

# Sistema Auto Invernadero

---

Entrega Final

**Escobar, Alejandro. Gil, Joel. Mora, Juan. Melo, Jorge.**

**10/5/2011**



## 1 Resumen

El propósito de este documento es describir el prototipo del SAI diseñado para satisfacer las necesidades a un proyecto para nuestro cliente Alberto Servín. El proyecto llamado “Sistema AutoInvernadero” consiste en desarrollar un sistema automatizado para el riego y control de temperatura en un invernadero. El sistema contará con un módulo de control que permitirá al usuario del invernadero medir y controlar la temperatura ambiente dentro de un invernadero utilizando un sensor de temperatura, y además medir y controlar la humedad del ambiente. A su vez el módulo de control estará enviando la información recibida por los sensores a una computadora para el monitoreo del usuario.

## 2 Índice

1	Resumen.....	2
2	Índice.....	3
3	Lista de figuras y tablas .....	4
3.1	Figuras.....	4
3.2	Tablas.....	4
4	Reconocimiento .....	5
5	Introducción .....	5
5.1	Resumen.....	5
5.2	Notación.....	5
6	Requerimientos Nuevos o Modificados.....	6
6.1	Requerimientos Modificados .....	6
6.2	Requerimientos Nuevos .....	6
7	Análisis .....	7
7.1	Máquina de Estados .....	9
8	Diseño .....	11
8.1	Hardware.....	11
8.1.1	Módulo de Control.....	11
8.1.2	Módulo de Interfaz de Usuario .....	17
8.1.3	Módulo de Monitoreo .....	17
9	Software .....	18
10	Implementación de Código .....	21
11	Casos de prueba .....	21
12	Manual del usuario del SAI .....	24
12.1	Operación del módulo de control e interfaz de usuario. ....	24
13	Conclusiones y trabajo futuro .....	28
14	Referencias.....	29
15	ANEXOS .....	30
15.1	Anexo A.....	30
15.2	Anexo B .....	31
15.3	Anexo C .....	43
16	Firmas .....	44

### 3 Lista de figuras y tablas

#### 3.1 Figuras

Figura 7.1 – Módulos del SAI.....	8
Figura 7.2 – Máquina de Estados.....	9
Figura 8.1– Sensor de humedad HIH-4030 .....	12
Figura 8.2 – Sensor de temperatura .....	12
Figura 8.3 – Diseño de entradas y salidas al PIC18F4585.....	13
Figura 8.4– Diseño de la conexión al LCD.....	14
Figura 8.5 – Interfaz Serial .....	14
Figura 8.6 – Diseño del sistema para activar/desactivar la fuente de calor .....	15
Figura 8.7 – Diseño del sistema para activar/desactivar la fuente de ventilación.....	16
Figura 8.8 – Diseño del sistema para activar/desactivar la fuente de riego .....	17
Figura 9.1 – Diagrama de Flujo de Rutina Principal .....	18
Figura 9.2 – Diagrama de Rutina de Escenarios .....	20

#### 3.2 Tablas

Tabla 11.1 – Caso de Prueba 1.....	22
Tabla 11.2 – Caso de Prueba 2.....	23
Tabla 11.3 – Caso de Prueba 3.....	23

## 4 Reconocimiento

Le agradecemos a nuestro cliente Alberto Servín por apoyarnos en la realización del proyecto, y también al Dr. Rodolfo Castelló por ser nuestro mentor y asesor durante el proceso de realización del prototipo.

## 5 Introducción

### 5.1 Resumen

El contenido de este reporte abarca el progreso, los avances y descripción del prototipo final que se ha realizado en el proyecto Sistema Auto Invernadero desde la entrega del documento de propuestas, así como los cambios en requerimientos y funcionalidades que se le han hecho al proyecto.

### 5.2 Notación

Para nuestro proyecto se ha utilizado el modelo de Desarrollo de Sistemas Reactivos visto en clase, el cual sigue los pasos básicos de cualquier sistema de desarrollo, los cuales son: Análisis de Requerimientos, Diseño, Implementación, Pruebas, y Mantenimiento. Se eligió este modelo ya que es el que se ha estado analizando en clase y, por lo que se ha aprendido, es el más utilizado para proyectos profesionales de ingeniería.

El proyecto ya ha pasado por la fase de análisis, la cual es resumida más adelante, y que pasó por las 5 áreas de análisis de requerimientos: Identificación del problema, Evaluación y síntesis, Modelación del Sistema, Especificaciones y Revisión. Se realizó el diseño y finalmente se construyó el prototipo del proyecto, se verificó a su vez nuevamente con el cliente que cumpliera con todos los requerimientos y especificaciones establecidas en el contrato.

## **6 Requerimientos Nuevos o Modificados**

### **6.1 Requerimientos Modificados**

Uno de los requerimientos que se modificaron con previa aprobación del cliente, fue el cambio para mostrar las señales monitoreadas por los sensores, en lugar de utilizar el entorno de desarrollo gráfico LabView, se utilizará una interfaz diseñada por el equipo, en el lenguaje de alto nivel Python. Este requerimiento se modificó debido a que de esta manera se puede ofrecer una interfaz más amigable para el cliente, además de no requerir una licencia para su desarrollo.

### **6.2 Requerimientos Nuevos**

No se añadió ningún requerimiento nuevo.

## 7 Análisis

El cliente Alberto Servín solicitó como producto un sistema automático de invernadero; llamado en el primer documento como Auto-Invernadero y renombrado ahora a “Sistema Auto Invernadero” (SAI). El cliente solicitó un sistema que monitoree la temperatura y humedad del ambiente dentro de un invernadero y dependiendo de estos valores accionar un sistema de riego, calefacción o ventilación.

El equipo de trabajo evaluó los requerimientos del cliente y basados en ellos presentó la siguiente propuesta, la cual ya ha sido aprobada por el cliente.

El SAI leerá periódicamente valores de dos sensores, uno de temperatura y otro de humedad de la tierra, los cuales arrojan valores análogos. Estos valores serán entonces analizados para comprobar que se encuentren dentro de un rango aceptable para el caso de la temperatura y por encima del límite mínimo para la humedad. Si alguno de los valores se saliera de ese rango, los siguientes escenarios con sus acciones correspondientes están previstos:

1. Valor de temperatura dentro del rango: No hay acción. Fuente de calor y ventilador apagados.
2. Valor de humedad por encima del límite: No hay acción. Bomba de riego apagada.
3. Valor de temperatura por debajo del rango: Una fuente de calor se enciende para aumentar la temperatura hasta que regrese dentro del rango.
4. Valor de temperatura por encima del rango: Un generador de corriente de aire (ventilador) se enciende para que la temperatura disminuya hasta estar dentro del rango.
5. Valor de humedad por debajo del límite: Una bomba de agua se enciende la cual dejará caer agua sobre el suelo del invernadero.

Estos escenarios, o eventos, son parte del Módulo de Control descrito más adelante. Los valores del límite mínimo de humedad y del rango de temperatura tienen valores predefinidos. De dichos valores, el rango de la temperatura es el único que puede ser modificado por el usuario. El límite mínimo de humedad NO puede ser modificado. Los valores actuales de la temperatura y humedad estarán siempre desplegados en un LCD que es parte del sistema; en este LCD el usuario puede visualizar el cambio en el rango de temperatura.

Otra funcionalidad es el envío de información a una computadora, la cual almacenará los datos recibidos de lecturas y acciones en una base de datos para poder presentar al usuario tanto las lecturas en tiempo real como información histórica.

La propuesta del SAI como ha sido descrita hasta ahora, puede ser dividida en los siguientes tres módulos (Ver Figura 7.1):

- Módulo de Interfaz de Usuario: Abarcará el control de la temperatura. Esto es, la interfaz que tiene el usuario para modificar los valores del rango.
- Módulo de Control: Son las lecturas (entradas) las cuales pueden, dependiendo del escenario resultante, generar acciones con los dispositivos conectados (salidas).
- Módulo de Monitoreo: Presentación actual e histórica del SAI en una PC. Abarca la información obtenida en la PC, la base de datos donde se guarda, y la presentación visual de ésta. Éste módulo funciona independiente de los módulos anteriores. Esto significa que si el módulo falla el SAI seguirá funcionando. Y en caso contrario, solo podrá mostrar información histórica.

Habiendo dividido el SAI en estos tres módulos se hace más eficiente las siguientes fases de desarrollo puesto que se controla cada módulo de una forma más detallada.

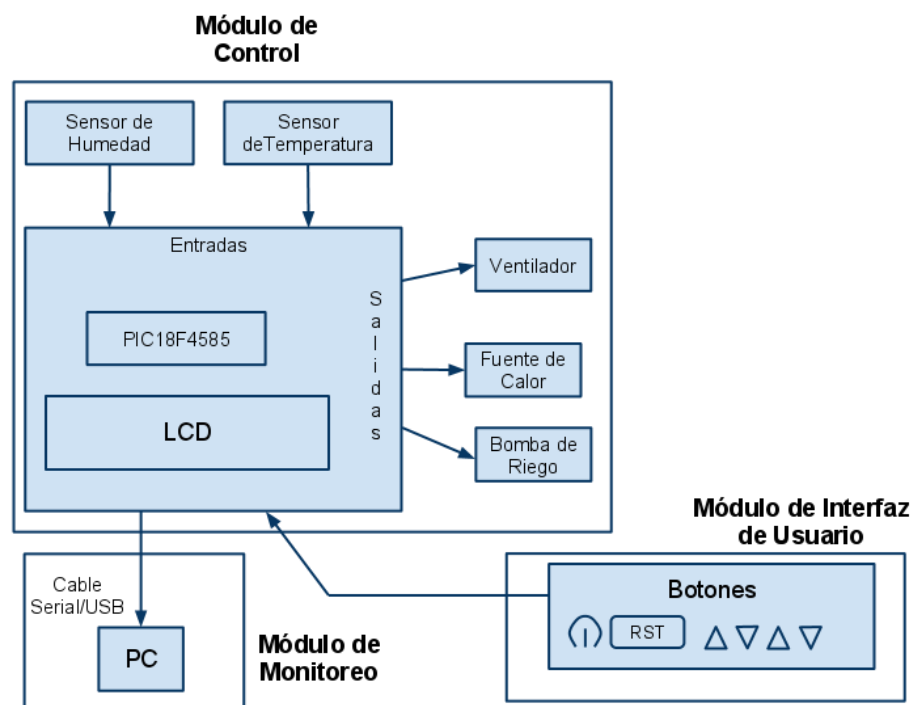


Figura 7.1 – Módulos del SAI



## 7.1 Máquina de Estados

### Sistema "Auto Invernadero"

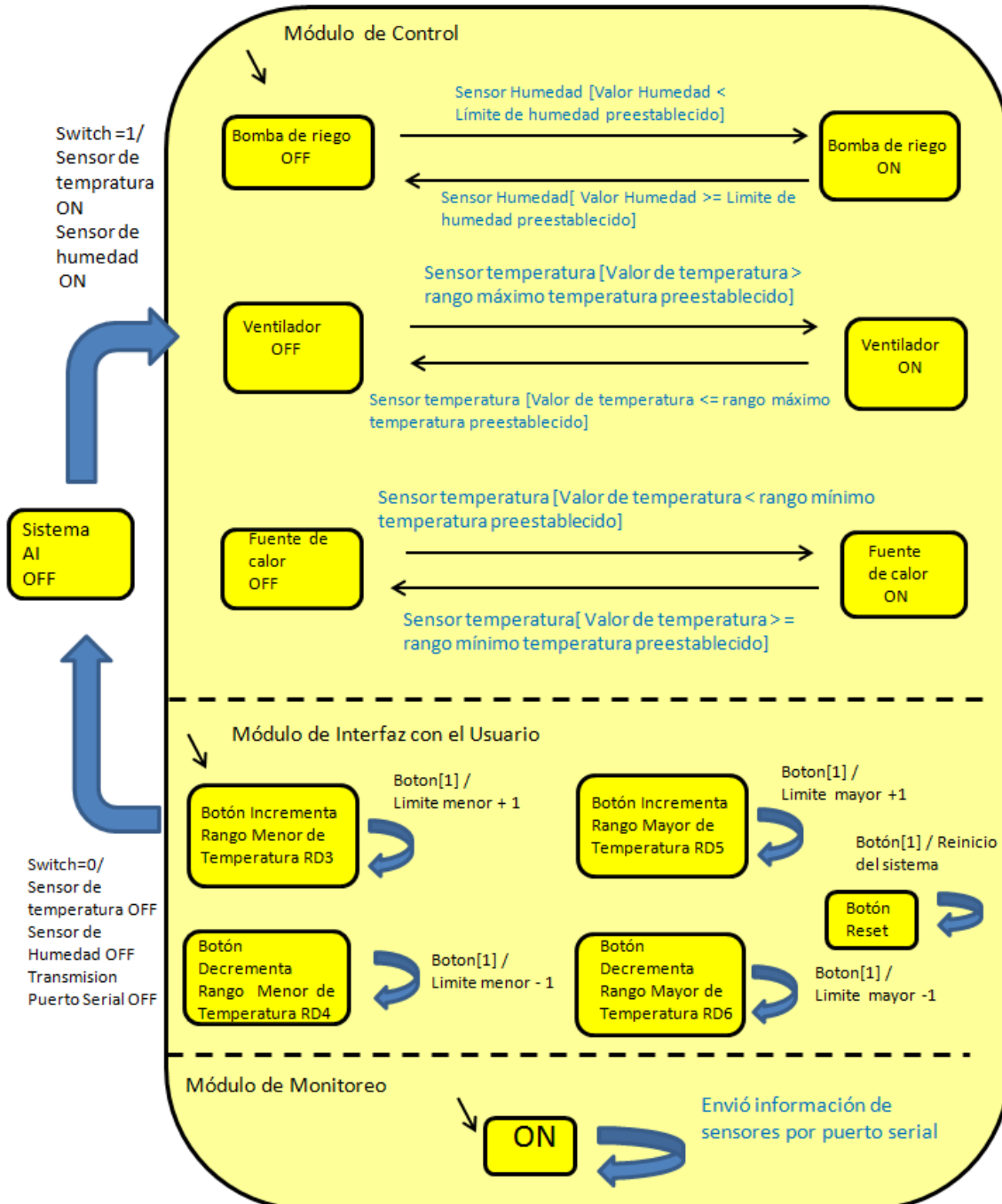


Figura 7.2 – Máquina de Estados

La máquina estados (Figura 7.2) describe en su totalidad el funcionamiento del sistema SAI. A través del modelo esta hemos intentado describir como funcionara el SAI en cualquier momento. Esto es gracias a la interacción entre cada uno de los sub-estados. Al momento de inicio los tres actuadores se encuentran en estado apagado.

El primer sub-estado describe la operación el módulo de control. En este se muestran las condiciones de operación en la que trabaja cada una de las salidas (bomba de riego, ventilador y foco). El siguiente sub-estado muestra la operación del módulo de interfaz con el usuario (los cinco botones para el control del rango de temperatura y reinicio). El tercer sub estado muestra la operación del módulo de monitoreo (por web) es cual solo muestra información actual cuando el sistema esta encendido. De lo contrario sólo muestra la información de la última vez que el SAI estuvo encendido.

## 8 Diseño

La función del SAI es tomar las lecturas de los sensores de temperatura y humedad de manera análoga, procesar éstas lecturas a través del PIC18F4585 [5] y dependiendo de los rangos de operación configurados activar las salidas correspondientes del sistema. Además contará con una interfaz de monitoreo para observar la información en todo momento.

### 8.1 Hardware

El Sistema Auto-Invernadero contará con un módulo de control, en el cual a través de 4 botones, podrás configurar los valores de los rangos máximos y mínimos de temperatura, donde se desee que se encuentre estable el ambiente dentro de tu Invernadero. Las señales análogas medidas por los sensores de temperatura y humedad serán procesadas por el micro-controlador PIC18F4585 [5], a través de éste se hará la conversión de la señal análoga a digital y en paralelo se estará enviando la información por el puerto serial ubicado en el módulo de control hacia el módulo de monitoreo, que es una interfaz visual donde se desplegará la información digitalizada de temperatura y de humedad que los sensores estén midiendo en ese momento. El módulo de control además contará con una pantalla LCD en el cual se mostrarán los valores capturados por el sensor de temperatura y el sensor de humedad en ese instante de tiempo, si se presiona cualquiera de los 4 botones de configuración del rango de temperatura, el LCD mostrará el valor de temperatura en grados Celsius que se esté seleccionando. El módulo de interfaz de usuario contará también con un Switch para encender o apagar el sistema en su totalidad. Así como un botón de reset el cual provoca que el programa se ejecute desde el inicio.

#### 8.1.1 Módulo de Control

- **Sensor de humedad HIH4030[3]**
  - El sensor de humedad se basa en el circuito integrado HIH-4030 (ver figura 8.1), éste sensor de humedad muestra en su salida un voltaje representativo de la humedad relativa presente en el ambiente en un rango de 0% a 100%.

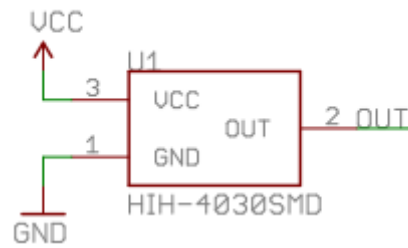


Figura 8.1– Sensor de humedad HIH-4030

- **Sensor de temperatura LM335 [4]**

- El sensor de temperatura está basado en el circuito integrado LM335 (ver figura 8.2) que corresponde a un sensor de temperatura de precisión. Su rango de operación es de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por encima de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  el sensor tendrá un error de  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Debido a los requerimientos de que la temperatura sea mostrada en grados Celsius y que el sensor por si solo se encuentra calibrado para grados Kelvin  $\pm 10\text{mV}$  en la salida corresponde a  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{K}$  siendo el voltaje típico de salida para una temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  de  $2.98\text{V}$  se optó por hacer la conversión de temperaturas por software debido a que el circuito sería más económico y en caso de fallas solo se tendría que remplazar el circuito integrado LM335 o la resistencia que para nuestro caso será de  $1\text{k}$ :

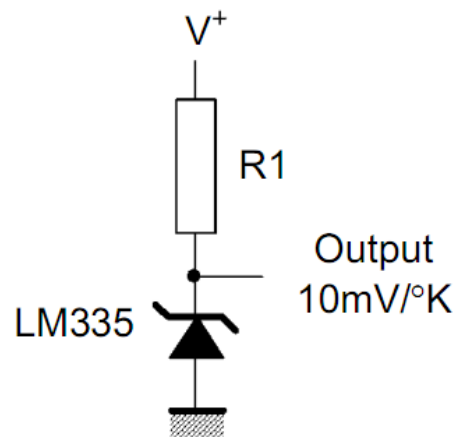
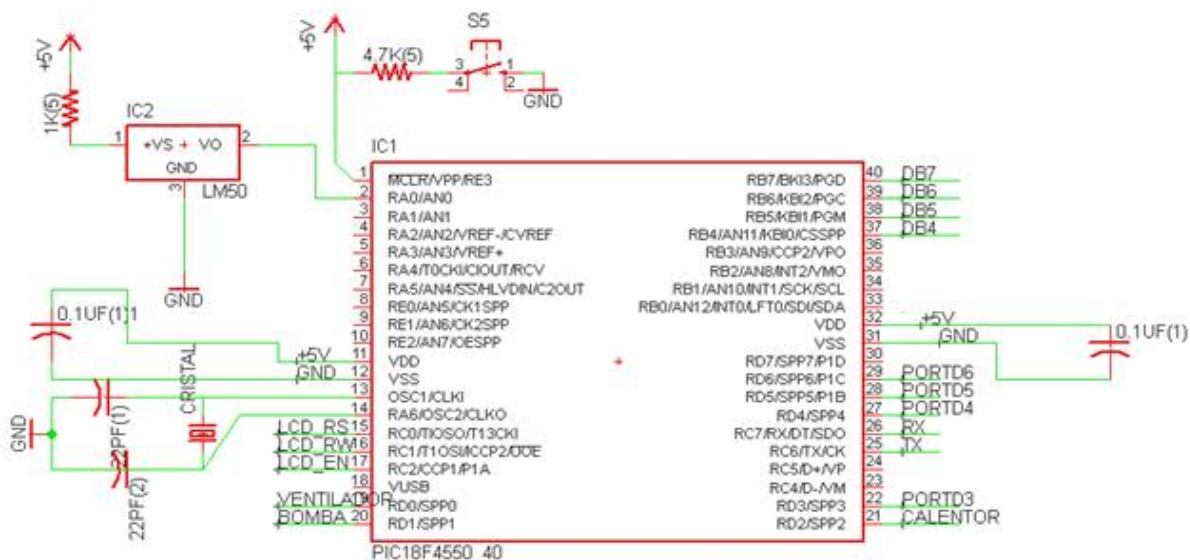


Figura 8.2 – Sensor de temperatura

- **Micro-controlador PIC18F4585 [5]**

- Para el diseño de los esquemáticos se utilizó el paquete computacional llamado EAGLE [1]. El SAI usará la arquitectura mostrada en la figura 8.3, la cual está conformada de la siguiente manera. Se anexa el circuito impreso del prototipo.
- Entradas: Se utilizan dos pines del Puerto A: el bit 0 correspondiente al pin 2 (RA0/AN0) para la entrada análoga del sensor de temperatura, y el bit 1 correspondiente al pin 3 (RA1/AN1) se utiliza para la entrada análoga del sensor de humedad.
- Salidas: Las salidas de control para encender y/o apagar los sistemas de control de ambiente (bomba de riego, calentador y abanico) están disponibles en el PuertoD del PIC18F4585 correspondiendo el pin 19 (RD0) a la señal para activar y/o desactivar el abanico, el pin 20 (RD1) a la señal para activar y/o desactivar la bomba de riego y el pin 21 (RD2) a la señal para activar y/o desactivar el calentador o fuente de calor.



### Figura 8.3 – Diseño de entradas y salidas al PIC18F4585

- *LCD HD44780* [6]

- Debido a que el LCD está funcionando en modalidad de 4bits solo se requieren 4 pines para la salida de los datos del PIC18F4585 al LCD (ver figura 8.4, ver Anexo A) estos son los 4 bits más significativos del puerto B correspondientes a los pines 37(RB4),38(RB5),39(RB6) y 40(RB7) siendo este mi bit más significativo en el envío de datos al LCD, para manejar la señales de control del LCD se utilizarán los primeros 3 bits

del PuertoC correspondientes a los pines 15(RC0) para la señal de lectura,16(RC1) para la señal de escritura y 17(RC2) para la señal de enable del LCD.

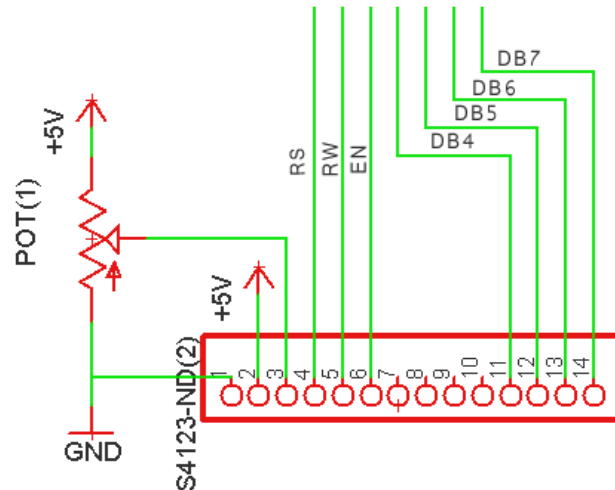


Figura 8.4– Diseño de la conexión al LCD

- **Cable USB-Serial RS-232 DB9 [8].**
  - Se utilizan los pines para transmisión serial 25 (TX) para transmisión de datos seriales y 26 (RX) para lectura de datos seriales (ver figura 8.5).

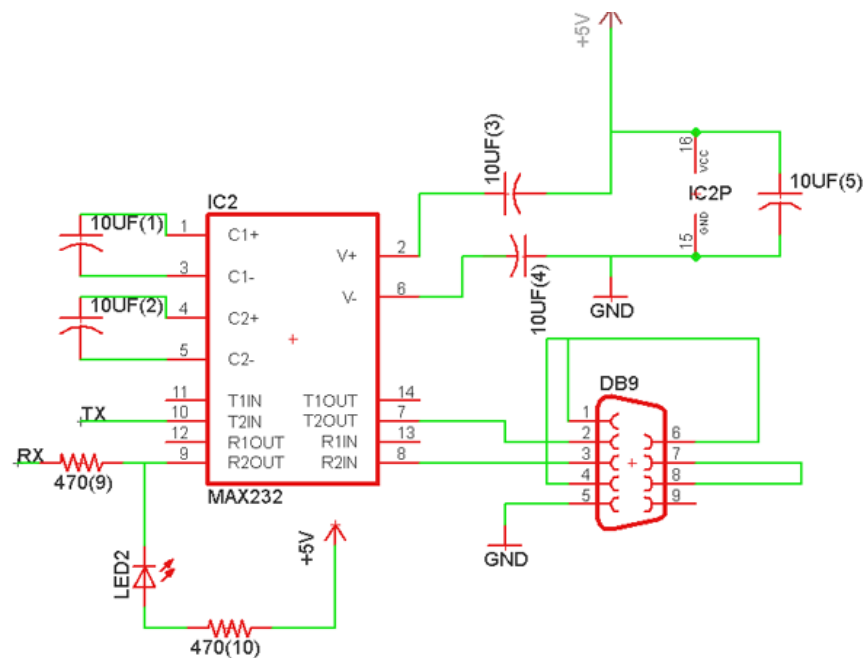
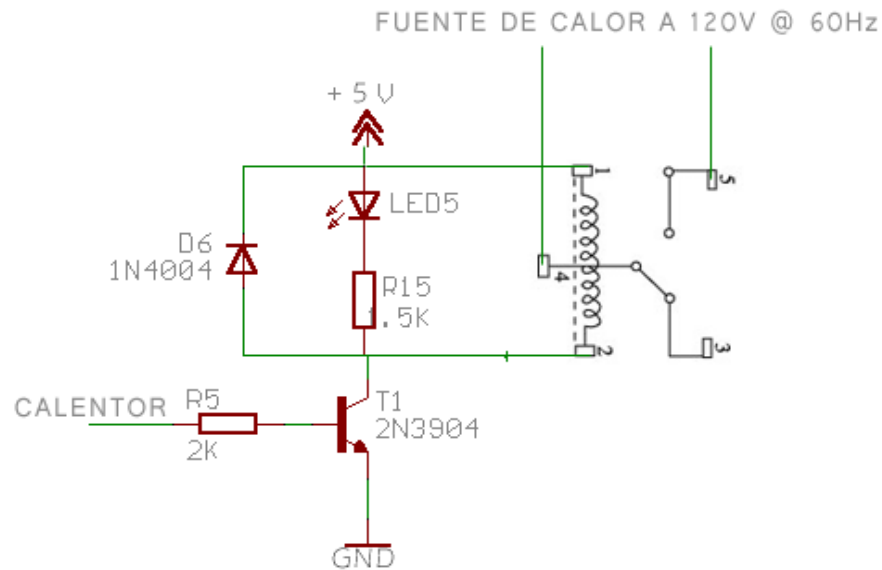


Figura 8.5 – Interfaz Serial

- **Fuente de Calor**

- Una señal activa proveniente del pin 21 se cierra el circuito que activa la fuente de calor previamente conectada a 120V a 60Hz (ver figura 8.6). Para el prototipo se utilizará una bombilla de 100 watts.



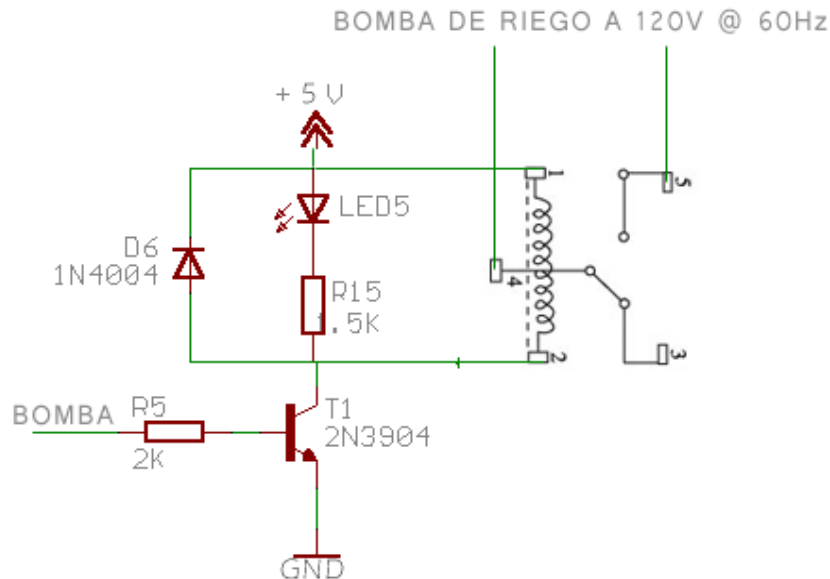
**Figura 8.6 – Diseño del sistema para activar/desactivar la fuente de calor**

- **Ventilador**

- Señal activa proveniente del pin 19 se cierra el circuito que activa la fuente de ventilación abanico previamente conectada a 120V a 60Hz(ver figura 8.7). Para el prototipo se utilizará un ventilador angosto metálico de computadora.







**Figura 8.8 – Diseño del sistema para activar/desactivar la fuente de riego**

### 8.1.2 Módulo de Interfaz de Usuario

Existen 5 push -botons, uno dedicado a la función de hacer el reset del sistema, el cual va conectado al PIN 1 del PIC18F4585 y otros cuatro push-botons dedicados al incremento y decremento del rango de temperaturas sobre el cual estará operando el sistema, para el rango menor de temperatura se utilizan dos push-botons conectados a los pines 22 (RD3) y el pin 27 (RD4) los cuales incrementarán y decrementarán en 1 grado Celsius el rango menor de temperatura respectivamente. Para el rango mayor de temperatura existen otros dos push-botons conectados a los pines 28 (RD5) y 29 (RD6) los cuales incrementarán y decrementarán en 1 grado Celsius el rango mayor de temperatura respectivamente

- ***Switch, Encendido o Apagado del SAI (ver Anexo A).***
- ***Botón de Reset.***
- ***4 botones para modificar los rangos de temperatura máximo y mínimo (ver Anexo A).***

### 8.1.3 Módulo de Monitoreo

- ***Sistema de cómputo con monitor, que cuenta con la entrada USB para recepción de datos a través del Cable USB-Serial provenientes del módulo de control.***

## 9 Software

La rutina principal del software SAI estará en espera para ver si algún botón de configuración dentro del módulo de control fue presionado (ver figura 9.1), se tendrá un *timer* de 10 segundos que al expirar mandará llamar las subrutinas para verificar las lecturas del sensor de temperatura y la lectura del sensor de humedad.

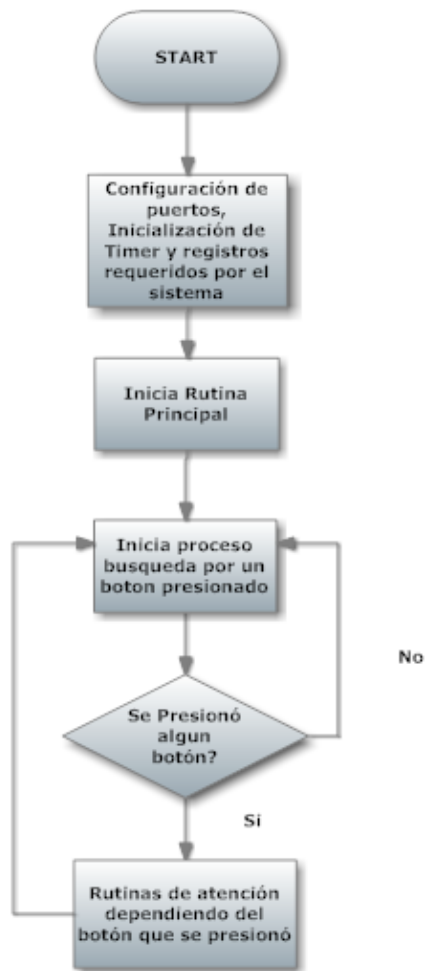


Figura 9.1 – Diagrama de Flujo de Rutina Principal

El software del SAI tomará una señal análoga proveniente del sensor de temperatura, el cual envía las lecturas en voltaje, debido a esto el programa contará con una rutina para convertir la cantidad de voltaje a grados Celsius, éste valor de temperatura será almacenado en un registro y será comparado con el valor máximo y mínimo del rango de temperatura a monitorear, si éste valor excede el límite superior del rango a monitorear se llamará a una subrutina que activará la salida correspondiente al

ventilador, si la temperatura disminuye por debajo del límite inferior se llamará a una subrutina que activará la salida correspondiente a la fuente de calor (ver figura 9.2).

Además, tomará una señal proveniente del sensor de humedad, el cual envía las lecturas de voltaje correspondientes a la humedad del ambiente. Cuando el valor de humedad relativa esté por debajo del rango mínimo se llamará a una subrutina que activará la bomba de riego.

Una vez que se analizaron las lecturas y el sistema realizó las acciones correspondientes, el timer se reiniciará y regresará a la rutina principal de detección de evento por un botón presionado.

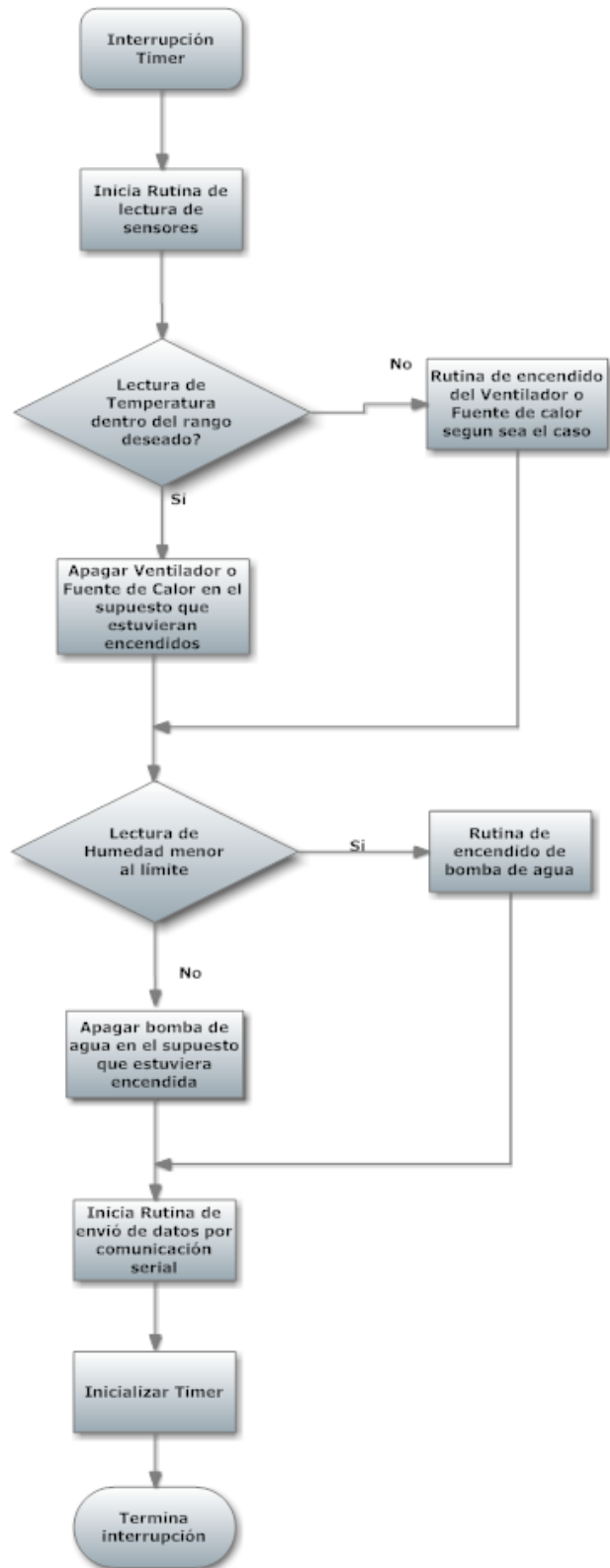


Figura 9.2 – Diagrama de Rutina de Escenarios

## 10 Implementación de Código

El anexo B contiene el código implementado en el SAI. Dirigirse a esa sección para ver el código completo.

## 11 Casos de prueba

El proceso de verificación y validación es de suma importancia en el proyecto debido a que nos permite verificar que el proyecto que estamos realizando sea en verdad lo que se planteó desde un inicio y que trabaje de la misma forma a la que fue propuesta.

Para la verificación del proceso en el área de software utilizaremos los simuladores que nos ofrece la herramienta del MPLAB la cual nos permite monitorear los valores que van adquiriendo los distintos registros de funciones especiales (SFRs) y los registros de funciones generales (GPRs), de esta forma podremos darle seguimiento a los valores que nos está dando el simulador y compararlos con los generados por los sensores.

En el área de hardware la verificación del proceso trabaja de la mano con el simulador de MPLAB utilizado en el área de software. También tendremos sensores digitales los cuales nos permitirán comprobar que las lecturas de los sensores analógicos así como los mostrados en la pantalla de monitoreo sean reales.

Para validar nuestro proyecto consultaremos a nuestro cliente Alberto Servín para que verifique que todos los requerimientos solicitados se hayan cumplido.

Para corroborar que los resultados que se obtengan tanto del sensor de humedad como el de temperatura son correctos, utilizaremos el simulador del MPLAB para verificar los valores de los registros y compararlos con los entregados por los sensores. El simulador también nos ayudará para corroborar que de verdad se están activando los pines correctos esto de acuerdo a las mediciones tomadas por los sensores. Es decir si el sensor de temperatura nos proporciona un valor mayor al rango de temperatura válido necesitaremos que el pin que encenderá el ventilador esté prendido. Así mismo

verificaremos para cuando el valor mostrado en el sensor de temperatura sea menor al rango, de la misma forma se verificara para el sensor de humedad y sus respectivos pines. Si el sistema está trabajando en condiciones óptimas, es decir, que está dentro del rango de temperatura y de humedad deseado todos las salidas deberán estar apagadas.

Otra prueba que se implementará es la de utilizar sensores de temperatura digitales y comparar las mediciones con el sensor análogo para ver que en verdad los datos que manda el sensor análogo son reales, de lo contrario se calibrará el sensor para mandar las mediciones correctas o se verificará el software en busca de posibles errores.

**Tabla 11.1 – Caso de Prueba 1**

Numero de Caso de Prueba	1
Descripción	Se utilizará el <i>stimulus</i> del MPLAB para simular entradas de valor análogos. Se enviarán 3.00 volts lo que de acuerdo al datasheet del sensor de temperatura, es equivalente a 27 grados Celsius.
Objetivo	Verificar que el código maneja de manera correcta la entrada valores análogos.
Resultado Esperado	Se espera que el valor en el registro utilizado para guardar el valor de la temperatura en formato hexadecimal sean 32 y 37, lo cuales son “2” y “7” respectivamente.
Resultado Obtenido	Los registros utilizados para guardar la información fueron 32 y 37.

**Tabla 11.2 – Caso de Prueba 2**

Numero de Caso de Prueba	2
Descripción	Se utilizará el <i>stimulus</i> del MPLAB para simular el encendido y apagado del ventilador. Se creará una condición para que al leer del sensor, si el valor es mayor al rango pre-establecido, se producirá un valor de “1” en el pin de control del ventilador.
Objetivo	Verificar que el ventilador se encienda al recibir una lectura por encima del rango establecido.
Resultado Esperado	Pin utilizado como salida digital se prende.
Resultado Obtenido	El pin utilizado como salida digital se prende.

**Tabla 11.3 – Caso de Prueba 3**

Numero de Caso de Prueba	3
Descripción	Utilizando un medidor de temperatura digital de producción comparar el valor de este con el del registro donde guardamos el valor actual.
Objetivo	Corroborar que el valor obtenido de temperatura actual obtenido es correcto.
Resultado Esperado	El valor ASCII del registro es igual al mostrado por el sensor de producción.
Resultado Obtenido	El valor en ASCII del registro corresponde al mostrado en el medidor de producción.

## 12 Manual del usuario del SAI

### 12.1 Operación del módulo de control e interfaz de usuario.

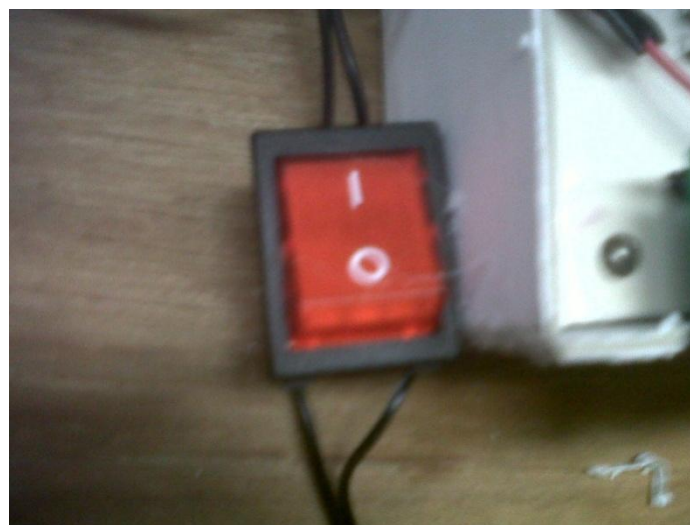
Operación del módulo de control e interfaz de usuario.

1. Energizar el módulo de control conectando la clavija al tomacorriente de 120v.(Ver figura 12.1).



**Figura 12.1 – Módulo de Control**

2. El módulo de control cuenta con un switch de encendido, sirve para inicializar o apagar el “Sistema Auto Invernadero” en su totalidad. (Ver figura 12.2).



**Figura 12.2 – Switch de encendido**



3. Cuenta con 5 botones. (Ver figura 12.3).



**Figura 12.3 – Botones**

De izquierda a derecha:

Botón 1: Incrementa rango mínimo de temperatura en un grado.

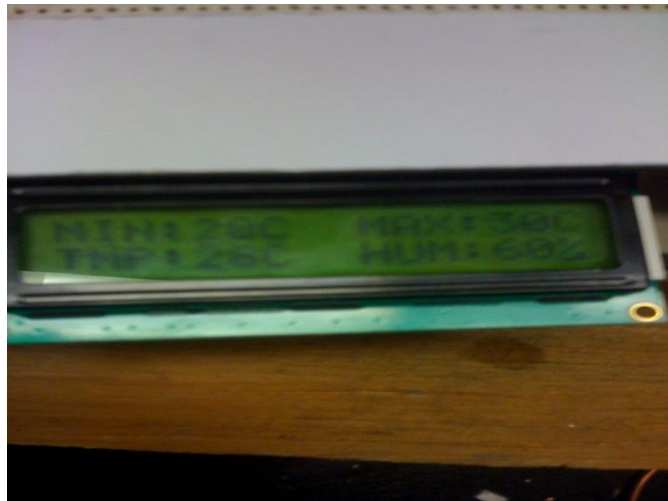
Botón 2: Decrementa rango mínimo de temperatura en un grado.

Botón 3: Incrementa rango máximo de temperatura en un grado.

Botón 4: Decrementa rango máximo de temperatura.

Botón 5: Reinicializa el “Sistema AutoInvernadero”, detiene la operación de los sensores y del envío de información al módulo de monitoreo.

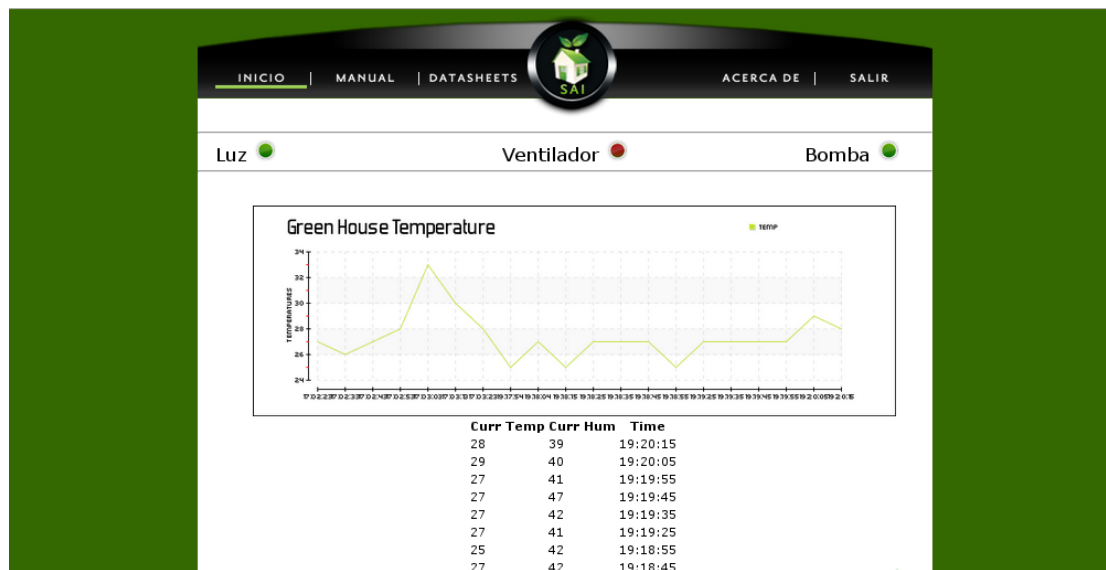
4. Cuenta con una pantalla LCD que muestra el rango de temperatura mínimo, el rango de temperatura máximo, y además la temperatura y humedad actual. Los valores actuales de temperatura y humedad se actualizan cada 10 segundos. (Ver figura 12.4).



**Figura 12.4 – Pantalla LCD**

Recomendaciones: El módulo de control y la interfaz de usuario debe mantenerse alejado del alcance del agua.

Operación del módulo de monitoreo. (Ver figura 12.5).



**Figura 12.5 – Interfaz módulo de monitoreo**

1. Conectar el adaptador USB a Serial DB9[8] al respectivo puerto serial del módulo de control y al puerto USB de la computadora que servirá como interfaz de monitoreo.
2. Ingresar al sitio LocalHost/invernadero en la computadora a donde se encuentra conectado el módulo de control.

3. La página inicial, cuenta con un banner con la información del Sistema Auto Invernadero, y cuentas con las siguientes pestañas de información:
- Inicio: Se muestra una gráfica con el historial de los valores de temperatura, además se muestran tres indicadores que representan el estado activo de para cada una de las salidas del SAI, bomba de riego, foco, ventilador. Siendo verde el estado prendido y rojo para apagado
  - Manual: Muestra el manual de usuario del SAI.
  - Datasheets: Muestra las hojas de datos de todos los componentes utilizados en el prototipo del SAI.
  - Acerca de: Muestra una descripción del proyecto realizado.
  - Salir: Finaliza la interfaz de monitoreo.

## 13 Conclusiones y trabajo futuro

El objetivo de este proyecto fue resolver un problema presentado por nuestro cliente. Se deseaba un invernadero capaz de administrarse automáticamente. También se quería que diera algún tipo de retroalimentación al usuario.

Durante la fase del análisis se tomaron en cuenta varias limitantes impuestas directamente por el cliente. Algunas de las principales limitantes fue el presupuesto dado por el cliente. Al final de la fase de análisis el equipo propuso una solución que cumplía con todos los requerimientos y no rebasaba las limitantes indicadas. Más adelante en la fase de diseño el equipo se dio cuenta de la importancia de haber hecho un análisis detallado ya que sin ello, el equipo se hubiera encontrado en graves problemas. Un ejemplo de esto fue el decidir desde el inicio el alcance de las características de retroalimentación. Hubo un momento en el que se propuso la comunicación hacia y desde una página web pero se decidió por razones como seguridad y complejidad que no sería buena idea.

Un plan a futuro, si se deseara agregar robustez al SAI y con la decisión de invertir más capital en él, podría ser la creación de su propia tarjeta con componentes soldados para miniaturizar los módulos de control y de interfaz de usuario.

Otra característica podría ser un módulo de presentación que permitiera la observación de varios sistemas a la vez en un sólo sitio. Una posible mejora más sería la de permitir que se modifiquen los rangos de temperatura o humedad, así como poder controlar las salidas del sistema. Para esto sería también importante mejorar la seguridad de la página web.

## 14 Referencias

- [1] CadSoft online: Home of the Eagle Layout Editor, Eagle Version 5.0.0, 16 de febrerodel 2011  
<http://www.cadsoftusa.com/>
- [2] MPLAB Integrated Development Environment, MPLAB v8.63, 16 de febrerodel 2011,  
[http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469&part=SW007002](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469&part=SW007002)
- [3] HIH-4030/31 SERIES Humidity Sensors Datasheet, Sparkfun Electronics, 7 de abril del 2011,  
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Weather/SEN-09569-HIH-4030-datasheet.pdf>
- [4] LM335 Precision Centigrade Temperature Sensors Datasheet, National Semiconductor, 7 de abril del 2011, <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/LM135.pdf>
- [5] PIC18F4585 Datasheet, Microchip, 7 de abril del 2011,  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39625c.pdf>
- [6] Pantalla LCD HD44780 Datsheet (HITACHI), SparkfunElectronics, 7 de abril del 2011,  
<http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [7] MAX232 Datasheet, DatasheetCatalog (Texas Instruments) , 7 de abril del 2011,  
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/max232.pdf>
- [8] Adaptador de USB a serial (DB9), EletronicaStereon, 7 de abril del 2011,  
[http://www.stereon.com.mx/catalogo/prod.asp?p=3727&desc=adaptador\\_de\\_usb\\_a\\_serial\\_\(db9\)\\_\\_de\\_1\\_8\\_\\_m](http://www.stereon.com.mx/catalogo/prod.asp?p=3727&desc=adaptador_de_usb_a_serial_(db9)__de_1_8__m)

## 15 ANEXOS

### 15.1 Anexo A

#### LCD

El sistema cuenta con un LCD HD44780 el cual es un display de cristal líquido que muestra caracteres alfa-numéricos, se manejará en su modalidad de 4 bits. Esquemático:



Figura A1 – LCD HD44780

#### Botones

Los botones que se utilizan en el sistema son del push-botons modelo AU-101 de 4 terminales, normalmente abierto, su vida útil es de 200,000 operaciones eléctricas y 100,000 mecánicas.



Figura A2 – PushBoton

#### Interruptor

El interruptor para habilitar el encendido y/o el apagado del Sistema del Auto Invernadero es el BTS-18 con foco piloto, de 20/16 Amperes, 127/250 Vca, 2 polos, 1 tiro y 2 posiciones (ON-OFF).



Figura A3 – Interruptor

## 15.2 Anexo B

```
#include "P18F4585.inc"
    UDATA_ACS
variable1 res 1          ;VARIABLE PARA CONSEGUIR LOS 10 SEGUNDOS EN EL TIMER
variable2 res 1          ;VARIABLE PARA CUENTA DEL DELAY
variable3 res 1          ;VARIABLE PARA CUENTA DEL DELAY
regcont1 res 1          ;VARIABLE CONTADOR PARA LOOPS
alta res 1
baja res 1
bcd res 1               ;VARIABLE PARA GUARDAR EL VALOR HEXADECIMAL QUE SE
                        ;QUIERE CONVERTIR A BCD PARA DESPLEGAR EN LCD
TMIN RES 1              ;VARIABLE PARA GUARDAR LIMITE INFERIOR AL QUE PUEDE
                        ;LLEGAR EL RANGO MENOR DE TEMPERATURA
TMAY res 1              ;VARIABLE PARA GUARDAR LIMITE INFERIOR AL QUE PUEDE
                        ;LLEGAR EL RANGO MAYOR DE TEMPERATURA
CMD_DELAY RES 1
LCD_TMP RES 1           ;VARIABLE PARA GUARDAR EL VALOR HEXADECIMAL DEL
                        ;CARACTER QUE SE DESPLEGARA EN EL LCD
DELAYCNT EQU 0x20
XDELAYCNT EQU 0x21
LCD_RS EQU 0
LCD_RW EQU 1
LCD_EN EQU 2
TEMPME RES 1            ;VARIABLE PARA GUARDAR EL RANGO MENOR DE TEMPERATURA
TEMPMA RES 1            ;VARIABLE PARA GUARDAR EL RANGO MAYOR DE TEMPERATURA
TMPACT RES 1            ;VARIABLE PARA GUARDAR LA TEMPERATURA ACTUAL QUE
                        ;REGISTRA EL SENSOR
HUMACT RES 1            ;VARIABLE PARA GUARDAR LA HUMEDAD ACTUAL QUE
                        ;REGISTRA EL SENSOR
HUMEDA RES 1            ;VARIABLE PARA GUARDAR EL LIMITE INFERIOR DE HUMEDAD
                        ;A SENSAR
CONT1 EQU 0x38
CTEMP EQU 0x44
CHUMD EQU 0x12
DOWN EQU D'10'
TOP equ D'45'
    org 0x600
textodb "MIN:25C MAX:30C          TMP:  C  HUM:  %"
    ORG 0x00
    GOTO INICIO
ORG 0x08                ;VECTOR DE INTERRUPCION TIMER0
BCF INTCON,2            ;APAGAMOS BANDERA DE INTERRUPCION
DECFSZ variable1        ;DECREMENTAMOS TIMER PARA CONSEGUIR 10 SEGUNDOS
GOTO FININTERRUPT       ;SALIR DE LA INTERRUPCION
GOTO RUTINTERRUPT       ;IR A RUTINA DE ATENCION A INTERRUPCION
NOP
RETFIE
INICIO:
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;PRINCIPIA INICIALIZACION DEL LCD
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    MOVLW 0x0B
    MOVWF ADCON1        ;VOLTAJES DE REFERENCIA SELECCIONADOS VSS Y VCC DEL
                        ;PIC, SELECCIONAMOS COMOPUERTOS ANALOGOS AN0 Y AN1
    CLRF TRISC          ;PUERTOC SALIDA VARIABLES DE CONTROL LCD RS,RW,EN --
                        ;> RC0,RC1,RC2
```

```

CLRFB TRISB                                ;PUERTOS SALIDA RB7,RB6,RB5,RB4 BITS DE
                                           SALIDA DE DATOS PARA EL LCD

CLRFB PORTC
CLRFB PORTC

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0x30                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 3

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0x00                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 0

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0x20                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 2

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0x00                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 0

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0xF0                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 15

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0
MOVLW 0x00                                 ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                           ENVIAMOS UN 0

MOVWF PORTB
BCF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 0
CALL DELAY
CALL DELAY

BSF PORTC,LCD_EN                           ;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS                           ;RS = 0

```



```

        MOVLW 0x20                                ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                                ENVIAMOS UN 2

        MOVWF PORTB
        BCF PORTC,LCD_EN                        ;EN = 0
        CALL DELAY
        CALL DELAY

        BSF PORTC,LCD_EN                        ;EN = 1
        BCF PORTC,LCD_RS                        ;RS = 0
        MOVLW 0x00                                ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                                ENVIAMOS UN 0

        MOVWF PORTB
        BCF PORTC,LCD_EN                        ;EN = 0
        CALL DELAY
        CALL DELAY

        BSF PORTC,LCD_EN                        ;EN = 1
        BCF PORTC,LCD_RS                        ;RS = 0
        MOVLW 0x10                                ;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
                                                ENVIAMOS UN 1

        MOVWF PORTB
        BCF PORTC,LCD_EN                        ;EN = 0
        CALL DELAY
        CALL DELAY

;::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
;SE TERMINA INICIALIZACION DEL LCD
;::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::

; Para escribir un dato en LCD lo pones primero en W y despues llamas a "write_text"
        MOVLW DOWN
        MOVWF TMIN                                ;RANGO MAYOR DE TEMPERATURA HASTA LA QUE SE PUEDE
                                                CONTROLAR

        MOVLW TOP
        MOVWF TMAY                                ;RANGO MAYOR DE TEMPERATURA HASTA LA QUE SE PUEDE
                                                CONTROLAR

        MOVLW CONT1
        MOVWF regcont1                            ;CARGA UN 0X38 EN LA VARIABLE PARA GENERAR UN
                                                CONTADOR PARA RECORRER EL TEXTO GUARDADO EN ROM

        MOVLW UPPER texto
                                                ;OBTIENE PARTE MÁS ALTA DE LA DIRECCIÓN A LA QUE
                                                APUNTA LA ETIQUETA texto

        MOVWF TBLPTRU
        MOVLW HIGH texto                          ;OBTIENE PARTE ALTA DE LA DIRECCIÓN A LA QUE APUNTA
                                                LA ETIQUETA texto

        MOVWF TBLPTRH
        MOVLW LOW texto                          ;OBTIENE PARTE BAJA DE LA DIRECCIÓN A LA QUE APUNTA
                                                LA ETIQUETA texto

        MOVWF TBLPTRL
        LFSR FSR0,0x800                            ;CARGAMOS UN 0X800 A FSR0 PARA GUARDAR EN RAM
                                                APARTIR DE ESALOCALIDAD DE MEMORIA EL TEXTO QUE
                                                TENEMOS EN ROM

ILEER:                                          ;ROUTINA QUE SE ENCARGA DE PASAR EL CONTENIDO AL QUE
                                                APUNTA textoEN ROM A RAM A LA DIRECCION QUE APUNTA
                                                FSR0 Y A SU VEZ IMPRIMEESTE CONTENIDO EN EL LCD

        TBLRD*+
        MOVFF TABLAT,POSTINCO
        MOVFF TABLAT, LCD_TMP
        CALL ESCRIBIR
        DECF SZ regcont1
        BRA ILEER
;::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
;PRINCIPIA INICIALIZACION DE PUSH-BOTONS Y SALIDAS

```

```

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    MOVLW 0X07
    MOVWF CMCON                                ;APAGAMOS LOS COMPARADORES PARA PODER UTILIZAR COMO
                                                DIGITAL EL PUERTOD

    MOVLW 0X78
    MOVWF TRISD                                ;SALIDAS RD0,RD1,RD2 --> VENTILADOR, BOMBA,
                                                CALENTOR. ENTRADAS PUSH-BOTONS RD3,RD4,RD5,RD6 -->
                                                INCREMENTA RANGO MENOR,DECREMENTA RANGO
                                                MENOR,INCREMENTA RANGO MAYOR,DECREMENTA RANGO MAYOR

    CLRF PORTD

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;SE TERMINA INICIALIZACION DE PUSH BOTONS Y SALIDAS
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;PRINCIPIA INICIALIZACION DE SERIAL
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    CLRF TXREG
    BSF      RCSTA,SPEN                        ;(HABILITA PUERTO SERIE)
    MOVLW    0X03                             ;9600 BAUDIOS
    MOVWF    SPBRG                             ;9600 BAUDIOS
    movlw    0x01                             ;9600 BAUDIOS
    movwf    SPBRGH                            ;9600 BAUDIOS
    MOVLW    0XAC                             ;sync(0), brgh(1)
    MOVWF    TXSTA
    movlw    b'00001000'                       ;brg16(1)
    movwf    BAUDCON

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;SE TERMINA INICIALIZACION DE SERIAL
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    MOVLW    0xFF
    MOVWF    TRISA                            ;PUERTO A DECLARADO COMO ENTRADA (RA0 SENSOR DE TEMP
                                                Y RA1 SENSOR DE HUMEDAD)

    MOVLW    D'25'
    MOVWF    TEMPME                            ;INICIALIZACIÓN DE VALOR DE RANGO MENOR DE
                                                TEMPERATURA A CONTROLAR

    MOVLW    D'30'
    MOVWF    TEMPMA                            ;INICIALIZACIÓN DE VALOR DE RANGO MAYOR DE
                                                TEMPERATURA A CONTROLAR

    MOVLW    D'60'
    MOVWF    HUMEDA                            ;INICIALIZACIÓN DEL RANGO MINIMO DE HUMEDAD QUE DEBE
                                                EXISTIR

    MOVLW    D'95'
    MOVWF    variable1                        ;INICIALIZACIÓN variable1 NOS VA A SERVIR PARA
                                                OBTENER UNA TIMER DE INTERRUPCION DE MAS TIEMPO

    BSF      ADCON2,7                          ;ALINEAR VALORES DE LOS ANALOGOS DIGIALES A LA
                                                IZQUIERDA

    BSF      ADCON2,0                          ;FOSC/8 11MHZ VELOCIDAD DE LECTURA ANALAGOS

    MOVLW    0X01
    MOVWF    ADCON0                            ;CONVERTIDOR ANALOGO DIGITAL ENCENDIDO
    BSF      RCON,7                            ;HABILITAR NIVELES DE PRIORIDAD
    BSF      INTCON,7                          ;HABILITAR INTERRUPCIONES GLOBALES
    BSF      INTCON,5                          ;INTERRUPCION DE DESOBORDAMIENTO DE TIMER0
    MOVLW    0x00
    MOVWF    TMR0H
    MOVLW    0x00
    MOVWF    TMR0L                            ;INICIALIZACION DE TIMER0 EN CUENTA 0000H
    MOVLW    0x81
    MOVWF    T0CON                            ;ENCENDIDO DE TIMER0, CONFIGURACION DE 16 BITS,
                                                FUNCIONA CON ELCLOCK CICLO DE INSTRUCCION,
                                                PREESCALAR ASIGNADO 1:4

```

BPRINCIPAL:

```

    BTFSS PORTD,3           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 1 PRESIONADO
    GOTO INCMEN
    BTFSS PORTD,4           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 2 PRESIONADO
    GOTO DECMEN
    BTFSS PORTD,5           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 3 PRESIONADO
    GOTO INCMAY
    BTFSS PORTD,6           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 4 PRESIONADO
    GOTO DECMAY
    GOTO BPRINCIPAL

INCMEN:                    ;ROUTINA DE INCREMENTO EN 1 GRADO EL MARGEN MENOR DE
                           TEMPERATURA
    INCF TEMPME,0           ;INCREMENTAMOS EN WREG EL VALOR DEL RANGO DE
                           TEMPERATURAMENOR
    CPFSGT TEMPMA           ;COMPROBAMOS QUE SI INCREMENTAMOS LA TEMPERATURA DEL
                           RANGOMENOR LA DEL RANGO MAYOR SIGUE SIENDO MAYOR DE
                           SER ASIBRINCAMOS LA SIGUIENTE INSTRUCCION
    GOTO RERROR             ;ROUTINA DE MANEJO DE ERROR EN CASO DE QUE LA
                           TEMPERATURA DELRANGO MENOR SE DESEE INCREMENTAR MAS
                           ALLA DE LA DEL RANGO MAYOR
    INCF TEMPME             ;INCREMENTAMOS EN UNO EL REGISTRO QUE CONTIENE
                           NUESTRO RANGO MENOR DE TEMPERATURA
    CALL REFRESHMEN         ;LLAMAMOS ROUTINA PARA ACTUALIZAR EL LCD CON EL NUEVO
                           VALOR DE TEMPERATURA EN EL RANGO MENOR

LINCME:
    CALL DELAY
    BTFSS PORTD,3           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 1 NO PRESIONADO
    GOTO LINCME
    GOTO BPRINCIPAL

DECMEN:                    ;ROUTINA DE DECREMENTO EN 1 GRADO EL MARGEN MENOR DE
                           TEMPERATURA
    DECF TEMPME,0           ;DECREMENTAMOS EN WREG EL VALOR DEL RANGO DE
                           TEMPERATURA MENOR
    CPFSLT TMIN             ;COMPROBAMOS QUE SI AL DECREMENTAR LA TEMPERATURA
                           DEL RANGOMENOR NO SEA MAS BAJA QUE EL LIMITE
                           ESTABLECIDO
    GOTO RERROR             ;ROUTINA DE MANEJO DE ERROR EN CASO DE QUE LA
                           TEMPERATURA DELRANGO MENOR SE DESEE DECREMENTAR
                           MAS ALLA DEL LIMITE INFERIOR DE TEMPERATURA
                           PERMITIDO PARA EL RANGO MENOR
    DECF TEMPME             ;DECREMENTAMOS EN UNO EL REGISTRO QUE CONTIENE
                           NUESTRO RANGO MENOR DE TEMPERATURA
    CALL REFRESHMEN         ;LLAMAMOS ROUTINA PARA ACTUALIZAR EL LCD CON EL NUEVO
                           VALOR DETEMEPERATURA EN EL RANGO MENOR

LDECME:
    CALL DELAY
    BTFSS PORTD,4           ;COMPRUEBA PUSHBOTON 2 NO PRESIONADO
    GOTO LDECME
    GOTO BPRINCIPAL

INCMAY:                    ;ROUTINA DE INCREMENTO EN 1 GRADO EL MARGEN MAYOR DE
                           TEMPERATURA
    INCF TEMPMA,0           ;INCREMENTAMOS EN WREG EL VALOR DEL RANGO DE
                           TEMPERATURA MAYOR
    CPFSGT TMAY             ;COMPROBAMOS QUE SI AL INCREMENTAR LA TEMPERATURA
                           DEL RANGOMAYOR NO SEA MAS ALTA QUE EL LIMITE
                           ESTABLECIDO
    GOTO RERROR             ;ROUTINA DE MANEJO DE ERROR EN CASO DE QUE LA
                           TEMPERATURA DEL RANGO MAYOR SE DESEE INCREMENTAR
                           MAS ALLA DEL LIMITE SUPERIOR DE TEMPERATURA
                           PERMITIDO PARA EL RANGO MAYOR

```

```

    INCF TEMPMA                ;INCREMENTAMOS EN UNO EL REGISTRO QUE CONTIENE
                                NUESTRO RANGO MAYOR DE TEMPERATURA
    CALL REFRESHMAY            ;LLAMAMOS RUTINA PARA ACTUALIZAR EL LCD CON EL NUEVO
                                VALOR DE TEMPERATURA EN EL RANGO MAYOR

LINCMA:
    CALL DELAY
    BTFSS PORTD,5              ;COMPRUEBA PUSHBOTON 3 NO PRESIONADO
    GOTO LINCMA
    GOTO BPRINCIPAL

DECMAY:
                                ;RUTINA DE DECREMENTO EN 1 GRADO EL MARGEN MAYOR DE
                                TEMPERATURA
    DECF TEMPMA,0              ;DECREMENTAMOS EN WREG EL VALOR DEL RANGO DE
                                TEMPERATURA MAYOR
    CPFSLT TEMPME              ;COMPROBAMOS QUE SI DECREMENTAMOS LA TEMPERATURA DEL
                                RANGOMAYOR LA DEL RANGO MENOR SIGUE SIENDO MENOR
                                DE SER ASI BRINCAMOS LA SIGUIENTE INSTRUCCION
    GOTO RERROR                ;RUTINA DE MANEJO DE ERROR EN CASO DE QUE LA
                                TEMPERATURA DELRANGO MAYOR SE DESEE DECREMENTAR
                                MAS ALLA DE LA DEL RANGO MENOR
    DECF TEMPMA                ;DECREMENTAMOS EN UNO EL REGISTRO QUE CONTIENE
                                NUESTRO RANGOMAYOR DE TEMPERATURA
    CALL REFRESHMAY            ;LLAMAMOS RUTINA PARA ACTUALIZAR EL LCD CON EL NUEVO
                                VALOR DE TEMPERATURA EN EL RANGO MAYOR

LDECMA:
    CALL DELAY
    BTFSS PORTD,6              ;COMPRUEBA PUSHBOTON 4 NO PRESIONADO
    GOTO LDECMA
    GOTO BPRINCIPAL

RERROR:
    GOTO BPRINCIPAL

ESCRIBIR:
                                ;RUTINA PARA ESCRIBIR EN EL LCD EL CONTENIDO
                                EN EL REGISTRO LCD_TMP
    BSF PORTC,LCD_EN           ;EN = 1
    BSF PORTC,LCD_RS           ;RS = 1
    MOVF LCD_TMP,W             ;MANDAMOS PARTE ALTA DE PUERTOB
    MOVWF PORTB
    BCF PORTC,LCD_EN           ;EN = 0
    CALL DELAY2
    CALL DELAY2

                                ;EN = 1
    BSF PORTC,LCD_EN           ;RS = 1
    BSF PORTC,LCD_RS           ;MANDAMOS PARTE BAJA DE PUERTOB
    SWAPF LCD_TMP,W
    MOVWF PORTB
    BCF PORTC,LCD_EN           ;EN = 0
    CALL DELAY2
    CALL DELAY2
    RETURN

REFRESHMEN:

    MOVFF TEMPME,bcd           ;bcd ES EL REGISTRO QUE CONTIENE EL NUMERO A SER
                                CONVERTIDO POR LA SIGUIENTE RUTINA
    CALL CONVERTIR_BCD         ;LLAMAMOS RUTINA QUE CONVIERTE A NUESTROS NUMEROS A
                                BCD

    MOVWF bcd
    MOVLW 0XF0
    ANDWF bcd,W                ;SE HACE UN AND CON F0 EL RESULTADO SE QUEDA
                                EN WREG PARA TENER SOLO LA PARTE ALTA DEL REGISTRO bcd

```

SWAPF WREG	;SE HACE UN SWAP PARA PONER LOS BITS EN EL NIBBLE DE LA PARTE BAJA
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS DECENAS A MOSTRAR EN EL LCD
MOVLB 0X08	
MOVWF 0X04,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X804 CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DEL RANGO MENOR DE TEMPERATURA
MOVLW 0X0F	
ANDWF bcd,W	;SE HACE UN AND CON 0F EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG PARA TENER SOLO LA PARTE BAJA DEL REGISTRO bcd
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS UNIDADES A MOSTRAR EN EL LCD
MOVWF 0X05,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X805 CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADESDEL RANGO MENOR DE TEMPERATURA
CALL HOME	;ROUTINA QUE MUEVE EL CURSOR A HOME EN EL LCD
MOVLW 0X04	
MOVWF regcont1	
FA: CALL SHIFT	;ROUTINA QUE HACE MOVE DEL CURSOR PARA POSICIONARNOS EN LA LOCALIDAD DEL LCD QUE QUEREMOS ESCRIBIR EN ESTE CASO LA 04
DECFSZ regcont1	
BRA FA	
MOVFF 0X804,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DEL RANGO DE TEMPERATURA MENOR
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
MOVFF 0X805,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES DEL RANGO DE TEMPERATURA MENOR
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
RETURN	
REFRESHMAY:	
MOVFF TEMPMA,bcd	;bcd ES EL REGISTRO QUE CONTIENE EL NUMERO A SER CONVERTIDO PORLA SIGUIENTE ROUTINA
CALL CONVERTIR_BCD	;LLAMAMOS ROUTINA QUE CONVIERTE A NUESTROS NUMEROS A BCD
MOVWF bcd	
MOVLW 0XF0	
ANDWF bcd,W	;SE HACE UN AND CON F0 EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG PARA TENER SOLO LA PARTE ALTA DEL REGISTRO bcd
SWAPF WREG	;SE HACE UN SWAP PARA PONER LOS BITS EN EL NIBBLE DE LA PARTE BAJA
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS DECENAS A MOSTRAR EN EL LCD
MOVLB 0X08	
MOVWF 0X0D,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X80D CORRESPONDIENTE A LAS DECENASDEL RANGO MAYOR DE TEMPERATURA
MOVLW 0X0F	
ANDWF bcd,W	;SE HACE UN AND CON 0F EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG PARA TENERSOLO LA PARTE BAJA DEL REGISTRO bcd
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS UNIDADES A MOSTRAR EN EL LCD
MOVWF 0X0E,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X80E CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADESDEL RANGO MENOR DE TEMPERATURA
CALL HOME	;ROUTINA QUE MUEVE EL CURSOR A HOME EN EL LCD
MOVLW 0X0D	
MOVWF regcont1	
FB: CALL SHIFT	;ROUTINA QUE HACE MOVE DEL CURSOR PARA POSICIONARNOS EN LA LOCALIDAD DEL LCD QUE QUEREMOS ESCRIBIR EN ESTE CASO LA 0D
DECFSZ regcont1	

BRA FB	
MOVFF 0X80D,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DEL RANGO DE TEMPERATURA MAYOR
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
MOVFF 0X80E,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES DEL RANGO DE TEMPERATURA MENOR
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
RETURN	
HOME:	;ENVIAMOS UN 02 PARA MOVER EL CURSOR A HOME
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0x00	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8 ENVIAMOS UN 0
MOVWF PORTB	
BCF PORTC,LCD_EN	;EN = 0
CALL DELAY2	
CALL DELAY2	
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0x20	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8 ENVIAMOS UN 2
MOVWF PORTB	
BCF PORTC,LCD_EN	;EN = 0
CALL DELAY2	
CALL DELAY2	
RETURN	
SCREENCLEAR:	;ENVIAMOS UN 01 PARA LIMPIAR LA PANTALLA
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0x00	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8 ENVIAMOS UN 0
MOVWF PORTB	
BCF PORTC,LCD_EN	;EN = 0
CALL DELAY	
CALL DELAY	
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0x10	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8 ENVIAMOS UN 1
MOVWF PORTB	
BCF PORTC,LCD_EN	;EN = 0
CALL DELAY	
CALL DELAY	
RETURN	
SHIFT:	;ENVIAMOS UN 14 PARA CONFIGURAR UN CORRIMIENTO DEL CURSOR DEL LCD A LA DERECHA
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0X10	
MOVWF PORTB	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8 ENVIAMOS UN 1
BCF PORTC,LCD_EN	;EN = 0
CALL DELAY2	
CALL DELAY2	
BSF PORTC,LCD_EN	;EN = 1
BCF PORTC,LCD_RS	;RS = 0
MOVLW 0X40	

MOVWF PORTB	;CONFIGURACION INTERFAZ DE 8 BITS, CARACTERES 5X8
BCF PORTC,LCD_EN	ENVIAMOS UN 4
CALL DELAY2	;EN = 0
CALL DELAY2	
RETURN	
CONVERTIR_BCD:	;RUTINA QUE CONVIERTE UN NUMERO HEXADECIMAL A BCD
SWAPF  bcd, W, A	;HACE UN SWAP DE LOS NIBBLES EN WREG
ADDWF  bcd, W, A	;SUMA PARTE ALTA CON LA BAJA RESULTADO EN WREG
ANDLW  B'00001111'	;PIERDE LA PARTE ALTA DE WREG
BTFSC  STATUS, DC, A	;SI LA SUMA DE LA PARTE ALTA CON LA BAJA ES MAYOR A
	16 BRINCA
ADDLW  0x16	;SUMAMOS 16 A WREG
DAW	;CHECAMOS OVERFLOW
BTFSC  bcd, 4, A	;LUGAR DE LOS 16'S
ADDLW  0x16 - 1	;SUMAMOS 15
BTFSC  bcd, 5, A	;LUGAR DE LOS 32'S
ADDLW  0x30	;SUMAMOS 30
BTFSC  bcd, 6, A	;LUGAR DE LOS 64'S
ADDLW  0x60	;SUMAMOS 60
BTFSC  bcd, 7, A	;LUGAR DE LOS 128'S
ADDLW  0x20	;SUMAMOS 20
DAW	;CHECAMOS SI HUBO OVERFLOW EN LA ULTIMA OPERACION
RETURN	
DELAY:	
MOVLW  0x88	
MOVWF  variable2	
MOVWF  variable3	
LOOP1:	
DECFSZ variable3	
GOTO  LOOP1	
DECFSZ variable2	
GOTO  LOOP1	
RETURN	
DELAY2:	
MOVLW  0x04	
MOVWF  variable2	
MOVLW  0xFF	
MOVWF  variable3	
LOOP2:	
DECFSZ variable3	
GOTO  LOOP2	
DECFSZ variable2	
GOTO  LOOP2	
RETURN	
RUTINTERRUPT:	;RUTINA DE INTERRUPCION
MOVLW  D'95'	
MOVWF  variable1	;INICIALIZAMOS NUEVAMENTE EL TIMER PARA 10 SEGUNDOS
LFSR  FSR0,0x800	;INICIALIZAMOS FSRO

<pre> BSF ADCON2,7 BCF ADCON0,2 BSF ADCON0,1 FC:   BTFSC ADCON0,1       BRA FC        MOVLW CTEMP       SUBWF ADRESL        MOVFF ADRESL,TMPACT        MOVFF ADRESL,bcd       CALL CONVERTIR_BCD        MOVWF bcd       MOVLW 0XF0       ANDWFbcd,W        SWAPF WREG        ADDLW 0x30        MOVLB 0X08       MOVWF 0X2C,BANKED        MOVLW 0X0F       ANDWF bcd,W        ADDLW 0x30        MOVWF 0X2D,BANKED        CALL HOME       MOVLW D'44'       MOVWF regcont1 FD:   CALL SHIFT        DECFSZ regcont1       BRA FD        MOVFF 0X82C,LCD_TMP        CALL ESCRIBIR       MOVFF 0X82D,LCD_TMP        CALL ESCRIBIR        BSF ADCON2,7       BSF ADCON0,2       BSF ADCON0,1 FF:   BTFSC ADCON0,1       BRA FF        MOVLW 0x00       MOVWF regcont1 </pre>	<pre> ;ALINEAR VALORES DE LOS ANALOGOS DIGIALES A LA ;IZQUIERDA ;LEER DEL PIN ANALOGO 0 AN0 CORRESPONDIENTE A ;NUESTRO SENSOR DE TEMPERATURA ;ENCENDEMOS EL BIT DE GO PARA COMENZAR LECTURA DE ;ANALOGOS ;ESPERAMOS A QUE LA LECTURA ESTE LISTA  ;RESTAMOS PARAMETRO CTEMP PARA HACER LINEAL LA ;LECTURA DEL SENSOR DE TEMPERATURA ;CARGAMOS EL VALOR CONTENIDO EN EL ADRESH A NUESTRA ;VARIABLETMPACT  ;CONVERTIMOS A BCD EL CONTENIDO DE ADRESH Y LO ;GUARDAMOSWREG  ;SE HACE UN AND CON F0 EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG ;PARA TENER SOLO LA PARTE ALTA DEL REGISTRO bcd ;SE HACE UN SWAP PARA PONER LOS BITS EN EL NIBBLE DE ;LA PARTE BAJA ;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE ;LAS DECENAS A MOSTRAR EN EL LCD  ;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X82C CORRESPONDIENTE A ;LAS DECENASDE LA TEMPERATURA ACTUAL  ;SE HACE UN AND CON 0F EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG ;PARA TENERSOLO LA PARTE BAJA DEL REGISTRO bcd ;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE ;LAS UNIDADES A MOSTRAR EN EL LCD ;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X82D CORRESPONDIENTE A ;LAS UNIDADESDE LA TEMPERATURA ACTUAL ;ROUTINA PARA MOVER EL CURSOR A HOME  ;ROUTINA PARA POSICIONAR EL CURSOR DEL LCD EN ESTE ;CASO A LA DIRECCION 44H DEL LCD  ;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO ;CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DE LA TEMPERATUR ;A ACTUAL ;ESCRIBIMOS EN EL LCD ;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO ;CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES DE LA TEMPERATURA ;ACTUAL ;ESCRIBIMOS EN EL LCD  ;ALINEAR VALORES DE LOS ANALOGOS DIGIALES A LA ;DERECHA ;LEER DEL PIN ANALOGO 1 AN1 CORRESPONDIENTE A ;NUESTRO SENSOR DEHUMEDAD ;ENCENDEMOS EL BIT DE GO PARA COMENZAR LECTURA DE ;ANALOGOS ;ESPERAMOS A QUE LA LECTURA ESTE LISTA </pre>
--	---



MOVLW D'3'	
div: SUBWF ADRESL	;HACEMOS DIVISION ENTRE 3 PARA CONSEGUIR UNA LECTURA LINEAL DE 0 A 100% EN EL SENSOR DE HUMEDAD
INCF regcont1	
CPFSLT ADRESL	
BRA div	
MOVLW CHUMD	
SUBWF regcont1	
MOVFF regcont1,HUMACT	;CARGAMOS EL RESULTADO DE NUESTRA DIVISION CONTENIDO EN ELREGISTRO ADRESL A NUESTRA VARIABLE HUMACT
MOVFF regcont1,bcd	
CALL CONVERTIR_BCD	;CONVERTIMOS A BCD EL CONTENIDO DE REGCONT1 Y LO GUARDAMOS WREG
MOVWF bcd	
MOVLW 0XF0	
ANDWF bcd,W	;SE HACE UN AND CON F0 EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG PARA TENER SOLO LA PARTE ALTA DEL REGISTRO bcd
SWAPF WREG	;SE HACE UN SWAP PARA PONER LOS BITS EN EL NIBBLE DE LA PARTE BAJA
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS DECENAS A MOSTRAR EN EL LCD
MOVLB 0X08	
MOVWF 0X35,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X835 CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DE LA HUMEDAD ACTUAL
MOVLW 0X0F	
ANDWF bcd,W	;SE HACE UN AND CON 0F EL RESULTADO SE QUEDA EN WREG PARA TENER SOLO LA PARTE BAJA DEL REGISTRO bcd
ADDLW 0x30	;SE SUMA UN 30 PARA TENER EL CODIGO HEXADECIMAL DE LAS UNIDADES A MOSTRAR EN EL LCD
MOVWF 0X36,BANKED	;SE GUARDA EN LA DIRECCION 0X836 CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES DE LA HUMEDAD ACTUAL
MOVLW D'7'	
MOVWF regcont1	
FG: CALL SHIFT	;ROUTINA PARA POSICIONAR EL CURSOR DEL LCD EN ESTE CASO A LA DIRECCION 4BH DEL LCD
DECFSZ regcont1	
BRA FG	
MOVFF 0X835,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS DECENAS DE LA HUMEDAD ACTUAL
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
MOVFF 0X836,LCD_TMP	;CARGAMOS EN LCD_TMP EL CONTENIDO DEL REGISTRO CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES DE LA HUMEDAD ACTUAL
CALL ESCRIBIR	;ESCRIBIMOS EN EL LCD
MOVF TMPACT,W	;MOVEMOS EL VALOR CONTENIDO EN TMACT A WREG
CPFSLT TEMPMA	;SI NUESTRO CONTENIDO DE LA VARIABLE TEMPMA ES MENOR AL DETMPACT ENCENDEMOS VENTILADOR, DE LO CONTRARIO LO APAGAMOS
BRA APAGAR_VENT	
BSF PORTD,0	;ENCIENDE RD0 CORRESPONDIENTE AL ENCENDIDO DEL VENTILADOR
BRA BRINCAR	
APAGAR_VENT:	
BCF PORTD,0	;APAGA RD0 CORRESPONDIENTE A APAGAR EL VENTILADOR
BRINCAR:	
MOVF TMPACT,W	;MOVEMOS EL VALOR CONTENIDO EN TMACT A WREG
CPFSGT TEMPME	;SI NUESTRO CONTENIDO DE LA VARIABLE TEMPME ES MAYOR AL DE TMPACT ENCENDEMOS CALENTADOR, DE LO CONTRARIO LOAPAGAMOS

```

        BRA APAGAR_CAL
        BSF PORTD,2                                ;ENCIENDE RD2 CORRESPONDIENTE AL ENCENDIDO DEL
                                                    CALENTADOR

        BRA BRINCAR2
APAGAR_CAL:
        BCF PORTD,2                                ;APAGA RD2 CORRESPONDIENTE A APAGAR EL CALENTADOR
BRINCAR2:
        MOVF HUMACT,W                              ;MOVEMOS EL VALOR CONTENIDO EN HUMACT A WREG
        CPFSGT HUMEDA                              ;SI NUESTRO CONTENIDO DE LA VARIABLE HUMEDA ES MAYOR
                                                    AL DE HUMACT ENCENDEMOS BOMBA DE AGUA, DE LO
                                                    CONTRARIO LA APAGAMOS

        BRA APAGAR_BMB
        BSF PORTD,1                                ;ENCIENDE RD1 CORRESPONDIENTE AL ENCENDIDO DE LA
                                                    BOMBA DE AGUA

        BRA BRINCAR3
APAGAR_BMB:
        BCF PORTD,1                                ;APAGA RD1 CORRESPONDIENTE A APAGAR LA BOMBA DE AGUA
BRINCAR3:

        MOVLW CONT1
        MOVWF regcont1
SERIAL:
                                                    ;ENVIO SERIAL DE DATOS CONTENIDOS EN LA MEMORIA RAM
                                                    DE LA DIRECCION 0X800 HASTA LA 0X838
                                                    CORRESPONDIENTE A LOS DATOS QUE SE VISUALIZAN EN EL
                                                    LCD

        BTFSS PIR1,TXIF
        BRA SERIAL
        NOP
        MOVFF POSTINC0,WREG
        MOVWF TXREG
        DECFSZ regcont1
        BRA SERIAL
        NOP
FININTERRUPT:
        RETFIE                                      ;REGRESO DE LA INTERRUPCION

        END

;CONFIGURACION DEL PIC

CONFIG OSC = HS                                    ;MODO DE OSCILADOR EXTERNO 10MHZ
CONFIG PBDEN = OFF                                ;PUERTOS CONFIGURADO COMO DIGITAL PARA SALIDAS DE
                                                    LCD
CONFIG LVP = OFF                                  ;RB5 COMO DIGITAL
CONFIG MCLR = ON                                  ;RESET ENCENDIDO

```

## Sistema Auto-Invernadero: Entrega Final de Proyecto



## 16 Firmas

Integrantes del equipo:

Juan José Mora

---

Joel Gil

---

Jorge Melo

---

Alejandro Escobar

---

Cliente:

Alberto Servín

---