



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA CONTROL Y
MONITOREO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN
EL INVERNADERO DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA
DE CIUDAD UNIVERSITARIA**

TESIS

**Para obtener el título de
INGENIERO EN ELECTRONICA**

**Presenta
JOSE MANUEL CRUZ GONZALEZ**

**Asesor de Tesis
ING. VÍCTOR QUINTERO ROJAS**

Agosto del 2011

Agradecimientos

Un especial Agradecimiento a los maestros que me ayudaron en mi formación como individuo, haciéndome quien soy. En especial al profesor Víctor Quintero Rojas por prestarme su ayuda en este proceso de titulación.

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a mis padres, José Manuel Cruz Robles y María Dolores González Monge, quienes me han apoyado a lo largo de mi vida y a mis amigos quienes estuvieron conmigo en los momentos difíciles, como también para compartir alegrías.

Resumen

Los invernaderos son instalaciones que sirven para germinar diferentes tipos de cultivos. Dentro de ellos se crean condiciones climáticas adecuadas para la extracción de un mejor espécimen. Existen diferentes variables ambientales a monitorear y controlar manualmente para el mejor desarrollo del cultivo, estas variables son humedad, temperatura, luz y riego.

El motivo de este proyecto es añadir un control automático y monitoreo para que el desarrollo del cultivo sea el óptimo, con la ventaja de puede ser operado de forma remota contando con una PC.

El control automático está compuesto por los siguiente elementos: conmutadores, sensores, actuadores, el control/monitoreo y el sistema de tuberías para riego.

En el ambiente de programación gráfica Labview creamos un instrumento virtual que nos permite llevar el proceso de control/monitoreo del sistema, observando las variables cambiantes en tiempo real. La tarjeta de adquisición de datos recibe las señales eléctricas adquiridas por los sensores, para después ser procesadas en Labview.

La tarjeta de adquisición de datos otorga una respuesta de control, es aquí donde entran los conmutadores y actuadores, estos últimos son los que generan una acción correctiva.

El sistema cuenta con la innovación de tener alimentación eléctrica generada por medio de celdas fotovoltaicas, generando energía solar la cual conmuta con la red eléctrica, aun que por motivos económicos este sistema es desarrollado en pequeña escala, además de simularlo en un ambiente de programación, obteniendo una respuesta óptima.

Contenido

Agradecimientos	2
Dedicatoria	3
Resumen	4
Contenido	5
Lista de figuras	9
Lista de tablas	11
Lista de símbolos y abreviaciones	12
 Capítulo 1. Introducción	 14
1.1. Antecedentes, descripción general del problema	14
1.2. Objetivos de la tesis	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Metodología.....	15
1.5. Descripción de los capítulos	16
 Capítulo 2. Características de Lilium auratum	 17
2.1 Características de lugar de plantación.....	17
2.1.1 Solución electrónica.....	17
2.1.2 Problemática económica y solución.....	18
2.2 Introducción Lilium auratum.....	19
2.2.1 Características del suelo.	20
2.2.2 Resumen de las condiciones del cultivo.....	20
2.3 Producción de la planta.....	20
2.3.1 Características de la planta ideal.....	20

Capítulo 3. Implementación del Hardware y Software del Prototipo	22
3.1 Introducción.....	22
3.2 Requisitos de diseño.....	23
3.2.1 Monitoreo y control del sistema.....	24
3.2.2 Necesidades del sistema y requerimientos de programación...	25
3.3 Análisis de las soluciones.....	26
3.3.1 Prestaciones.....	26
3.3.2 Restricciones.....	26
3.3.3 Preferencia de variable a controlar.....	27
3.3.4 Soluciones alternativas.....	28
3.4 Hardware.....	28
3.4.1 Subsistemas de hardware.....	28
3.4.2 Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 (DAQ).....	29
3.5 Entradas del sistema.....	32
3.5.1 Sensor de temperatura.....	32
3.5.2 Sensor de humedad relativa HMZ-433A1.....	33
3.5.3 Fococelda para generación de energía.....	37
3.6 Respuesta del sistema.....	38
3.6.1 Sistema de riego.....	38
3.6.2 Sistema de ventilación.....	39
3.6.3 Sistema de conmutación.....	41
3.7 Implementación de las entradas analógicas del sistema.....	42
3.7.1 Implementación del sensor de temperatura.....	42
3.7.2 Implementación del sensor de humedad relativa HMZ-433A1...	43
3.7.3 Implementación de fococelda para generación de energía solar...	42

3.8 Implementación de las salidas analógicas del sistema.....	45
3.8.1 Implementación del sistema de conmutación.....	46
3.8.2 Funcionamiento del sistema de conmutación.....	46
3.8.3 Implementación del sistema de ventilación.....	47
3.8.4 Implementación del sistema de riego.....	48
3.9 Cálculos de los componentes.....	49
3.10 Software.....	51
3.10.1 <i>Electronics workbench</i>	51
3.11 <i>NI Measurement & automation explorer</i>	53
3.11.1 Configuración de la tarjeta usando MAX.....	53
3.11.2 Ejecutar MAX.....	54
3.11.3 Creación de entrada analógica.....	55
3.12 Labview 8.6.....	57
3.12.1 Ambiente de desarrollo.....	58
3.13 Trabajar con Labview.....	59
3.13.1 Panel frontal.....	60
3.13.2 Diagrama de bloques.....	60
3.13.3 Realización del programa utilizando Labview.....	60
3.14 Necesidades del programa.....	60
3.14.1 Explicación del programa.....	61
 Capítulo 4. Costos y adaptación del prototipo en el Invernadero.	 65
4.1 Introducción.....	65
4.2 Presupuesto.....	65
4.2.1 Particularidades.....	66

4.3 Requerimientos del sistema.....	66
4.3.1 Requerimientos de la DAQ NI USB-6008.	67
4.3.2 Requerimientos de Labview 8.6.....	67
4.3.3 Requerimientos de <i>Measurement & automation explorer</i>	68
4.3.4 Requerimientos de <i>Electronic Workbench</i>	68
4.4 Adaptación con tarjeta de adquisición de datos genérica.....	69
4.5 Comparativa con un sistema de control de uso comercial.....	69
4.5.1 Descripción del control climático automatizado Invdisa.....	70
4.5.2 Simulación de adaptación del control Invdisa para el Invernadero de CU.	71
4.6 Ventajas y desventajas de los sistemas de control.....	72
4.7 Comparativa general de los sistemas de control.....	75
 Capítulo 5. Conclusiones y trabajos futuros	 77
5.1 Conclusiones.....	77
5.2 Trabajos futuros.....	77
 Referencias.....	 81
Anexos y Hojas de especificación de datos.....	83

Lista de Figuras

- 2.1 a) monitoreo remoto, b) prototipo escala.
- 2.2 a) prototipo a escala, b) invernadero.
- 2.3 Liliun Auratum
- 3.1 Hardware general del prototipo para el control y monitoreo del invernadero
- 3.3 Diagrama de bloques del sistema
- 3.4 Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008
- 3.5 Pines y configuración del sensor de temperatura LM35
- 3.6 Dimensión del sensor HMZ-433A1
- 3.10 Humedad relativa vs. Voltaje
- 3.13 Elementos de generación eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas
- 3.14 Panel fotovoltaico Monocristalino
- 3.15 Electroválvula para prototipo
- 3.16 Ventilador de uso genérico
- 3.17 Circuito de conmutador para el sistema de riego y ventilación
- 3.19 Conexión del sensor de temperatura en *Analogic input 0*, esquema generado por software de *National Instruments*.
- 3.20 Conexión del sensor de humedad relativa en *Analogic input 1*, esquema generado por software de *National Instruments*.
- 3.21 Conexión del sensor de humedad relativa en *Analogic input 1*, esquema generado por software de *National Instruments*.
- 3.22 Elementos que requiere el sistema de conmutación.
- 3.23 Elementos que requiere el conmutador para ventilador y/o riego.
- 3.24 Cálculo de resistencia de Base (Rb)
- 3.25 Conexión del circuito de conmutación con cálculo previo de Rb.
- 3.26 Ambiente de programación *Electronic Workbench*.
- 3.27 Circuito de conmutación simulado en *Electronics Workbench*.

- 3.28 *Software Measurement & automation explorer*
- 3.29 Ambiente de programación MAX.
- 3.30 Configuración de la *Analogic Input* para determinar el tipo de señal a capturar.
- 3.31 Selección de puerto a utilizar de la tarjeta de adquisición de datos.
- 3.32 Paso final, configuración del puerto analógico.
- 3.33 Ambiente gráfico de programación Labview 8.6.
- 3.34 Modo de trabajo de Labview.
- 3.35 Panel frontal del programa final (monitoreo del sistema).
- 3.36 Bloques de adquisición de datos con bloques 'DAQ Assistant 1, 2, 3', para temperatura, humedad relativa y energía solar.
- 3.38 Diagrama de bloques del programa final.
- 4.7 Software de control Invdisa, programación hora.
- 4.8 Software de control Invdisa, número de eventos programados controlar.

Lista de Tablas

- 3.2 Temperatura anual en la ciudad de Morelia
- 3.7 Configuración de pines del sensor HMZ-433A1
- 3.8 Características y aplicaciones del sensor de humedad
- 3.9 Características eléctricas del sensor de humedad HMZ-433A1
- 3.11 Proporción de Humedad relativa vs. Voltaje
- 3.12 Humedad relativa anual en Morelia
- 3.18 Componentes y descripción del circuito de conmutación
- 3.37 Funcionamiento de los bloques de control del programa.
- 4.1 Costo proyecto con DAQ.
- 4.2 Requerimientos de DAQ.
- 4.3 Requerimientos de Labview.
- 4.4 Requerimientos de *Measurement and Automation*.
- 4.5 Requerimientos de *Electronic Workbench*.
- 4.6 Construcción proyecto con tarjeta de adquisición de datos genérica.
- 4.9 Construcción proyecto con sistema de control INVDISA.
- 4.10 Ventajas y desventajas del prototipo con DAQ NI USB-6008.
- 4.11 Ventajas y desventajas del invernadero con tarjeta genérica.
- 4.12 Ventajas y desventajas del control climático Invdisa.
- 5.1 Costo de la implementación del proyecto en el invernadero

Lista de Símbolos y Abreviaturas

U.M.S.N.H.	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
DAQ	<i>data acquisition system</i> (tarjeta de adquisición de datos)
PC	<i>personal computer</i> (computadora personal)
USB	<i>universal serial bus</i> (bus serial universal)
PIC	controlador de Interrupciones Programable
IN	<i>input</i> (entrada)
AI	<i>analogic input</i> (entrada analogica)
LED	<i>light-emitting diode</i> (diodo emisor de luz)
CMOS	<i>complementary metal oxide semiconductor</i>
RSE	<i>referenced Single-Ended</i> (conexión referida a tierra)
VI	<i>virtual instrument</i> (instrument virtual)
Mb	Megabyte
Gb	Gigabyte
SP2	service pack 2
TTL	<i>transistor-transistor logic</i> (lógica transistor a transistor)
GPS	<i>global positioning system</i> (sistema de posicionamiento global)
E/S	entrada/salida
<i>m</i>	metros
<i>cm</i>	centímetros
<i>mm</i>	milímetros
<i>m</i> ³	metro cubico
Km/h	kilómetros por hora
a.m.	antes de mediodía
Ks/s	kilo muestras por segundo
ns	nanosegundos
A-hr	ampere Hora
CD	corriente directa
GND	tierra eléctrica
V	volts
mV	mili volts
Vin	voltaje de entrada
A	ampere

mA	miliampere
μ A	micro ampere
W	watt
μ F	microfarad
Ω	ohm
K Ω	kilo ohm
B	beta
V _{CE}	voltaje de colector a emisor
I _C	corriente de colector
Hz	hertzios
MHz	mega hertzios
Max	máximo
pH	peso de hidrógeno
°C	grados Celsius
HR	humedad relativa
CO ₂	dióxido de carbono
U.V.	rayos ultra violeta
MXN	peso mexicano
USD	dólar de los Estados Unidos de América

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes

En la actualidad existen diferentes tipos de invernaderos agrícolas los cuales funcionan de acuerdo a condiciones físicas necesarias para que diferentes tipos de plantas germinen. En ella se engloba el trabajo de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales.

Comprende todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras.

El hombre desarrollo los invernaderos para poder producir cultivos que eran en su momento imposibles de plantar debido a las condiciones regionales, las variables que afectan directamente al cultivo y se controlan dentro del recinto son: intensidad luminosa, humedad relativa, riego y temperatura.

Las variables son controladas según las necesidades de los plantíos que habitan el sitio, en su creación estos controles han sido operadas manualmente por un usuario con un conocimiento previo sobre las variables ambientales a controlar.

Hace algunas décadas se desarrollaron controles autónomos con componentes eléctricos, dichos desarrollos permitieron el monitoreo de las variables remotamente, eran producidos en serie y con altos costos, estos se adecuaban a los diferentes tamaños de invernaderos, además de tener siempre la necesidad de colocar un número diferente de sensores para adquirir las variables a monitorear.

Por este motivo se desarrolló el control del invernadero, ya que es accesible al público y cómodo para cualquier usuario, debido a que no se necesitan conocimientos previos de operación. Por cuestiones económicas el proyecto se desarrolló a escala, en base al invernadero de docencia que se ubica al costado izquierdo del laboratorio de biología de Ciudad Universitaria.

Se implementó una fuente de alimentación con celdas fotovoltaicas, ya que en la actualidad es de vital importancia establecer nuevas formas de ahorro de energía.

La investigación apoya al desarrollo de nuevas herramientas para el ahorro de energía ya que la explotación de recursos ha traído repercusiones probablemente irreparables al planeta.

El Biólogo Hugo Farías nos apoyó con datos del cultivo que se germina en el sitio, siendo el lirio la planta más cultivada.

1.2 Objetivos

Desarrollar un sistema de control/monitoreo para un invernadero a escala, basado en una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) adquirida con *National Instruments*.

El Control es programado y monitoreado remotamente con una PC; la energía que requiere es proporcionada por celdas fotovoltaicas y la red eléctrica, conmutando entre sí, ya que el programa nos permite intercalar los suministros para evitar cortes de energía.

El proyecto es diseñado en la herramienta de programación Labview, la cual nos permite crear un panel frontal amigable al usuario, este contiene indicadores que nos muestran el estado del sistema. La tarjeta de adquisición de datos esta comunicada con una PC por medio del puerto USB.

El diseño del prototipo nos permite transportarlo en un pequeño espacio ya que sus componentes son pequeños y ligeros (DAQ, conmutadores, sensores y fuentes de alimentación), además poder adecuarlo a invernaderos con el mismo número de variables a controlar.

Debemos de contar con una PC para correr el programa en tiempo real, además de una fuente de alimentación la cual se intercala con la fuente de energía solar para proporcionar la energía necesaria al sistema.

1.3 Justificación

El diseño fue implementado pensando en distintas soluciones automáticas para el invernadero que se encuentra en Ciudad Universitaria.

Una de estas soluciones es proporcionar un medio automático en el control de las variables de: humedad, temperatura y riego. El número de variables dependerá según la capacidad de la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), a fin de lograr un cultivo satisfactorio.

Además de que su monitoreo es vía remota sin necesidad de presenciar físicamente los cambios climáticos que afectan las variables, el monitoreo es observado en una panel frontal.

1.4 Metodología

La investigación se comenzó adquiriendo los datos del cultivo necesarios para la germinación. Conociendo las variables físicas que afectan directamente al cultivo y buscando una solución para controlar dichas variables. Debido a limitantes de *hardware*, se escogieron las variables que más afectan al cultivo.

Se implementó el modelo a escala con todas las adecuaciones físicas, tomando material del invernadero para hacer más real la comparación y así mejorar el

funcionamiento del sistema de control y monitoreo, además de que el ambiente de programación nos permitió realizar simulaciones.

Al tener toda la información, se construyó cada parte de *hardware* por separado, luego se realizó la comunicación entre PC y DAQ adecuadamente y proseguimos realizando una prueba con las entradas/ salidas analógicas de la DAQ del sistema.

Comunicamos los sensores y la tarjeta de adquisición de datos, además de los dispositivos de conmutación, dejando listo todos los dispositivos de entrada y salida para ser usados.

El siguiente paso fue la realización del programa en el ambiente gráfico de programación Labview, realizando simulaciones y observando que realizara adecuadamente los requerimientos realizados en el programa.

Al terminar el programa, se unió con el *hardware* para realizar pruebas y se observó su funcionamiento, cuando una variable no era controlada o monitoreada correctamente se realizaba inmediatamente una acción correctiva, para así dejar el sistema operando adecuadamente el tiempo necesario para su evaluación.

Tomamos conclusiones del sistema observando la viabilidad del proyecto, tanto en construcción como económica.

1.5 Descripción de los capítulos

El capítulo 1 es la introducción al trabajo donde se muestran referencias de los invernaderos carentes de control automático y el desarrollo de los invernaderos de control electrónico a través del tiempo. Por último se describe el objetivo de este trabajo.

En el capítulo 2 se presentan la información general del cultivo, así como las características de la región donde se coloca el control automático del invernadero.

En el capítulo 3 se presenta los requisitos del diseño implementado, así como sus prestaciones y restricciones de uso, además de la descripción del *hardware*, *software*, cálculos y montaje usado para el dispositivo.

En el capítulo 4 se muestran el costo del prototipo implementado y una comparación con un control desarrollado con una tarjeta de adquisición de datos genérica, por último una comparación con un sistema de control de riego distribuido en el mercado.

En el capítulo 5 se presentan conclusiones generales del proyecto, aportaciones y trabajos futuros.

Capítulo 2

Características de *Lilium Auratum*

2.1 Características de lugar de plantación.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (U.M.S.N.H.) es una universidad pública del estado de Michoacán. Es en la actualidad es la institución de educación superior de mayor tradición en el estado.

La sede principal es Ciudad Universitaria y se encuentra en sobre la Av. Fco. J. Múgica S/N, y la componen 61 edificios en operación y 10 edificios en actual construcción (abril 2011). Los edificios en actual operación son integrados por distintas dependencias como departamentos, archivos, posgrados, licenciaturas, institutos, laboratorios, estación de radio, además de áreas verdes, área de estacionamiento de vehículos y un centro gastronómico.

Los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Biología se encuentran ubicados en el edificio 'X' de Ciudad Universitaria, este edificio contiene cinco laboratorios en cada uno de ellos se pueden impartir hasta tres prácticas de materias distintas. En la primera planta se imparten las materias Edafología (estudio de suelos) y líquenes, Microbiología, Biología molecular y celular, en la segunda planta se encuentran los laboratorios de Botánica, Fisiología vegetal y musgos, Zoología, Fisiología animal y por último en la tercera planta se encuentran los laboratorios de Genética también usado para Parasitología y Botánica.

El invernadero ubicado a un costado del edificio 'X', sirve para germinar flores de distintas especies dependiendo de la época o estación del año, el personal y alumnado de la Facultad de Biología proporcionan los cuidados necesarios para su conservación y evitar su deterioro.

La *Lilium Auratum* es plantada en el periodo de Octubre a Enero, época en la que su semilla es más abundante.

2.1.1 Solución electrónica

La inquietud para realizar este proyecto surgió al observar que todas las acciones correctivas eran realizadas físicamente por personal y alumnado de la Facultad de Biología, por lo tanto tienen limitantes para la germinación del cultivo, debido a que el monitoreo no es tan exacto cuando una variable física esta fuera del rango, como colocar o retirar la malla de sombreo por la incidencia del sol y/o regando el cultivo o ventilando el área.

En varias ocasiones la acción correctiva que se realiza es buena pero no exacta, además de que en condiciones extremas como una lluvia intensa el personal debe acudir a intemperie para realizar la acción.

Por lo tanto la solución fue realizar un prototipo figura 2.1, el cual proporciona un medio automático y remoto (distancia aproxima de 15 metros) para el control de las variables humedad y temperatura.

El monitoreo es vía remota, en el panel frontal de la PC, sin necesidad de observar físicamente los cambios climáticos que afectan las variables.



Figura 2.1 a) monitoreo remoto, b) prototipo escala.

2.1.2 Problemática económica y solución.

Debido a cuestiones económicas, no fue posible la colocación del proyecto en el lugar de estudio, ya que implicaba un gasto para la administración de la dependencia, por lo tanto se realizó un prototipo a una escala exacta de 20:1, en base al invernadero de medidas $12m \times 6m \times 2.5m$ (largo x ancho x alto) y el prototipo de $60cm \times 30cm \times 12.5cm$ (largo x ancho x alto) como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2 a) prototipo a escala, b) invernadero.

En el capítulo 4 se muestra el costo del prototipo y en el capítulo 5 se muestra el costo de la adecuación del proyecto en el invernadero, haciendo un balance de sus consecuencias económicas, por si se desea implementar en un futuro.

2.2 Introducción *Lilium Auratum*

Lilium auratum (Lirio Dorado o Lilis) es una especie de flor perteneciente a la familia Liliácea nativa de Japón y Corea e introducida Europa en 1862.

Sus flores son de un típico color blanco con marcas radiales doradas y puntos naranjas de figura 2.3. Se conocen diversas variaciones de color en las flores. Estas son más grandes que cualquier otra del género y las más grandes de las plantas pueden alcanzar los 2.5 metros de altura y tener hasta veinte de ellas además con la peculiaridad de ser muy perfumada.



Figura 2.3 *Lilium Auratum*.

La *Lilium auratum* es una especie de lirio, existen aproximadamente 100 especies distintas. Tiene hojas en forma de lanza y pétalos con una banda amarilla. Es una bulbosa perenne, que se originó en las zonas boscosas de Europa y Asia, el lirio se ha convertido en uno de los favoritos en los jardines de todo el mundo conocido por sus flores en forma de trompeta. Dependiendo de la especie varía el tiempo de floración entre la primavera y el otoño. Todos los lirios prefieren un lugar bien drenado, con la materia orgánica descompuesta.

La flor requiere un periodo de frío ya que las plantas bulbosas, han desarrollado órganos subterráneos de reserva que les permiten sobrevivir durante las estaciones desfavorables en estado de reposo y reiniciar el crecimiento cuando las condiciones ambientales vuelven a ser favorables.

La mayoría de lirios prefieren el suelo ácido, hay pocos que lo hacen mejor en suelos calcáreos. La primavera y el otoño son la mejor época para plantarse, aun que se puede realizar en cualquier época. Se debe mantener la humedad abundante durante la floración.

2.2.1 Características del suelo.

Requiere suelos medianamente profundos, sueltos, húmedos, con buen drenaje y ricos en nutrientes de tipo orgánico (humus), además de no tolerar suelos compactos y tampoco son aptos para terrenos salinos. Prefieren un pH neutro o levemente ácido.

Necesita riegos abundantes en las primeras semanas luego que brota el bulbo y después durante la floración, además es bastante sensible a la salinidad.

2.2.2 Resumen de las condiciones del cultivo

A continuación describimos las características de este tipo de planta:

- Tipo de planta: *Lilium auratum* (Lirio dorado o Lilis).
- Dimensiones (m): Altura → 2.5 a 3 m.
- Diámetro → 2 a 3 cm.
- Color de las flores: Blanco-Amarillo.
- Terreno: Corriente de jardín húmedo.
- Humedad 70% al 80%.
- Floración (meses): II-IV.
- Temperatura de multiplicación (adecuada para crianza): 6 °C a 28 °C.
- Puede soportar temperaturas inferiores a 6 °C.
- Aclimatación: alrededor de los 25 °C.
- Tiempo de crianza: Octubre a Enero, inclusive todo el año.
- Región de cultivo: Zonas de bosques templados.
- Luz incidente: Evitar tanto escasez como exceso de luminosidad. Una ubicación ideal es semi-sombra, donde reciba buena cantidad de luz, pero no directamente.
- Necesidad de agua: Moderada y con buen drenaje.
- La siembra en otoño a enero favorece su crecimiento.
- Separación entre unidades plantadas: 10 cm -15 cm.

Su cultivo Se lleva a cabo preferentemente en lugares convenientemente protegidos (Ex: invernadero).

2.3 Producción de la planta

En este apartado, describiré las características de la planta en condiciones de óptimo desarrollo, durante su monitoreo.

2.3.1 Características de la planta ideal

El tamaño de la planta debe oscilar entre 2 m de altura. No obstante, una planta puede ser apta si cumple los requisitos mencionados a continuación, esto por las limitantes en la escala del prototipo.

Las raíces no deben presentar enrollamientos ni deformaciones, especialmente en la base del cepellón. El sistema radicular del cepellón no debe ser excesivamente denso ni amarillento (indicaría un tiempo excesivo de permanencia en el contenedor).

La disposición de las hojas en el tallo no debe ser menor de unos 2 cm. La presencia de muchos pares de hojas rojizas/marrón y muy juntas unas de las otras, es síntoma de planta muy embellecida y excesivamente dura.

La planta debe presentar una sola guía principal no muy tierna ya que sería más sensible a daños tanto físicos (en transporte y manipulación) como de tipo fitosanitario.

El estado fitosanitario (fitosanitario: como aquella sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir la acción de, o destruir directamente algún tipo de plaga) de la planta debe ser controlado de forma rigurosa rechazándose toda planta con daños en el tallo, raíces o inserciones de las hojas al tallo, bien sea por hongos o cualquier tipo de agente patógeno. En cualquier caso, debe salir del invernadero revisada y tratada preventivamente.

El *Lilium auratum* es una especie con periodos cortos de producción en invernadero ya que se planta en primavera y su floración es en verano. La planta no debe salir demasiado tierna o débil ni excesivamente endurecida.

Capítulo 3

Implementación del Hardware y Software del Prototipo

3.1 Introducción.

En este capítulo se muestra la idea general del proyecto, llevando a cabo una narración detallada de las partes que lo componen, así mismo se describe su funcionamiento, desarrollo y elección de cada uno de estos componentes que en conjunto conforman al invernadero controlado remotamente, llevando todos estos conceptos hasta materializarlos en un producto funcional.

En la primera parte definimos los requerimientos del diseño, estableciendo los criterios de funcionamiento que sigue nuestro sistema, así como un posterior análisis de las posibles soluciones que tenemos, las restricciones con las que nos encontramos y las soluciones alternativas.

En la segunda parte encontramos la descripción del *Hardware* del sistema, donde se muestran divididos en subsistemas para un análisis más detallado, así como los circuitos de adaptación de señales de los diferentes sensores. Posteriormente también aparecen reflejados los cálculos de los componentes electrónicos.

En la tercera parte encontramos la descripción del *Software* del sistema, mostrando los diagramas de flujo que comanda la programación, además de presentar los diagramas de programación realizados en el ambiente gráfico de programación Labview.

El *Hardware* del prototipo se desarrolló en base al diagrama de bloques de la Figura 3.1, como base para nuestro sistema.

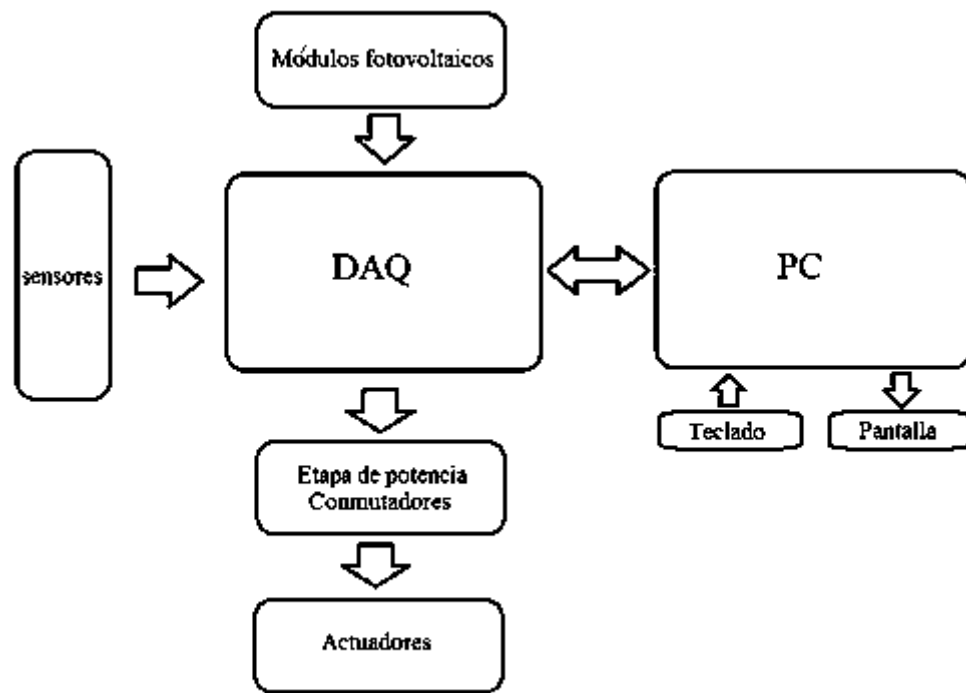


Figura 3.1 Hardware general del prototipo para el control y monitoreo del invernadero

En cuanto al diseño de *Hardware*, la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), capta las señales desde sus entradas analógicas las cuales son adquiridas por los sensores del sistema, estas son enviadas a la PC por medio de comunicación USB, por último los datos son ingresados al programa de control previamente elaborado en Labview.

Los datos ingresados al programa son procesados por medio de la lógica diseñada, en el momento en que el sistema salga del rango adecuado, la DAQ envía una acción correctiva de control.

La acción correctiva actúa enviando un pulso eléctrico dependiendo de la acción de control, el pulso llega hasta la etapa de potencia activando a los actuadores para completar la acción correctiva, repitiendo la acción cuantas veces sea necesario.

En cuanto al diseño del *software*, se muestra gráficamente la acción que se está efectuando en tiempo real en el panel frontal de Labview, además de que nos permite modificar los rangos de acción de control del cultivo si es necesario.

3.2 Requisitos del diseño

El sistema de control/monitoreo automático de temperatura y humedad del invernadero dedicado a 'Lilium auratum', se caracteriza por la capacidad de monitorear durante toda su germinación a dicha planta, además de que las prestaciones del diseño permiten trabajar con una gran variedad de especímenes.

El invernadero está compuesto por un armazón metálico cubierto por una malla de polietileno nombrada ‘malla sombra’ ayudando a limitar incidencia solar directa, ya que la *Lilium* necesita cierto nivel de luz y sombra.

En el techo del prototipo, fue colocado un panel fotovoltaico produciendo energía solar aprovechada por los dispositivos de conmutación.

La tierra utilizada en el prototipo es extraída del invernadero de Ciudad Universitaria. Para el sistema de riego se colocaron ductos en el techo, imitando al sistema original.

3.2.1 Monitoreo y control del sistema

El sistema consta de un panel frontal y un diagrama de bloques desarrollado en el ambiente de programación Labview, en ellos podemos introducir rangos de temperatura y humedad adecuados para la *Lilium auratum*.

El Diagrama de bloques es el cerebro del control, su función esencial es el de procesar los datos y entregar una señal de respuesta a la tarjeta de adquisición de datos.

En el panel frontal se lleva a cabo el monitoreo del sistema, se colocaron varios *displays* que muestran los diferentes parámetros medidos, como las condiciones de los sensores y la celda fotovoltaica, las señales de respuesta, además de un control manual para el riego, un botón de paro de programa y un contador de días/meses en tiempo real, mostrando el tiempo que lleva operando el control.

Todos estos parámetros en conjunto nos ayudan a conocer el periodo de maduración en el que se encuentra el cultivo, basados en las especificaciones científicas.

En cuanto al control tenemos primeramente a la PC que recibe y procesa los datos enviados por la DAQ, cuando el programa diseñado tiene una acción correctiva, la PC envía una señal de respuesta a la DAQ. Dichos elementos se encuentran protegidos por los factores climáticos del exterior. En caso de implementarlo en el invernadero, ambos se colocarían en la oficina del biólogo Hugo Farías ubicada en el tercer piso del edificio ‘X’, llevando el control y monitoreo remotamente.

Los sensores fueron colocados en la parte superior interna del invernadero, en el centro del mismo, así toman una lectura promedio del recinto, además la celda fotovoltaica se colocó en la parte superior externa, captando la incidencia solar plenamente.

Los sensores perciben cualquier cambio mínimo en los rangos de medición, estos rangos son determinados según las necesidades del cultivo e introducidos al programa para ser procesados.

La tarjeta de adquisición de datos funciona como un intérprete entre los sensores y la PC, ya que interpreta los datos obtenidos de los sensores y activa los actuadores que correspondan.

3.2.2 Necesidades del Sistema y Requerimientos de Programación

Las condiciones de programación están adecuadas a las características ambientales que necesita la 'Lilium auratum' para su conservación, por lo tanto es necesario indicarla a continuación.

Con respecto al control de la temperatura:

- Si la temperatura actual es mayor al rango adecuado, la respuesta del programa responde activando del sistema de ventilación.
- Si la temperatura actual es menor al rango adecuado, la respuesta del programa es desactivar el sistema de ventilación ya que la temperatura del recinto está por debajo del nivel, así se conservaría el clima dentro del invernadero, además de desactivar el sistema de humidificación ya que enfría más el ambiente.

Con respecto al control de la humedad:

- Si la humedad relativa actual es mayor al rango adecuado, la respuesta del programa es la de activar el sistema de riego para humidificar el cultivo, además del sistema de ventilación para renovar el aire del recinto.
- Si la humedad relativa actual es menor al rango adecuado, la respuesta del programa es la de activar el sistema de ventilación para renovar el aire del recinto y ventilar el cultivo, sin activar el sistema de humidificación ya que solo añadiríamos humedad relativa al recinto.

Con respecto a la celda fotovoltaica.

- Si la carga demandada por los dispositivos es mayor a la que puede suministrar la celda esta conmuta con la fuente de alimentación suministrada por la red eléctrica y se coloca en estado de almacenamiento de carga.
- Si la carga es suficiente para suministrar a los dispositivos, actúa el panel fotovoltaico hasta que el nivel de voltaje que pueda entregar sea el adecuado.

La programación del sistema sigue ciertas restricciones, las cuales son necesarias para el cultivo de la 'Lilium auratum', el sistema responde de la siguiente manera:

- Actualiza en tiempo real la temperatura, humedad y el estado de carga en la celda fotovoltaica en el invernadero, si se mantienen en rangos ideales, el sistema no actuará y no realizará alguna acción correctiva con el actuador.
- Si la temperatura, humedad y el estado de carga de la celda fotovoltaica se encuentran en parámetros no adecuados, actuará según la acción de corrección necesaria como se expone a continuación:
- Cuando la temperatura es inferior al valor mínimo (6 °C) que puede permitir el control, el sistema de ventilación es desactivado hasta que la temperatura dentro del invernadero se conserve y normalice.

- Cuando la temperatura es superior al valor máximo (28° C), el sistema de ventilación es activado en conjunto con el sistema de riego solo si la humedad esta dentro de rango, hasta que se normalice el sistema llegando a una temperatura adecuada. Cuando el sistema se normaliza ambos sistemas son desactivados.
- Cuando la humedad relativa es inferior al valor mínimo (60%), el sistema actúa activando el sistema de humidificación del invernadero hasta que el índice de humedad se vuelva a situar en un 70%. Una vez que se alcanza dicho índice, el sistema actúa desactivando el sistema de humidificación.
- Cuando la humedad relativa es superior al valor máximo (80%), el sistema activa el sistema de ventilación en caso de que la temperatura sea la ideal, en caso contrario no contempla ninguna actuación ya que el caso sería muy puntual o casi inexistente y no compensa la realización de ninguna actuación.

3.3 Análisis de las soluciones

En esta parte del capítulo se analizan las prestaciones y restricciones que tiene el proyecto, debido a que los componentes utilizados tienen ciertas limitantes de operación.

3.3.1 Prestaciones

El diseño del sistema de control nos permite automatizar los procesos climáticos, obteniendo una mejor producción ya que el cultivo se encuentra en condiciones óptimas de desarrollo.

Un invernadero automatizado produce un cultivo de mayor calidad en un tiempo reducido en comparación de uno que no posee algún tipo de control. Los cultivos germinados en los invernaderos automatizados son más caros en comparación a los cultivos germinados, que no poseen control automático, esto es debido al gasto adicional que requiere cuando se automatiza, como ejemplo, la colocación de diferentes sensores y actuadores, pero la rentabilidad del invernadero con control automático radica en que el cultivo es de mejor calidad.

3.3.2 Restricciones

El sistema de control automático tiene restricciones atribuidas a las limitaciones en los diferentes componentes electrónicos que lo constituyen, ya que las tensiones aplicadas en los dispositivos, no deben ser superiores a las de alimentación, dichas especificaciones son establecidas por el fabricante y se pueden consultadas en las hojas de especificación de cada dispositivo según la compañía que los produce.

Los dispositivos electrónicos deben estar situados en lugares con condiciones ambientales óptimas, por lo tanto los sistemas como la PC y DAQ, no se encuentran en el medio ambiente debido a que ambos pueden sufrir severos daños.

También existen limitantes en las variables de control, esto es debido a que la tarjeta de adquisición de datos utilizada tiene dos salidas analógicas, por lo tanto, se le dio preferencia a ciertas variables que se controlaron.

3.3.3 Preferencia de variable a controlar

Debido a las limitantes en las salidas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos, se hizo un balance sobre la variable de control que es más importante, basándonos en los requerimientos de la planta y las condiciones climáticas que presenta el lugar donde se sitúa el invernadero.

La elección de la variable a controlar fue entre la calefacción y la ventilación ya que ambas son importantes para el diseño, por lo que se tomo en cuenta el lugar de plantación a demás de las siguientes condiciones.

Ciudad Universitaria se encuentra en el centro de la ciudad de Morelia, Michoacán. Este es un lugar con un clima radical, debido a que durante un día normal de primavera puede pasar de una intensa lluvia a un asfixiante sol, por lo tanto mantener el lugar con la humedad controlada es un gran reto a diferencia de la temperatura ya que el *Lilium auratum* se puede conservar entre 6° - 28°C.

Clima Promedio Anual en la Ciudad de Morelia

En el municipio de Morelia ubicado en el estado de Michoacán es predominante el clima templado con humedad media, además de un régimen de precipitación anual que oscila entre 700 a 1000 *mm* y lluvias en invierno con precipitaciones máximas de 5 *mm*. La temperatura media anual (municipal) oscila entre 16,2 °C en la zona serrana del municipio y 18,7 °C en las zonas más bajas. Por otra parte, en la ciudad de Morelia se tiene una temperatura promedio anual de 17,5 °C, y la precipitación de 773,5 *mm* anuales, con un clima templado subhúmedo.

Tabla 3.2. Temperatura anual en la ciudad de Morelia

Temperaturas y precipitaciones promedio en Morelia.				
Mes	Promedio Max.	Promedio Min.	Temp. Media	Precipitación
Enero	22 °C	6 °C	14 °C	1.8 mm
Febrero	24 °C	7 °C	16 °C	10 mm
Marzo	26 °C	9 °C	18 °C	10 mm
Abril	28 °C	12 °C	20 °C	10 mm
Mayo	28 °C	13 °C	21 °C	43 mm
Junio	27 °C	14 °C	20 °C	137 mm
Julio	24 °C	13 °C	18 °C	175 mm
Agosto	24 °C	13 °C	18 °C	163 mm
Septiembre	24 °C	13 °C	18 °C	119 mm
Octubre	24 °C	11 °C	17 °C	53 mm
Noviembre	23 °C	8 °C	16 °C	15 mm
Diciembre	22 °C	7 °C	15 °C	13 mm

De la tabla 3.2, la temperatura promedio anual más baja se presenta en el mes de Enero con 6°C, el dato anterior es un promedio por lo tanto la temperatura puede ser más baja o más alta. El valor de temperatura está en el límite para el florecimiento de la *Lilium auratum*, además de que el cultivo requiere una época de frío.

La *Lilium auratum* sobrevive ya que necesita temporadas de frio, además que la temperatura más baja se registra entre las 2 a.m. a las 7 a.m, esto significa que el resto del día prevalece una temperatura mayor.

La tabla 3.2 muestra el valor de temperatura máxima de 28°C y la temperatura promedio es de 14°C, adecuada para la subsistencia del *Lilium*.

De acuerdo a la tabla 3.2, los días más calurosos del año se registran en los meses de abril, mayo y junio donde varios de sus días llegan por encima de los 30°C, el prototipo puede bajar la temperatura a rangos adecuados para el *Lilium* controlando el riego además de ventilar el área de conservación.

Por lo tanto, el sistema de ventilación fue la elección adecuada para el control, debido a que existen más días calurosos anualmente en la ciudad de Morelia que días con intenso frio, el sistema de calefacción será más adecuado para lugares donde predominen temperaturas bajas anualmente.

3.3.4 Soluciones alternativas

Como solución alternativa al problema de diseño para el control por falta de salidas analógicas, es cambiar la elección del sistema de ventilación por la del sistema de calefacción, solo que las condiciones del programa deben ser cambiadas para realizar una acción correctiva adecuada y controlar el sistema correctamente, el sistema podría funcionar pero no tendría tanto poder correctivo como el sistema de ventilación.

3.4 Hardware

En esta sección se muestra detalladamente la parte física del proyecto, en la cual se describen cada una de las partes electrónicas que son necesarias para cumplir con los objetivos o requerimientos del prototipo.

3.4.1 Subsistemas de Hardware

Es necesario comprender cada una de las partes del prototipo individualmente, por lo que cada componente mostrado a continuación es nombrado subsistema, ya que en conjunto conforman al *hardware* o sistema físico total, mostrado en la figura 3.3.

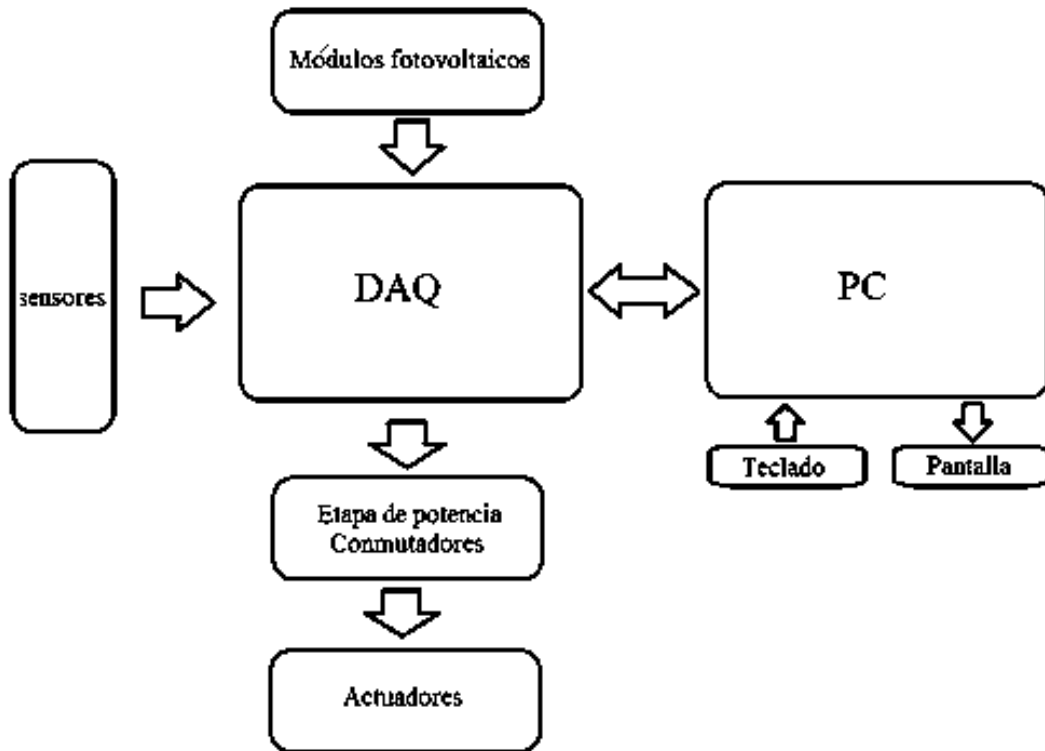


Figura 3.3 Diagrama de bloques del sistema

En la figura 3.3, se muestra cada subsistema, sus etapas son: etapa de potencia, etapa de control, etapa de monitoreo, etapa de adquisición de datos y la etapa de alimentación.

En cuanto a las etapas de potencia, se realizaron circuitos de excitación o activación, estos conmutadores son los encargados de esta acción correctiva, tales como el riego automático y ventilación.

El bloque de sensores es de temperatura y humedad. Para la realización de esta etapa fueron utilizados dos sensores, el primero es el sensor LM35 utilizado para la temperatura y el segundo es el sensor HMZ-433A1 utilizado para humedad relativa.

A continuación se describirán detalladamente cada una de las etapas y subsistemas del proyecto.

3.4.2 Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB-6008 (DAQ).

Para el proyecto es necesario contar con una tarjeta de adquisición de datos, la DAQ de *National Instrument* modelo NI USB-6008 figura 3.4, tiene las prestaciones necesarias para la realización del proyecto, además esta tarjeta de adquisición de datos es una de las más distribuidas en el mercado, está respaldada por una empresa de clase mundial, dedicada al desarrollo de *hardware* y *software* para la adquisición de datos.



Figura 3.4 Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008.

Descripción

NI USB-6008 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible para uso de estudiantes, pero lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas.

NI USB-6008 incluye el *software* registrador de datos para empezar a tomar medidas básicas en minutos. Puede programarse usando Labview o lenguaje C y el software de servicios de medida NI-DAQmx sirve para un sistema de medida personalizado.

Características

NI USB-6008 es una tarjeta de adquisición de datos a 12-Bit, 10Ks/s de bajo costo que tiene las siguientes características.

- 8 entradas analógicas (12 bits, 10 kS/s).
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits.
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.
- Compatible con Labview, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.
- El software de NI-DAQmx y software interactivo NI Labview SignalExpress LE para registro de datos.

Especificaciones

Producto	USB-6008
Familia de Productos	DAQ Multifunción
Formato Físico	USB
Sistema Operativo/Objetivo	Windows , Linux , Mac OS , Pocket PC
Tipos de Medida	Voltaje

Entrada Analógica

Canales	8 , 4
Canales de una sola terminal	8
Canales Diferenciales	4
Resolución	12 bits
Velocidad de Muestreo	10 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	138 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1 V , 1 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	37.5 mV
Número de Rangos	8
Memoria Interna	512 Bits

Salida Analógica

Canales	2
Resolución	12 bits
Máx. Voltaje de Salida Analógica	5 V
Rango de Voltaje Máximo	0 V a 5 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	7 mV
Rango de Voltaje Mínimo	0 V a 5 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	7 mV
Capacidad de Corriente Simple	5 mA
Capacidad de Corriente Total	10 mA

E/S Digital

Número de Canales	12
Temporización	<i>Software</i>
Niveles Lógicos	TTL
Capacidad de Corriente Simple	8.5 mA
Capacidad de Corriente Total	102 mA
Máximo Rango de Entrada	0 V a 5 V
Máximo Rango de Salida	0 V a 5 V

Contadores/Temporizadores

Número de Contadores/Temporizadores	1
Eliminación de Rebotes	No
Rango Máximo	0 V a 5 V
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz
Entrada Mínima de Ancho de Pulso	100 ns

Niveles Lógicos

TTL

Especificaciones Físicas

Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm
Altura	2.31 cm
Conector de E/S	Terminales de tornillo

3.5 Entradas del Sistema

En esta sección se muestra detalladamente las tres entradas analógicas del sistema, estas censan las variables físicas del ambiente necesarias para el control y monitoreo.

3.5.1 Sensor de Temperatura

El sensor LM35 fue utilizado para la medición y adquisición de la temperatura. Este integrado fue escogido por su sencillez de operación y manejo, nos permite adquirir dicha magnitud física y entregarnos una salida en forma de voltaje analógico.

El Sensor de precisión de temperatura en grados centígrados pertenece a la serie LM35, donde la tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius (centígrados). El LM35 tiene así una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin, ya que el usuario no está obligado a restar una constante tensión en la salida para obtener convenientemente una escala en grados centígrados.

El LM35 no requiere ninguna calibración externa, para proporcionar una precisión típica de $\pm 1/4$ °C en la temperatura ambiente y $\pm 3/4$ °C durante un rango de temperatura de -55 a + 150 °C. El LM35 tiene una baja impedancia de salida, además de una salida lineal y precisa, además de que cualquier interfaz puede ser colocado facilitando la lectura y el control de circuitos. Puede ser usado con fuentes de alimentación individuales.

Debido a que solamente necesita 60 μ A de la fuente, tiene un muy bajo auto-calentamiento, menos de 0.1° C en el aire. El LM35 es acondicionado para funcionar un rango de temperatura de -55 a + 150 °C.

La serie LM35 está disponible en empaques herméticos tipo TO-46 estos están compuestos de paquetes con transistores, en la figura 3.5 se muestra dicho empaquetado.

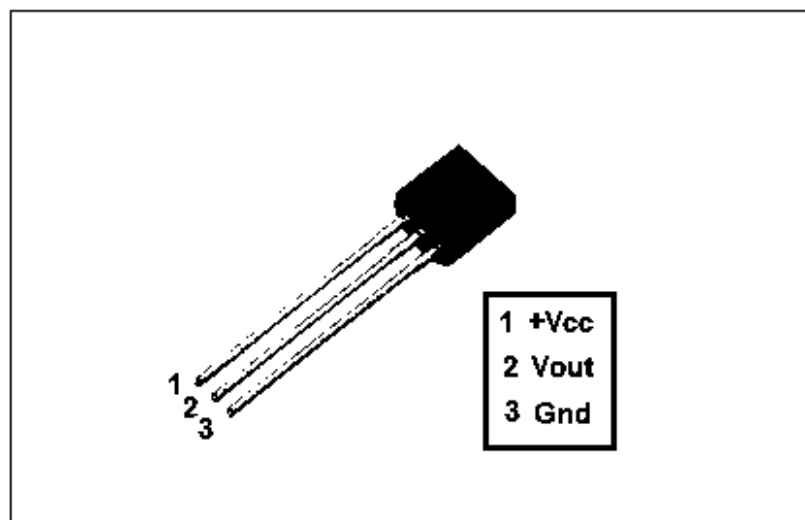


Figura 3.5 Pines y configuración del sensor de temperatura LM35

Características

- Calibrada directamente en ° Celsius (centígrados).
- Factor de escala lineal en + 10.0 mV / °C.
- Con 0.5 °C de exactitud garantizados (a +25 °C).
- Rango de temperatura de -55 a + 150 °C.
- Apto para aplicaciones remotas.
- Bajo costo debido su tamaño y practicidad.
- Funciona de 4 a 30 Volts.
- Menos de 60 mA de corriente de drenaje.
- Bajo auto-calentamiento 0,08 °C en aire en calma.
- No linealidad sólo $\pm 1/4$ °C típica.
- Baja impedancia de salida, 0.1 Ω para carga de 1 mA.

3.5.2 Sensor de Humedad Relativa HMZ-433A1

La medición de la humedad relativa consiste en la relación entre la presión parcial del vapor de agua en el gas de que se trate y la presión de saturación del vapor, a una temperatura dada. Por lo tanto la humedad relativa es función de la temperatura. La medición es expresada como un porcentaje.

La humedad relativa es un parámetro utilizado principalmente en aplicaciones ambientales, el sensor HMZ-433A1 cubre las especificaciones suficientes que requiere el prototipo debido a su facilidad de uso, practicidad y manejabilidad, las dimensiones del empaquetado es tal como se muestra en la figura 3.6, siendo un dispositivo relativamente pequeño.

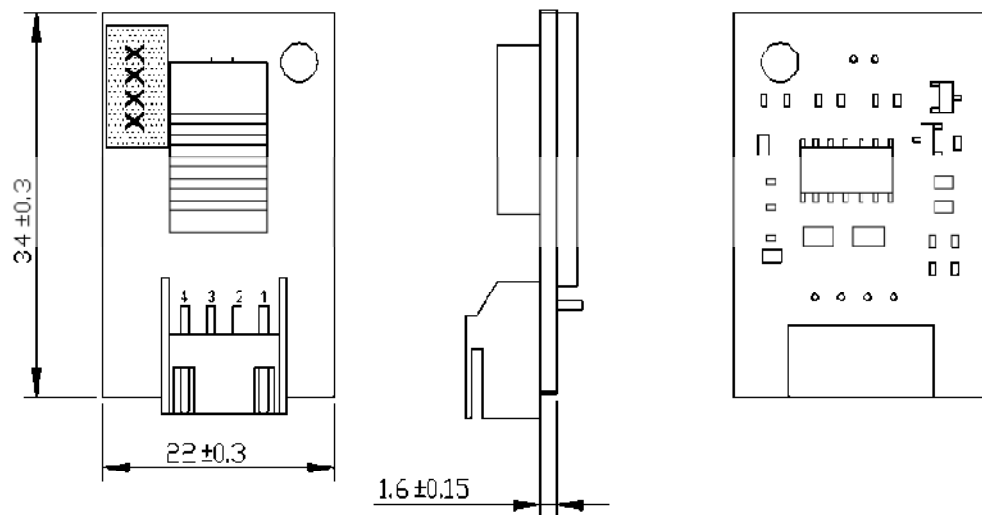


Figura 3.6 Dimensión del sensor HMZ-433A1.

Los pines del sensor de Humedad HMZ-433A1, son sencillos de utilizar ya que nos entrega una salida de voltaje analógico a corriente directa, además de las conexiones necesarias de alimentación del sensor, en la tabla 3.7 se muestra la configuración de pines.

Tabla 3.7 Configuración de pines del sensor HMZ-433A1

Terminal	Descripción
Pin 1	Alimentación con 5V CD
Pin 2	Salida de humedad
Pin 3	GND

Cuando el nivel de humedad relativa es baja puede producirse electricidad estática que dañe al equipamiento electrónico, por lo tanto el sensor HMZ-433A1 es adecuado ya que el fabricante lo diseñó para trabajar en rangos de humedad que va desde el 20% a 90% de humedad relativa, cubriendo rango considerable para el proyecto.

El sensor HMZ-433A1 de la tabla 3.8, tiene las siguientes características de trabajo además de ser adecuado para ser usado en implementaciones de control.

Tabla 3.8 Características y aplicaciones del sensor de humedad

Características	Aplicación
Amplio rango de humedad en operación	Aire acondicionado, humidificador, deshumidificador.
Salida de CD lineal	Control de humedad.
Fácil operación	Higrómetro.
Largo periodo de estabilidad	Estabilidad en el voltaje de salida.
Pequeño y económico	Reloj, barómetro.

En la tabla 3.9, se muestran las características eléctricas. Es necesario respetar dichas especificaciones, para darle un correcto uso, de lo contrario se puede dañar el sensor. Tiene la ventaja de ser maniobrado en diferentes circunstancias, ya que su resistencia física es alta, por lo que se puede confiar en su actuación y precisión.

Tabla 3.9 Características eléctricas del Sensor de humedad HMZ-433A1

Sensor de humedad HMZ-433A1 "GHITRON HCZ sensor "	Características Eléctricas
Suministro de tensión (Vin)	5 VDC $\pm$ 5%
Corriente de consumo	5 mA max: (2 mA promedio)
Rango de funcionamiento	Temperatura 0-60 °C Humedad relativa 95 % o menos
Rango de funcionamiento en lugar cerrado	Temperatura -20 a 70 °C Humedad relativa 95 % o menos
Humedad de transmisión	Rango 20 a 90 % Humedad Relativa
Precisión :	Humedad: $\pm$ 5 % humedad relativa (a 25 °C, el 50 % humedad relativa, Vin = 5.00 VDC)
Humedad de salida 0 ~ 3.3 V Señal (de referencia)	A 25 °C, Vin = 5.00 VDC (Salida Impedancia aprox: 5 K Ω)

La salida analógica del sensor es en el pin 2 y es programada para colocarla en la entrada de la DAQ y así censar el valor y mostrarlo en el panel frontal del programa, el Sensor de humedad HMZ-433A1 tiene una salida lineal de voltaje con respecto a la humedad como se muestra en la figura 3.10, se observa la humedad vs. voltaje:

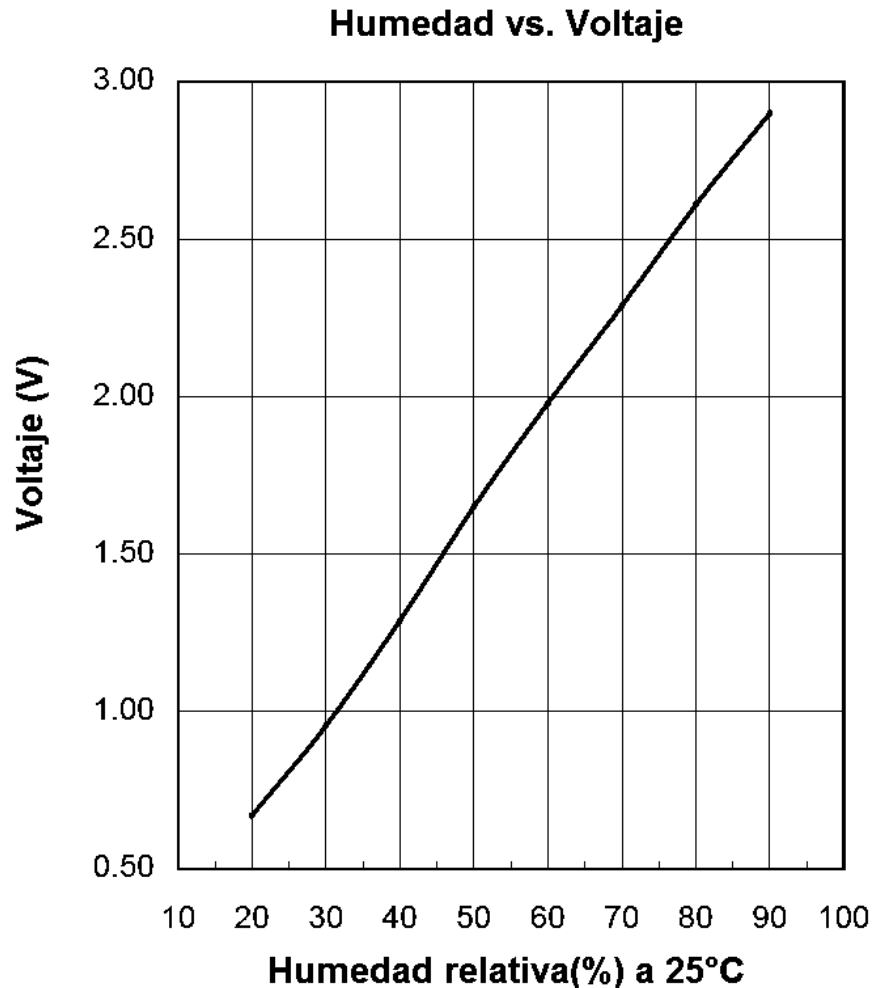


Figura 3.10 Humedad relativa (%) a 25 °C vs voltaje (V)

En la tabla 3.11, se describe la relación de humedad-voltaje, donde la aproximación de los valores está dada en 0.33V por cada 10 %HR en aumento o disminución de humedad, dicha condición funciona adecuadamente a partir del 20% HR hasta 90% HR a 25 °C, por lo tanto los valores son proporcionales.

Tabla 3.11 Proporción de la Humedad relativa vs. Voltaje

Humedad (%HR)	20	30	40	50	60	70	80	90
Salida voltaje (volts)	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97

El sensor trabaja de forma remota, colocándolo dentro del invernadero y comunicándose por medio de la DAQ, a una distancia de 15m. En el prototipo trabaja a esa distancia emulando al primero.

La DAQ se encuentra en un lugar de resguardo, el invernadero tiene un factor promedio de humedad relativa del 51 %, como se muestra en la tabla 3.12, además de una temperatura promedio de 25 °C.

Tabla 3.12 Humedad relativa anual en Morelia.

Humedad Relativa en Morelia													
(%HR)	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di	Promedio
Humedad relativa	43	41	35	38	44	56	62	64	66	62	54	51	51.3
Horas de sol	8	9	8	7	7	7	7	5	5	5	6	8	6.83
Días de lluvia	1	1	3	5	6	11	12	13	12	5	2	1	6

3.5.3 Fotocelda para Generación de Energía

La generación de energía solar necesita un sistema completo para su operación, tal como se muestra en la figura 3.13. Los componentes para la generación de energía eléctrica por medio de energía solar son: la celda fotovoltaica, regulador, baterías y un sistema inversor en caso de que sea necesario.

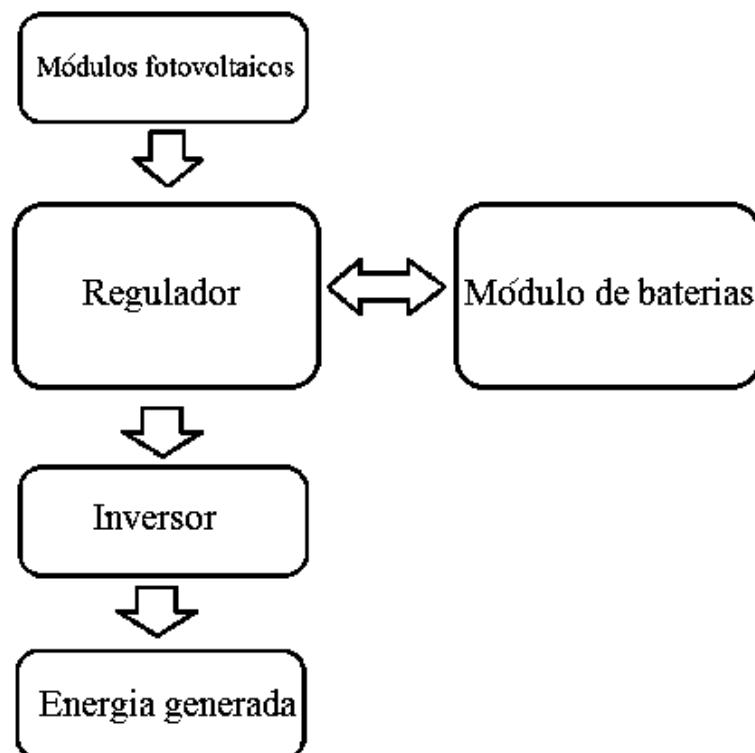


Figura 3.13 Elementos de generación eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

Cada uno de estos elementos juega un papel crucial en la generación solar, el componente principal es el módulo fotovoltaico ya que produce electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar). Enseguida se presenta la descripción de cada uno de los elementos de la energía solar.

Celda fotovoltaica.

Una celda fotovoltaica es un dispositivo capaz de generar energía eléctrica a partir de la captación de la luz solar que incide sobre ellos. La fuente de luz utilizada es el sol, considerando su costo nulo.

La celda solar tipo Monocristalino se compone de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal). Se muestra en la figura 3.14, nos permite generar 0.98 Volts de corriente directa a plena incidencia solar, aunque tiene la deficiencia de solo proporcionarnos 5 mA, esto no fue impedimento para usarlo en el proyecto, ya que con facilidad se puede conectar la celda directamente a la DAQ, proporcionándonos valores en voltaje analógico, para así emular el regulador y el inversor del sistema en ambiente de programación Labview, ahorrando dispositivos físicos.



Figura 3.14 Panel fotovoltaico Monocristalino

Regulador

Es el elemento que regula la inyección de corriente desde los paneles a la batería. El regulador interrumpe el paso de energía cuando la batería está totalmente cargada evitando así los negativos efectos derivados de una sobrecarga. En todo momento el regulador controla el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica proveniente de los paneles cuando esta empieza a bajar.

Batería

Almacena la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles, no es suficiente o adecuada para satisfacer la demanda (falta de potencia al atardecer, amanecer, días nublados). La naturaleza de la radiación solar es variable a lo largo del día y del año, la batería es el elemento que solventa este problema ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año.

Inversores

Es el elemento que transforma las características de la corriente de continua a alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente continua. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos.

Generador

Este elemento conmuta con el inversor, siempre y cuando la generación solar no sea suficiente para la demanda requerida o en cualquier caso de apoyo a la misma, la energía del generador es la suministrada por el servicio eléctrico de la región y es totalmente independiente al sistema de generación solar.

3.6 Respuesta del Sistema

En esta sección se muestra detalladamente las dos salidas analógicas del sistema, estas entregan una respuesta para el control.

3.6.1 Sistema de Riego

Un sistema de riego es un conjunto de estructuras que hace posible irrigar un área determinada de cultivo. El sistema de riego consta de dos componentes principales: la tubería y la llave de paso manual. El invernadero cuenta con un sistema de tuberías que son activadas manualmente.

En el invernadero el sistema funciona abriendo la llave manualmente cada tercer día o cada vez que la planta lo requiera, esta riega por medio de las tuberías las cuales tienen pequeños orificios colocados estratégicamente por encima de cada planta sembrada, goteando cada 3 segundos aproximadamente.

En el prototipo el sistema de riego automático elimina las complicaciones, ya que no es necesario abrir manualmente la llave de paso cuando las plantas lo requieran. En el programa de Labview adquirimos las señales de humedad y temperatura, procesándolas y entregando una respuesta la cual es aprovechada al colocar una salida analógica de la DAQ y cerrando un relevador que activa la electroválvula permitiendo el paso del agua.

Electroválvula.

Una electroválvula es un dispositivo electromecánico que se compone de dos partes esenciales, una bobina y un elemento ferromagnético. Cuando la bobina es energizada el elemento ferromagnético que se encuentra en el centro de la bobina es desplazada inhibiendo el paso del fluido, es el mismo efecto producido por la llave de paso, solo que la primera la acción correctiva es realizada eléctricamente.

La electroválvula usada en el proyecto entra dentro de la clase mini, dichas características permiten controlar un flujo moderado para el prototipo. La electroválvula

es accionada con 12 Volts de CD a 300 mA, por lo que fue necesario usar una fuente que otorgara dichas prestaciones.

La electroválvula usada en el prototipo en figura 3.15, es de una capacidad pequeña para control de flujo, en comparación con electroválvulas industriales o convencionales para un flujo más intenso.



Figura 3.15 Electroválvula para prototipo.

Conductos

En el prototipo se adecuaron tuberías de plástico, imitando las que se encuentran colocadas en el invernadero. La diferencia radica en que está es controlada electrónicamente abriendo la electroválvula remotamente.

3.6.2. Sistema de Ventilación

El sistema de ventilación es necesario ya que renueva el aire dentro del invernadero, actuando sobre la temperatura, la humedad, el contenido en CO₂ y el oxígeno que hay en el interior del invernadero.

El invernadero situado en Ciudad Universitaria fue construido con una base metálica y cubierta con una malla de polietileno, comúnmente llamada ‘malla sombra’, se coloca en la parte superior cubriendo por completo el techo, protegiendo de los rayos U.V. y otorgando sombra en días soleados, además de conservar el calor dentro del recinto en días de intenso frío, además que permite la circulación continua del aire a través de los pequeños orificios en sus paredes.

El prototipo fue construido con una base metálica y cubierto con malla sombra imitando la construcción original, pero fue necesario colocar un ventilador automático para completar la ventilación del prototipo, permitiendo la circulación del aire.

Ventilador

El ventilador produce corriente de aire mediante un rodete con aspas que giran produciendo una diferencia de presiones. Entre sus aplicaciones, destacan las de hacer circular el aire y extraerlo del recinto, además de renovarlo en lugares cerrados para proporcionar suficiente oxígeno a los ocupantes y de eliminar olores, principalmente en lugares cerrados.

Este es utilizado para desplazar aire o gas de un lugar a otro, aumenta la circulación de aire en un espacio habitado, por lo tanto refresca el ambiente. El ventilador es un elemento indispensable en climas cálidos.

El sistema de ventilación consta de un ventilador figura 3.16, alimentado con 12 volts a 0.15 A, usado comúnmente para la ventilación de PC's, esté es activado por el circuito de conmutación que consta de un relevador y fuente capaz de alimentar al ventilador.

El sistema de ventilación es activado, cuando el programa desarrollado en el ambiente de programación Labview manda una señal de activación hacia la DAQ, esta acciona el relevador, permitiendo el paso de corriente de la fuente hasta el ventilador, completando la acción.



Figura 3.16 Ventilador de uso genérico.

Es necesario tomar las siguientes consideraciones para el sistema de ventilación del prototipo:

- En cualquier época es importante ventilarlo, incluso en días fríos es conveniente ventilar un poco el interior, basta con una hora a mediodía para que circule el aire.
- La ventilación es muy importante ya que expulsa el aire caliente y lo hace circular dentro del recinto para evitar plagas y enfermedades.

- Los respiraderos deben estar situados en posiciones bajas y elevadas para establecer un flujo de aire adecuado. Unos extractores colocados en la parte alta del invernadero ayudan a expulsar el aire más caliente (más elevado), mientras que permiten entrar aire fresco (más bajo).

3.6.3 Sistema de Conmutación

El sistema de conmutación es necesario para la activación del sistema de riego y el sistema de ventilación.

El sistema de conmutación es activado por el programa implementado en Labview, el cual manda una señal de activación por el puerto USB hacia la DAQ, esta última envía una señal voltaje por medio de su salida analógica hacia la entrada del circuito de conmutación, accionando el relevador y colocándolo en modo cierre o conducción, permitiendo que la fuente de 12 Volts alimente los sistemas de riego y ventilación (electroválvula y ventilador) realizando una acción correctiva.

El circuito de conmutación de la figura 3.17, consta de una serie de componentes electrónicos que tienen la función de accionar el relevador.

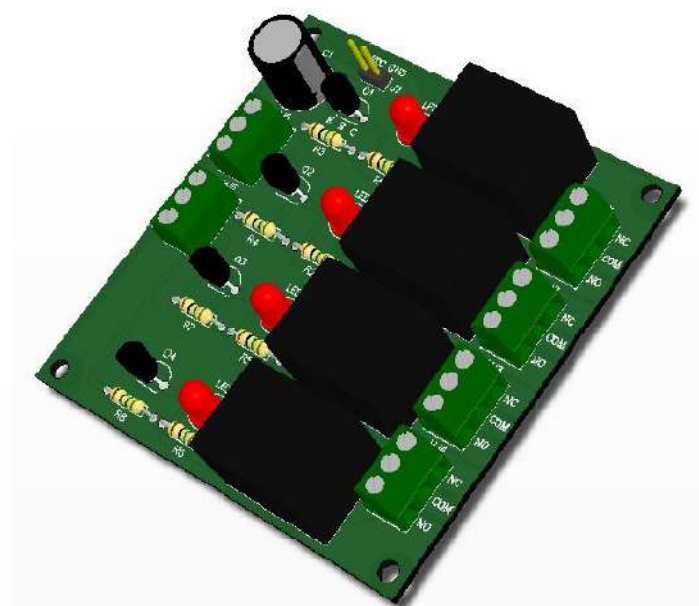


Figura 3.17 Circuito de conmutador para el sistema de riego y ventilación.

En la tabla 3.18 se muestran los componentes electrónicos del circuito de conmutación.

Tabla 3.18 Componentes y descripción del circuito de conmutación.

Componente	Descripción
Transistor	Tipo: NPN, Modelo:9013, P_{MAX} :625 mW, I_C : 0.5 A, V_{CE} : 25 V, V_{CB} : 45 V. De uso general.
LED	Rojo, 3 mm estándar (2 a 2,5 V, 10 mA)
Diodo	Modelo: 1N4004. Rectificador Plástico De fines generales, Corriente Delantera 1.0 A, Voltaje Reverso 400 V.
Relevador	Modelo: E126157, 5 Volts DC, 27 mA.
Capacitor	Tipo: Electrolítico, Capacidad: 470 μ F
Resistencia	Capacidad: 2 K Ω

El circuito puede ser accionado por distintos dispositivos electrónicos, brindando una gama de posibilidades. El circuito de conmutación presenta las siguientes características eléctricas:

- El relevador puede ser controlado directamente por la DAQ o dispositivos tales como PIC y lógica TTL.
- El voltaje de entrada (entre "IN" y "GND"): 0 V - 0,7 V (relevador está apagado); 0.7V- 3V (estado desconocido); 3V - 15V (relevador está activado).
- Indicación LED de estado de las salidas de relevador, enciende si el relevador esta activado y apagado si el relevador se encuentra abierto.
- Para activar cada uno de los relés es necesario proporcionarles 72 mA.

Es necesario tener ciertas consideraciones de uso ya que en ocasiones el sistema de control no tiene supervisión, por lo tanto es necesario colocar al sistema de conmutación en lugar de resguardo, ya que sus componentes no son aptos para trabajar con altas humedades.

3.7 Implementación de las entradas analógicas del sistema

En esta sección se muestra una descripción detallada de los elementos de entrada del sistema que son necesarios para la construcción del proyecto y su implementación.

3.7.1 Implementación del sensor de Temperatura

Para el sensor de temperatura se muestra en la figura 3.19, colocamos la salida del sensor 'pin 2' en la entrada AI0 (*Analogic input 0*) mostrada como 'CH+' de la figura, el 'pin 3' asignado como GND por el fabricante, se conecta a la tierra física de la entrada analógica correspondiente a la DAQ (*GND input 0*) mostrada como 'CH-' en la figura, por último el 'pin 1' del sensor se conecta a la alimentación de 5 Volts de corriente directa proporcionados por la DAQ.

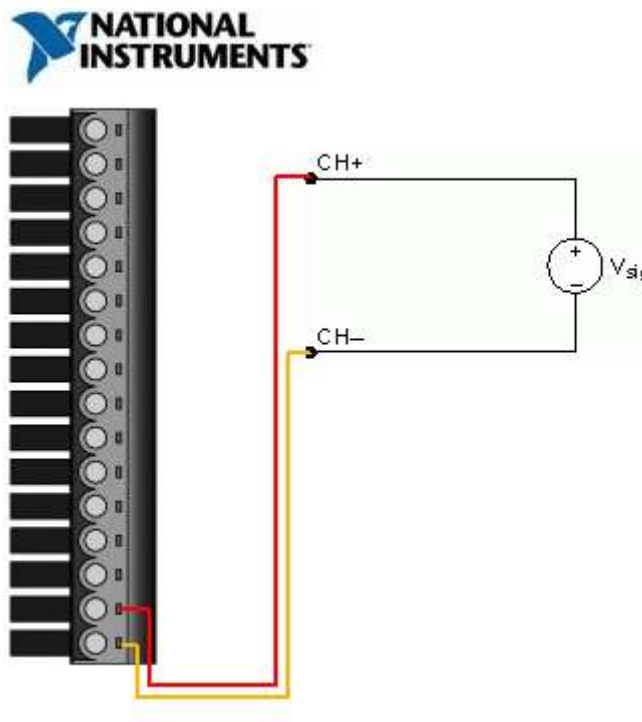


Figura 3.19 Conexión del sensor de temperatura en *Analógic input 0*, esquema generado por software de *National Instruments*.

El sensor entrega un factor de escala lineal en $+ 10.0 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$, es decir por cada variación correspondiente a un grado centígrado en el ambiente, la salida del sensor varía 10 mV.

El efecto de linealidad se puede observar alimentando el sensor con 5 Volts de CD en el 'pin 3' y colocando una de las puntas del voltímetro al 'pin 2' siendo la salida del LM35 y la otra punta del voltímetro al 'pin 3' la cual es GND, por último observamos el valor medido, como ejemplo si la temperatura en el lugar de medición es de 22°C el valor que observamos en nuestro aparato de medición es de 220 mV.

Por lo tanto cuando en el panel frontal, en lugar de observar el valor en volts, observaremos la temperatura con 0.5°C (a 25°C) de exactitud garantizados.

3.7.2 Implementación del Sensor de Humedad Relativa HMZ-433A1

La colocación del sensor de Humedad relativa HMZ-433A1, es similar a la colocación del sensor de temperatura LM35 ya que ambos tienen la misma forma de conexión.

La colocación del sensor de Humedad Relativa se muestra en la figura 3.20, colocamos la salida del sensor 'pin 2' en la entrada AI1 (*Analógic input 1*) mostrada como 'CH+' de la figura, el 'pin 3' asignado como GND por el fabricante, se conecta a la tierra física de la entrada analógica correspondiente de la DAQ (*GND input 1*) mostrada como 'CH-' en la figura, por último el 'pin 1' del sensor conecta a la alimentación de 5 Volts de corriente directa proporcionados por la DAQ.

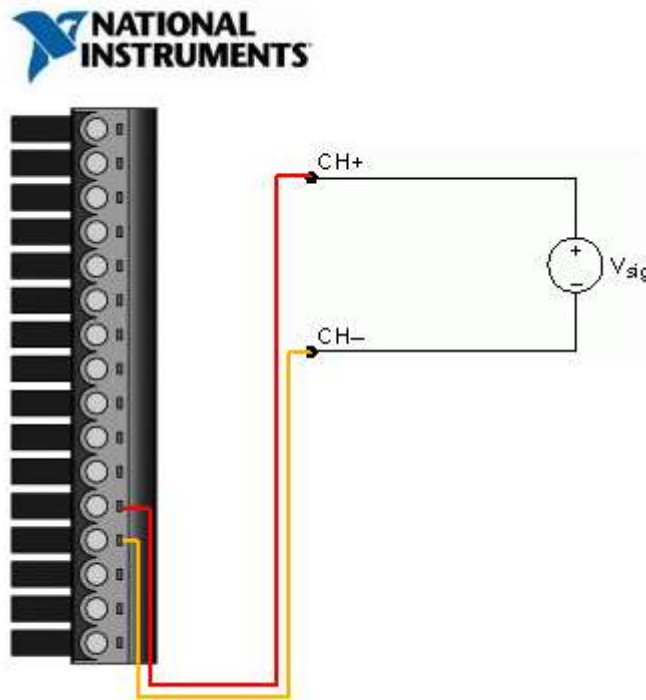


Figura 3.20 Conexión del sensor de humedad relativa en *Analogic input 1*, esquema generado por software de *National Instruments*.

El sensor opera entregando un factor de escala lineal de 0.33 volts por 10%HR (porcentaje de Humedad relativa) en aumento o disminución, es decir por cada variación correspondiente a diez por ciento en la humedad relativa del ambiente, el sensor entrega 0.33 volts. Operando correctamente mientras se encuentre dentro del rango de 20% a 90% de humedad relativa.

El efecto del sensor es posible observarlo directamente, alimentando el sensor con 5volts de CD en el 'pin 1' y colocando la punta positiva del voltímetro a la salida del HMZ-433A1 'pin 2' y la punta negativa al 'pin 4' la cual es GND. Como ejemplo si la temperatura en el lugar de medición es de 60%RH el valor que se observa en el voltímetro es de 1.98 Volts, este valor lo podemos comprobar de la tabla 3.11.

3.7.3 Implementación de la fotocelda para generación de energía solar

La generación de energía solar consta de una solución elegante para la problemática económica del proyecto, sin la necesidad de adquirir costosos sistemas de generación que no son necesarios. El ambiente de programación Labview, permitió simular cada uno de los componentes necesarios para la generación de energía solar.

La generación solar se utilizó para suministrar energía a conmutadores y actuadores, los cuales no exigen una gran alimentación, de esta manera se dejaron fuera los dispositivos como la tarjeta y la PC, estos se encuentran en un lugar de resguardo.

La solución consta en colocar la salida positiva del panel fotovoltaico directamente a 'AI2' (Analogic input 2) mostrada como 'CH+' de la figura 3.21, el pin negativo asignado como GND, se conecta a la tierra física de la entrada analógica (GND).

input 1) mostrada como 'CH-'. No existe problema alguno al realizar la operación ya que la energía generada por la celda fotovoltaica esta en el orden de los volts de CD, ideal para la captura de datos hecha por la DAQ.

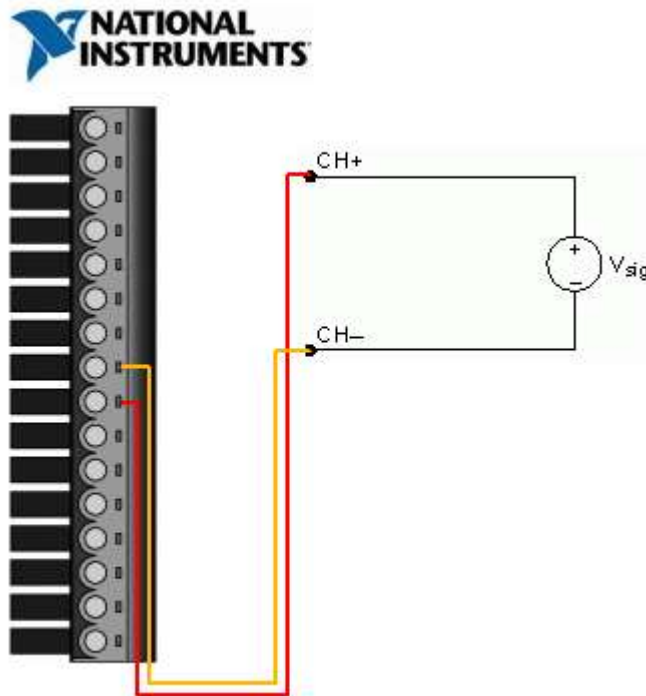


Figura 3.21 Conexión del sensor de humedad relativa en *Analogic input 1*, esquema generado por software de *National Instruments*.

Características y Funcionamiento

- El sistema de generación de energía solar entrega voltaje, operando correctamente si su carga es suficiente para alimentar a los dispositivos.
- Si el sistema de generación de energía solar esta descargada o la carga exigida por los dispositivos no es suficiente, esta será conmutada por la fuente de alimentación suministrada por la red eléctrica.

El único elemento que no se emuló fue la celda fotovoltaica, ya que cumple la función de generar físicamente la energía solar, utilizada para alimentar a los dispositivos.

3.8 Implementación de las salidas analógicas del sistema

En esta sección se muestra una descripción detallada de los elementos de respuesta del sistema que son necesarios para la construcción del proyecto y su implementación.

3.8.1 Implementación del sistema de Conmutación

El puerto USB del ordenador puede proporcionar 5 volts a 500 mA de corriente máxima. Cada uno de los relevadores necesitan 5 volts a 72mA para ser activados, por lo tanto para que los dos relevadores de circuito actúen se necesitan 144mA en total.

Para el sistema de conmutación fueron necesarios los siguientes componentes mostrados en la figura 3.22.

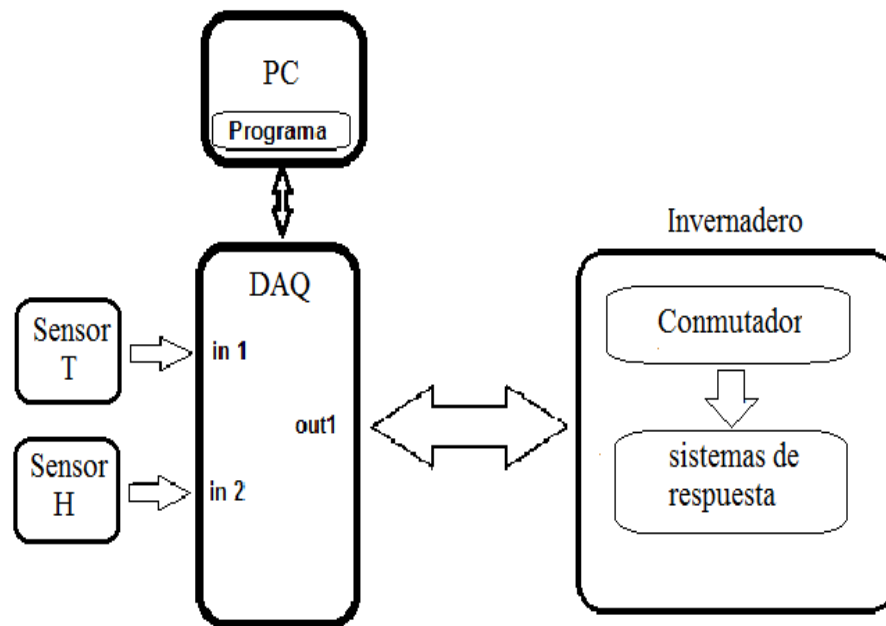


Figura 3.22 Elementos que requiere el sistema de conmutación.

Los sensores son necesarios ya que otorgan la referencia al sistema, Labview actúa procesando la información y actuando de acuerdo a la combinación lógica del programa, la DAQ aplica la señal de control al circuito conmutador en *Output 1* (control de riego) y *Output 2* (control de ventilación) para ventilar y/o humedecer según se le indique.

En caso de daño por mal uso deben reponerse por elementos de la misma magnitud, por consiguiente será descrita la utilización y razón por la cual cada elemento fue utilizado.

3.8.2 Funcionamiento del Sistema de Conmutación

El funcionamiento del circuito, se describe a continuación, dado que el circuito opera en dos estados circuito abierto o cerrado.

El primer caso es cuando no se manda ningún señal de control, es decir que la DAQ no manda una señal de voltaje a la entrada de activación del circuito. Todos los

dispositivos están alimentados, pero se encuentran en modo de espera para ser activados.

En el segundo caso es cuando se activa el circuito de conmutación. Primeramente en la entrada V_{cc} es energizada con 5 Volts de CD alimentando los componentes del circuito, se coloca un capacitor el cual protege de una sobretensión cuando se sobrepasa el nivel permitido.

Los dispositivos previamente energizados son el transistor 9013 y el relevador, aunque este último no actúa hasta que el transistor permita el paso de corriente.

El segundo paso es enviar la señal de activación en la entrada *Input 1*, introduciendo una señal desde 3 a 5 Volts al circuito para su activación y pasando por la resistencia, la cual está conectada entre *Input 1* y el transistor, esta resistencia protege al transistor de una sobrecorriente.

Cuando la señal de 5 Volts entra en la base del transistor, permite la conducción de corriente en el colector, encendiendo LED y alimentando la bobina interna del Relevador, cuando la bobina es alimentada la corriente crea un campo electromagnético y atrae el switch que cierra el circuito.

El diodo inversamente polarizado y en paralelo con la carga, protege de una carga inductiva al transistor, generada por sobretensiones que provoca la bobina al desconectarse, sin dañar al relevador.

Cuando el circuito del relevador cierra el switch permite la conducción de corriente en la fuente de 12 Volts que activa los sistemas de riego y ventilación finalizando la acción correctiva.

Este circuito de conmutación puede ser activado en cualquier instante, siempre y cuando se le envía una señal de activación desde la DAQ.

3.8.3 Implementación del Sistema de Ventilación

Para el sistema de ventilación se tomaron varias consideraciones con respecto al material usado para la creación del prototipo, ya que afectan directamente las mediciones adquiridas por la DAQ.

El material seleccionado cumple con los requisitos en cuanto a la ventilación y la conservación del calor dentro del invernadero.

Existen varias soluciones pero muchas de ellas eran costosas para la adaptación del prototipo. Por lo tanto la acción correctiva escogida fue la colocación de un ventilador que extrae y ventila el invernadero según la acción correctiva deseada.

El ventilador usado para el proyecto, es alimentado con 12V de CD con una corriente de 0.15A, comúnmente usado en el sistema de ventilación de PC's.

Para el sistema de ventilación fueron necesarios los siguientes componentes mostrados en la figura 3.23.

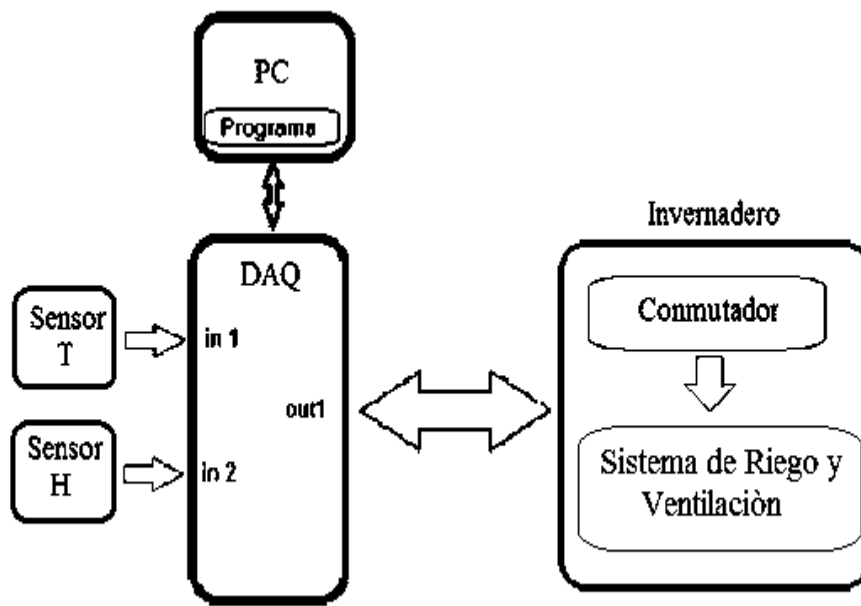


Figura 3.23 Elementos que requiere el Conmutador para ventilador y/o riego.

Los sensores son necesarios ya que entregan las señales analógicas a la tarjeta de adquisición de datos, estas señales son enviadas por medio del puerto USB de la PC, para después ser procesadas en el ambiente de programación Labview, el cual procesa la información capturada, entonces por medio de la DAQ entrega una señal correctiva en forma de voltaje al circuito de conmutación, permitiendo que la fuente de 12 Volts alimenta al ventilador, concluyendo la acción correctiva.

Por lo tanto el sistema de ventilación trabaja bajo las siguientes sentencias lógicas, donde el sensor de humedad y el sensor de temperatura imponen las condiciones.

- Si la temperatura censada es alta y humedad censada es baja, se acciona el ventilador.
- Si la temperatura censada es baja y humedad censada es alta, no se activa el ventilador hasta que el ambiente se normalice.
- Si la temperatura censada es alta y humedad censada es alta, se acciona el ventilador.
- Si la temperatura censada es baja y humedad censada es baja, no se activa el ventilador.

3.8.4 Implementación del sistema de Riego

En el sistema de Riego del prototipo está constituido por un sistema de tuberías colocadas de forma sistemática, imitando al invernadero, además de añadir el sistema de respuesta automático.

La electroválvula crea una acción correctiva automática y remota, está es alimentada con 12 V de CD con una corriente de 300 mA.

De la figura 3.23, se observa que para ambas respuestas (ventilación y riego) se necesitaron los mismos componentes.

Para el sistema de riego son necesarios los sensores ya que entregan las señales analógicas a la tarjeta de adquisición de datos, estas señales son enviadas por medio del puerto USB de la PC, para después ser procesadas en el ambiente de programación Labview, el cual procesa la información capturada, entonces por medio de la DAQ entrega una señal correctiva en forma de voltaje al circuito de conmutación, permitiendo que la fuente de 12 Volts alimente la electroválvula, concluyendo la acción correctiva.

El sistema de Riego trabaja bajo las siguientes sentencias lógicas, donde el sensor de humedad y el sensor de temperatura imponen las condiciones.

- Si la temperatura censada es alta y humedad censada es baja, se acciona la electroválvula.
- Si la temperatura censada es baja y humedad censada es alta, no se activa la electroválvula hasta que el ambiente se normalice.
- Si la temperatura censada es alta y humedad censada es alta, no se acciona la electroválvula hasta que el ambiente se normalice.
- Si la temperatura censada es baja y humedad censada es baja, no se activa la electroválvula hasta que el ambiente se normalice.

3.9 Cálculos de los Componentes

El circuito de conmutación cumple la tarea de accionar los sistemas de respuesta, los cuales necesitan una corriente y un voltaje definidos.

Por lo tanto se calculó la corriente y voltaje de dicho circuito, realizando los cálculos necesarios para el transistor ya que es necesario hacer una buena elección del mismo, considerando su interacción con el relevador.

Las especificaciones del transistor la encontramos en las hojas de datos, sus características principales son:

- Transistor 9013 de Tipo NPN.
- I_C : 0.5 A.
- V_{CE} : 25 V.
- β de 10 a 60.

El transistor 9013 tiene las características necesarias para la realización del proyecto, tanto en corriente como en el voltaje máximo.

El relevador se acciona con una de las salidas analógicas de la DAQ, esta entrega desde 0 Volts hasta 5 Volts de CD y la corriente de salida es de 500 mA máxima. La bobina del relevador necesita de 3 Volts a 120 mA y 5 Volts a 72 mA.

Para calcular la resistencia de base, se observa en la figura 3.24, primeramente se obtiene su tensión: Si aplicamos 5 Volts y caen 0.7 Volts en la unión base-emisor, y en la resistencia llegan 5 Volts - 0.7 Volts = 4.3 Volts.

Este voltaje es proporcionado por una de las salidas analógicas de la DAQ ya directamente por *Input 1* llega la señal a la resistencia base. Se necesita una I_c de 120 mA y nuestro transistor tiene una β mínima de 10 y máxima de 60, la intensidad que ha de llegar a la base tiene que ser 10 veces menor que I_c .

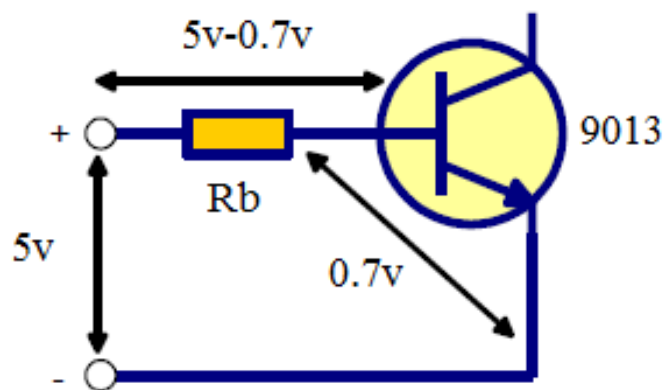


Figura 3.25 Cálculo de Resistencia de Base (R_b).

Fórmula para calcular la corriente I_b :

$$I_b = I_c / \beta = 120 / 60 = 2 \text{ mA}$$

Puesto que la tensión de la resistencia es la tensión que suministra la DAQ (5Volts) menos la tensión que hay entre la base y el emisor del transistor V_{be} , aplicando la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

$$R = V / I$$

$$R = (5 - 0.7) / 0.002 = 2150 \Omega$$

Redondeamos a **2000 Ω** , ya que es el valor normalizado más aproximado. Por tanto, tenemos que colocar un R_b de 2 K Ω .

Por último, se colocó un diodo inversamente polarizado, en paralelo con la carga, para proteger al transistor de las sobretensiones las cuales son provocadas cuando la bobina al ser desconecta, el circuito final se presenta en la figura 3.25, donde podemos ver la conexión total de los circuitos.

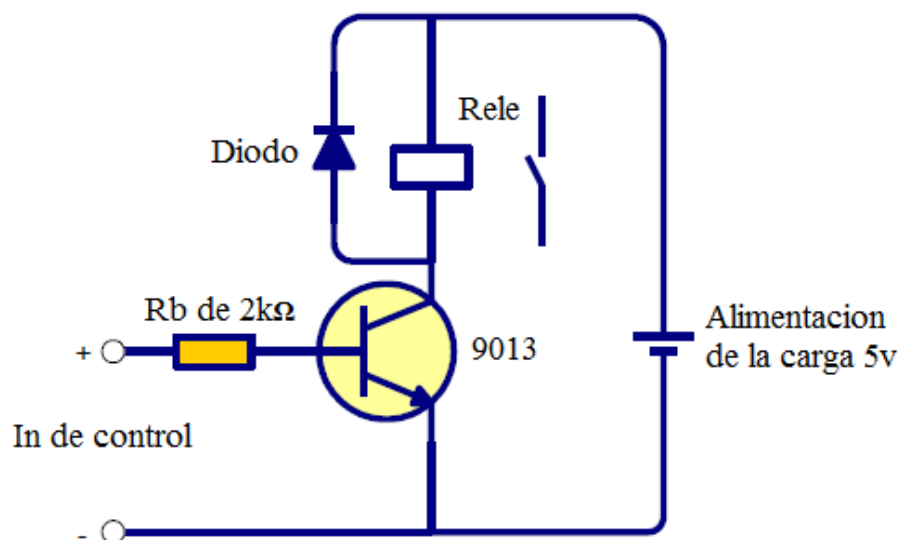


Figura 3.25 Conexión del circuito de conmutación con cálculo previo de R_b .

3.10 Software

En esta sección se muestra detalladamente la parte *software* implementado en el proyecto. Describiendo cada uno de los ambientes de programación, diseño y comunicación USB. Estos ambientes de programación y desarrollo electrónico cumplen con objetivos y requerimientos deseados para el funcionamiento del prototipo.

3.10.1 *Electronics Workbench*

Electronics Workbench es un *software* capaz de simular circuitos digitales o electrónicos a través de un laboratorio virtual compuesto por varios paneles donde se ofrecen instrumentos para el diseño de dispositivos electrónicos.

Electronics Workbench es una de las herramientas más populares a nivel mundial para el diseño y simulación de circuitos electrónicos. Incluye una de las mayores librerías de componentes de la industria. Cada elemento se complementa con las características de los fabricantes, símbolos para la captura esquemática, huellas para la realización del circuito impreso y parámetros eléctricos.

Las librerías están subdivididas: condensadores, resistencias, CMOS, multiplicadores, TTL, diodos, DMOS, etc., que incluyen todos los tipos de circuitos existentes en el mercado. Todos estos elementos están organizados en una completa base de datos que proporciona una forma sencilla y rápida de concreta de localizar componentes.

También dispone de una herramienta de simulación para circuitos de alta frecuencia (más de 100 MHz), incluyendo modulizadores, instrumentos virtuales y analizadores para radiofrecuencia. Los resultados obtenidos por el programa pueden exportarse a formato gráfico, incluyendo herramientas de visualización que contienen editores para variar los tipos de letra, colores, etc.

Electronic Workbench Captura de Esquemáticos

La elección software *Electronic Workbench* en la figura 3.26 se realizó en base a la necesidad de desarrollar el circuito de conmutación, este software contiene todos los dispositivos electrónicos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Es un software de distribución libre, donde todas las herramientas están a la vista y contiene varias modalidades de uso, además de que el uso de este tipo de programas nos permite modificar y hacer pruebas sin el riesgo de destruir el circuito en caso de una mala implementación.

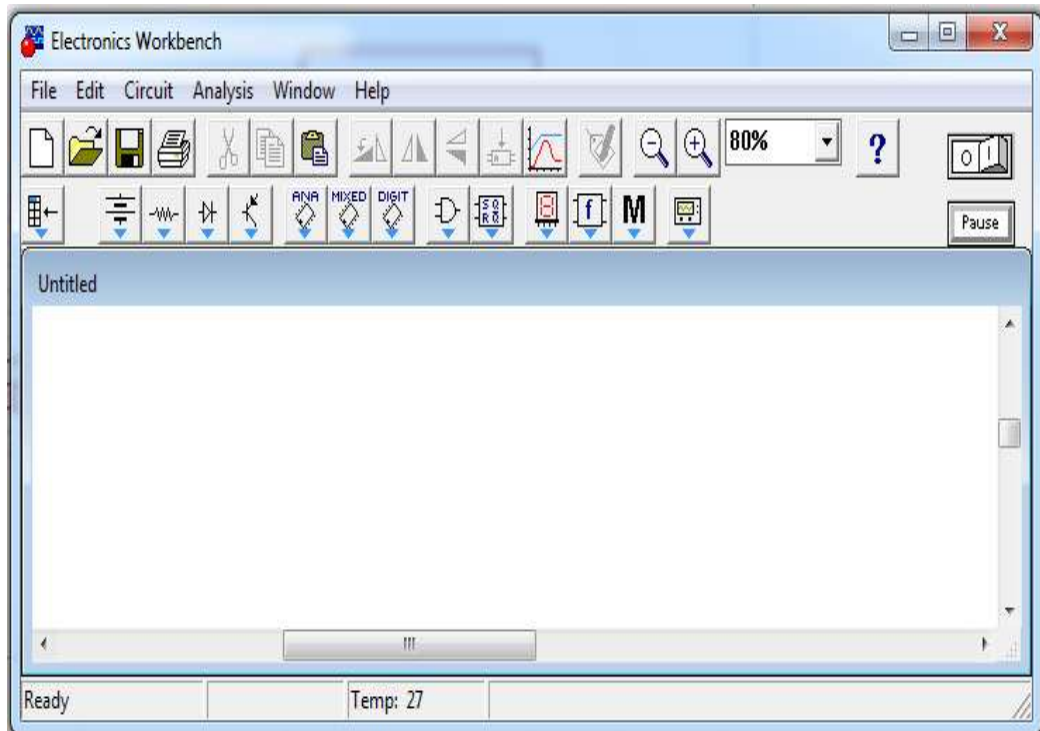


Figura 3.26. Ambiente de programación *Electronic Workbench*.

El circuito de conmutación tiene varios componentes mostrados en la figura 3.28, los cuales son necesarios para su correcto funcionamiento, brindándonos la seguridad de accionar elementos que contienen voltajes elevados sin dañar el equipo.

En el caso del proyecto en la figura 3.27, se observa la simulación de un solo relevador, ya que para realizar la conexión de dos o más dispositivos de conmutación, solo se repite la conexión del circuito.

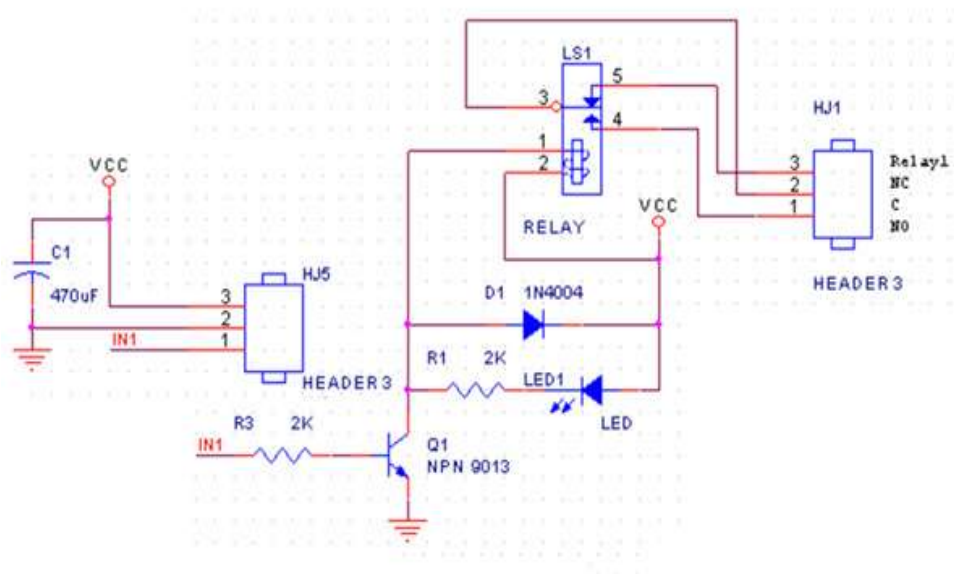


Figura 3.27 Circuito de conmutación simulado en *Electronics Workbench*.

El circuito se alimenta en Vcc con 5 volts de CD y en *Input 1* se aplica un pulso positivo de 3 a 5 Volts para activar el relevador.

La señal de voltaje llega a la resistencia de base del transistor y lo coloca en estado de saturación, permitiendo el paso de voltaje en colector y alimentado al relevador, este último se acciona y permite que la fuente de 12 Volts alimente el ventilador con *output 1* y/o electroválvula con de *output 2*.

3.11 NI Measurement & Automation Explorer

El *software Measurement & Automation explorer*, activa de las entradas y salidas analógicas de la DAQ, definiendo todos los parámetros de configuración.

3.11.1 Configuración de la tarjeta usando MAX

El *software Measurement & Automation explorer* figura 3.28, configura la DAQ mediante la opción *MAX*. Este software forma parte esencial del ambiente de programación Labview, distribuido por *National Instrument*.



Figura 3.28 *Software Measurement & Automation Explorer.*

Primeramente se debe instalar el asistente de configuración MAX ya que la primera vez que se conecta una DAQ, esta es detectada y configurada automáticamente por el manejador de configuración de Windows, activando el driver incluido en la tarjeta de adquisición de datos. MAX asigna un código por cada tarjeta que es insertada, la configuración depende de la serie de producción a la que pertenece la DAQ.

3.11.2 Ejecutar MAX

Ejecutando la opción *Measurement & Automation Explorer* de *National Instrument*, aparece la ventana de la figura 3.29. En esta pantalla es posible ver la lista de elementos instalados en el sistema por ejemplo se muestra instalado un dispositivo 1 llamado NI USB 6008, en la parte izquierda de la ventana, así nos percatamos que la tarjeta se comunica correctamente con la PC.

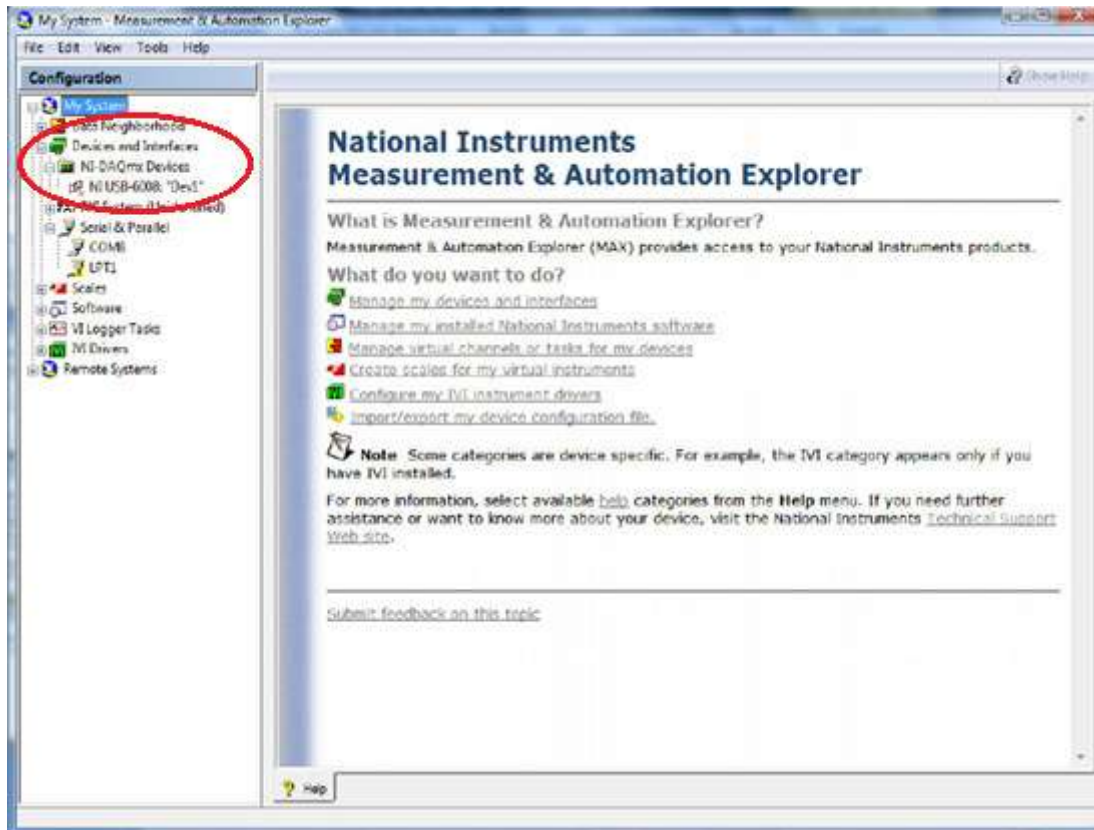


Figura 3.29 Ambiente de programación MAX.

3.11.3 Creación de Entrada Analógica

Es necesario configurarla la DAQ para crear de una entrada o salida analógica, siguiendo los siguientes pasos.

Primeramente en el diagrama de bloques de Labview seleccionamos el nodo llamado *DAQ Assistant*, este nodo nos permite configurar una de las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos. Se selecciona y se presiona 'Enter' sobre el icono, aparece la opción mostrada en la figura 3.30, la cual nos permite configurar el tipo de señal a capturar.

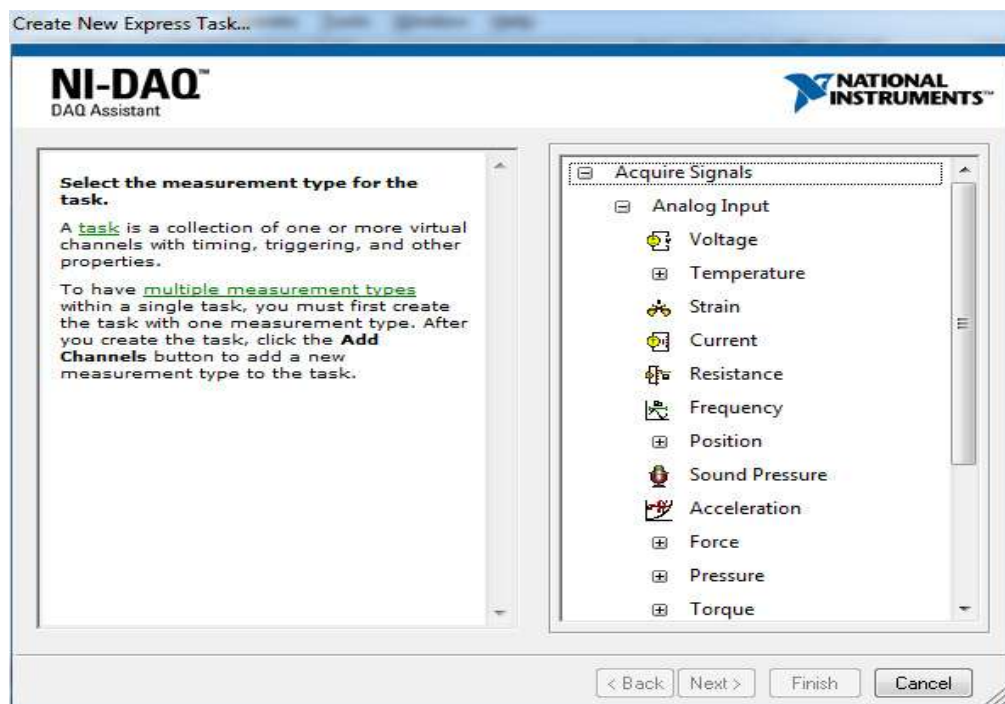


Figura 3.30 Configuración de la *Analogic Input* para determinar el tipo de señal a capturar.

En la imagen 3.31, se muestra la selección de la entrada analógica sobre la tarjeta de adquisición de datos, en el ejemplo se observa la selección del puerto 'ai0' (*Analogic input 0*), en esta entrada se coloca el sensor LM35, utilizado para la adquisición de la variable “temperatura”.

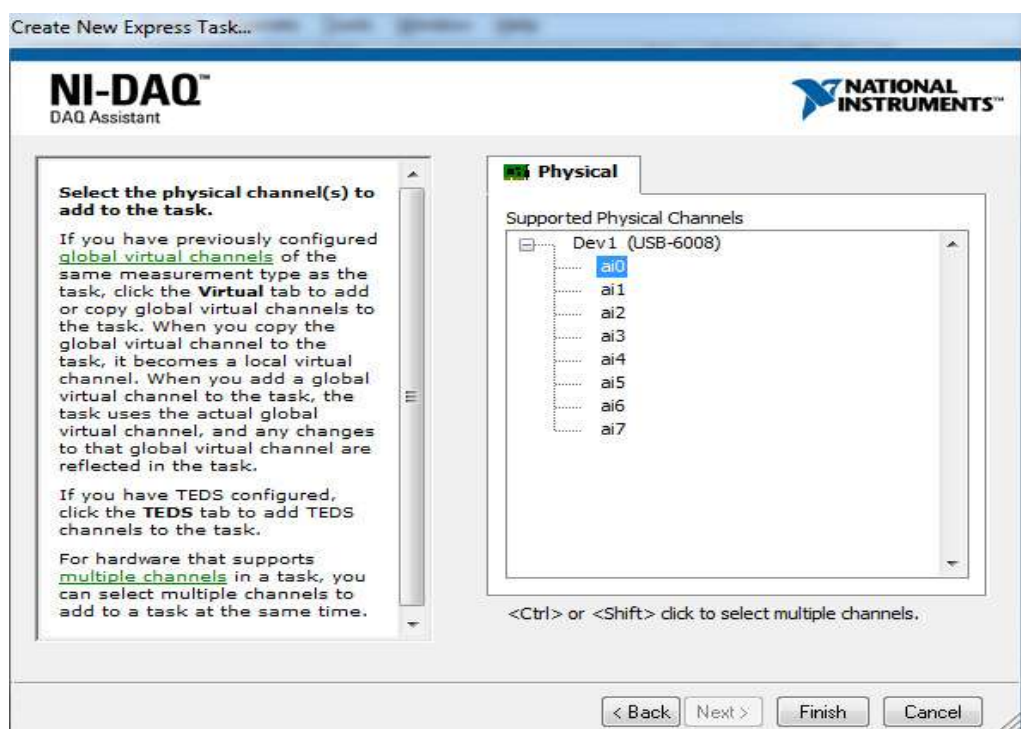


Figura 3.31 Selección de puerto a utilizar de la tarjeta de adquisición de datos.

Por último en la figura 3.32, se configura el puerto otorgándole un rango de adquisición de voltaje de -10 Volts a 10 volts, con un número ilimitado de muestras '*N Samples*', a una frecuencia de muestreo de 1KHz suficiente para el prototipo y un modo de conexión referida a tierra (RSE), completando la configuración de la entrada analógica de la DAQ.

Del mismo modo en el que se configura la entrada para el sensor de temperatura, se realiza la entrada analógica para el sensor de humedad y la celda fotovoltaica configurando el puerto '*ai1*' (*Analogic input 1*) y '*ai2*' (*Analogic input 2*) respectivamente, además de las salidas analógicas para el ventilador y la electroválvula en los puertos '*ao0*' (*Analogic output 0*) y el puerto '*ao1*' (*Analogic output 1*) respectivamente

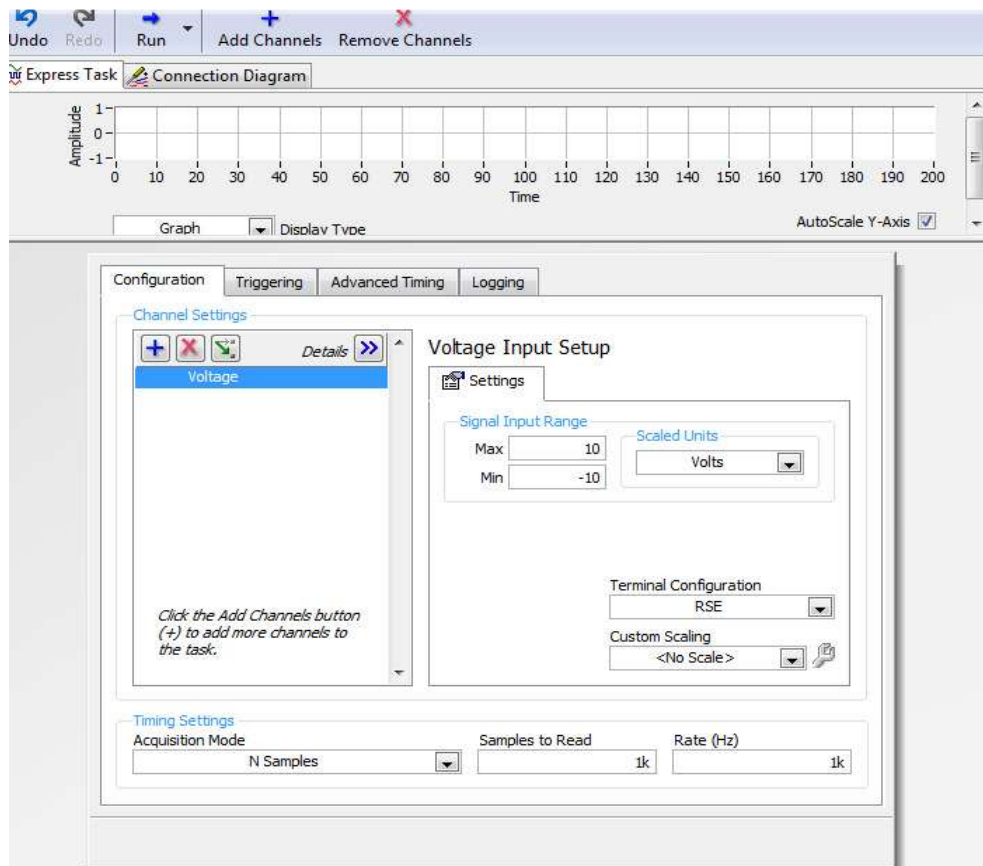


Figura 3.32 Paso final, configuración del puerto analógico.

3.12 Labview 8.6

Labview es un software desarrollado por *National Instrument* figura 3.33, esta herramienta es capaz de realizar pruebas, control y diseño mediante la programación gráfica en forma de bloques, nombrado lenguaje G (lenguaje Gráfico).

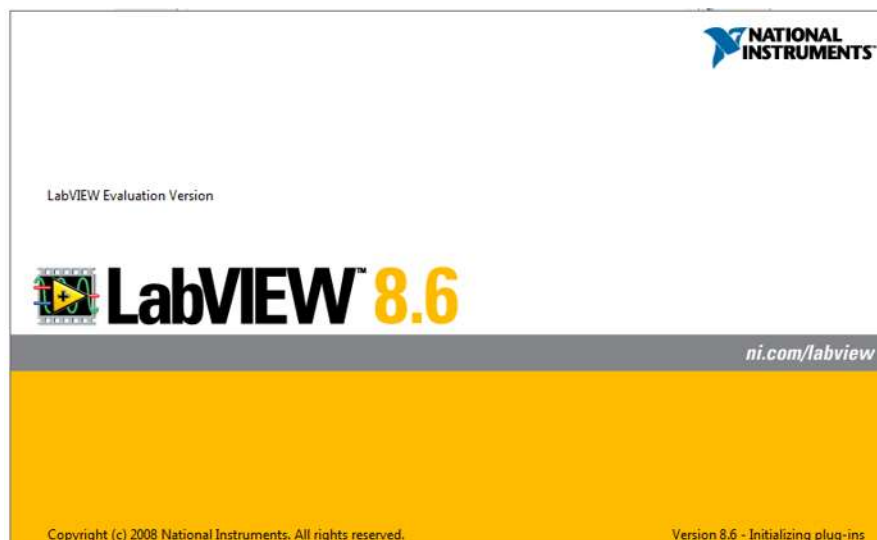


Figura 3.33 Ambiente gráfico de programación Labview 8.6.

Labview es un lenguaje de programación construido en base objetos, sin embargo no es posible construir nuevos objetos, como pudiera hacerse con otros lenguajes como C++, Java, Pascal entre otros, es por ello que la manera de construir aplicaciones es a través de una metodología de programación estructurada, utilizando como recurso la implementación de funciones, que en este caso se denominan “SubVI”.

Los programas desarrollados en Labview son llamados Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen proviene del control de instrumentos.

Labview permite expandir ampliamente al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino que también interactúa con diferentes lenguajes de programación.

Labview consigue combinarse con todo tipo de *software* y *hardware*, tanto del propio fabricante de tarjetas de adquisición de datos, como de otros fabricantes.

3.12.1 Ambiente de Desarrollo

Este ambiente de desarrollo gráfico está formado por los siguientes elementos:

Depuración

- Puntos de ruptura.
- Ejecución pasó a paso.
- Ventana de seguimiento a variables.

Facilidades de desarrollo

- Panel frontal: Para observar el estado del programa que estamos desarrollando.
- Paletas de funciones y controles para adicionar a nuestro proyecto.
- Herramientas para alinear los controles y funciones.

Lenguaje de Programación.

Labview usa el lenguaje de programación gráfico (Lenguaje G). Las posibilidades son amplias como se muestra a continuación:

- Sentencias (Gráficos) de control de Flujo y repetitivas.
- Posibilidad de declaración de variables.
- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.
- Basado en objetos pero no permite nuevas declaraciones.
- Mecanismos de conexión con lenguaje C y C++ y DLL.

Labview es considerada una herramienta para el desarrollo de instrumentos virtuales, por su extensa biblioteca de funciones especializada en la adquisición, acceso a buses de campo, procesamiento matemático y procesamiento de señales.

- Tarjetas de adquisición de datos
- Entrada/ Salida (Puerto serie y paralelo).
- Análisis de señales.
- Almacenamiento de datos.
- Comunicación (TCP-IP)

3.13 Trabajar con Labview

Los programas en Labview son llamados Instrumentos Virtuales y son guardados con la extensión ‘.VI’, cuentan con un panel frontal y un diagrama de bloques de la figura 3.34. En el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el diagrama de bloques se programa en lenguaje G.

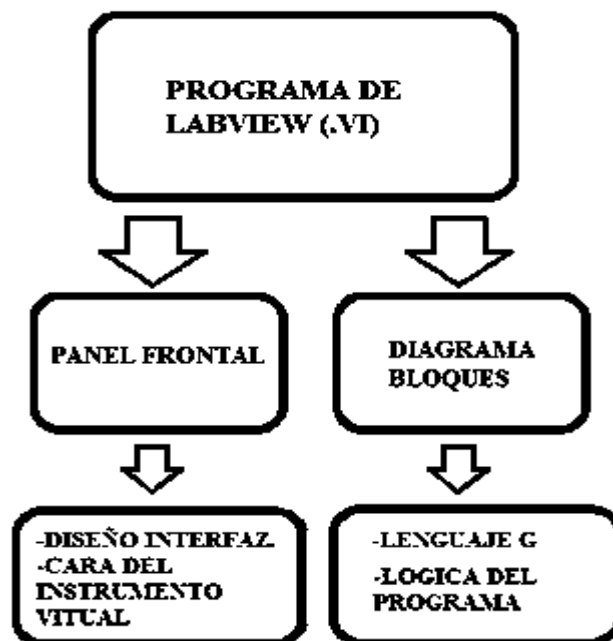


Figura 3.34. Modo de trabajo de Labview.

3.13.1 Panel Frontal

El panel frontal de un VI (Instrumento Virtual) es una combinación de controles e indicadores. Los controles son aquellos elementos que modifican los rangos de los datos previamente programados en el diagrama en bloques, estos pueden ser manipulados con el teclado y/o mouse. Los indicadores son aquellos elementos que muestran los datos procesados en el diagrama de bloques y son visualizados en un *display*.

Para adicionar controles o indicadores al panel frontal, se seleccionan en paleta de controles que se encuentra en una ventana flotante, en la cual se accede accionando el botón derecho del ratón sobre el panel frontal. Es posible cambiar el tamaño, la forma, y la posición, de los controles e indicadores, además cada control e indicador tiene un menú en el cual se pueden cambiar varios atributos o seleccionar diferentes opciones.

3.13.2 Diagrama de Bloques

La función del diagrama de bloques, es la de unir nodos lógicos, logrando que el programa sea cíclico y realice la operación que deseamos.

- La ventana Diagrama almacena el diagrama en bloques del VI, el código fuente gráfico (Lenguaje G) del Instrumento Virtual.
- Se construye este diagrama con bloques funcionales denominados nodos, conectándose o uniéndose entre sí según sea el objetivo.
- Estos nodos realizan todas las funciones específicas necesarias para el VI y controlan el flujo su ejecución.

3.13.3 Realización del Programa Utilizando Labview

El objetivo del programa fue la de tener un control seguro y confiable sobre el proyecto, la elección del sistema Labview fue debido a que nos otorgó todas la facilidades, además de que cualquier usuario puede supervisar el diagrama de programación, es decir que puede verificar por medio del panel de control si la secuencia se cumple correctamente, permitiendo el control de manera sencilla.

Como se explica en la sección anterior, se muestra como operar el sistema Labview, el cual está compuesto por un par de paneles, uno en donde podemos verificar las señales adquiridas, llevando el proceso de monitoreo y el proceso de control (panel frontal). El otro panel donde colocamos nuestro diagrama con programación G (diagrama de bloques), el cual realiza la secuencia lógica de control.

3.14 Necesidades del Programa

EL programa permitió el control y monitoreo seguro, actuando correctamente durante el tiempo necesario sin que exista un error de *software*, además de no tener necesidad de realizar acción correctiva. Por lo tanto el programa tiene los siguientes componentes:

Panel frontal

- Botón de inicio y paro de programa (Terminar germinación).
- Mostrar los indicadores de temperatura.
- Mostrar los indicadores de humedad y el botón de accionamiento manual.
- Mostrar el indicador de día y mes de maduración del cultivo.
- Mostrar el indicador de voltaje entregado por el panel solar, además del estado en que se encuentra (cargando u operando).
- Mostrar el indicador del comportamiento de las salidas de la DAQ (sistema de ventilación y riego).

Diagrama de bloques

- Bloque de entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos (DAQ assistant).
 - Temperatura (DAQ assistant 1, 'T')
 - Humedad (DAQ assistant 2, 'H')
 - Panel Fotovoltaico (DAQ assistant 3, 'FOTOCELDA')
- Esquema lógico de control el cual contiene bloques lógicos.
 - Ciclos (*While, If*).
 - Constantes.
 - Comparadores (mayor que, menor que, igual que).
 - Funciones lógicas (*And, Or, Not*)
 - LED de indicación.
 - Botones de paro de programa.
 - Reloj Temporizador
- Bloques de salidas analógicas, las cuales son respuesta de la lógica de control empleada (DAQ assistant).
 - Ventilación (DAQ assistant 4, 'VENTILACION')
 - Riego (DAQ assistant 5, 'RIEGO')

3.14.1 Explicación del Programa

Para mayor entendimiento, el programa es dividido en dos partes, las operaciones del panel frontal y las del diagrama de bloques.

Panel frontal

En el panel frontal de la figura 3.35, se lleva a cabo el monitoreo de una manera gráfica, para cada entrada analógica de la tarjeta de adquisición de datos, tiene un indicador que muestra el valor adquirido en tiempo real. Los indicadores de temperatura y humedad se colocan en estado: alto, ideal y bajo. El voltaje suministrado por la celda fotovoltaica se observa su valor en Volts, además de que si es bajo o está cargando conmuta con la red eléctrica y por último los indicadores de día y mes en que se encuentra la germinación.

Con respecto a las salidas, los indicadores de ventilación y riego, muestran su estado en tiempo real, encendido o apagado según lo requiera el control.

El botón de ‘TERMINAR GERMINACION’, sirve para detener por completo el programa y el botón de ‘control riego’ como lo indica sirve para encender dicho sistema, ya que es necesario mantener húmedo el invernadero cada tercer día.

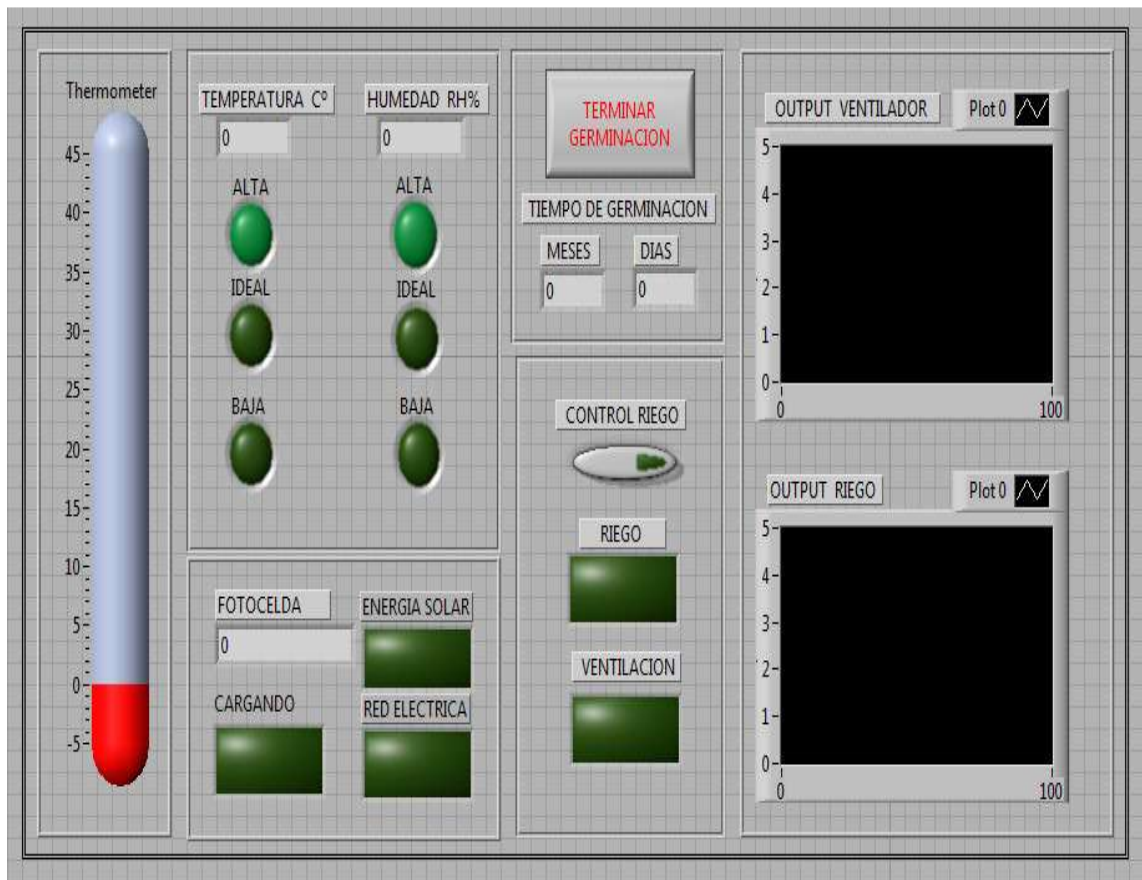


Figura 3.35. Panel frontal del programa final (monitoreo del sistema).

Diagrama de bloques

El programa inicia con la adquisición de las tres variables Humedad, temperatura y el voltaje entregado por el panel fotovoltaico.

En las entradas de Temperatura y Humedad, se colocan multiplicadores lógicos con constantes mencionadas en los apartados anteriores. El bloque DAQ *assitant* 1, nombrado ‘T’, pertenece al sensor de temperatura y es multiplicado por un bloque numérico con valor de 100, ya que el sensor entrega 10 mv por grado centígrado y al bloque DAQ *assitant* 2, nombrado ‘H’, pertenece al sensor de humedad y es multiplicado por un constante numérica de 30.304 ya que el sensor entrega 0.33 volts cada 10% de Humedad Relativa.

El bloque DAQ *assitant* 3, nombrado ‘FOTOCELDA’, pertenece a la celda fotovoltaica y es multiplicado por un bloque numérico con valor de 129.59, ya que la Fotocelda entrega 0.98 Volts de CD, emulando al regulador y al inversor. El sistema tiene la tarea de entregar el voltaje necesario para el conmutador encargado de activar la electroválvula y el ventilador, en caso contrario se almacena en la batería, hasta cumplir

con el valor necesario de voltaje para entregarlo según lo demando, así sucesivamente hasta el paro de programa, los tres bloques son mostrados en la figura 3.36.

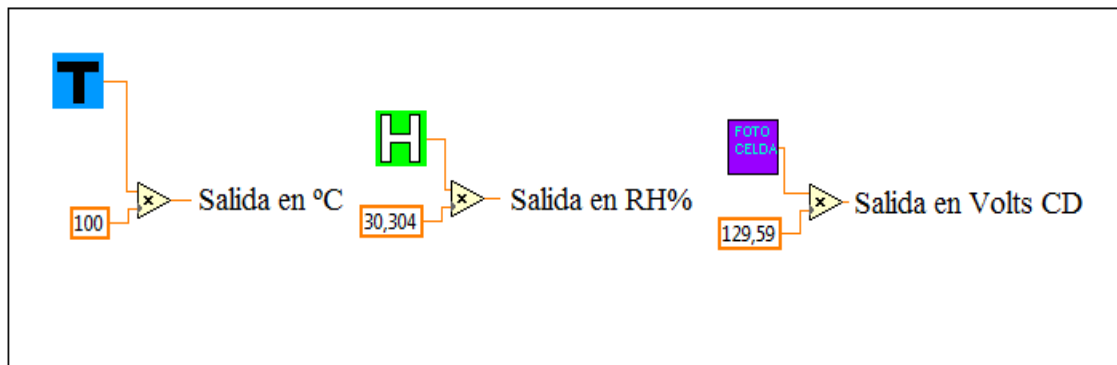


Figura 3.36 Bloques de adquisición de datos con bloques ‘DAQ Assitant 1, 2, 3’, para temperatura, humedad relativa y energía solar.

En la siguiente parte del programa podemos observar la secuencia lógica que se cumple con los siguientes bloques de control en la tabla 3.37:

Tabla 3.37 Funcionamiento de los bloques de control del programa.

Nombre del Bloque	Funcionamiento
Bloques DAQ assitant de entrada y salida analógica.	Capturan los datos adquiridos por la DAQ y entregan una salida analógica por medio de la misma.
Ciclos (<i>While</i> , <i>If</i>).	Permiten ciclar el programa y adquirir datos en tiempo real.
Constantes.	Multiplican factores.
Comparadores (mayor que, menor que, igual que).	Realizan operaciones con los datos adquiridos.
Funciones lógicas (<i>and</i> , <i>or</i> , <i>not</i>)	Realizan la lógica del programa.
Led’s de indicación.	Indican el estado o la acción que se realiza.
Botones de paro de programa.	Detiene el programa.
Reloj Temporizador	Otorga un tiempo de operación.

El diagrama de bloques, es el cerebro del programa de control, en el se lleva a cabo la secuencia lógica que rige al proyecto, cumpliendo las sentencias lógicas que se describen en el subtema 3.2.2, ‘Necesidades del Sistema y Requerimientos de Programación’.

En la figura 3.38, se muestra el programa finalizado, el cual responde al control preciso del invernadero.

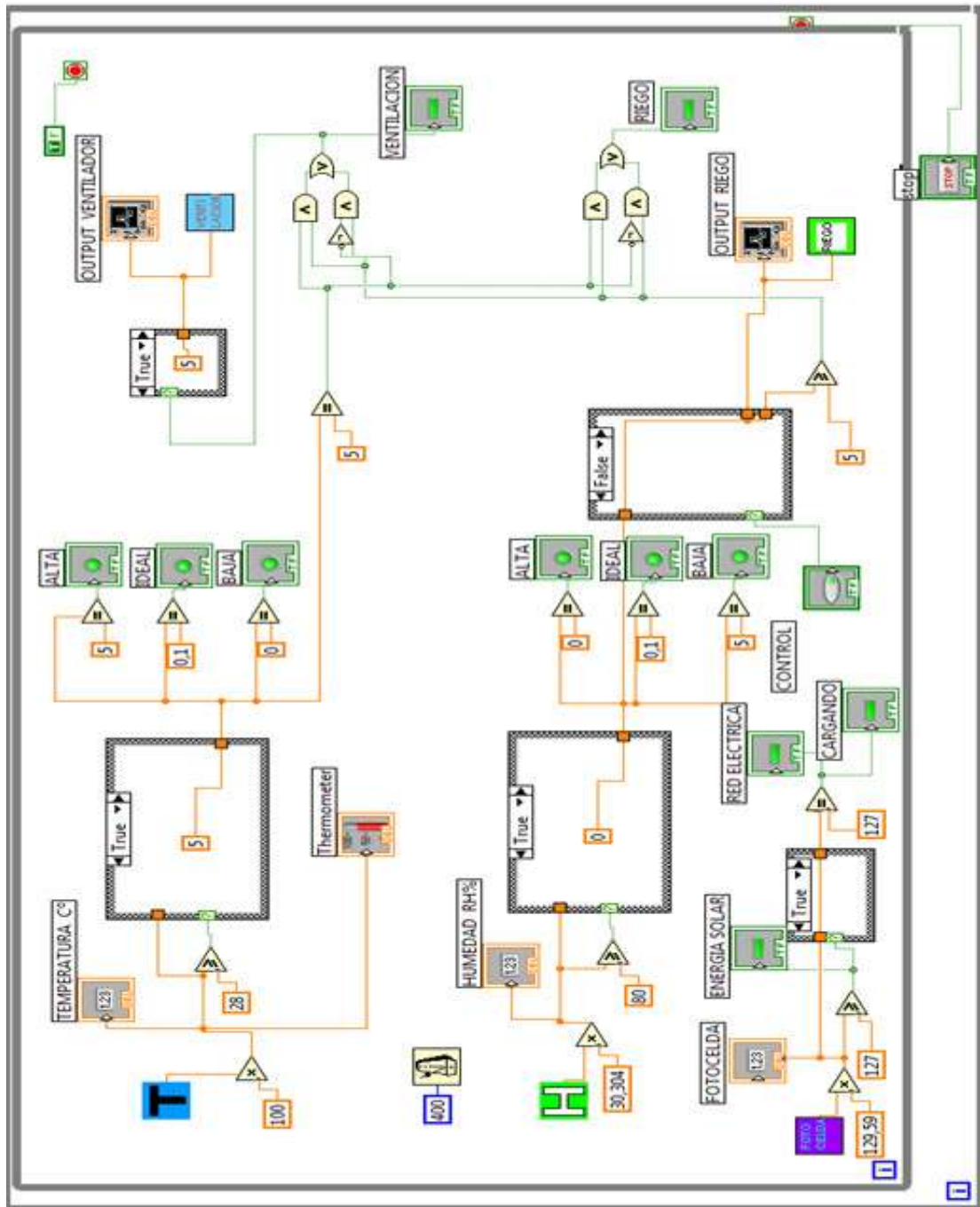


Figura 3.38 Diagrama de bloques del programa final.

El programa cumple con todas las especificaciones y requerimientos de control antes descritas, siendo una alternativa más para el control de invernaderos.

Capítulo 4

Costos y Adaptación del Prototipo al Invernadero.

4.1 Introducción

En la primera parte del capítulo se presenta el costo total del prototipo, presentando el costo de cada elemento utilizado en el proyecto, así como los materiales con los que fue construido el invernadero.

Además de comparar el costo del prototipo realizado con la tarjeta de adquisición de datos, distribuida por *National Instruments*, en contra de una tarjeta de adquisición de datos genérica, distribuida por distintos vendedores de tarjetas o equipo electrónico.

En la segunda parte del capítulo se presenta una comparativa en costos del sistema de control y monitoreo realizado, en contra de un sistema de control para invernaderos distribuido en el mercado, además de mostrar las ventajas y desventajas del prototipo, verificando su eficacia.

El sistema de control distribuido en el mercado goza de características específicas de uso, en esta parte del capítulo se muestran dichas características.

4.2 Presupuesto

Uno de los objetivos del proyecto, fue tener un costo accesible, la opción fue usar una tarjeta de adquisición de datos, distribuida por *National instrument*, ya que tiene un balance equilibrado en la relación costo-servicio, en comparación con una tarjeta genérica que podemos encontrar en el mercado, distribuido por distintos vendedores de tarjetas o equipo electrónico, siendo confiables pero careciendo de una garantía.

Las tarjetas genéricas generalmente usan como modelo la tarjeta de adquisición de dato USB-6008, debido a su alta fiabilidad.

Cada uno de los programas utilizados es de distribución libre, aunque es posible adquirir el mismo *software* con librerías más completas, estos tienen un costo considerable y son comprados con las empresas que los desarrollan o con un distribuidor autorizado. En la tabla 4.1 se muestra el costo de cada elemento, además del costo total del proyecto.

Tabla 4.1 Costo proyecto con DAQ.

Elemento	Cantidad	Costo (Pesos MXN)
Software		
Labview 8.6	1	0
<i>Measurement & Automation</i>	1	0
<i>Electronic Workbench</i>	1	0
NI DAQ USB-6008	1	1500
Sensores		
Sensor de temperatura LM35	1	45
Sensor de humedad HMZ-433A1	1	100
Módulo fotovoltaico monocristalino		100
Conmutador	1	
Transistor NPN 9013	1	50
LED	1	1
Diodo 1N4004	1	1
Relevador modelo: E126157	1	50
Resistencia 2 K Ω	2	1
I/O de plástico	3	15
Capacitor 470 μ F	1	15
Actuadores		
Electroválvula Hunter	1	200
Ventilador	1	100
Fuente 5 y 12 Volts de CD	1	200
Invernadero		
Malla	1	100
Alambre	1	100
Total	21	\$2578.00

4.2.1 Particularidades

La PC no está considerada en el costo total, ya que su precio varía de acuerdo a muchos factores, aun así debe cumplir ciertos requerimientos para poder realizar una comunicación adecuada con la DAQ y la ejecución de cada programa, en seguida se muestran las especificaciones que debe cumplir en cada caso.

4.3 Requerimientos del Sistema

Los requerimientos de sistema nos muestran las especificaciones necesarias de cada sistema para poder realizar una operación y compatibilidad al realizar un trabajo.

4.3.1 Requerimientos de la DAQ NI USB-6008.

En el caso de la DAQ de *National Instruments* es necesario que la PC cumpla con los requerimientos de la tabla 4.2, para poder comunicarse y ejecutar programas en tiempo real.

Tabla 4.2 Requerimientos de DAQ.

DAQ	
Procesador	Clase Pentium o equivalente.
Memoria	64 Mb (XP) / 512 Mb (Vista) / 1 Gb (Win 7) mínimo.
Espacio en disco	10 Mb mínimo.
Sistema operativo	Microsoft Windows XP SP2 o superior, Vista o Win 7 (32 o 64 Bits).
Puertos	USB 1.1 o USB 2.0. Debe ser conectado directamente al puerto o en un hub USB.
Energía	USB 4.1 a 5.25 V CD 80 mA típico, 500 mA máximo.
Compatibilidad de Software	ANSI C/C++ Labview Labview SignalExpress Measurement Studio.

4.3.2 Requerimientos de Labview 8.6

En el caso del Software Labview de *National Instruments* es necesario que la PC cumpla con ciertos requerimientos de tabla 4.3, para poder ejecutarse y así poder observar al programa correr en tiempo real.

Tabla 4.3 Requerimientos de Labview.

Labview 8.6 para Windows		
Mínimo		Recomendado
Procesador	Pentium III / Celeron 866 MHz o equivalente	Pentium 4 /M o equivalente
RAM	256 Gb	1 Gb
Resolución de pantalla	1024 x 768 pixeles	1024 x 768 pixeles
Sistema operativo	Microsoft Windows XP/2000/Vista/Win 7	Microsoft Windows XP/Vista
Espacio en Disco	1.6 Gb	1.6 Gb

4.3.3 Requerimientos de *Measurement & Automation Explorer*

Para el *software Measurement and Automation Explorer* de *National Instruments*, la PC debe cumplir con los requerimientos de la tabla 4.4, para lograr una comunicación precisa y efectiva entre la DAQ y la PC en tiempo real, además de configurar los puertos de la tarjeta de adquisición de datos.

Tabla 4.4 Requerimientos de *Measurement and Automation*.

<i>Measurement & Automation Explorer</i>	
Procesador	Pentium III / Celeron 866 MHz o equivalente.
Memoria	64 MB (XP) / 512 MB (Vista) / 1 GB (Win 7) mínimo.
Espacio en disco	5 Kbyte.
Sistema operativo	Windows 2000; Windows XP; Windows Vista; Windows Vista x64.
Compatibilidad de Software	C, C++, Labview, Visual Basic.

4.3.4 Requerimientos de *Electronic Workbench*

En el caso de *Electronic Workbench* de *National Instruments*, la PC debe cumplir con los requerimientos de tabla 4.5, para poder compilar los programas realizados en el programador, cabe mencionar que no necesita de muchos recursos.

Tabla 4.5 Requerimientos de *Electronic Workbench*.

<i>Electronic Workbench</i>	
Procesador	Pentium II/III /4/M, Celeron 866 MHz.
Memoria RAM	256 Mb requerida, 512 Mb recomendada
Espacio en disco	10 Mb mínimo.
Sistema operativo	Microsoft Windows 98/Me/NT/2000/XP/2003/Vista/Seven.
Pantalla de resolución	1024 x 768 de resolución.

4.4 Adaptación con Tarjeta de adquisición de Datos Genérica

Es posible adaptar todos los componentes utilizados en el proyecto realizado, al sustituir la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 por una tarjeta genérica ya que todo el *software* y *hardware* es compatible entre ambas tarjetas.

La construcción de la tarjeta de adquisición de datos genérica se basa en un PIC 18F4550, la cual tiene características suficientes como para imitar a la DAQ NI USB-6008.

La consideración de esta tarjeta se debió a que presenta un costo más económico en comparación de la DAQ de National Instruments, pero tiene limitantes como el respaldo de una garantía.

A continuación en la tabla 4.6, se muestra la lista de los componentes que se necesitan para la elaboración del proyecto con una tarjeta de adquisición de datos genérica.

Tabla 4.6 Construcción proyecto con tarjeta de adquisición de datos genérica.

Elemento	Cantidad	Costo (Pesos MXN)
Software		
Labview	1	0
<i>Measurement & Automation</i>	1	0
<i>Electronic Workbench</i>	1	0
DAQ genérica	1	300
Sensores		
Sensor de temperatura LM35	1	45
Sensor de humedad HMZ-433A1	1	100
Módulo fotovoltaico monocristalino		100
Conmutador	1	
Transistor NPN 9013	1	50
LED	1	1
Diodo 1N4004	1	1
Relevador modelo: E126157	1	50
Resistencia 2 K Ω	2	1
I/O de plástico	3	15
Capacitor 470 μ F	1	15
Actuadores		
Electroválvula Hunter	1	200
Ventilador	1	100
Fuente 5 y 12 Volts de CD	1	200
Invernadero		
Malla	1	100
Alambre	1	100
Total	21	\$1378.00

4.5 Comparativa con un sistema de control de uso comercial

En esta segunda parte del capítulo se muestra las características de un control climático para invernaderos distribuido en el mercado.

Después se presenta una comparativa en atributos y costos del sistema de control y monitoreo realizado, en contra de un sistema de control que se distribuye en el mercado, además de las ventajas y desventajas de ambos, verificando la eficacia del prototipo desarrollado.

Para la realización del proyecto con el sistema de control adquirido en el mercado, es necesario adaptaciones especiales, además de añadir componentes esenciales para este sistema de control.

4.5.1 Descripción del control climático automatizado Invdisa

El control climático automatizado para invernaderos de grupo Invdisa, cuenta con 8 salidas totalmente independientes, se puede programar desde tiempos mínimos de activación de un minuto, ya sea un solo día o todos los días de la semana, cuenta con un reloj en tiempo real.

Características

- 8 salidas independientes.
 - 4 salidas se programan hasta 27 eventos al día cada una, dando 189 programaciones a la semana cada salida.
 - 4 salidas se programan hasta 12 eventos al día cada una, dando 84 programaciones a la semana cada salida.
- Salida de 24 VCA/ 500 mA.
- Alimentación de 120/240 VCA.
- Forma de activación manual/ Automática.
- Tiempo mínimo de propagación 1 minuto.
- Reloj en tiempo real.
- Datos y eventos almacenados en la memoria, no requiere volver a programar en caso de falta de alimentación repentina.
- Se cargan hasta 3 programas diferentes.
- Historial de datos se guarda en Excel.

El equipo se programa por medio de una computadora, utilizando como interfaz el puerto USB, esto facilita la programación del equipo, haciendo un ambiente más amigable y entendible.

El control climático automatizado para invernaderos, cuenta con su propio *software* de programación se muestra en las siguientes tres figuras, este se incluye en la compra del dispositivo. En la figura 4.7, se inicializa el programa y se coloca un evento especificando el día, hora y minuto exacto para que suceda, controlado por medio del reloj interno del sistema.



Figura 4.7 Software de control Invdisa, programación hora.

En la figura 4.8 Se programa el número de eventos que necesita programar en dicha salida, por ejemplo si necesita 2 eventos se programa de la siguiente manera. Al finalizar este paso queda grabado el evento.

Figura 4.8 Software de control Invdisa, número de eventos programados a controlar.

A continuación en la tabla 4.9, se muestra la lista de los componentes que se necesitan para la colocación del sistema de control climático.

Tabla 4.9 Construcción proyecto con sistema de control Invdisa.

Elemento	Cantidad	Costo (Pesos MXN)
Software		
Software de control Invdisa	1	0
Control Invdisa	1	8000
Sensores	0	0
Ventilador	1	100
Electroválvula Hunter	1	200
Adaptaciones al invernadero	1	0
Total	5	\$8300.00

No se incluyen dispositivos como la PC ya que esta solo se utiliza cada vez que se desee programar una salida del sistema. El sistema carece de monitoreo y no es necesaria una PC permanentemente.

4.5.2 Simulación de adaptación del control Invdisa para el invernadero

El control climático Invdisa, nos proporciona apoyo en el control y automatización, este apoyaría al personal encargado de mantener en correctas condiciones ambientales el invernadero.

Si se desea programar una acción correctiva es necesario un conocimiento previo del lugar y la planta, ya que el sistema de control climático no posee retroalimentación, es decir las acciones programadas se cumplen en el día, hora, y fecha exacta programada sin excepción, a menos que el operador encargado del invernadero active o desactive la acción de manera manual en el panel de control instalado en la caratula del sistema.

El control climático puede ofrecer las mismas acciones de respuesta del prototipo desarrollado, abriendo válvulas para riego o activando la ventilación, es decir son necesarias dos salidas que actúen permanentemente y con el inconveniente de que deben ser previamente programadas y muy desafortunadamente carece de entradas para monitorear variables.

4.6 Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Control

A continuación se muestra una comparativa entre los sistemas de control mencionados en el capítulo, marcando sus virtudes y desventajas de cada uno.

En la tabla 4.10, realizamos la comparativa de la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 de *National Instruments*, observando las ventajas y desventajas de la tarjeta, enfocando dichas características en el prototipo y si se implementara en el invernadero.

Después en la tabla 4.11, realizamos la comparativa de la tarjeta de adquisición genérica, observando las ventajas y desventajas, orientando sus características en el prototipo y suponiendo su colocación en el invernadero.

Por último en la tabla 4.12, se observa la comparativa del sistema de control climático Invdisa, observando las ventajas y desventajas de la tarjeta, orientando sus características y suponiendo su colocación el invernadero.

Tabla 4.10 Ventajas y desventajas del prototipo con DAQ NI USB-6008.

Sistema	Ventajas	Desventajas
DAQ	- Acción de control automática y corrección inmediata (milisegundos). <i>Software</i> de distribución libre. - Ambiente de programación amigable al usuario. - Dispositivo ligero y manejable.	<i>Software</i> completo tiene costo adicional. - Programación del equipo solo la puede realizar usuarios con conocimientos previos del programa. - No debe dejarse a la intemperie. - Es necesaria una PC que actúe todo el tiempo, o cuando se desee colocar el dispositivo.

	• Fácil uso de <i>Hardware</i>, en cuanto a conexión de dispositivos. • No necesita alimentación externa ya que la adquiere del puerto USB. • Panel frontal nos presenta el estado del invernadero. • Puede ser comunicada y programada con varios software. • No necesita muchos requerimientos de la PC. • Permite realizar programas complejos. • Tiene 2 salidas analógicas • Corrige evento sin importar cuando se accione.	• El programa lo corre desde la PC, haciéndola dependiente. • Un tanto costosa comparada con la realizada con el control de la tarjeta de datos genérica.
--	---	--

Tabla 4.11 Ventajas y desventajas del invernadero con tarjeta Genérica.

Sistema	Ventajas	Desventajas
Genérica	• Imitación de la tarjeta de <i>National Instruments</i>. • Más económica que la tarjeta de <i>National Instruments</i>. • Mismo <i>software</i> de programación que DAQ. • Acción de control automática y corrección inmediata (milisegundos). • <i>Software</i> para control de distribución libre. • Ambiente de programación amigable al usuario.	• No tiene garantía ni respaldo de <i>National Instruments</i>. • Su manejo es más delicado. • Requiere un programa especial para dar inicio a la comunicación. • <i>Software</i> completo tiene costo adicional. • Programación del equipo solo la puede realizar usuarios con conocimientos previos del programa. • No debe dejarse a la intemperie.

	• Dispositivo ligero y manejable. • Fácil uso de <i>Hardware</i> en cuanto a conexión de dispositivos. • No necesita Alimentación externa ya que la adquiere del puerto USB. • Panel frontal nos presenta el estado del invernadero. • Puede ser comunicada y programada con varios software. • No necesita muchos requerimientos de la PC. • Permite realizar programas complejos. • Tiene 2 salidas analógicas • Corrige evento sin importar cuando se accione.	• Es necesaria una PC que actúe todo el tiempo, o cuando se desee colocar el dispositivo. • Programa lo corre desde la PC, haciéndola dependiente. • Si ocurre un corte de energía, debe correr de nuevo el programa cuando la PC se restablezca. • Si ocurre un corte de energía, debe activar de nuevo el sistema, ya que no posee memoria.
--	---	--

Tabla 4.12 Ventajas y Desventajas del Control Climático Invdisa.

Sistema	Ventajas	Desventajas
INVDISA	• Acción de control automática. • <i>Software</i> de control incluido en su compra. • Cualquier usuario puede programarlo. • Fácil uso de <i>Hardware</i> en cuanto a conexión de dispositivos.	• No tiene retroalimentación. • No tiene entradas Analógicas o Digitales. • Requiere una alimentación externa. • Grandes limitantes en la programación, solo activa o desactiva dispositivos.

	• Display nos presenta la acción de corrección al instante o futuras. • No necesita muchos requerimientos de la PC. • Solo es necesaria la PC, solo cuando se desea cargarle un programa. • Tiene 8 salidas analógicas.	• <i>Software</i> completo solo es incluido en la compra del dispositivo. • No debe dejarse a la intemperie. • Dispositivo pesado y robusto. • Costosa comparada con los controles realizados con tarjeta de adquisición de datos.
--	--	---

4.7 Comparativa General de los sistemas de control

Como se puede observar de las tres tablas anteriores, todos estos sistemas gozan de atributos que los hacen competitivos en el mercado, pero cada uno marcado por diferencias notables.

El sistema de control automático implementado con la tarjeta genérica puede competir con la tarjeta de adquisición de datos de *National Instruments* (DAQ), la diferencia más sobresaliente radica en el precio de la tarjeta genérica ya que es mucho más económica debido a su construcción con elementos electrónicos comunes y robustos encontrados en el mercado, a diferencia de la DAQ que es construida con elementos integrados y diminutos, haciéndola más confiable por su tecnología más avanzada.

Otra diferencia notable es que la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008, tiene garantía respaldada por la empresa *National Instrument*, además de sitios WEB donde se descargan actualizaciones y programas para explotar toda su eficiencia. La tarjeta genérica que no goza de ninguno de estos avances, teniendo únicamente las hojas de especificaciones como apoyo, además de no contar con una garantía.

El sistema de control climático Indvisa, nos ofrece un apoyo al contar con una memoria interna, que guarda los eventos programados en caso de corte de energía, además de no ser dependiente de una PC ya que solo se utiliza cuando se desea cargar un evento. En comparativa con ambos prototipos implementados con tarjetas de adquisición de datos, ambas necesitan permanentemente una PC y no gozan de una memoria.

Pero el mayor inconveniente del control climático Indvisa es el de no poseer retroalimentación, es decir no tiene entradas analógico/digitales, lo cual imposibilita una corrección inmediata de un evento. En comparativa con los sistemas de control con tarjetas de adquisición de datos que monitorean cada segundo el estado en el que se encuentra el invernadero, ya que si ocurre algún evento de emergencia, se corregiría de inmediato.

Para la adaptación de un sistema en el cual sea necesario monitorear y tener una respuesta rápida. El sistema de control con una tarjeta de adquisición de datos es la mejor opción, haciendo al control Invdisa inútil para esta operación.

Capítulo 5

Conclusiones y Trabajos Futuros

5.1 Conclusiones

Una vez terminado el proyecto se ha concluido que el sistema de control y monitoreo es efectivo y cumple con todos los objetivos de construcción. Cumpliendo con el objetivo, durante el tiempo en el que se implemento.

El diseño funciona adecuadamente en el prototipo, por lo tanto no debería de tener problemas si se colocase en el invernadero ya que ambos tienen las mismas características ambientales y terreno, así como la proporción que guarda el diseño con respecto al recinto.

El ahorro económico se cumplió debido a que los sistemas existentes en el mercado superan el costo del prototipo, teniendo entonces una alternativa económica y ecológica para controlar y monitorear el sistema.

La colocación de un sistema de energía solar genera un gasto extra para el diseño en caso de que se coloque en el invernadero, pero los resultados económicos se observarían en un futuro ya que una parte del sistema sería autosustentable. Se puede omitir el sistema de generación de energía solar, supliendo la demanda total de energía con la red eléctrica.

El invernadero tiene muy pocas variables a controlar debido a su tamaño pero se concluye que el sistema puede ser adaptado a lugares de mayor dimensión donde se necesite un control y monitoreo del sistema.

Dependiendo del recinto a controlar sería conveniente adquirir una tarjeta de adquisición de datos con un mayor número de salidas, ya que así se podría controlar independientemente cada salida, *National Instruments* posee tarjetas con un mayor capacidad de entradas y salidas, estas tienen un costo mayor pero su rendimiento lo compensa. El programa se rediseñaría ajustando las variables a controlar pero en esencia este se comportaría de la misma manera.

5.2 Trabajos Futuros.

La eficacia del prototipo hace viable su colocación en un futuro en el invernadero de Ciudad Universitaria por lo tanto en este capítulo consideraremos el costo de su implementación.

También se muestra el costo de los dispositivos que son adaptados en el invernadero, ya que algunos dispositivos empleados en el modelo a escala son de baja potencia y no cumplirían los requerimientos del modelo real.

La mayoría de los dispositivos empleados en el prototipo son adaptables al invernadero, inclusive el circuito de conmutación.

Los sistemas de energía solar y ventilación del prototipo fueron adecuados a pequeña escala, por lo tanto tendrían que ser reemplazados para cubrir la demanda, ya que en el caso de la energía solar, el prototipo se adecua a una mínima demanda por lo que se optó por simularlo y el ventilador no sería adecuado para colocarlo en gran escala ya que un motor de 12 Volts no es capaz de hacer fluir el aire contenido en el recinto.

El diseño del sistema de riego está correctamente diseñado, solamente es necesario adaptar el flujo, ya que la electroválvula utilizada no es capaz de controlarlo, por lo tanto se debe de adquirir una electroválvula con capacidad de flujo intenso.

Sistema de Ventilación

Un sistema de ventilación adecuado realizaría una circulación del aire dentro del recinto, permitiendo una estabilidad en la temperatura y humedad. Debido a que el invernadero es moderadamente pequeño, no es necesario colocar varios ventiladores, con uno solo de potencia moderada bastaría. La implementación de un ventilador de 18 pulgadas sería adecuado, colocándolo en un costado del invernadero simulando una ventana, funciona a 120 Volts y consume 65 Watts, este tiene la posibilidad de implementarse para varios lugares y actividades.

Sistema de riego

Para este sistema es necesario colocar una electroválvula de mayor control de flujo, en el mercado la empresa 'Hunter' tiene un gran prestigio en construcción de dispositivos de riego. La electroválvula PGV-100G, capaz de controlar un caudal regular de 0,04 a 27,2 m³/hrs, funciona con 24 VCA a 475 mA de intensidad de arranque y 230 mA intensidad de mantenimiento, consumiendo 5,52 Watts. Este dispositivo cumple con las especificaciones requeridas.

Sistema de Energía Solar

Para la colocación de un panel solar en las instalaciones de Ciudad Universitaria es necesario tomar en consideración la carga que demanda del equipo, razón por lo cual se debe hacer un análisis para la elección del equipo a comprar y la colocación del mismo.

La carga total de los dispositivos es de 72.02 Watts distribuidos en el conmutador 1.5 Watts, electroválvula 5.52 Watts y ventilador 65 Watts, aunque con diferentes modos de alimentación, el regulador nos permite alimentar diferentes dispositivos ya que tiene diferentes salidas de voltaje.

Para el proyecto se considera un sistema de energía solar con equipado con la celda fotovoltaica, regulador, inversor y el módulo de baterías, además de ser capaz de generar más de 72.02 Watts, siendo esta la demanda promedio de los dispositivos del control automático.

Los módulos fotovoltaicos policristalinos modelo KC85T-1 de alto rendimiento son adecuados para cumplir la tarea que se requiere ya que generan 85 W a 12 Volts de CD con un costo de USD 448.80 (\$5268,71 MXN abril de 2011).

El inversor a utilizar debe ser capaz de manejar la potencia necesaria para alimentar al ventilador y la electroválvula, el regulador solo se utilizaría para alimentar al conmutador, además de entregar energía a la batería para almacenarla.

De la tabla 5.1, se eliminan los materiales de construcción del prototipo ya que el invernadero de Ciudad Universitaria no necesita de ninguna adaptación y se añaden los costos de los elementos a gran escala, además de mostrar los componentes de *hardware* y *software* adicionales.

Tabla 5.1 Costo de la implementación del proyecto en el invernadero

Elemento	Cantidad	Costo (Pesos MXN)
Software		
Labview	1	0
<i>Measurement & Automation</i>	1	0
<i>Electronic Workbench</i>	1	0
<i>National Instruments</i> DAQ	1	1500
Sensores		
Sensor de temperatura LM35	1	45
Sensor de humedad HMZ-433A1	1	100
Conmutador	1	
Transistor NPN 9013	1	50
LED	1	1
Diodo 1N4004	1	1
Relevador modelo: E126157	1	50
Resistencia 2 K Ω	2	1
In/Out de plástico	3	15
Capacitor 470 μ F	1	15
Actuadores		
Electroválvula PGV-100G	1	235
Ventilador 18 pulgadas	1	700
Fuentes		100
Sistema de Energía Solar	1	
Panel fotovoltaico	1	5268
Regulador de Voltaje 12 V y 5V	1	500
Inversor CD/CA	1	500
Batería 12V 115 A-hr	1	1629
Total	1	\$10,710

El costo aproximado total del proyecto es de \$10,710 MN (pesos mexicanos) siendo un costo moderado, su ventaja es el ahorro de energía a largo plazo, recuperando la inversión y la ayuda al medio ambiente.

Referencias.

[Nashelsky 2003]

Boylestad Nashelsky, Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos octava edición, México: Pearson educación, 2003.

[Hermosa 1999]

Antonio Hermosa Donate, Principios de electrónica y electricidad, México: Marcombo, 1999.

[Farías 2005]

Hugo Farías, Plantios Liliaceae, Mexico: trabajo de tesis asesorado por el biólogo Hugo Farías, 2005

[Infojardin 2010]

Infojardin. Lilium auratum. Estado Unidos. 17 de Octubre de 2010.

<http://infojardin.com/lilium-auratum.htm>

[Agrarias.tripot 2001]

Agrarias.tripot. historia de los Invernaderos. Perú. 20 de Octubre de 2010.

<http://agrarias.tripod.com/invernaderos.htm>

[National Instruments 2010]

National Instruments. NI USB-6008 DAQ Multifuncion. Estados Unidos. 1 de

Noviembre 2010. <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201986>

[The weather cannel 2010]

The weather cannel. Clima anual ciudad de Morelia. Estados Unidos. 5 de

Enero de 2011. <http://espanol.weather.com/climate/annualClimo-Morelia>

[Poder solar 2010]

Poder solar. Celdas Fotovoltaicas Monocristalinas. México 25 de Noviembre de

2010. <http://podersolarmx.tripod.com/id11.html>

[National Instruments 2010]

National Instruments. Labview 8.6 software. Estados Unidos. 1 de Diciembre de 2010. <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web>

[National Instruments 2010]

National Instruments. Measurement & Automation Explorer (MAX). Estados Unidos. 5 de Diciembre de 2010. <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb>

[National Instruments 2011]

National Instruments. Electronic Workbench software. Estados Unidos. 4 de Enero de 2011. <http://www.ni.com/academic/esa/multisim.htm>

[Invdisa 2011]

Grupo Invdisa. Control de temperatura para invernaderos Invdisa. México. 7 de Enero de 2011. <http://invdisa.com/controlinvidisa>.

Anexos y Hojas de especificación de datos

1N4001 THRU 1N4007

PLASTIC SILICON RECTIFIER

VOLTAGE - 50 to 1000 Volts CURRENT - 1.0 Ampere

FEATURES

- Low forward voltage drop
- High current capability
- High reliability
- High surge current capability
- Exceeds environmental standards of MIL-S-19500/228

MECHANICAL DATA

Case: Molded plastic, DO-41

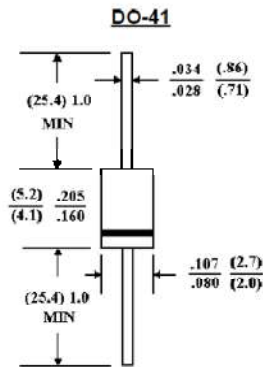
Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant

Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202,
method 208 guaranteed

Polarity: Color band denotes cathode end

Mounting Position: Any

Weight: 0.012 ounce, 0.3 gram



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375" (9.5mm) Lead Length at T _A =75 °C	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	30							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A DC and 25 °C	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average at 75 °C Ambient	30							°C A
Maximum Reverse Current at T _A =25 °C	5.0							°C A
At Rated DC Blocking Voltage T _A =100 °C	500							°C A
Typical Junction capacitance (Note 1)	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2) R _{JA}	50							°C/W
Typical Thermal resistance (NOTE 2) R _{JA}	25							°C/W
Operating and Storage Temperature Range T _{JA} , T _{STG}	-55 to +150							°C

NOTES:

1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
2. Thermal Resistance Junction to Ambient and from junction to lead at 0.375" (9.5mm) lead length P.C.B mounted.

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/2^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

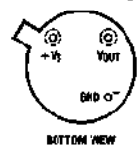
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8 lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

**TO-92
Plastic Package**

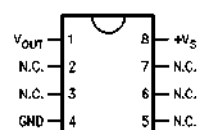


BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**SO-8
Small Outline Molded Package**



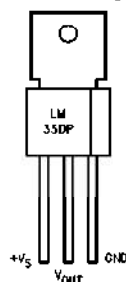
TL/H/5516-21

Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

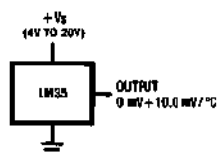
**TO-202
Plastic Package**



TL/H/5516-24

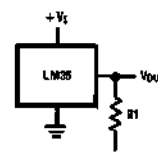
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/5516-3

**FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)**



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\text{ mV at } +150^\circ\text{C}$
 $= +250\text{ mV at } +25^\circ\text{C}$
 $= -550\text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

**FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor**

TRI-STATE is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.



Ventas
México
01 800 010 0793
info.mexico@ni.com

NI USB-6008

DAQ Multifunción de Bajo Costo de 12 Bits, 10 kS/s

- 8 entradas analógicas (12 bits, 10 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET
- El software de NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos



Información General

El USB-6008 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible para uso de estudiantes, pero lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. Utilice el NI USB-6008 que incluye el software registrador de datos para empezar a tomar medidas básicas en minutos o prográmelo usando LabVIEW o C y el software de servicios de medida NI-DAQmx Base para un sistema de medida personalizado.

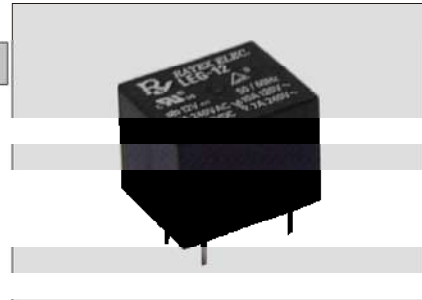
Para cursos suplementarios con experimentos prácticos sobre teoría de simulación, medidas y automatización, NI desarrolló un Paquete de Estudiante USB-6008 que incluye una copia de LabVIEW Edición de Estudiante. Estos paquetes son exclusivamente para estudiantes, proporcionándoles una herramienta de aprendizaje potente, práctica y a bajo costo. Visite la página de productos académicos de NI para más detalles.

Para un muestreo más rápido, medidas más precisas y mayor número de canales, considere los dispositivos de adquisición de datos de alto rendimiento energizados por bus USB, NI USB-6210 y NI USB-6211.

Cada módulo USB de adquisición de datos incluye una copia de NI LabVIEW SignalExpress LE así usted puede adquirir, analizar y presentar datos rápidamente sin programación. Además de LabVIEW SignalExpress, los dispositivos de adquisición de datos por USB son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación - LabVIEW 7.x, LabWindows™/CVI 7.x o Measurement Studio 7.x. Los módulos USB de adquisición de datos también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.

FEATURES

- 10A cube relay
- Plastic material applied in high temperature and better chemical solution.
- Sealed type for washing procedure
- Using at home appliances, office machines, audio equipment, coffee pot, control units, etc.
- UL File No.: E126157, CUL File No.: E126157, TUV File No.: R09754097



ORDERING INFORMATION

LEG — **12**
1 2

1. Type
2. Coil Nominal Voltage

CONTACT RATING

UL	Resistive (Cos. = 1)	AC 240V / DC 24V	10A
	Inductive (Cos. = 0.4)	AC 240V	5A
TUV	Resistive (Cos. = 1)	AC 120V	10A
		AC 240V / DC 24V	7A
	Inductive (Cos. = 0.4)	AC 240V	3A

COIL DATA(0.36W, at 25°C)

Coil Nominal Voltage (VDC)	Resistance Tol. ± 10% (Ohms)	Nominal Current (mA)	Maximum Pick Up Voltage (V)	Minimum Drop Out Voltage (V)
3	25	120	2.1	0.3
5	70	72	3.5	0.5
6	100	60	4.2	0.6
9	225	40	6.3	0.9
12	400	30	8.4	1.2
24	1,600	15	16.8	2.4
48	6,400	7.5	33.6	4.8