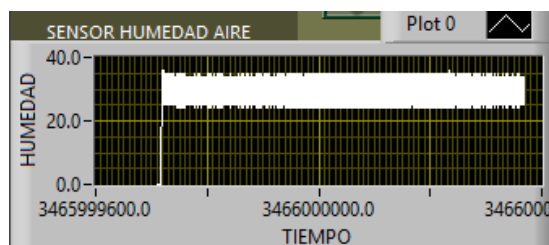
**GRAFICA DE LUMINOSIDAD**



**GRAFICA DE HUMEDAD DE SUSTRATO**



**GRAFICA HUMEDAD RELATIVA**



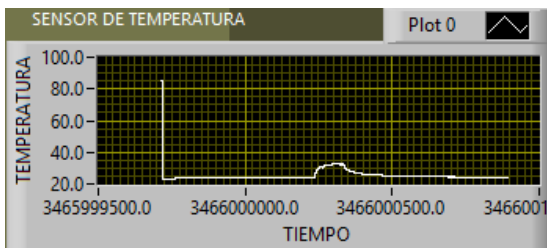
En estas graficas se observa:

- 1) En la gráfica se observa que las condiciones de temperatura son buenas.
- 2) La grafica del sistema de iluminación presenta condiciones estables.
- 3) La grafica muestra que los niveles de saturación de humedad son altos.
- 4) La humedad en el aire presenta muy poca variación se encuentra entre 38% y 40% que es un rango ideal para el cultivo.

## PRUEBA REALIZADA EL 18/08/2013

CULTIVO	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	VARIABLE	LECTURA	FECHA	HORA
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.500	HUMEDAD AIRE	39.0	HUMEDAD SUELO	45.00000 0	18/08/2013	10:53 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	24.190	HUMEDAD AIRE	33.0	HUMEDAD SUELO	40.00000 0	18/08/2013	11:53 a.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	26.690	HUMEDAD AIRE	37.0	HUMEDAD SUELO	56.00000 0	18/08/2013	12:53 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	25.620	HUMEDAD AIRE	36.0	HUMEDAD SUELO	60.00000 0	18/08/2013	1:53 p.m.
CHILE PIQUIN	TEMPERATURA	22.560	HUMEDAD AIRE	38.0	HUMEDAD SUELO	66.00000 0	18/08/2013	2:53 p.m.

**GRAFICA DE TEMPERATURA**



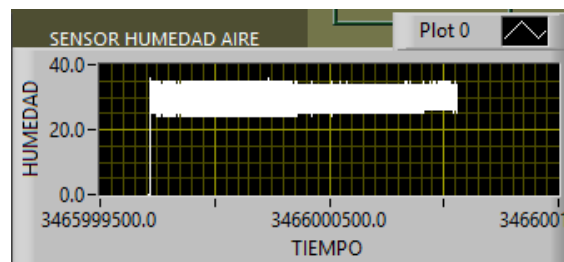
**GRAFICA DE LUMINOSIDAD**



**GRAFICA DE HUMEDAD DE SUSTRATO**



**GRAFICA HUMEDAD RELATIVA**



En estas graficas se observa:

- 1) La temperatura se encuentra a 23° muy ideal para el cultivo
- 2) Esta grafica se originó debido a que el día se nublo momentáneamente disminuyendo los niveles de luz.
- 3) La humedad en el sustrato apreciada es alta, se encuentra aproximadamente a 99%.
- 4) La humedad en el aire presenta muy poca variación se encuentra entre 38% y 40% que es un rango ideal para el cultivo.



**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PROYECTO**

	MARZO 2013				ABRIL 2013				MAYO 2013			
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
INTRODUCCION AL INVERNADERO	█											
ESTUDIO DE LOS INVERNADEROS	█											
MEDICIONES DEL INVERNADERO	█											
DISEÑO DEL INVERNADERO	█		█									
ESTUDIO DE CULTIVOS	█											
SISTEMAS CLIMATICOS	█		█									
DIAGRAMAS DTI				█								
ACTIVIDADES DE CONTROL					█							
MICROCONTROLADOR					█							
SOFTWARE LABVIEW					█							
INTERFACE ARDUINO-LABVIEW							█					
BUSQUEDA DE SENSORES							█					
PROGRAMACION							█					
PRUEBAS									█			
FUNCIONAMIENTO									█			
REALIZACION DE MAQUETA									█			
CONCLUSIONES									█			

### 6.3 CONCLUSIONES

Como conclusión podemos agregar que el sistema SCADA implementado, resultó ser de gran utilidad para adquirir, supervisar y controlar las variables climáticas en el modelo a escala, por tal motivo con los datos obtenidos a través de las pruebas aplicadas durante el desarrollo de este proyecto, el análisis de comportamiento de las gráficas y de los historiales generados, se piensa que puede llegar a ser factible su aplicación en el sistema original. Además con la automatización generada para los sistemas climáticos se hace más eficiente la calidad de los cultivos, se reduce el consumo energético del sistema, se disminuye la mano de obra, se reducen los costos y se aumenta la producción.

A continuación se mencionan algunas prestaciones con que cuenta el sistema:

Una supervisión virtual y en tiempo real de las variables climáticas, lo cual facilita realizar operaciones de control desde una sala de mando, sin la necesidad de estar físicamente al interior del invernadero gracias a que el sistema cuenta con elementos virtuales como: botones graficas indicadores etc., Mientras que con la aplicación de otro tipo de controles se tiene un control ciego y por lo cual no existe una supervisión constante del proceso

La posibilidad de aplicar diversas recetas contenidas en una base de datos gracias a la alta flexibilidad que presenta el sistema de control vs contra un control convencionalmente inflexible en el que resultaría difícil interactuar con el sistema a este nivel.

Un control a distancia lo cual resulta ser muy útil para los operadores del sistema, ya que permite actuar ante cualquier emergencia que pudiera presentarse en el invernadero, además de la reducción del tiempo presencial del ingeniero agrónomo.

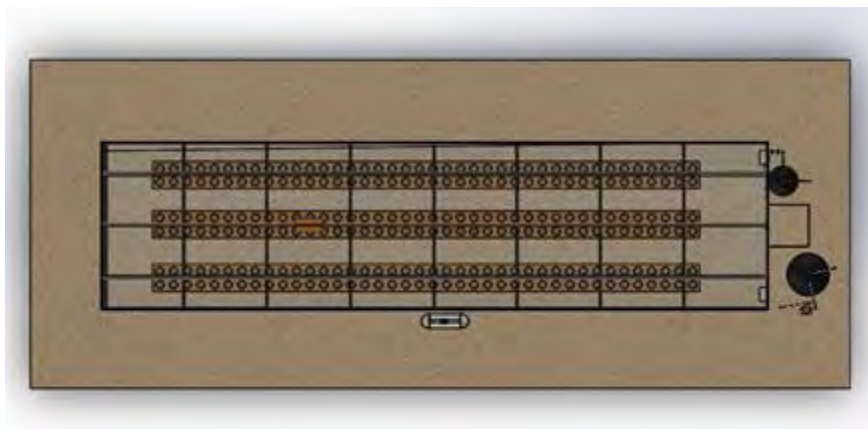
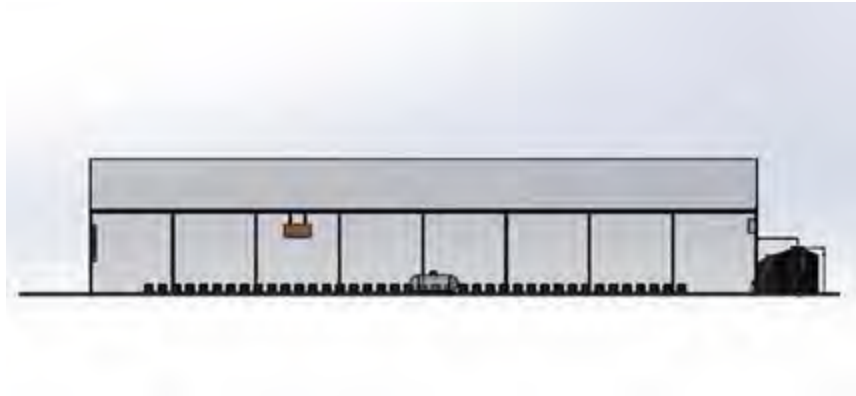
Otra ventaja significativa es la reducción de los dispositivos de control como: controladores de temperatura, temporizadores, etc. que con la aplicación de otros sistemas, su implementación seria por separado reflejándose en el aumento de costos, a diferencia del sistema de control propuesto, en el que estos dispositivos se encuentran centralizados en un controlador.

## BIBLIOGRAFIA

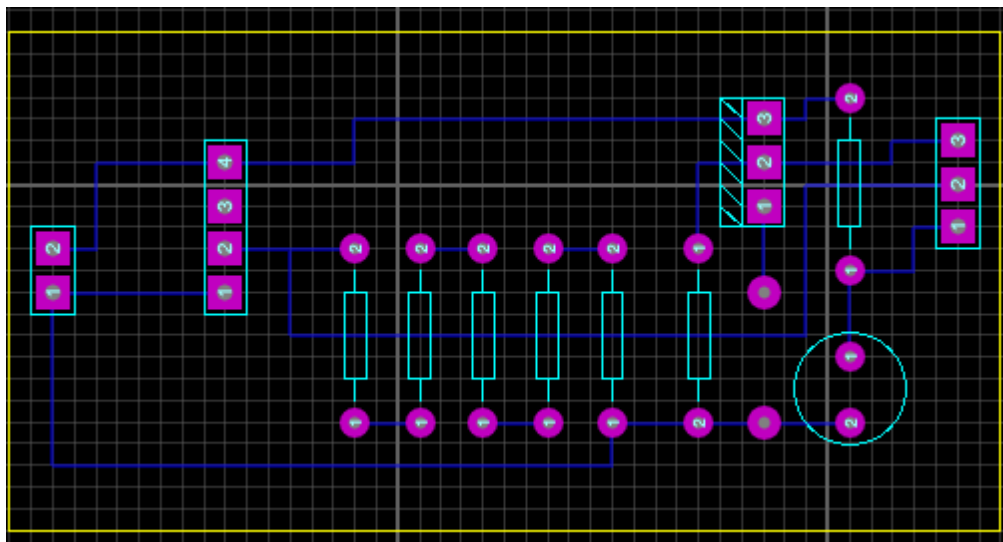
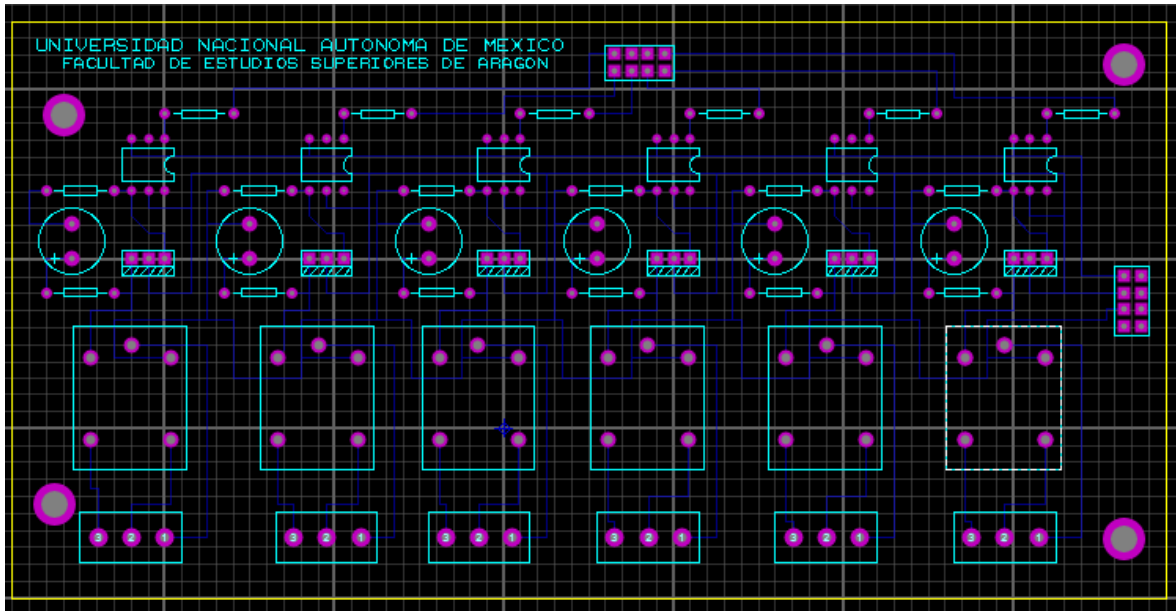
- [1] Balcells Josep y Romeral Jose Luis. (1998). Autómatas Programables. México: Editorial Alfaomega.
- [2] Barbado Santana Jose, Martin Sierra Jesús, Aparicio Bravo Jesús. (2011) Automatismos Industriales. España: Editorial Creaciones Copyright.
- [3] Bolton W. (2001). Mecatrónica sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega.
- [4] Bolton William (2001) Ingeniería de control. (2° Edición). México: Editorial Alfaomega.
- [5] Bolton William (2006) Mecatrónica. (3° Edición). México: Editorial Alfaomega.
- [6] Corrales Luis. (2007). Interfaces de comunicación industrial. México: Mc Graw-Hill.
- [7] Fernández J., Shariat S., Sarria D. (2012.) LabVIEW programación para sistemas de instrumentación. (Última edición) Alfa Omega.
- [8] Humphries James y Sheets Leslie. (1996) Electronica Industrial España: Editorial Paraninfo.
- [9] Kuo Benjamín. (1996). Sistemas de control automático. (7° Edición) México: Editorial Pearson.
- [10] Ogata Katsuhiko. (1994). Ingeniería de control moderna. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana.

## ANEXOS

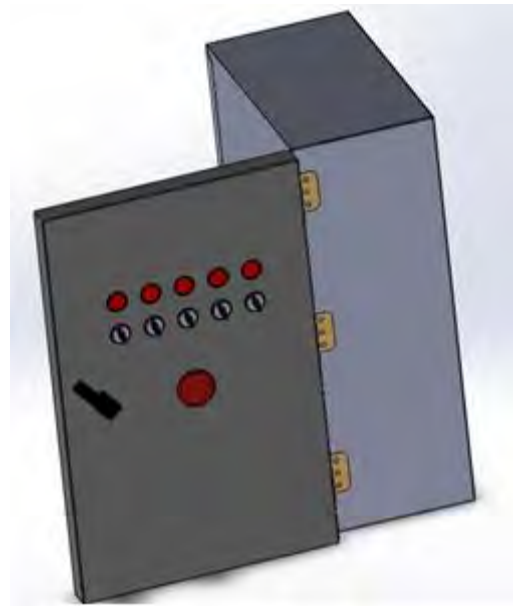
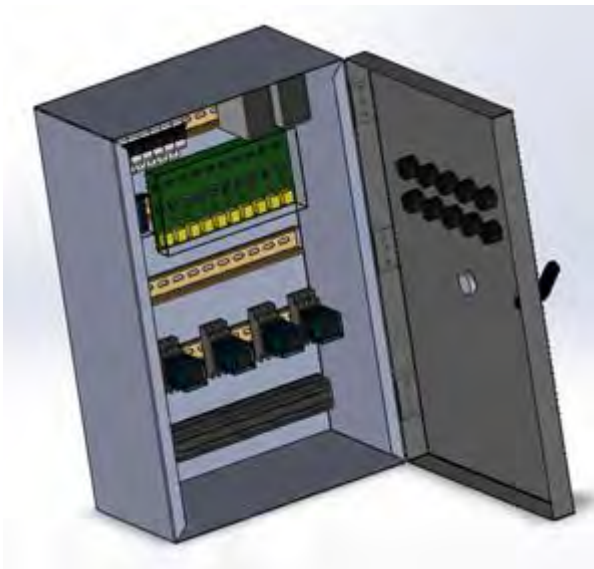
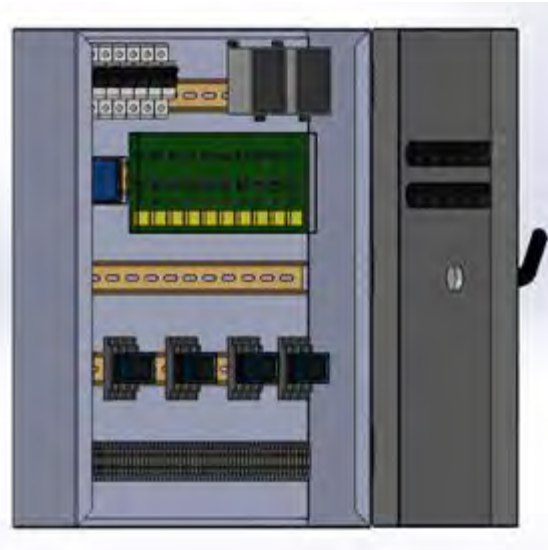
### ANEXO A DIAGRAMA ARQUITECTONICO DEL INVERNADERO



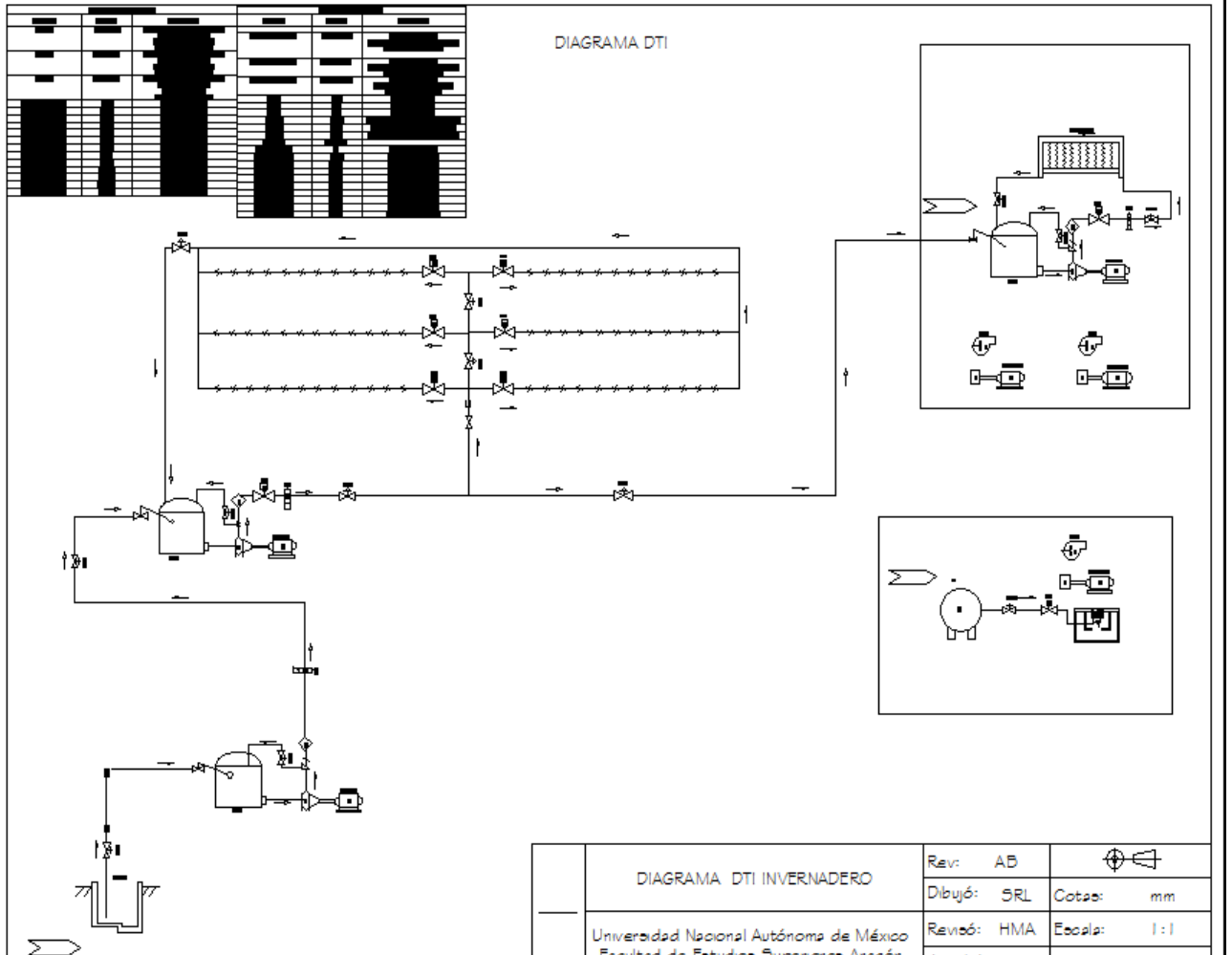
## ANEXO B DIAGRAMA ELECTRONICO TARJETA DE POTENCIA



## ANEXO C GABINETE DE CONTROL



## ANEXO D DIAGRAMA DTI



**ANEXO E DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRCAS**

DIAGRAMA ELECTRICO DE CONEXIONES

Tabla de Conexiones

Interruptor	Terminal	Conexión
1	1	L
1	2	N
1	3	T
2	4	L
2	5	N
2	6	T
3	7	L
3	8	N
3	9	T
4	10	L
4	11	N
4	12	T
5	13	L
5	14	N
5	15	T
6	16	L
6	17	N
6	18	T
7	19	L
7	20	N
7	21	T
8	22	L
8	23	N
8	24	T
9	25	L
9	26	N
9	27	T
10	28	L
10	29	N
10	30	T

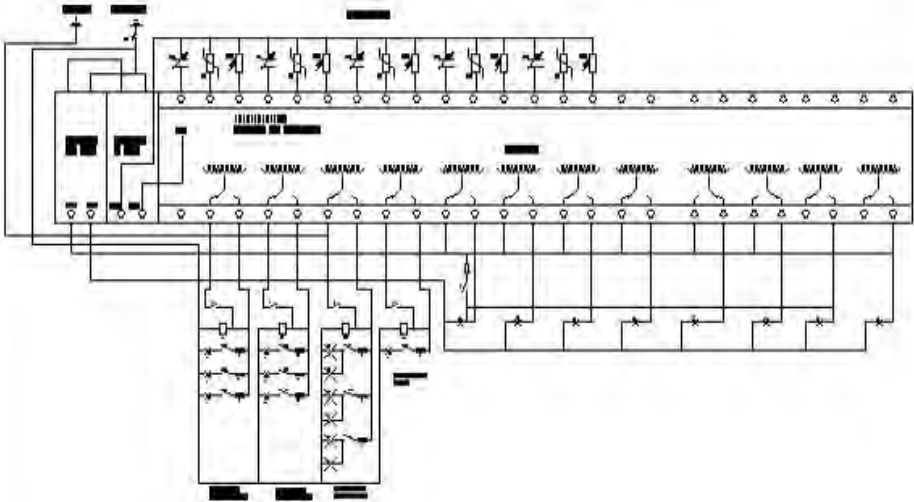



DIAGRAMA ELECTRICO Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón	Rev: A	
	Dibujó: SRL	Cotas: mm
	Revisó: HMA	Escala: 1:1
	Aprobó: HMA	Plano: LPN-001



## ANEXO F: FICHA TECNICA DEL ARDUINO MEGA

### Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

### Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

### Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts:** 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 5), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), and 21 (Interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM:** 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI:** 60 (MISO), 61 (MOSI), 62 (SCK), 63 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **PC:** 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the PC pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



radiospares

RADIONICS



## Communicatio

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple text data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

## Programmin

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



## ANEXO G: FICHA TECNICA DEL SENSOR DS18B20



www.maxim-ic.com

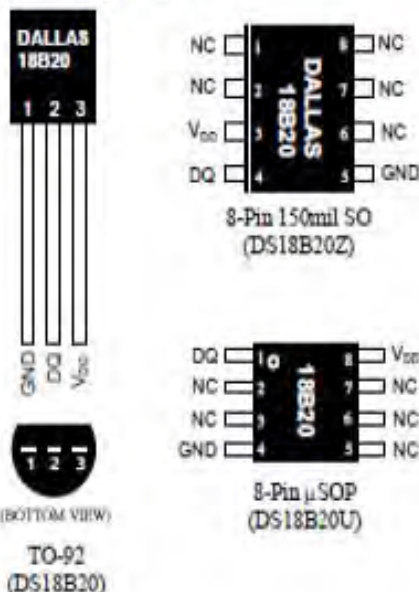
### DS18B20

Programmable Resolution  
1-Wire Digital Thermometer

#### FEATURES

- Unique 1-Wire® interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an onboard ROM
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Measures temperatures from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  ( $-67^{\circ}\text{F}$  to  $+257^{\circ}\text{F}$ )
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  accuracy from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer resolution is user-selectable from 9 to 12 bits
- Converts temperature to 12-bit digital word in 750ms (max.)
- User-definable nonvolatile (NV) alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Available in 8-pin SO (150mil), 8-pin  $\mu\text{SOP}$ , and 3-pin TO-92 packages
- Software compatible with the DS1822
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

#### PIN ASSIGNMENT



#### PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V<sub>DD</sub> - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

#### DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit centigrade temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  and is accurate to  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  over the range of  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ . In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-wire bus; thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control systems.

## ORDER INFORMATION

ORDERING NUMBER	PACKAGE MARKING	DESCRIPTION
DS18B20	18B20	DS18B20 in 3-pin TO92
DS18B20/T&R	18B20	DS18B20 in 3-pin TO92, 2000 Piece Tape-and-Reel
DS18B20+	18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 3-pin TO92
DS18B20+T&R	18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 3-pin TO92, 2000 Piece Tape-and-Reel
DS18B20U	18B20	DS18B20 in 8-pin uSOP
DS18B20U/T&R	18B20	DS18B20 in 8-pin uSOP, 3000 Piece Tape-and-Reel
DS18B20U+	18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 8-pin uSOP
DS18B20U+T&R	18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 8-pin uSOP, 3000 Piece Tape-and-Reel
DS18B20Z	DS18B20	DS18B20 in 150 mil 8-pin SO
DS18B20Z/T&R	DS18B20	DS18B20 in 150 mil 8-pin SO, 2500 Piece Tape-and-Reel
DS18B20Z+	DS18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 150 mil 8-pin SO
DS18B20Z+T&R	DS18B20 (See Note)	DS18B20 in Lead-Free 150 mil 8-pin SO, 2500 Piece Tape-and-Reel
DS18B20X	28	DS18B20 in Flip Chip, 10000 Piece Tape-and-Reel

Note: A "+" symbol will also be marked on the package.

## DETAILED PIN DESCRIPTIONS Table 1

SO*	$\mu$ SOP*	TO-92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	4	1	GND	Ground.
4	1	2	DQ	Data Input/Output pin. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see "Parasite Power" section.)
3	8	3	V <sub>DD</sub>	Optional V <sub>DD</sub> pin. V <sub>DD</sub> must be grounded for operation in parasite power mode.

\*All pins not specified in this table are "No Connect" pins.

## OVERVIEW

Figure 1 shows a block diagram of the DS18B20, and pin descriptions are given in Table 1. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers (T<sub>H</sub> and T<sub>L</sub>), and the 1-byte configuration register. The configuration register allows the user to set the resolution of the temperature-to-digital conversion to 9, 10, 11, or 12 bits. The T<sub>H</sub>, T<sub>L</sub>, and configuration registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18B20 uses Dallas' exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18B20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the *1-WIRE BUS SYSTEM* section of this datasheet.

## ANEXO H: FICHA TECNICA DEL SENSOR DHT11

### Specifications

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5% RH	±2°C	1	4 Pin Single flow

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
Resolution		1%RH	1%RH 8 Bit	1%RH
Repeatability			±1% RH	
Accuracy	25 °C		±4% RH	
	0-50 °C			±5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0 °C	30%RH		90%RH
	25 °C	20%RH		90%RH
	50 °C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25 °C, 1m/s Air	6.5	10.5	15.5
Hysteresis			±1% RH	
Long-Term Stability	Typical		±1% RH/year	
<b>Temperature</b>				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			±1°C	
Accuracy		±1°C		±2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6.5		30.5

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3	5	5.5	V
Current supply	Measuring	0.5		2.5	mA
	Stand-by	100	Null	150	uA
	Average	0.2	Null	1	mA

# ANEXO I: FICHA TECNICA DEL SENSOR LDR

Data pack F

Issued March 1997 232-3816



## Light dependent resistors

**NORP12 RS stock number 651-507**  
**NSL19-M51 RS stock number 596-141**

Two cadmium sulphide (CdS) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

### Guide to source illuminations

Light source	Illumination (Lux)
Moonlight	0.1
60W bulb at 1m	60
1W MBS bulb at 0.1m	100
Fluorescent lighting	600
Bright sunlight	30,000

### Circuit symbol



### Light memory characteristics

Light dependent resistors have a particular property in that they remember the lighting conditions in which they have been stored. This memory effect can be minimized by storing the LDRs in light prior to use. Light storage reduces equilibrium time to reach steady resistance values.

### NORP12 (RS stock no. 651-507)

#### Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak	320V
Current	75mA
Power dissipation at 30°C	380mW
Operating temperature range	-60°C to +125°C

### Electrical characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ , 2854°K tungsten light source

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	$\Omega$
	10 lux	-	9	-	k $\Omega$
Dark resistance	-	3.0	-	-	M $\Omega$
Dark capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

1. Dark to 110%  $R_L$

2. To  $10 \times R_L$

$R_L$  = photocell resistance under given illumination.

### Features

- Wide spectral response
- Low cost
- Wide ambient temperature range.

### Dimensions:

