

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y  
CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE  
ELECTRÓNICA DE LA UTB

LEONARDO EUGENIO UGARRIZA RADA  
AURELIS VILLADIEGO GUERRERO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C.

2005

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y  
CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE  
ELECTRÓNICA DE LA UTB

LEONARDO EUGENIO UGARRIZA RADA  
AURELIS VILLADIEGO GUERRERO

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingenieros Electrónicos

Director

JORGE DUQUE  
Ingeniero Eléctrico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C.

2005

Nota de Aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias, Diciembre de 2005

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	
1. SELECCIÓN DE LOS SENSORES	18
1.1 SENSORES INFRARROJOS	18
1.2 SENSORES DE PROXIMIDAD (REED SWITCH)	20
1.2.1 Campo de acción del imán sobre el reed switch	21
1.2.2 Cualidades de los reed switch	22
1.2.3 Ventajas de los reed switch	22
1.2.4 Desventajas de los reed switch	22
1.2.5 Montar y soldar	22
1.2.6 Impacto y vibración	23
2 DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA	24
2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MICROCONTROLADOR PIC	29
3. UBICACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES	33
3.1 SENSOR DE MOVIMIENTO	33
3.2 UBICACIÓN DE LOS SENSORES EN PUERTAS Y VENTANAS	34
3.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN	36
3.4 CONTROL DEL ACONDICIONADOR DE AIRE	37
3.5 PLANO ARQUITECTÓNICO	40
3.6 PLANO ELÉCTRICO	40
4. SOFTWARE DE SUPERVISIÓN	42

4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOFTWARE DE SUPERVISIÓN.	46
5. PROGRAMA DEL PLC	51
5.1 SECCIÓN DE ENTRADA/SALIDA	51
5.2 ARCHIVO DE IMÁGENES DE ENTRADA	54
5.3 ARCHIVO DE IMÁGENES DE SALIDA	54
5.4 RSLOGIX	55
6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	63
6.1 CONTROL DE TEMPERATURA	63
6.1.1 Características	63
6.1.2 Localización y función de los controles.	64
6.1.3 Modo de operación del dispositivo	65
6.1.4 Instalación del dispositivo	65
6.2 MANUAL PLC	66
6.2.1 Micrologix 1000	66
6.3 SOFTWARE DE SUPERVISIÓN	69
6.3.1 Funcionamiento	69
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	78

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Conexión del sensor de presencia infrarrojo Leviton, Cat. No. 6800	19
Figura 2. Reed Switch	20
Figura 3. Acción del imán en posición horizontal sobre el reed switch	21
Figura 4. Acción del imán en posición transversal sobre el reed switch	21
Figura 5. Acción del imán en posición perpendicular, sobre el reed switch	21
Figura 6. Acción del imán girando sobre el reed switch	21
Figura 7. Montaje del reed switch en un circuito impreso	23
Figura 8. Microcontrolador 16f873	25
Figura 9. Conexión básica del microcontrolador 16f873	26
Figura 10. Conexión del sensor de temperatura y los displays al Microcontrolador	27
Figura 11. Conexión de los pulsadores al microcontrolador	27
Figura 12. Conexión del Relé que controla la manejadora de Acondicionador de aire	28
Figura 13. Area total de cobertura del sensor de movimiento	33
Figura 14. Pieza de aluminio donde se coloca el Reed Switch	34
Figura 15. Posición del Reed Switch y el Imán en las puertas	35
Figura 16. Posición de los Reed Switch en las ventanas	36
Figura 17. Conexión del interruptor de las luces a las salidas del PLC	37

Figura 18. Unidades del Acondicionador de Aire	38
Figura 19. Conexión del interruptor del Acondicionador de Aire a las salidas del PLC	39
Figura 20. Plano arquitectónico de los laboratorios	40
Figura 21. Plano Eléctrico de los laboratorios	40
Figura 22. Formato del paquete de mensaje	44
Figura 23. Bits asignados a los sensores de presencia	45
Figura 24. Bit de estado, asignados a los actuadores	46
Figura 25. Rango de voltajes de entrada	52
Figura 26. Bornera de entrada del PLC	52
Figura 27. Bornera de salida del PLC	53
Figura 28. Rango de voltaje de salida	53
Figura 29. Selección del tipo de procesador en RSLOGIX	56
Figura 30. Ventana de inicio de un nuevo proyecto en RSLOGIX	57
Figura 31. Archivos utilizados en RSLOGIX	58
Figura 32. Archivos de datos utilizados en RSLOGIX	59
Figura 33. Modificar el archivo de datos en RSLOGIX	61
Figura 34. Estado de los sensores de presencia en RSLOGIX	62
Figura 35. Vista frontal del control de temperatura	65
Figura 36. Diagrama de cableado del PLC	67
Figura 37. Conexión de la Alimentación del PLC	67
Figura 38. Terminal conectada a la fase	68
Figura 39. Terminal conectada al neutro	68

Figura 40. Conexión del Reed Switch al PLC	68
Figura 41. AIC+	69
Figura 42. Verificando Comunicación entre el PLC y el computador	70
Figura 43. Ventana principal del software de supervisión	71
Figura 44. Configuración del horario de los laboratorios	72
Figura 45. Selección del laboratorio	73
Figura 46. Selección del estado del laboratorio	73
Figura 47. Horario establecido en el laboratorio	73
Figura 48. Panel frontal del PLC	74

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Caracteres de control del protocolo Half-duplex	43
Tabla 2. Caracteres de control del protocolo Full-duplex	44
Tabla 3. Especificaciones de entrada generales	51
Tabla 4. Especificaciones de salida generales	53
Tabla 5. Tabla de capacidad nominal de contactos de relé	53
Tabla 6. Distribución de los sensores en las entradas del PLC	59

## LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO A. Características del Sensor Cat No. 6800	78
ANEXO B. Características del Relé Lovato	79

Cartagena, Diciembre de 2005

Señores

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO

FACULTADES DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad.

Distinguidos señores:

Por medio de la presente me permito comunicarles que el proyecto titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UTB” ha sido desarrollado de acuerdo con los objetivos establecidos. Como director considero que el trabajo es satisfactorio y cumple con todos los requerimientos necesarios para ser presentado por sus autores para su evaluación. Por tal motivo hago entrega formal del proyecto.

Cordialmente,

---

Ing. Jorge Duque  
Director del proyecto

Cartagena, Diciembre de 2005

Señores

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad.

Distinguidos señores:

La presente tiene como objetivo presentar a su consideración para estudio y aprobación, el proyecto titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UTB”, como requisito para optar el título de Ingeniero Electrónico.

Cordialmente,

---

Leonardo Eugenio Ugarriza Rada

Cartagena, Diciembre de 2005

Señores

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La ciudad.

Distinguidos señores:

La presente tiene como objetivo presentar a su consideración para estudio y aprobación, el proyecto titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UTB”, como requisito para optar el título de Ingeniero Electrónico.

Cordialmente,

---

Aurelis Villadiego Guerrero

## RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UTB

AUTORES: LEONARDO EUGENIO UGARRIZA RADA y AURELIS VILLADIEGO GUERRERO

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN: Diseñar e implementar un sistema de supervisión y control asistido por computador para permitir el uso racional de la energía y brindar seguridad en los laboratorios de la UTB.

METODOLOGÍA: Se utilizó investigación aplicada y de desarrollo tecnológico a fin de emplear técnicas de control que ayuden a mejorar el funcionamiento de los laboratorios de Eléctrica y Electrónica

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el auge de las tecnologías de información y de la automatización ha permitido el desarrollo del concepto de edificio inteligente. Un edificio inteligente tiene como finalidad, proporcionar un ambiente de confort y seguridad a sus ocupantes, a la vez que se logra una disminución de los costos de mantenimiento y un ahorro energético. De acuerdo con el *Intelligent Building Institute*: “Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización”. Es así como, el SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UTB se ha basado en los criterios de seguridad, confort y ahorro energético para su diseño e implementación.

En la Universidad Tecnológica de Bolívar, la sección de Laboratorios del edificio de Aulas 2 ha venido presentado algunos problemas de seguridad por la carencia de sistemas de alarma y de altos costos energéticos por la inadecuada utilización de los equipos acondicionadores de aire y del sistema de iluminación. Es por ello que se ha considerado la utilización de las herramientas informáticas y la automatización de algunas funciones del edificio como la solución más adecuada para permitir un mejor desempeño del mismo.

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un sistema de supervisión y control para los laboratorios del Edificio de Aulas 2 de la Universidad

Tecnológica de Bolívar, el cual permite controlar y monitorear variables tales como: iluminación, temperatura y presencia en los laboratorios.

Dicho sistema consta de los siguientes módulos:

- Módulo de supervisión y control
- Módulo de control de temperatura
- Módulo de alarmas en puertas y ventanas
- Módulo de control de iluminación

**Módulo de supervisión y control:**

El sistema de supervisión y control consta de un PLC conectado a un PC con un software de supervisión y adquisición de datos. Mediante el PLC se reciben las señales de los sensores de presencia, sensores de proximidad y se envían señales a los actuadores que manejan las luces y las unidades acondicionadoras de aire. El software de supervisión permite ingresar la información acerca de los horarios de los laboratorios y controla el sistema de iluminación y de acondicionamiento de aire de acuerdo con las necesidades de ocupación. De la misma manera tiene un sistema de monitoreo de alarmas de seguridad en puertas y ventanas.

**Módulo de control de temperatura:** Este módulo se encarga del acondicionamiento de la temperatura dentro de cada laboratorio mediante el control on-off de las unidades manejadoras. Esto se realiza mediante un sistema basado en microcontrolador diseñado para efectuar un control más preciso de la temperatura.

**Módulo de alarmas en puertas y ventanas:** Las ventanas y puertas se dotaron de sensores de proximidad tipo *reed-switch*, los cuales envían las respectivas señales al PLC cuando se registra una entrada a los laboratorios en un horario no autorizado.

**Módulo de control de iluminación:** Este modulo se encarga de controlar el encendido y apagado de la iluminación por medio de sensores de presencia que están ubicados en el interior de los laboratorios.

Este sistema ha sido instalado actualmente en dos laboratorios del edificio de aulas 2, sin embargo puede extenderse a un mayor número de laboratorios o aulas y agregar módulos para cumplir otras funciones; como control de acceso, sistemas de emergencia de energía y ahorro de agua. Esto debido a que el campo de aplicación puede variar dependiendo de las instalaciones con que cuente cada laboratorio o aula.

## **1. SELECCIÓN DE LOS SENSORES**

La selección de los sensores utilizados en los laboratorios es clave para alcanzar un óptimo desarrollo del proyecto. A continuación se describen cada uno de ellos

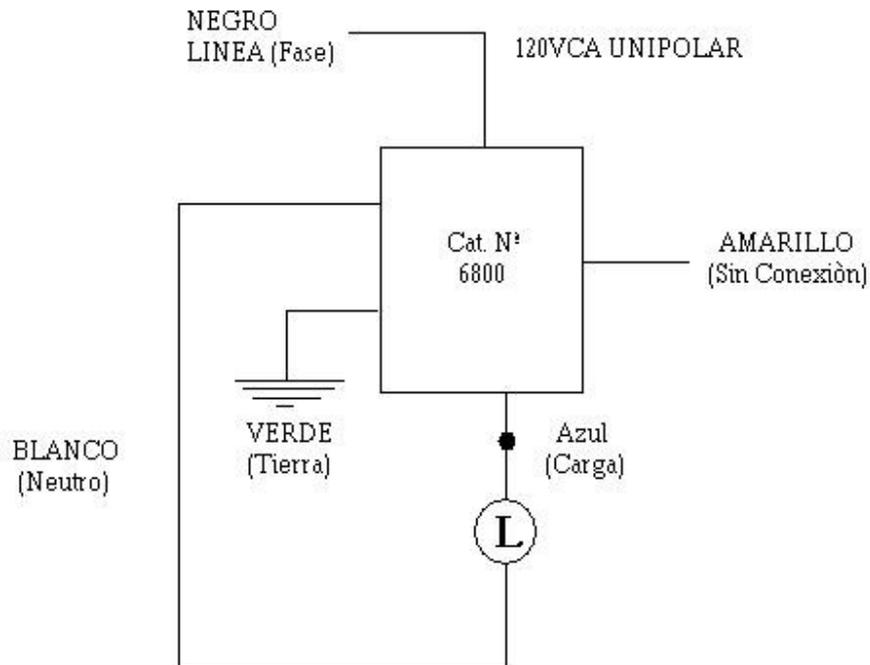
### **1.1 SENSORES INFRARROJOS**

Para detectar el movimiento en los laboratorios se utiliza el sensor de presencia infrarrojo Leviton, Cat. No. 6800 ya que monitorea cambios rápidos de temperatura dentro de un campo visual de 180° bajo condiciones de luz predeterminadas y tiene un área total de cobertura de 58m (625 pies) cuadrados con una cobertura central máxima de 6m (20 pies) y lateral máxima de 12m (40 pies).

Este sensor esta diseñado para aplicaciones tanto unipolares como de tres vías e incluye dos ajustes para la calibración en los que se puede fijar la preferencia para administrar la energía, tiempo de demora y luz Ambiental. Esta calibración es para controlar la cantidad de tiempo en que las luces se quedan encendidas después de haberse detectado el último movimiento.

Para su funcionamiento el sensor debe estar en condiciones normales de operación. La luz verde indicara cuando el producto percibe movimiento y las luces se encienden si el nivel de luz ambiental es menor que el umbral elegido.

Figura 1. Conexión del sensor de presencia infrarrojo Leviton, Cat. No. 6800



De acuerdo al amplio rango de cobertura del sensor (180°), la capacidad de graduar el tiempo de respuesta en un intervalo de 30 segundos a 20 minutos y la posibilidad de calibrar la respuesta a la incidencia de la luz se determinó que el sensor de presencia tipo infrarrojo, marca Leviton, Referencia: cat 6800, es el más adecuado ya que presenta las siguientes características (Ver anexo A):

- Single-Pole & 3-Way 180°
- Incandescencia: 500W
- Fluorescencia: 500VA
- @ 120V AC, 60 Hz.
- Motor: 1/6 HP, 120V AC

Todas estas características, unidas a su comprobado desempeño en la tesis anterior<sup>1</sup>, hacen que este sea el sensor más adecuado para detectar el movimiento en los laboratorios.

---

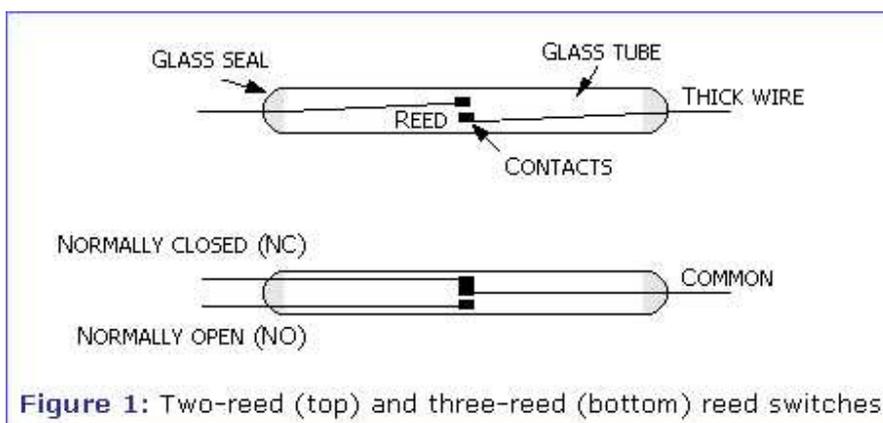
<sup>1</sup> BONILLA ALDANA, Leonardo, LICERO GUALDRON, Eliecer Dario, SALAS ROMERO, Vanessa Victoria. Diseño del Sistema de Monitoreo de Iluminación y Ventilación de la CUTB. Cartagena, 2000, 273 h. Trabajo de grado.

## 1.2 SENSORES DE PROXIMIDAD (REED SWITCH)

Para detectar el estado de apertura o cierre tanto de las puertas como de las ventanas, se escogen los Reed Switch, ya que su rapidez de respuesta, bajo costo, tamaño reducido y otras características que a continuación se describe, hacen de estos la solución más acertada.

El Reed Switch consiste en un par de terminales flexibles hechas de un material magnético y selladas en un tubo de vidrio con gas inerte, las terminales están una sobre la otra separadas por un espacio pequeño, y el área de contacto de cada terminal esta cubierto con un metal noble, la magnetización de las terminales generado por un imán permanente produce que una terminal sea del polo norte y la otra del polo sur si la atracción magnética es mas fuerte que la fuerza de resistividad, las terminales se pondrán en contacto cerrando el circuito. Apenas que el campo magnético se remueva las terminales se separan otra vez por el efecto de elasticidad y entonces el circuito se abrirá.

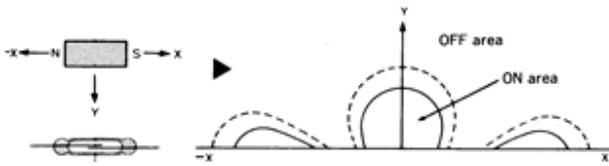
Figura 2. Reed Switch



### 1.2.1 Campo de acción del imán sobre el reed switch.

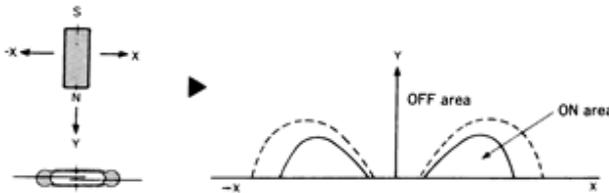
#### Horizontal

Figura 3. Acción del imán en posición horizontal, sobre el reed switch



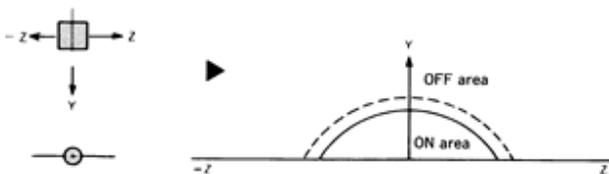
#### Transversal

Figura 4. Acción del imán en posición transversal, sobre el reed switch



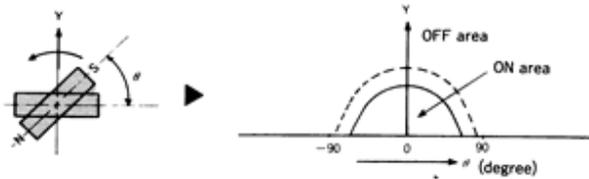
#### Perpendicular

Figura 5. Acción del imán en posición perpendicular, sobre el reed switch



## Rotacional

Figura 6. Acción del imán girando sobre el reed switch



### 1.2.2 Cualidades de los *reed switch*.

- Compactos y livianos
- El *reed switch* se puede utilizar en espacio muy limitado
- Es ideal para usar en equipos diminutos o miniaturas.
- Los elementos internos del *reed switch* están herméticamente sellados en un gas inerte, nunca están expuestos al medio ambiente exterior.

### 1.2.3 Ventajas de los *reed switch*.

- Su tamaño, pues le permite ubicarse fácilmente en cualquier lugar.
- La fuerza necesaria para hacerlos operar es pequeña, haciéndolos esto de bajo costo.

### 1.2.4 Desventajas de los *reed switch*.

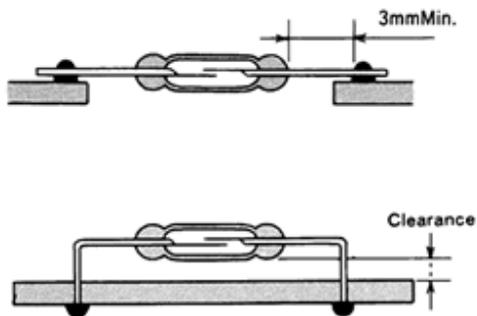
- Los contactos internos son pequeños y delicados
- No pueden manejar altos voltajes o corrientes altas.
- Corrientes altas pueden causar su recalentamiento y causar la pérdida de atracción, o sus contactos se pueden pegar (soldar)

**1.2.5 Montar y soldar.** Si se expone a temperaturas altas por mucho tiempo se daña el sello que está entre el vidrio y el metal. Las temperaturas recomendadas al soldar a mano son de 280 a 300 grados.

Cuando se sueldan los terminales del *reed switch* el campo electromagnético generado por la soldadura puede operarlo y a al mismo tiempo puede producir daño de contacto. Nunca deben soldarse las terminales al mismo tiempo y se debe tener precauciones especiales durante la soldadura.

Cuando se está montando en un circuito impreso se debe prestar atención a las características de la expansión térmica.

Figura 7. Montaje del *reed switch* en un circuito impreso



Se recomienda dejar un espacio adecuado entre el impreso y el reed switch o colocarlo en una apertura en la tarjeta.

**1.2.6 Impacto y vibración.** Cuando el *reed switch* se deja caer en una superficie dura, (ejemplo el piso) a una altura superior de 30 cm, las características eléctricas se alteran. Si el reed switch sufre vibración excesiva debido a golpes o caídas, se debe asegurar que sus características se mantengan en límites aceptables antes de su instalación final.

## **2. DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA**

Para el control de la temperatura dentro del laboratorio se implementaron dos mecanismos:

1. Mediante un sistema electrónico de control de temperatura basado en microcontrolador
2. Mediante la acción ejecutada desde el software de supervisión sobre las manejadoras de los sistemas acondicionadores de aire.

A continuación se describe el diseño del control de temperatura basado en microcontrolador ubicado en los laboratorios.

Teniendo en cuenta el rango de temperatura presente en los laboratorios aproximadamente de 10 a 30°C se utiliza un integrado de precisión como sensor de temperatura el LM35, el cual entrega un voltaje proporcional a la temperatura en grados centígrados con un rango de trabajo de -55 a 150°C, cumpliendo con los requerimientos del diseño.

Luego de obtener este voltaje a través del sensor, se debe interpretar para poder mostrar visualmente el valor de la temperatura actual. Además, de acuerdo a una temperatura de referencia previamente almacenada en memoria, el dispositivo puede activar o desactivar el Acondicionador de aire.

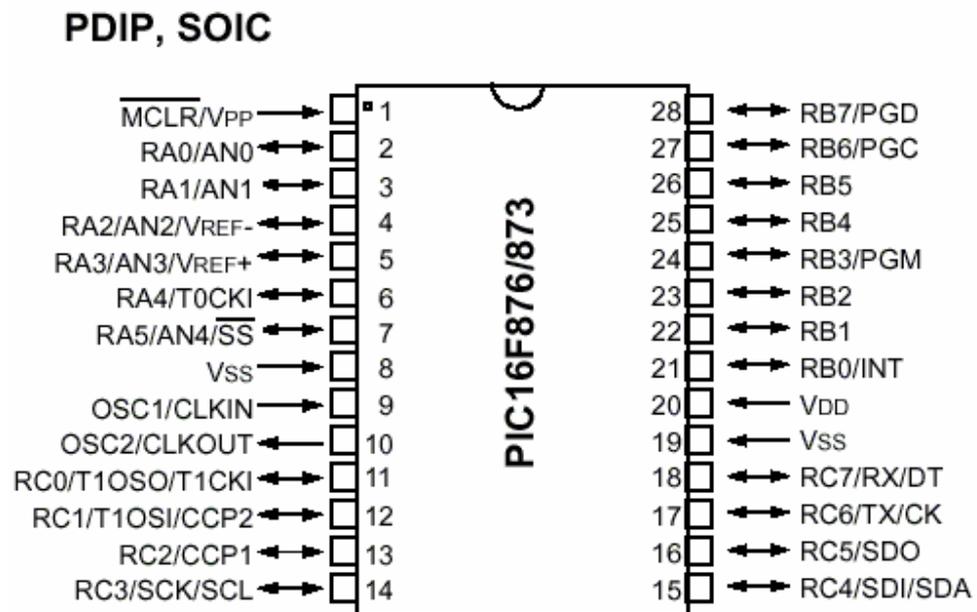
Para simplificar el diseño del circuito, se opta por utilizar un microcontrolador de la compañía Microchip, que permite realizar todas las tareas antes mencionadas, se escoge el MICROCONTROLADOR PIC 16f873, ya que posee un conversor análogo digital interno, para poder interpretar el voltaje proveniente del sensor y

dos puertos B y C utilizados para visualizar el dato de temperatura, configurar la temperatura de referencia y activar o desactivar el Acondicionador de aire. Además con este microcontrolador se evita el uso de una memoria externa ya que posee una memoria EEPROM interna que solo se puede borrar eléctricamente, permitiendo guardar el dato de la temperatura de referencia.

A continuación se detalla algunas características de este microcontrolador:

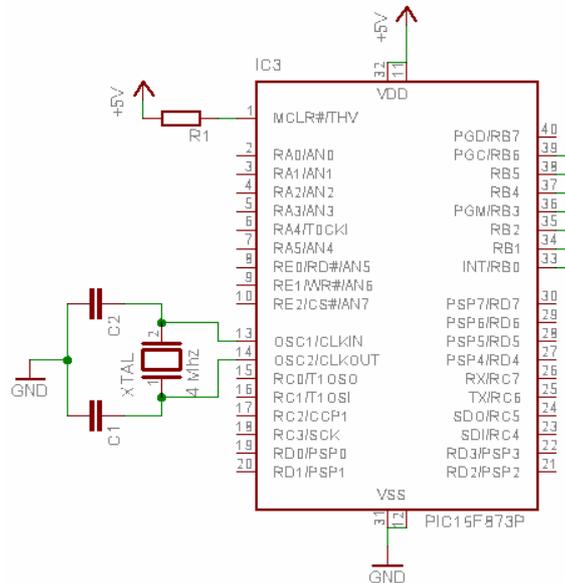
El Microcontrolador PIC 16f873(a 4 Mhz) consta de 3 puertos: A (6 pines), B (8 pines), C (8 pines).

Figura 8. Microcontrolador 16f873



El Microcontrolador PIC 16f873(a 4 Mhz) para funcionar necesita tener conectado el MCLR/Vpp (Master Clear) a 5V con una resistencia de 10k, además necesita un oscilador (4 Mhz) conectado a los pines 13 y 14 del microcontrolador junto con 2 capacitores a tierra.

Figura 9. Conexión básica del microcontrolador 16f873



Este Microcontrolador PIC tiene internamente un conversor análogo digital de 10 bits con un máximo de 6 entradas análogas, distribuidas en el puerto A. Como se va a sensor la temperatura del medio se utiliza una sola entrada (RA0), este voltaje proviene del sensor de temperatura LM35, el Microcontrolador PIC se encarga de convertir esta señal en un dato digital para poder interpretarlo y mostrarlo en el display. El voltaje de referencia es igual al de la fuente ( $\cong 5V$ ) por lo tanto su resolución es  $V_{ref}/2(n)-1 = 4,88 \text{ mV}$ .

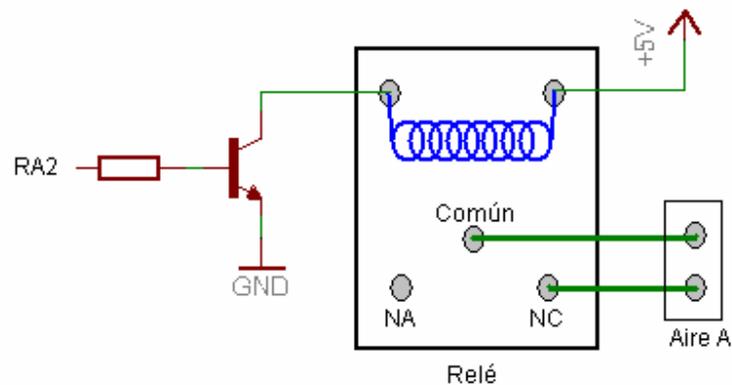
Para visualizar el dato de temperatura se utilizan 2 displays de 7 segmentos conectados al puerto B. Estos displays se conectan en paralelo y son de cátodo común. Para controlar que dato va a mostrar cada display, utilizamos dos bits del puerto C del Microcontrolador PIC (RC0 y RC1), en donde cada pin está conectado a una resistencia de 1K y esta a la base de un transistor NPN (3904) y cada uno de los colectores conectado a un display respectivamente. Para activar un display se le colocara un 1 al respectivo pin del puerto C al cual este conectado dicho display y para desactivar el otro se le colocará un cero, mostrando con esto el dato de temperatura.



colocados en RC2 y RC4 solo funcionan si se ha presionado una vez el pulsador colocado en RC3, permitiendo con esto elevar o disminuir el dato de la temperatura de referencia (RC2 aumenta, RC3 disminuye), una vez que se ha seleccionado la temperatura deseada se presiona nuevamente el pulsador ubicado en RC3 permitiendo guardar el dato en la EEPROM y luego mostrar la temperatura actual.

Para activar y desactivar la manejadora del acondicionador de aire se utiliza un relé cuya bobina se activa a 6V y se controla a través del pin RA2 del puerto A. Un terminal de la bobina se coloca directamente a 5V y el otro se conecta al colector de un transistor NPN (3904), este tiene su emisor a tierra y la base a una resistencia de 1 K $\Omega$ , la cual se conecta directamente a RA2. Se utiliza el contacto normalmente cerrado del relé, ya que si por algún motivo falla el control de temperatura, el aire puede seguir funcionando.

Figura 12. Conexión del Relé que controla la manejadora de Acondicionador de aire



Si la temperatura actual del laboratorio está por encima de la referencia, el acondicionador de aire debe encenderse para poder disminuir la temperatura, por lo que RA2 debe ser igual a "0", si la temperatura actual está por debajo, quiere decir que debe apagarse el acondicionador de aire, entonces RA2 se hace igual a "1", abriendo el contacto del relé.

## 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL MICROCONTROLADOR PIC

Este diagrama explica, como se programa el Microcontrolador PIC para que pueda interpretar los datos provenientes del sensor, actuar sobre el Acondicionador de aire y guardar el dato de temperatura de referencia.

Primero. Configuramos todo en el microcontrolador: los puertos del Microcontrolador PIC;

- RA0: Entrada análoga;
- RA2: Activa/Desactiva Manejador de Acondicionador de Aire;
- RC2: Pulsador Arriba;
- RC3: Pulsador Set Point;
- RC4: Pulsador Abajo;
- RC0,RC1,Puerto B: Manejador de Displays

Lee el dato ubicado en la memoria EEPROM del Microcontrolador PIC, este valor indica la última temperatura de referencia guardada en el Microcontrolador PIC.

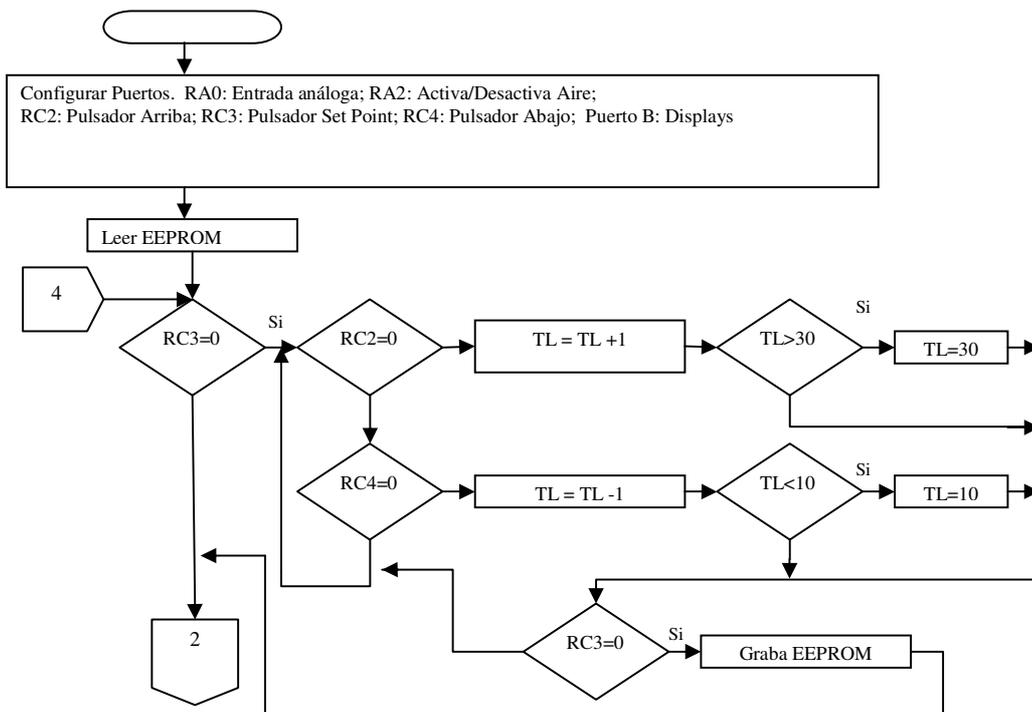
Pregunta si se ha presionado el pulsador de Set Point (RC3):

**Si:**

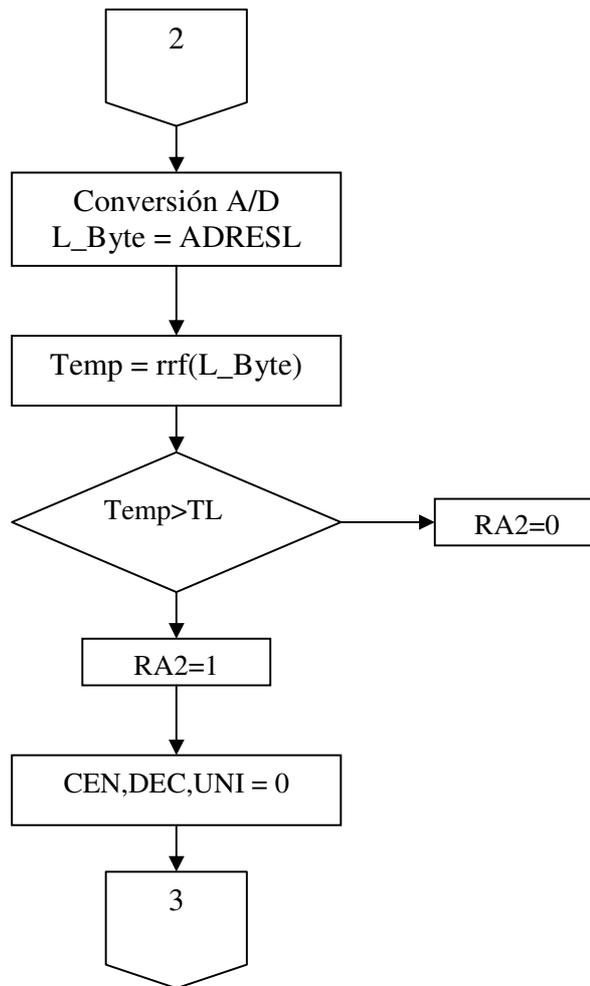
- Se pulsó botón Arriba RC2?
  - **Si:** Se incrementa el valor de temperatura de referencia. Verifica que no se pase de 30°C que es la temperatura máxima a que se puede llegar.
  - **No:** Se pulsó botón Abajo RC4?

- **Si:** Decrementa el valor de temperatura. Verifica que no sea menor de 10°C.
- **No:** Se pulsó nuevamente RC3?
  - **Si:** Se graba el nuevo dato de temperatura en la memoria.
  - **No:** Sigue preguntando si se ha pulsado RC2.

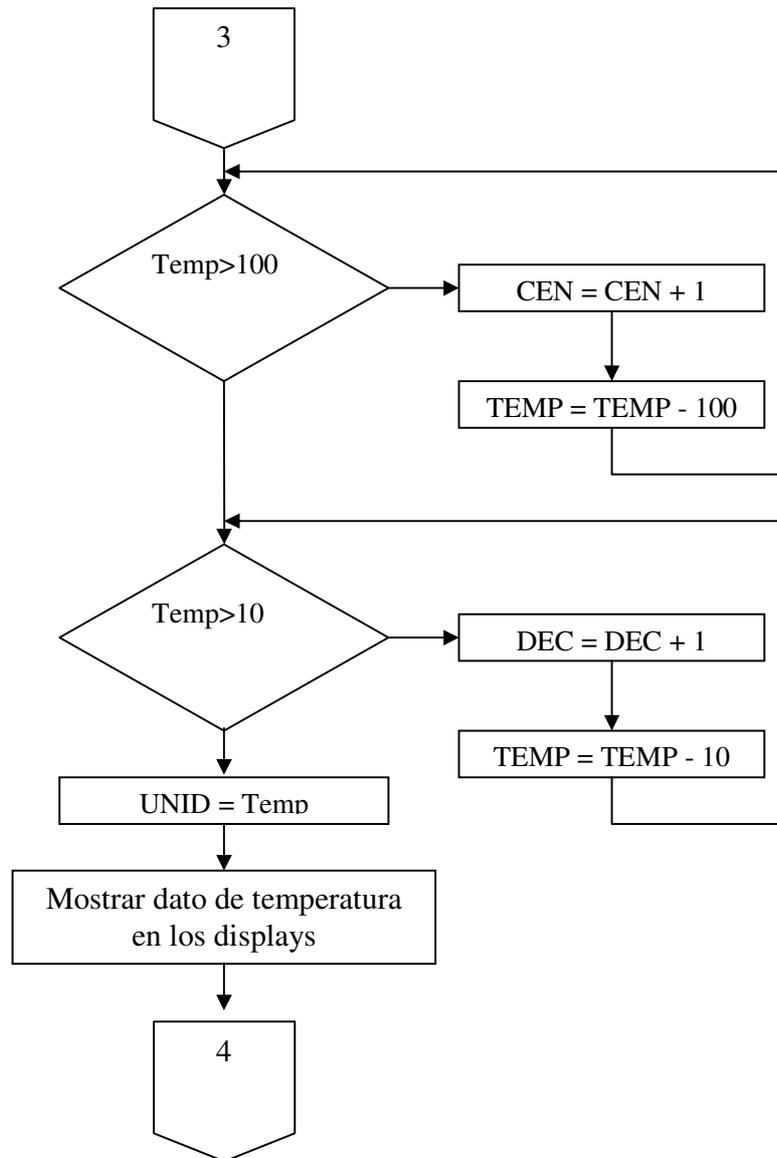
**No:** Continúa.



Segundo. Lee el dato del sensor de temperatura, hace la conversión análoga digital y de acuerdo al valor de referencia guardado en la memoria EEPROM decide si activa o no el relé que controla el Acondicionador de aire.



Tercero: Se muestra el dato de temperatura actual en los displays de 7 segmentos, para esto se toma el dato de temperatura, y lo dividimos en Centenas, Decenas y unidades, al obtener estos valores lo colocamos en pantalla. Continúa el ciclo del programa.



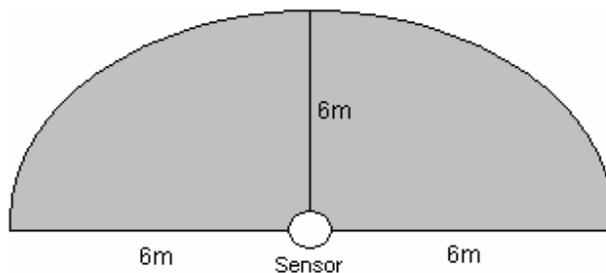
### 3. UBICACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

Una vez seleccionados los sensores y actuadores que proporcionan los mejores resultados, como se especifica en el capítulo 2, es de suma importancia seleccionar la ubicación más adecuada de cada uno de estos con base en las características propias de cada laboratorio.

#### 3.1 SENSOR DE MOVIMIENTO

Tiene un área total de cobertura de  $56\text{m}^2$ , 6m de alcance central y 12m lateralmente.

Figura 13. Área total de cobertura del sensor de movimiento



Teniendo en cuenta estos datos se realizaron pruebas en los laboratorios, ubicando el sensor en distintas zonas, probando y midiendo la respuesta del sensor, cuidando que la cobertura del mismo no llegara hasta la zona de los vidrios que separan el laboratorio de la zona pública, para que si una persona pasara afuera del laboratorio el sensor no detectara este movimiento, al tiempo que no quedara muy alto y no detectara cambios de temperatura.

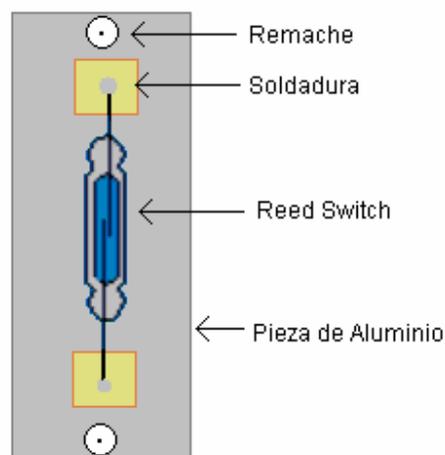
### 3.2 UBICACIÓN DE LOS SENSORES EN PUERTAS Y VENTANAS

Una vez seleccionado el tipo de sensor, se deben ubicar tanto en las puertas como en las ventanas, tratando de que no estén a la vista de los estudiantes, ni puedan ser manipulados, ya que estos dispositivos son muy delicados y pueden ante cualquier contacto dañarse.

Ya que los Reed Switch deben ir cableados, se decide colocarlos en el marco y los imanes en las partes móviles, es decir, en las puertas y ventanas.

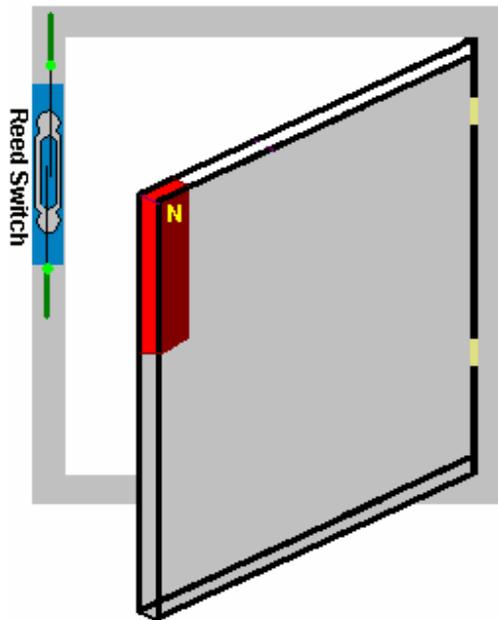
Para ubicar el reed switch en el marco primero se debe colocar en una pieza rectangular de aluminio que tiene en sus extremos 2 pedazos de baquelita que permiten soldar los cables a los reed switch, aislarlos y a la vez fijarlos a la pieza de aluminio. Luego se realiza un hueco en el extremo superior izquierdo del marco, de tal manera que entre la pieza con el reed switch, se soldan los cables y se fija con remaches.

Figura 14. Pieza de aluminio donde se coloca el Reed Switch



El imán también se pega a una pieza de aluminio y mediante remaches se adhiere a las puertas. La ubicación de estos es crítica, ya que se debe comprobar con un multímetro, que al cerrar la puerta el campo del imán afecte al reed switch, y así se pueda detectar la apertura y cierre.

Figura 15. Posición del Reed Switch y el Imán en las puertas

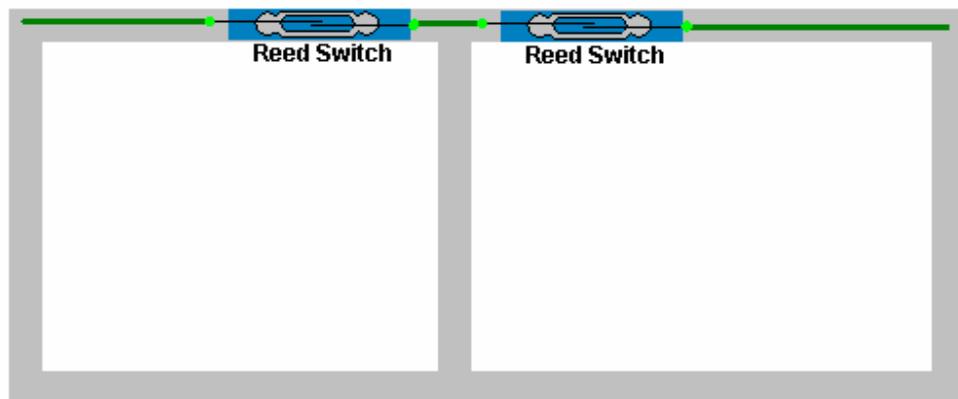


El cable soldado al Reed switch se conecta una de las entradas del PLC. Cuando la puerta está abierta el Reed switch no está bajo la presencia del campo del imán por lo que permanecerá abierto y el PLC no recibirá en la entrada correspondiente una señal. Si la puerta está cerrada el campo del imán ocasiona que el Reed switch se cierre permitiendo el paso de la corriente, enviándole al PLC un voltaje en la entrada elegida para realizar el sensado.

El software supervisor, que está continuamente comunicándose con el PLC, interpreta estos datos provenientes de los sensores y del PLC, y toma decisiones de acuerdo a todos los eventos que se presenten.

En las ventanas se utiliza la misma lógica de sensado de las puertas utilizando Reed switch e imanes. La única diferencia se presenta en el mayor número de estados que hay que sensar, debido a la presencia de varias ventanas en los laboratorios, por lo que se utilizan los Reed switch conectados en serie como lo muestra la figura

Figura 16. Posición de los Reed Switch en las ventanas



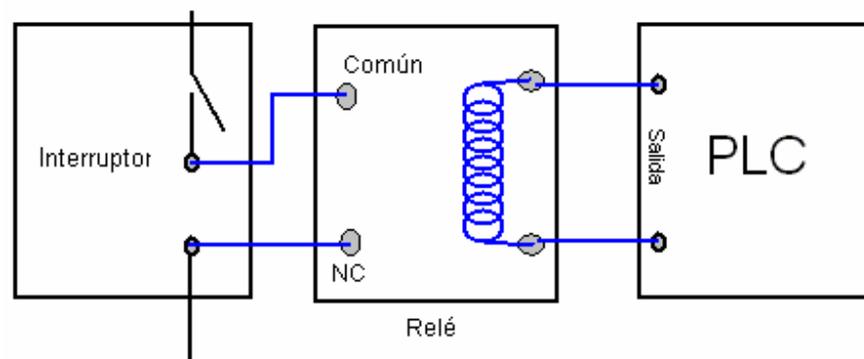
Si todas las ventanas están cerradas, circulará la corriente a través de todo el circuito debido a la presencia del campo de los imanes. Pero si una de las ventanas se abre, se interrumpirá el circuito y la corriente no circulará, por lo que el PLC no recibirá ninguna señal, y el software de supervisión y control interpretará que una de las ventanas se abrió.

### 3.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN

Para controlar la iluminación en el laboratorio se utiliza una de las salidas del PLC conectada a un relé. El software de supervisión dependiendo del horario establecido se encarga de activar y desactivar la salida y esta a su vez el relé.

Los contactos del relé se conectan interrumpiendo el interruptor ubicado en el laboratorio (conexión serial) que se utiliza para prender y apagar las luces. Se escoge el contacto normalmente cerrado, esto con el fin de que si por algún motivo el PLC esté apagado, se puedan prender y apagar las luces.

Figura 17. Conexión del interruptor de las luces a las salidas del PLC

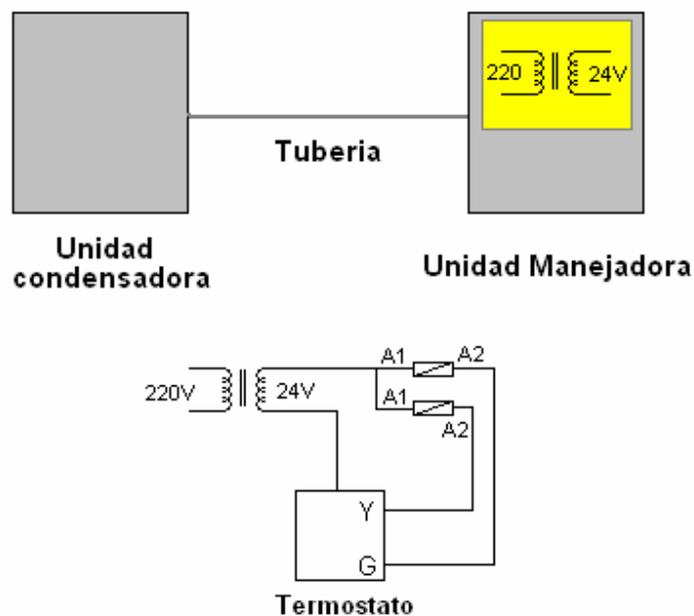


Si por descuido se dejan encendidas las luces de un laboratorio al finalizar el día, el software de supervisión revisa el horario previamente establecido en una base de datos, si detecta que no debería haber luces encendidas, activa la salida seleccionada para el laboratorio abriéndose el contacto que está normalmente cerrado, por lo que las luces se apagarían así el interruptor ubicado en la pared del laboratorio estuviese cerrado.

### 3.4 CONTROL DEL ACONDICIONADOR DE AIRE

El acondicionador de aire está formado por una unidad condensadora ubicada en las afueras de los laboratorios y una unidad manejadora o evaporadora, funcionando a 220 V. La unidad manejadora tiene internamente un transformador que reduce el voltaje de 220V a 24V, siendo utilizado este voltaje por el termostato.

Figura 18. Unidades del Acondicionador de Aire



Debido a la presencia del termostato, que controlaba el apagado y encendido del aire, se decide no quitarlo del laboratorio si no dejarlo apagado y dentro de una caja para que ningún alumno pueda manipularlo. Este termostato tiene un interruptor de encendido y apagado del aire, se aprovecha la presencia de este

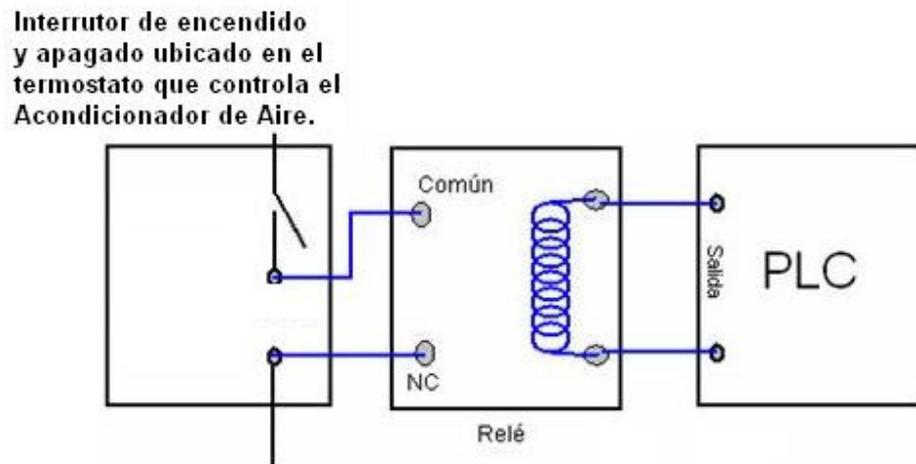
para interrumpirlo y conectar serialmente el contacto normalmente cerrado del relé utilizado para controlar el aire.

Para seleccionar el tipo de relé se tiene en cuenta la corriente que pasa a través de este interruptor que siempre debe permanecer en la posición "ON", dejando el control exclusivamente al PLC. Se mide la corriente con una pinza amperimétrica con el Acondicionador de Aire en su máximo consumo, obteniéndose el valor de 0.3A. Para regular el paso de la corriente se escoge el rele marca Lovato de referencia TRP6932 (Ver Anexo B), dado que satisface esta condición. Este relé posee las siguientes características:

Corriente de Contactos:	10A
Alimentación de bobina:	110VAC
Voltaje de Contactos:	250V
Carga:	2000VA
Número de Contactos:	3 Polos

Se utiliza una de las salidas del PLC conectada a un relé. El software de supervisión dependiendo del horario establecido se encarga de activar y desactivar la salida y esta a su vez el relé.

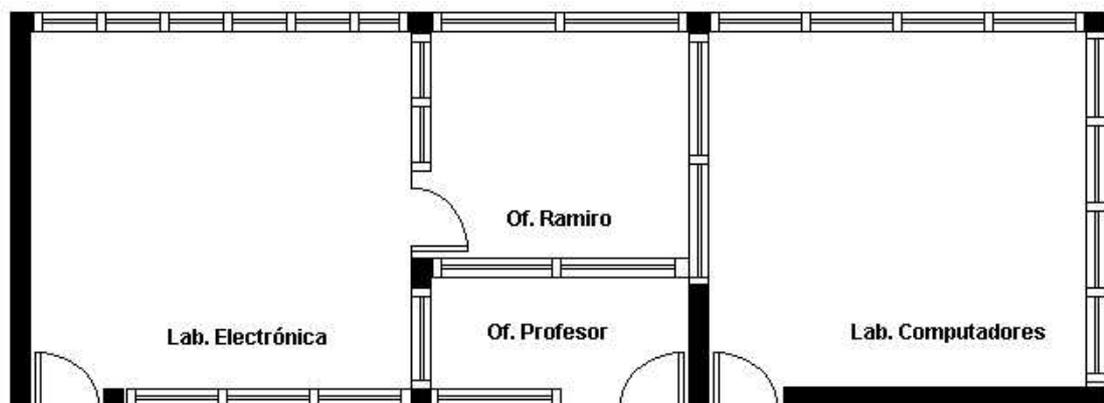
Figura 19. Conexión del interruptor del acondicionador de aire a las salidas del PLC



Teniendo seleccionada la ubicación de cada uno de los sensores y actuadores, se realiza el plano arquitectónico de los laboratorios que se van a controlar, midiendo tanto la altura como el ancho de los salones, permitiendo con esto tener un estimativo del cableado a utilizar.

### 3.5 PLANO ARQUITECTÓNICO

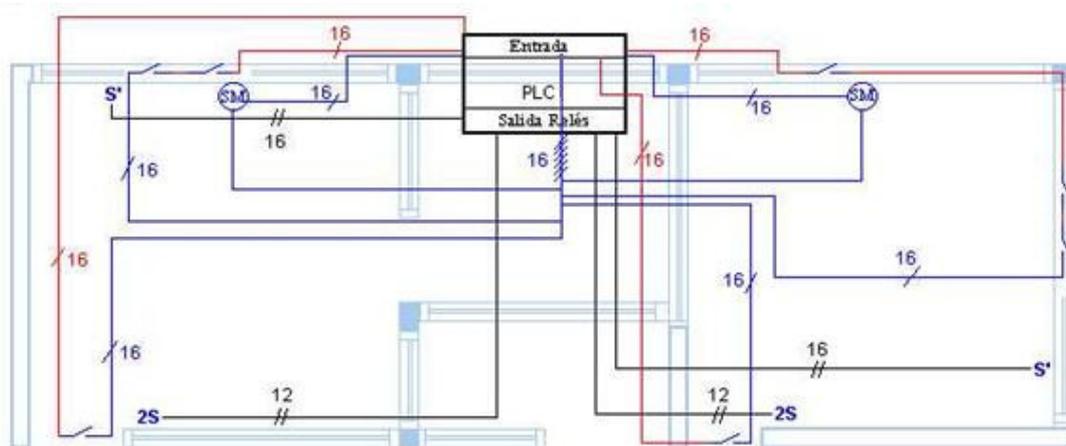
Figura 20. Plano arquitectónico de los laboratorios



### 3.6 PLANO ELÉCTRICO

En este plano se identifica el cableado utilizado y su calibre, junto con la ubicación exacta de los sensores de movimiento, reed switch, interruptores de luces, control del Acondicionador de aire y PLC.

Figura 21. Plano Eléctrico de los laboratorios



Simbología:

S' : Interruptor Sencillo

2S : Interruptor Doble

 : Sensor de Movimiento

 : Reed Switch

#### 4. SOFTWARE DE SUPERVISIÓN

El software de supervisión se implementó con el fin de tener un puesto de control centralizado que permita acceder a todos los datos provenientes del PLC (sensores y actuadores) para su monitorización, registro y almacenamiento. Este software permite: presentación de los estados de cada uno de los sensores y actuadores de forma gráfica, detección y presentación de las alarmas detectadas y su posterior almacenamiento en una base de datos, detección de eventos del sistema y ejecución de acciones programadas en el horario establecido en cada uno de los laboratorios.

Este software se comunica serialmente con el PLC para averiguar el estado de cada uno de los sensores y además ejercer control sobre la iluminación y el Acondicionador de aire de los laboratorios de electrónica de la UTB.

Existen muchos lenguajes de programación habilitados para diseñar este software de supervisión pero se optó por utilizar Borland Delphi V.7.0, por la principal razón que se encontró en internet un driver bajo este lenguaje que permite la comunicación serial con los PLC de la marca ALLEN BRANDELY. El protocolo de comunicación utilizado es conocido con el nombre de DF1 y está desarrollado en base a RS232.

DF1 es un protocolo de comunicación serial desarrollado por Allen Bradley que combina características de D1 (Transparencia de datos) y F1 (Transmisión simultánea de dos vías) de las especificaciones ANSI x3.28. Consta de dos categorías:

- Protocolo Half-duplex DF1 (comunicación maestro - esclavo)

- Protocolo Full-duplex DF1 (comunicación simultánea de dos vías, punto a punto)

Una red típica de protocolo Half Duplex DF1 consta de una estación designada como maestra y uno o más nodos como estaciones remotas. Cada estación de la red debe tener una única dirección. Nada puede pasar sin que la estación maestra lo conozca, ésta controla todos los paquetes que son enviados por la red, verificando si cada una de las estaciones remotas tiene un dato a enviar.

Cuando un dato se quiere enviar de una estación esclava a otra, primero debe ser enviado a la estación maestra para que redirija el paquete a la estación apropiada, permitiendo enviar un paquete a la vez.

Se deben tener en cuenta las siguientes características en la comunicación para implementar el protocolo Half Duplex.

- 8 bits por carácter
- Sin paridad
- 1 bit de parada

El protocolo Full-duplex DF1 permite la transmisión simultánea de doble vía entre dos dispositivos.

Ambos protocolos son orientados a los caracteres y usan caracteres de control ASCII de 8 bits los cuales se muestran a continuación.

Tabla 1. Caracteres de control del protocolo Half-duplex

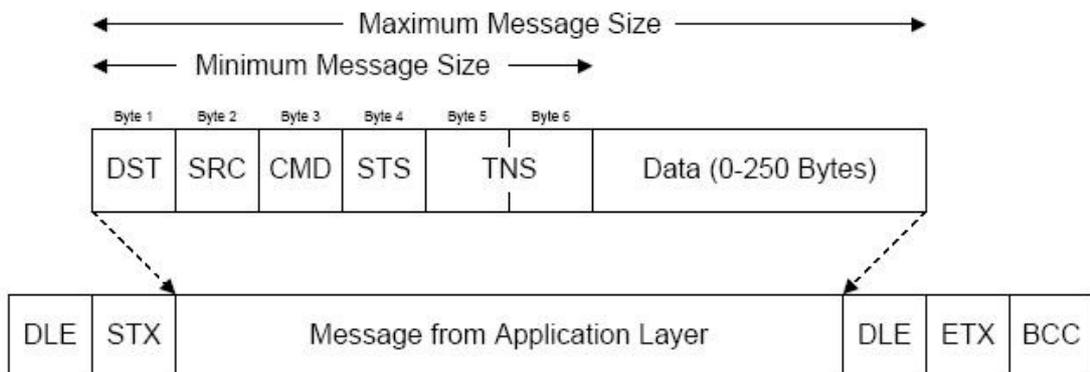
Abreviatura	Valor Hexadecimal
STX	02
SOH	01
ETX	03

EOT	04
ENQ	05
ACK	06
DEL	10
NAK	0F

Tabla 2. Caracteres de control del protocolo Full-duplex

Abreviatura	Valor Hexadecimal
STX	02
ETX	03
ENQ	05
ACK	06
DEL	10
NAK	0F

Figura 22. Formato del paquete de mensaje



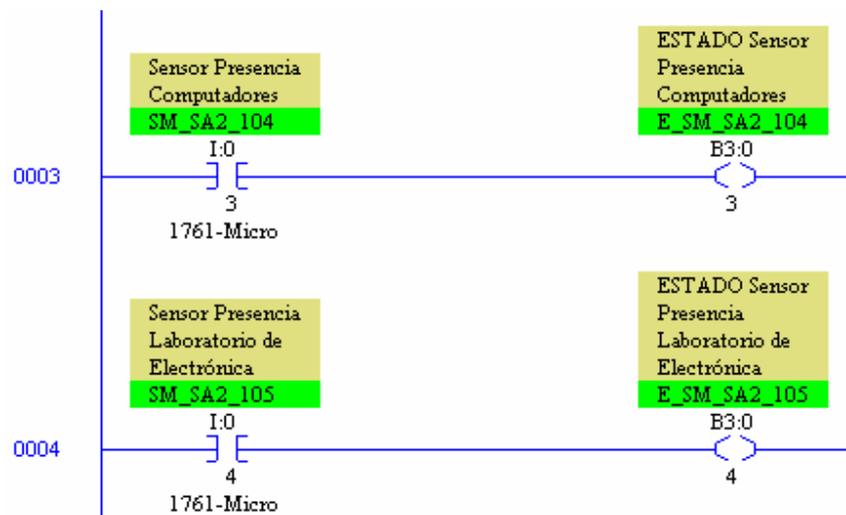
- DLE STX: Inicio del mensaje
- DST: Dirección destino.
- SRC: Dirección fuente.
- CMD: Código de comando.
- STS: Estado del dispositivo.
- TNS: Número de transacción (2 bytes)
- DLE ETX: Fin del mensaje

- BCC: Suma de chequeo. Suma todos los bytes entre DLE STX (inicio del mensaje) y DLE ETX (fin del mensaje).

Para poderse comunicar todo el tiempo con el PLC, se puede utilizar un programa llamado RSLinx de la compañía Rockwell, pero debido a su alto costo resulta difícil implementarlo en este proyecto.

Lo primero que hace el programa almacenado en el PLC es observar el estado de los sensores de movimiento, puerta y ventana de los laboratorios. A cada uno de estos sensores se asigna un bit de estado que dependiendo del estado del sensor puede estar activado (On) (1) o desactivado (Off) (0).

Figura 23. Bits asignados a los sensores de presencia

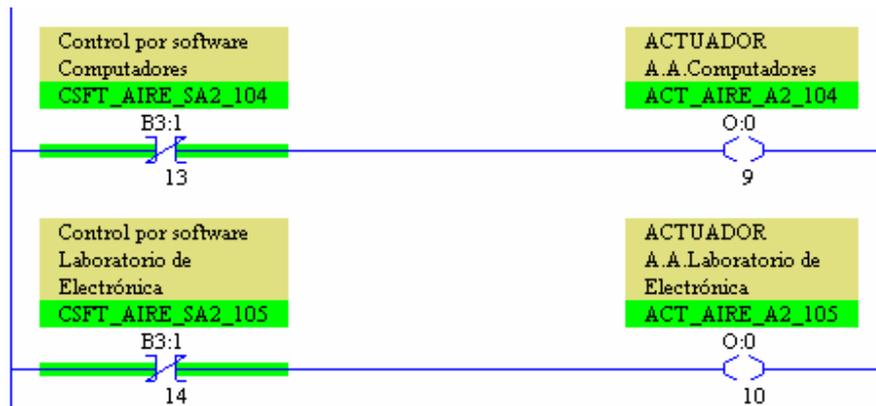


El software de supervisión le pregunta al PLC por el estado de cada uno de los bit asignado a un determinado sensor, por lo que puede en todo momento saber si se ha activado alguno de ellos.

A las salidas del PLC se conectan tanto las luces como los aires acondicionados de los laboratorios. Cada una de estas salidas depende del estado de bits

asignados para tal efecto. A través del software de supervisión se pueden manipular el estado de estos bit, permitiendo o no la energización de estos dispositivos.

Figura 24. Bit de estado, asignados a los actuadores



Este software permite mediante una base de datos averiguar las horas permitidas para la presencia de alumnos o encargados en los laboratorios. Dependiendo de la hora actual, revisa los horarios de cada uno de los laboratorios y si se activa algún sensor durante horas no permitidas activa una alarma visual, o si se deja alguna luz o aire encendido, los apaga.

#### 4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOFTWARE DE SUPERVISIÓN.

Definiciones:

- EPC :Estado Puerta de Computadores
- EPE :Estado Puerta de Electrónica
- EVC :Estado Ventana de Computadores
- EVE :Estado Ventana de Electrónica
- ESMC :Estado Sensor Movimiento Computadores
- ESME :Estado Sensor de Movimiento Electrónica

El programa trata de establecer una comunicación con el PLC, enviándole un dato, en la espera de recibir una respuesta. Realiza un total de 8 intentos si al final no consigue ninguna respuesta, el programa se detiene.

Si se establece la comunicación, se ejecuta el programa principal. Inmediatamente se crean hilos de ejecución. Estos hilos permiten realizar paralelamente al programa principal, diferentes tareas. Si no se utilizaran estos hilos el programa resultaría muy lento y no podría controlar ningún proceso. En total son 3 Hilos que se crean, cada hilo controla un timer creado en el programa, estos timers controlan: Relé, Estado de los sensores y las alarmas. Se implementaron timers, ya que se necesitaba verificar cada cierto tiempo el estado de los sensores ubicados en los laboratorios. Además dependiendo del horario establecido en el laboratorio se deben activar los relés ubicados en las salidas del PLC, un timer se encarga de verificar durante un tiempo mínimo establecido (menos de un segundo) si las luces o aires deben estar encendidos. El último timer se encarga de las alarmas y cada Hilo apunta a un determinado timer.

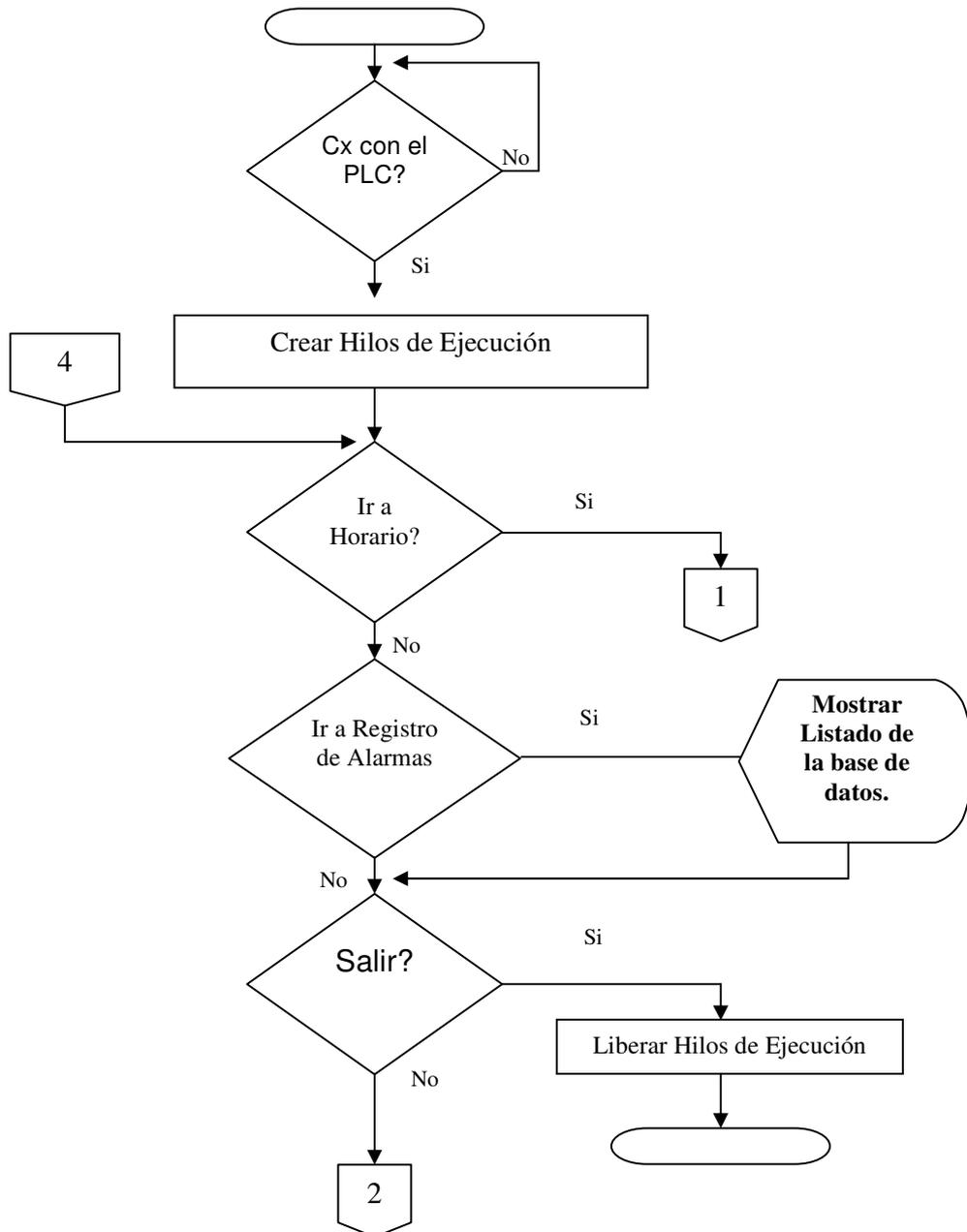
Pregunta si se seleccionó dentro del menú que posee la opción de: Horario, Registro de Alarmas o salir del programa. Si se selecciona Registro de Alarmas, lee en la base de datos y muestra en pantalla el registro diario de alarmas. Si se selecciona "salir", Espera que termine los hilos de ejecución, para que libere la memoria y termina el programa.

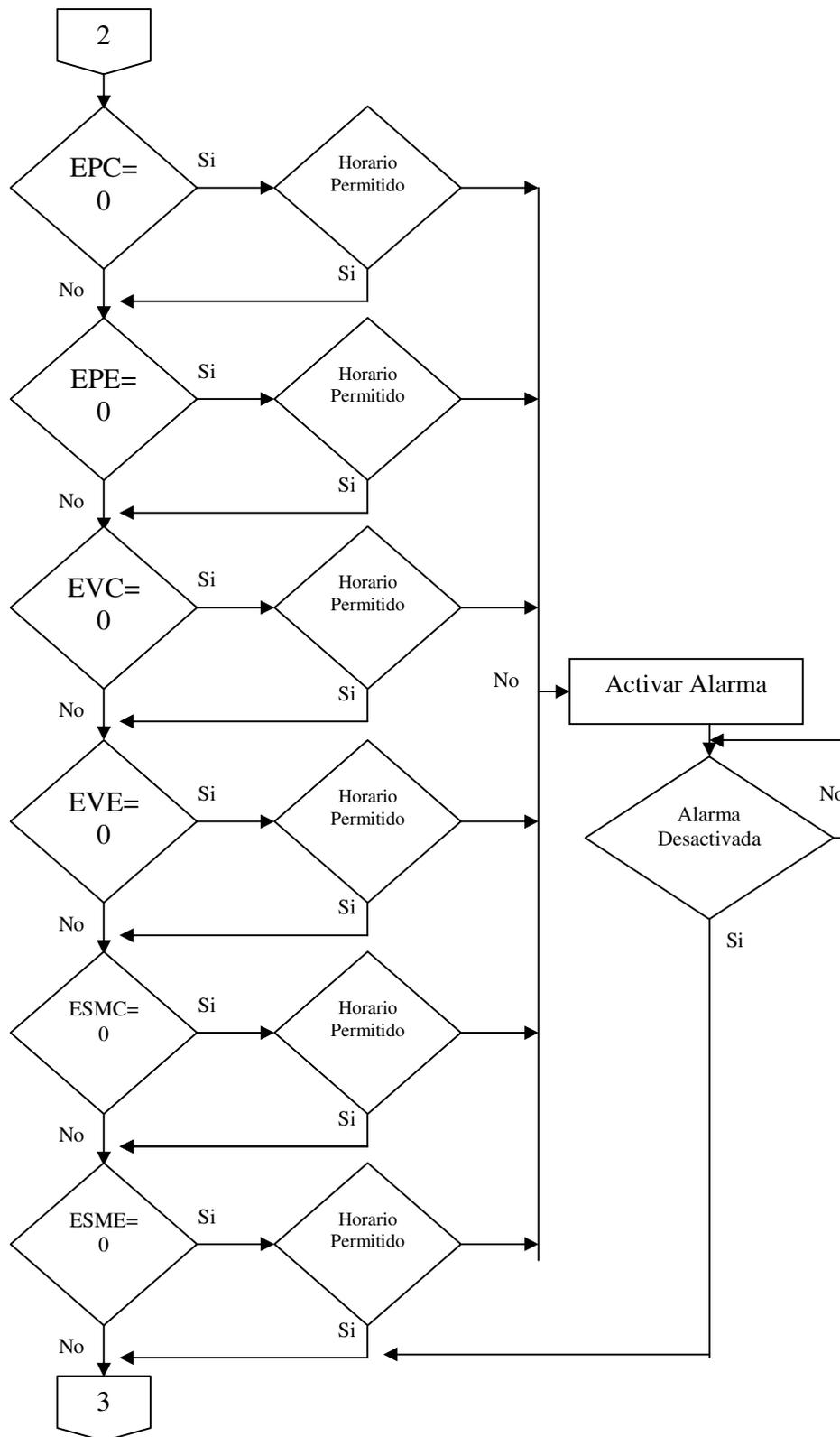
Luego Verifica el estado de cada uno de los sensores ubicados en las puertas, ventanas y de movimiento en los laboratorios. De acuerdo al horario y dependiendo del estado de esos sensores Activa o no la alarma.

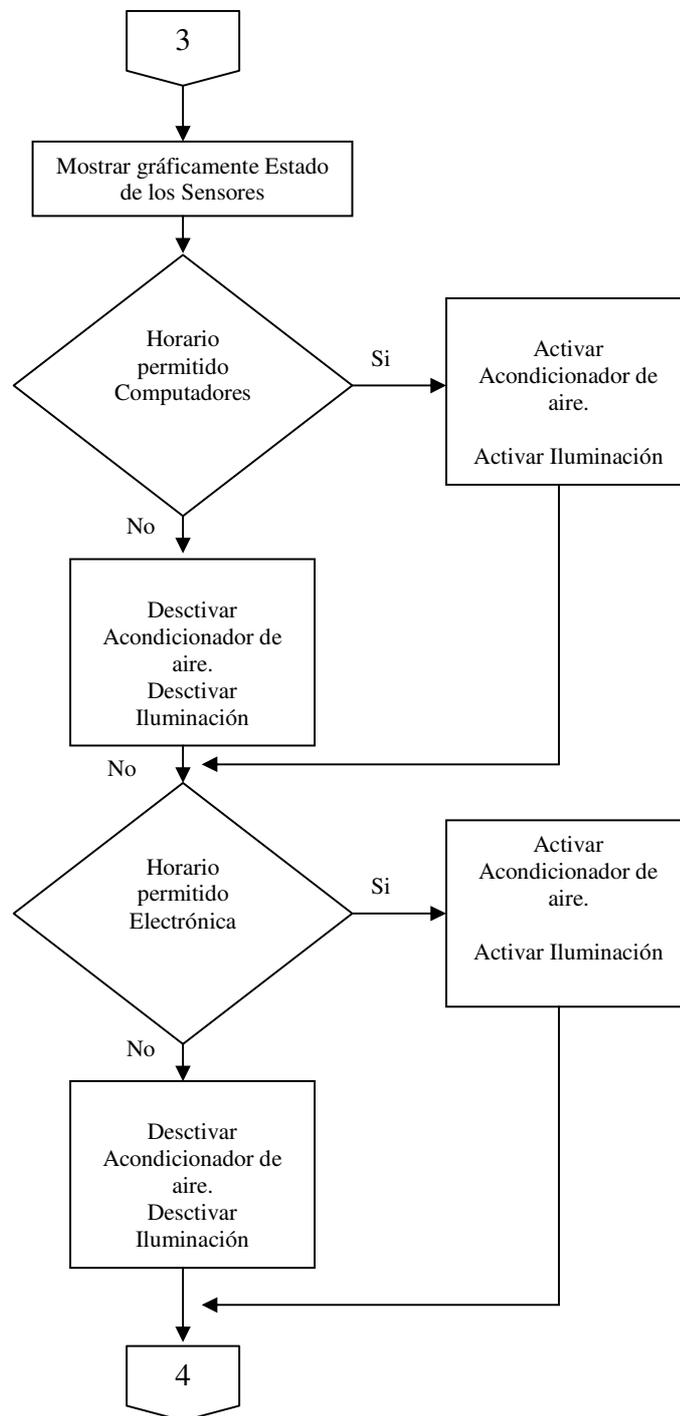
Por último, El estado de los sensores se muestra gráficamente en pantalla. Luego activamos o no los relés que controlan tanto las luces como el Acondicionador de

aire dependiendo del horario establecido en cada uno de los laboratorios y continúa con el desarrollo del programa.

A continuación se muestra el Diagrama de Flujo.







## 5. PROGRAMA DEL PLC

Conectar las entradas al PLC, la señal de los sensores y las salidas a los actuadores, no tiene razón de ser, si no tiene un programa que le indique cuál es la lógica a seguir, y que tipo de señales se conectan tanto en las entradas como en las salidas. Además el software de supervisión no funciona, si no puede comunicarse con el PLC. De todo esto se encarga el programa del PLC, que a continuación se explica.

Para realizar el programa del PLC se debe tener en cuenta las partes que lo conforman.

### 5.1 SECCIÓN DE ENTRADA/SALIDA

Esta sección se encarga de la intercomunicación entre los dispositivos industriales y los circuitos electrónicos de baja potencia que almacenan y ejecutan el programa de control. Esta sección contiene módulos de entrada y salida.

Tabla 3. Especificaciones de entrada generales

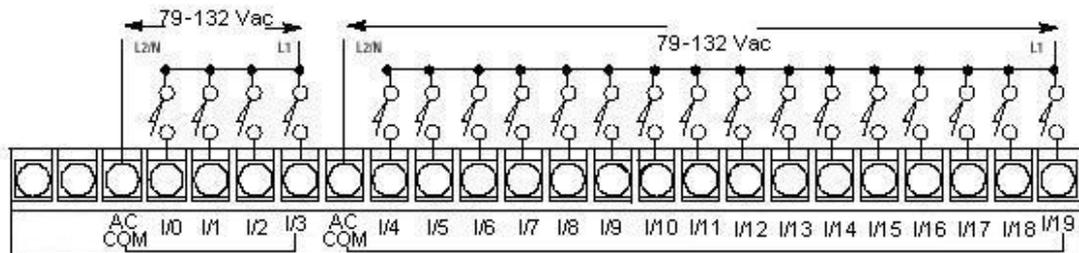
Rango de voltaje	79 a 132 VCA, 47 a 63 Hz
Voltaje activado	79 VCA mín 132 VCA máx
Voltaje desactivado	20 VCA
Corriente activada	5.0 mA mín @ 79 VCA 47 Hz 12.0 mA nominal @ 120 VCA 60 Hz 16.0 mA máx. @ 132 VCA 63 Hz
Corriente desactivada	2.5 mA máx

Figura 25. Rango de voltajes de entrada



El módulo de entrada es una tarjeta que contiene convertidores de señal, los cuales se encargan de recibir una señal de alta potencia del dispositivo de entrada y la convierten en una señal digital de baja potencia compatible con los circuitos electrónicos del procesador. A este módulo se conectan en una terminal particular los sensores de movimiento, puerta y ventanas de los diferentes laboratorios.

Figura 26. Bornera de entrada del PLC



Si el sensor de movimiento del laboratorio de electrónica se activa, aparece 120 VAC en la terminal 00 de entrada de ese bastidor. El convertidor de señal 00, contenido en el módulo, convierte este voltaje de ac en 1 digital y lo envía al procesador. Por el contrario, si el sensor no envía ninguna señal, no aparece ningún voltaje de ac en la terminal de entrada 00, luego el convertidor de señal de entrada 00 responderá a esta condición enviando un 0 digital, al procesador. El resto de terminales se comporta de la misma manera.

El módulo de salida es una tarjeta que contiene amplificadores de salida. Cada amplificador recibe del procesador una señal digital de baja potencia y la convierte en una señal de alta potencia capaz de manejar una carga industrial.

Figura 27. Bornera de salida del PLC

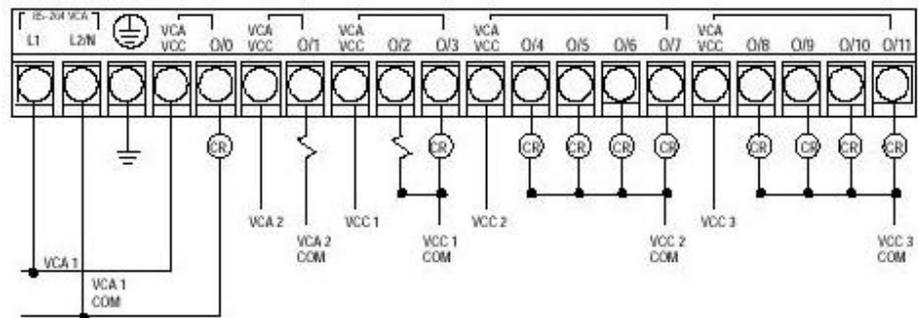


Tabla 4. Especificaciones de salida generales

Corriente de carga máxima	Ver Tabla 3
Corriente de carga mínima	10.0 mA
Respuesta de desactivación a activación	10 ms máx.
Respuesta de activación a desactivación	10 ms máx.

Figura 28. Rango de voltaje de salida



Tabla 5. Tabla de capacidad nominal de contactos de relé

Volts máximos	Amperes		Amperes Continuos
	Cierre	Apertura	
240 VCA	7.5 A	0.75 A	2.5 A

120 VCA	15 A	1.5 A	
125 VCC	0.22 A		1.0 A
24 VCC	1.2 A		2.0 A

Si el amplificador de salida 0/2 recibe un 1 digital del procesador, responderá a ese 1 digital aplicando 120 V de ac a la terminal 0/2 del módulo de salida, activando por ejemplo las luces del laboratorio de electrónica.

## **PROCESADOR**

Contiene y ejecuta el programa grabado en el PLC, almacenando primero las condiciones de entrada y salida en archivos llamados de imagen.

### **5.2 ARCHIVO DE IMÁGENES DE ENTRADA**

El procesador necesita conocer las últimas condiciones de los sensores ubicados en la entrada del PLC ya que el programa de usuario depende para funcionar adecuadamente de estas condiciones. Cada entrada tiene asignado un lugar determinado dentro del archivo de imagen de entrada, guardando el registro de la última condición del terminal de entrada específico. Si la terminal de entrada I/O recibe 120 VAC, la localidad en el archivo de imagen de entrada contiene un 1 binario, si no recibe voltaje, contiene un 0 binario.

### **5.3 ARCHIVO DE IMÁGENES DE SALIDA**

Cada terminal de salida tiene asignada una localidad de memoria en el archivo de imágenes de salida, permitiendo con esto llevar el registro de la última condición de la terminal.

Las localidades en los archivos de imágenes de entrada y salida se identifican por direcciones. Cada localidad tiene su propia dirección que es única y cada fabricante de PLC tiene su propio método para asignarlas.

Para el diseño del programa del PLC, lo primero que se debe hacer es seleccionar las direcciones de entrada y salida que se pretende usar para los dispositivos de entrada y salida del sistema.

Para especificar una dirección completa se requiere de dos partes de información: la dirección de palabra y el número de bit en la palabra. Cada palabra tiene 16 bits.

Para programar el PLC Allen Bradley MICROLOGIX 1000, se deben emplear dos herramientas indispensables, RSLogix, para diseñar el programa del PLC y RSLinx, para comunicarse serialmente con el PLC y poder grabar el programa escrito en el RSLogix.

### **5.4 RSLOGIX**

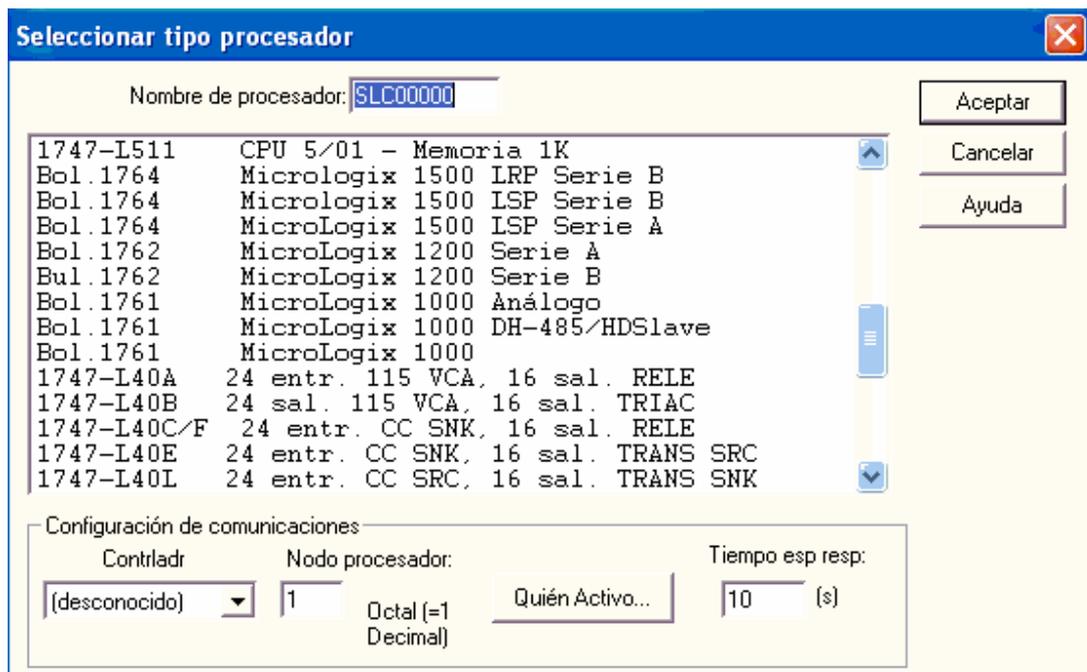
El software RSLogix 500 se basa en proyectos, los cuales son el conjunto completo de archivos que se asocian a la lógica del programa. El número de

archivos que se pueden definir depende del tipo de controlador que se esté usando.

Lo primero que se hace es crear un Archivo de proyecto de la siguiente manera:

- 1 Se selecciona Archivo > Nuevo.
- 2 Se selecciona el tipo de procesador que está usando en la configuración de hardware del sistema, en este caso Micrologix 1000.

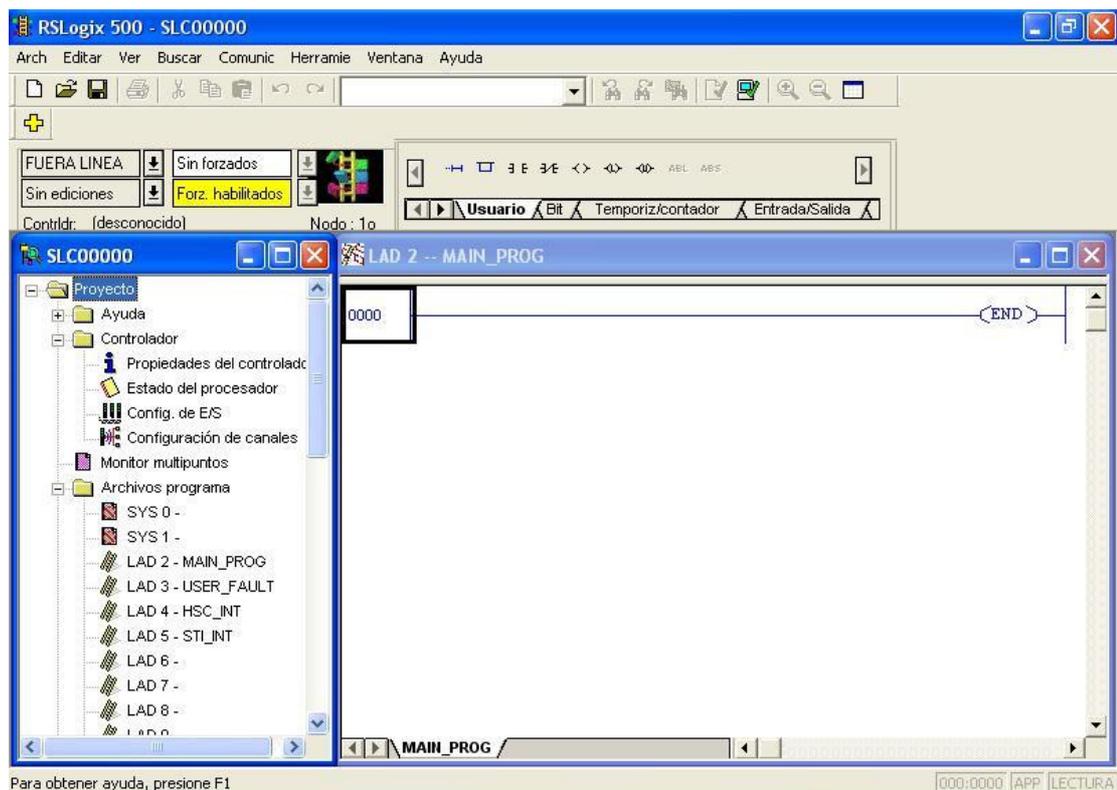
Figura 29. Selección del tipo de procesador en RSLOGIX



- 3 Hacer clic en Aceptar.

4 Se crea un proyecto vacío con un nombre de archivo predeterminado y, en una ventana separada, se muestra un árbol de directorios del proyecto (árbol del proyecto).

Figura 30. Ventana de inicio de un nuevo proyecto en RSLOGIX

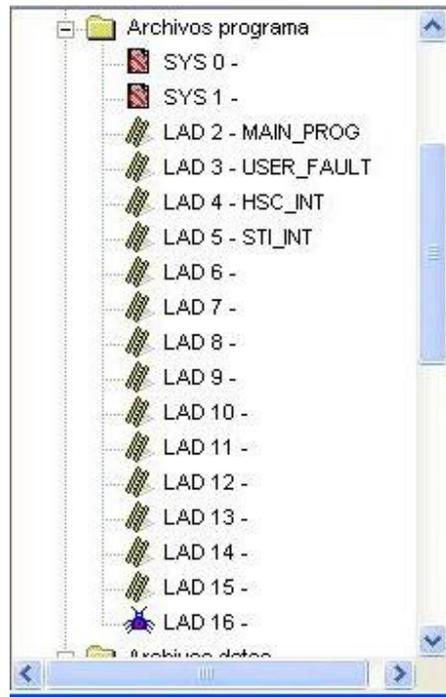


Una vez que se ha creado el Archivo de Proyecto, este se subdivide en varios archivos: Archivos de Programa, Archivos de datos, Archivos de la base de datos, etc.

Los archivos que se utilizan para la creación del programa son: Archivos de programa y Archivos de datos.

Los archivos de programa contienen información del controlador, el programa principal de escalera y programas de subrutina. Con el controlador MicroLogix 1000 se pueden tener hasta 16 archivos de programa.

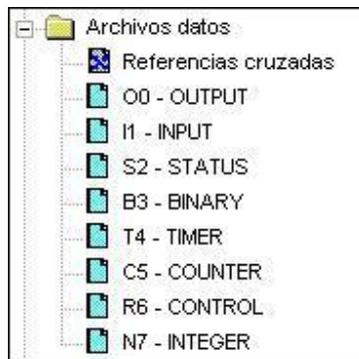
Figura 31. Archivos de programa utilizados en RSLOGIX



Los archivos principales de programa y que se utilizan para realizar el programa son el de MAIN\_PROG o Programa principal de escalera el cual contiene las instrucciones de operación de la lógica principal de escalera, aquí escribimos nuestro programa de lógica de escalera.

Los Archivos de datos contienen la información de estado asociada con E/S externas y todas las otras instrucciones que se usan los archivos de programa de escalera principal y de subrutinas. Además, estos archivos almacenan información respecto a la operación del controlador.

Figura 32. Archivos de datos utilizados en RSLOGIX



Los controladores MicroLogix tienen ocho archivos de datos predeterminados, de los cuales utilizamos Tres.

El archivo I1 (Entrada) Guarda el estado de los terminales de entrada del controlador. Este archivo nos permite definir cómo serán utilizadas las entradas del controlador Micrologix, solo se pueden utilizar 20, ya que este controlador sólo posee este número de entradas.

A estas entradas se conectan las señales provenientes de los diferentes sensores conectados a los laboratorios, quedando establecidas así:

Tabla 6. Distribución de los sensores en las entradas del PLC

<b>Entrada</b>	<b>Sensor</b>
0	Sensor Movimiento Laboratorio de Control
1	Sensor Movimiento Laboratorio de Física Mecánica
2	Sensor Movimiento Laboratorio de Física Eléctrica
3	Sensor Movimiento Laboratorio de Computadores
4	Sensor Movimiento Laboratorio de Electrónica
5	Sensor Movimiento Laboratorio de Comunicaciones
6	Sensor Puerta Laboratorio de Control

7	Sensor Puerta Laboratorio de Física Mecánica
8	Sensor Puerta Laboratorio de Física Eléctrica
9	Sensor Puerta Laboratorio de Computadores
10	Sensor Puerta Laboratorio de Electrónica
11	Sensor Puerta Laboratorio de Comunicaciones
12	Sensor Ventana Laboratorio de Control
13	Sensor Ventana Laboratorio de Física Mecánica
14	Sensor Ventana Laboratorio de Física Eléctrica
15	Sensor Ventana Laboratorio de Computadores
16	Sensor Ventana Laboratorio de Electrónica
17	Sensor Ventana Laboratorio de Comunicaciones
18	
19	

Una vez definida cómo están asociadas las 20 entradas del controlador con los sensores, se ingresan los datos en el RSLogix, indicando la dirección, símbolo y descripción de cada uno de los datos. Las direcciones constan de caracteres alfanuméricos separados por delimitadores. Los delimitadores incluyen los dos puntos, el punto y la diagonal. El símbolo es una etiqueta creada para poder diferenciar los datos creados y la descripción es un pequeño comentario que ayuda a identificar la entrada asociada a esa dirección. Así en el caso del sensor de movimiento del laboratorio de Electrónica debe estar conectado a la entrada 4 del PLC, la dirección será: "I:0/4", esto indica que es el bit #4 en la palabra 0 del archivo de entrada I. El símbolo es SM\_SA2\_105 y la descripción: "Sensor Presencia Laboratorio de Electrónica"

El archivo O0 (Salida) el cual almacena el estado de los terminales de salida del controlador.

Figura 33. Modificar el archivo de datos en RSLOGIX



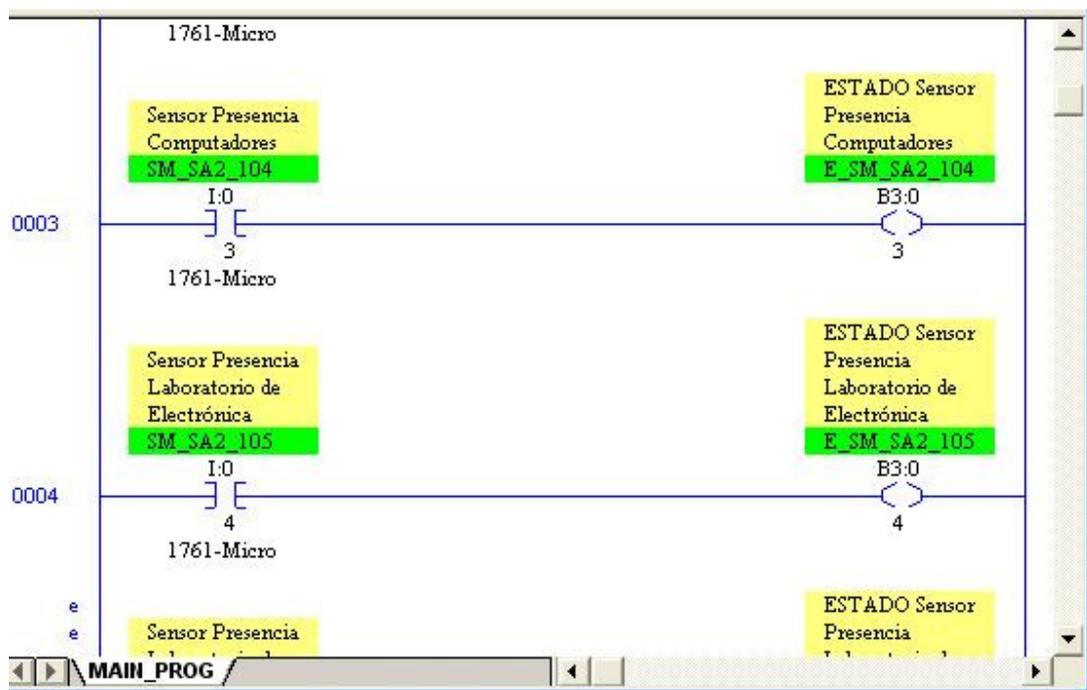
Este archivo nos permite definir cómo serán utilizadas las salidas del controlador Micrologix. Ya que este controlador tiene 12 salidas solo se tiene ese número de posibilidades, estas salidas van a controlar el encendido y apagado de la iluminación y de los aires acondicionados. Como son 6 laboratorios se tiene que la iluminación de los laboratorios de control, física mecánica, física eléctrica, computadores, electrónica y comunicaciones corresponden a las salidas 0,1,2,3,4,5 respectivamente y el Acondicionador de aire a las salidas 6,7,8,9,10,11, completando con esto las 12 salidas con que cuenta este controlador.

Archivo B3 (Binario), Guarda la lógica de relés interna. Los datos de este archivo pueden ser solamente 0 (Off) o 1 (On) y se utilizan principalmente para que el software de supervisión tenga un control sobre el PLC, definiéndose uno por cada entrada y salida.

Por último se escribe el programa principal utilizando la lógica de escalera.

De acuerdo al programa diseñado para el PLC se observa que primero prueba el estado de cada uno de los sensores asociados a la entrada y dependiendo de la señal que entreguen, el dato binario asignado a cada una de las entradas tendrá un valor 1 o 0. Así la entrada 4 corresponde al archivo Binario cuya dirección es B3:0/4, Si el sensor de movimiento asociado a esta entrada detecta la presencia de alguien, envía esa señal a la entrada del PLC colocando el dato binario de esa dirección en 1.

Figura 34. Estado de los sensores de presencia en RSLOGIX



## 6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para un adecuado manejo de los dispositivos es importante instruir a las personas encargadas de manejar todo este sistema de control, para que puedan utilizarlo óptimamente. Por tal razón se desarrollan estos manuales, que permiten a cualquier estudiante, profesor o persona interesada, poder manipularlos de una manera segura y realizar un mantenimiento adecuado.

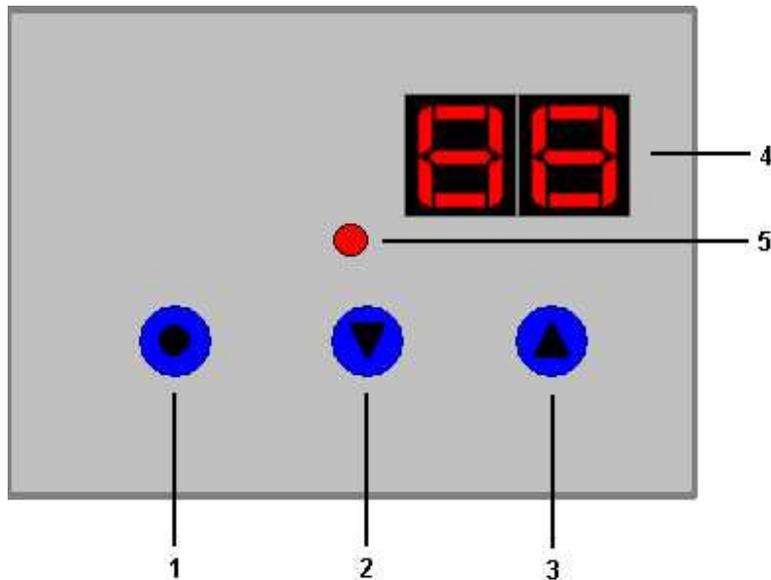
### 6.1 CONTROL DE TEMPERATURA

#### 6.1.1 Características.

Voltaje de alimentación:	110 Vac
Rango de temperatura:	0°C – 99°C
Temperatura de referencia mínima	:10°C
Temperatura de referencia máxima	:32°C

### 6.1.2 Localización y función de los controles.

Figura 35. Vista frontal del control de temperatura



1. **SetPoint.** Pulsador, que se encarga de grabar en la memoria del MICROCONTROLADOR PIC la temperatura de referencia.

2. **Abajo.** Pulsador que permite decrementar la temperatura de referencia. Temperatura Mínima de referencia = 10°C.

3. **Arriba.** Pulsador que permite incrementar la temperatura de referencia. Temperatura Máxima de referencia = 32°C

4. **Visualizador.** Displays de 7 segmentos que se encargan de mostrar la temperatura en grados centígrados.

5. **Led indicador de Modo.** Indica el modo de operación en que se encuentra el dispositivo.

**6.1.3 Modo de operación del dispositivo.** Este dispositivo tiene dos modos de operación:

1. **Modo de operación normal:** Led del panel frontal, permanece apagado. Los displays indican la temperatura actual en el laboratorio.
2. **Modo de operación de programación:** Led del panel frontal permanece encendido. Los displays indican la temperatura de referencia que se quiere grabar en memoria.

Para alcanzar este modo de operación, se debe pulsar el botón de setpoint una vez, el led debe encenderse, indicando este modo. En la pantalla de visualización aparece la temperatura de referencia actual. Si se quiere aumentar o disminuir esa temperatura, se deben emplear los pulsadores arriba, abajo, permitiendo con esto incrementar o disminuir esa temperatura de referencia. Al finalizar la selección de esta temperatura, se debe presionar nuevamente el botón de setpoint, grabándose el dato en la memoria EEPROM del MICROCONTROLADOR PIC, apagándose el led del panel frontal y cambiando al modo de operación a normal, donde se indica la temperatura actual del laboratorio.

**6.1.4 Instalación del dispositivo.** Se realizan 2 conexiones:

1. Alimentación. Se conectan los cables de alimentación a 110 Vac.

2. Control del aire a través de relé ubicado en el control de temperatura. Estos cables se conectan en paralelo con la gota de mercurio ubicada en el termostato (Reemplazan su funcionamiento).

## **6.2 MANUAL PLC**

El control de los laboratorios realizado a través del PLC comprende las siguientes etapas:

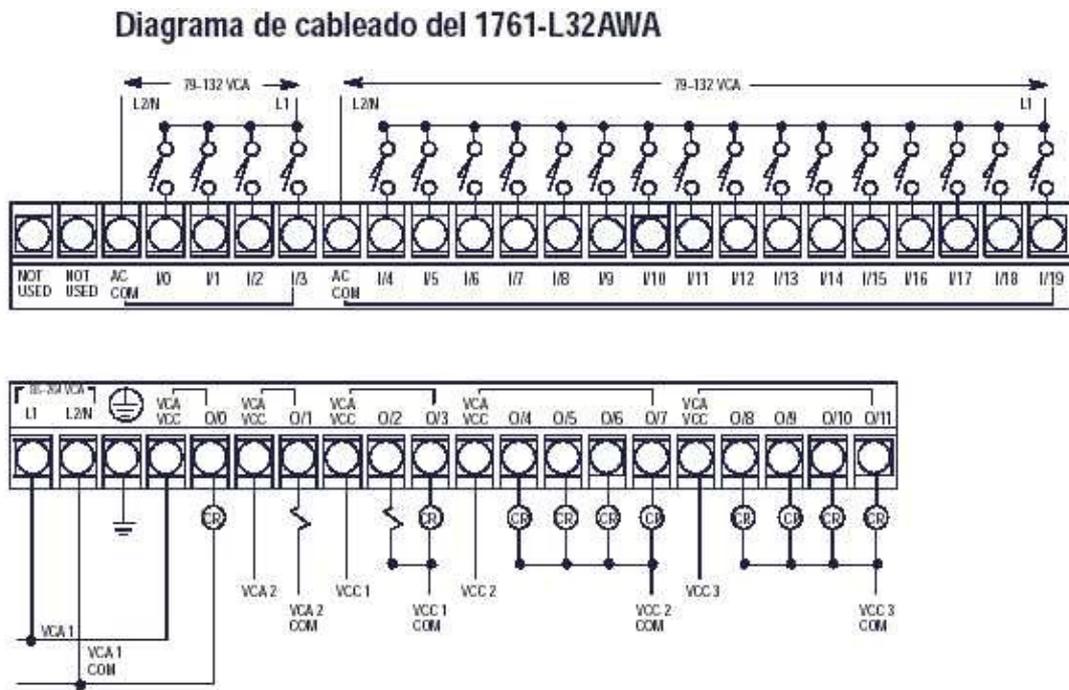
- MICROLOGIX 1000
- Interfaz de comunicación AIC+
- Computador con software de supervisión instalado.

### **6.2.1 Micrologix 1000. Características principales:**

32 I/O Digitales

**CABLEADO DEL SISTEMA.** En este diagrama se muestra la ubicación de las entradas, salidas y voltaje de alimentación del PLC. De acuerdo a este, se realizan las conexiones necesarias para que el dispositivo funcione adecuadamente.

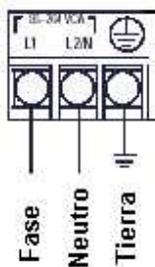
Figura 36. Diagrama de cableado del PLC



Fuente de alimentación. 120 Vac

Se utilizan las terminales L1,L2N y GND.

Figura 37. Conexión de la Alimentación del PLC



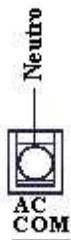
Las terminales indicadas como Vca/Vcc, se conectan todas a la fase.

Figura 38. Terminal conectada a la fase



Las terminales indicadas como AC COM, se conectan todas al neutro.

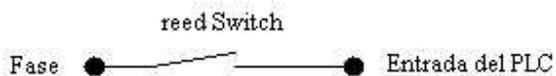
Figura 39. Terminal conectada al neutro



A las terminales de entrada del PLC, se conectan directamente los sensores presentes en los laboratorios (movimiento, puertas y ventanas).

Para los sensores de puertas y ventanas se realiza la misma conexión: uno de los terminales del reed switch se conecta a la fase y el terminal restante a la entrada que se escoja en el PLC.

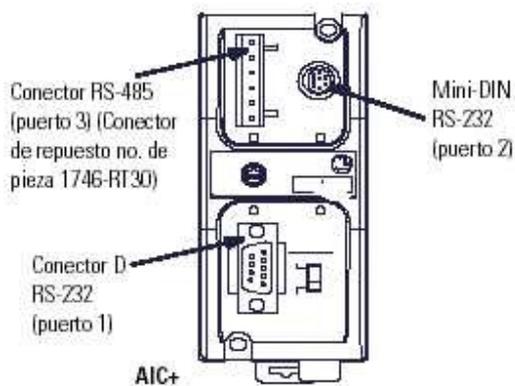
Figura 40. Conexión del Reed Switch al PLC



Los sensores de movimientos LEVINTON CAT No. 06800 utilizados, tienen el terminal de salida identificado con el color azul, este cable debe ser conectado directamente a la terminal de entrada respectiva del PLC.

**AIC+.** Este dispositivo permite la comunicación del PLC con el computador mediante la conexión entre el puerto serial del computador y el Conector D RS-232 del AIC+ (puerto 1). Este cable debe ser cruzado, es decir conectar la línea de transmisión con la de recepción (MODEM nulo).

Figura 41. AIC+



### 6.3 SOFTWARE DE SUPERVISIÓN

Requisitos:

- Windows 98/2000/XP
- Memoria: 64MB

**6.3.1 Funcionamiento.** El software de supervisión verifica en primera instancia si se puede establecer una conexión entre el PLC y el computador.

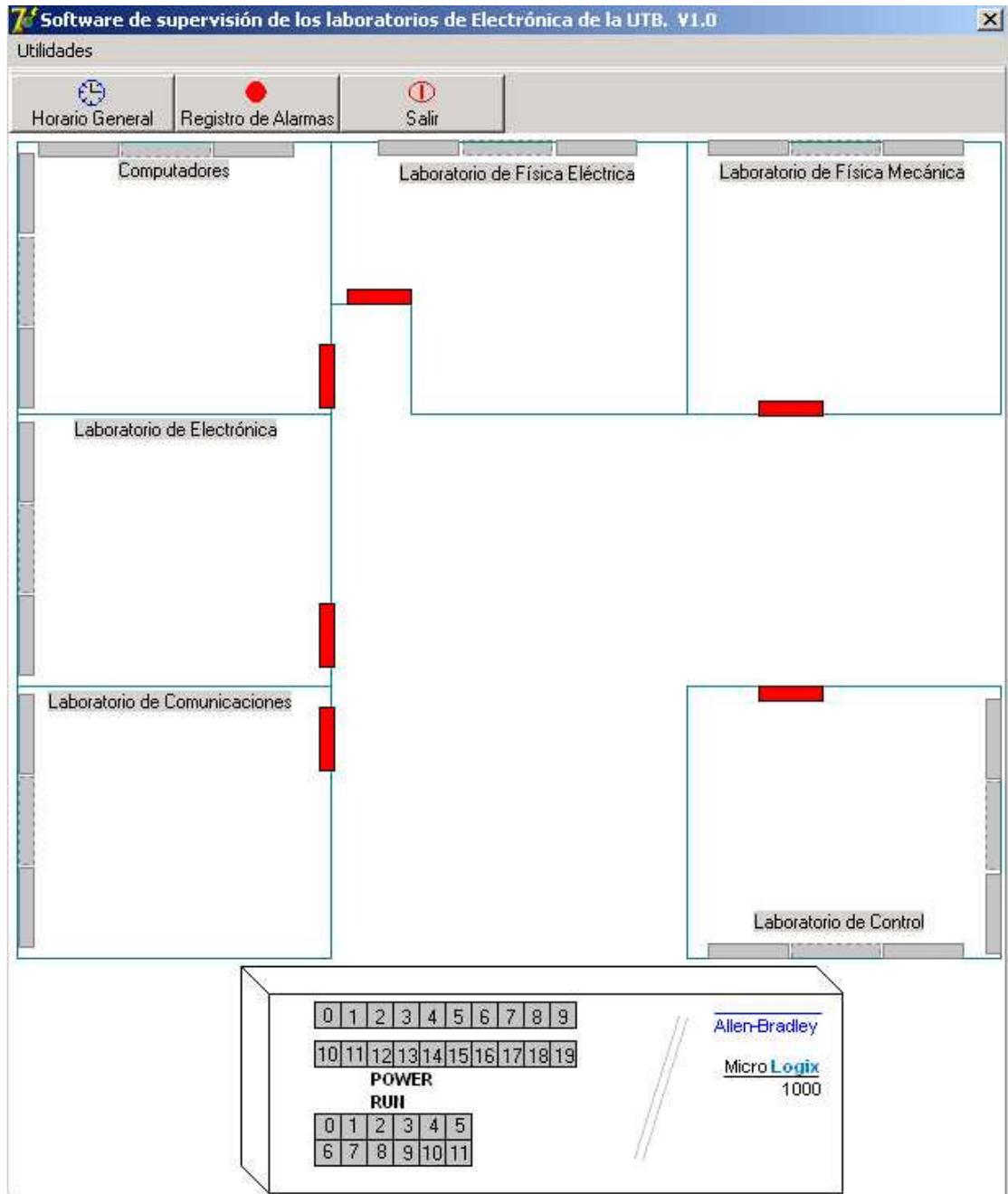
Figura 42. Verificando Comunicación entre el PLC y el computador



Si no se establece una comunicación, se debe verificar el estado del cable conectado y si está ubicado adecuadamente en ambos puertos.

Una vez establecida la comunicación se abre la ventana principal, donde se puede verificar el estado de todos los sensores, configurar el horario establecido para cada laboratorio y conocer el registro de las alarmas.

Figura 43. Ventana principal del software de supervisión



La ventana principal del software de supervisión consta de 3 elementos principales:

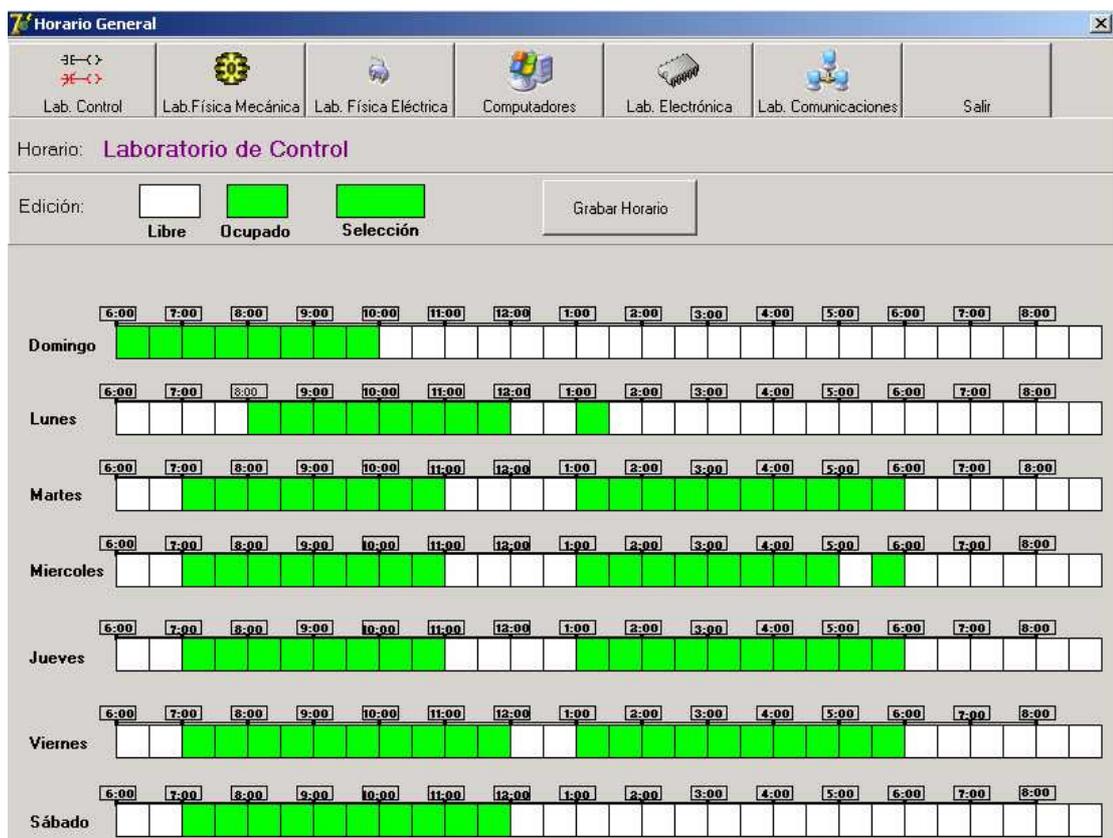
1. Menú principal
2. Visualización del estado de los sensores
3. Estado de los puertos del PLC

## 1. MENÚ PRINCIPAL

Ubicado en la parte superior, permite ingresar a las diferentes utilidades con que cuenta el programa.

**Horario General.** Permite configurar el horario de cada uno de los laboratorios.

Figura 44. Configuración del horario de los laboratorios



Para modificar un horario se deben realizar los siguientes pasos:

Seleccionar el laboratorio al cual se le van a realizar las modificaciones.

Figura 45. Selección del laboratorio



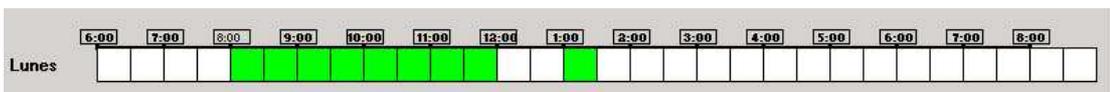
Un día está dividido en casillas de 30 minutos, comprendidas de 6 am, hasta las 9 pm, presentándose un total de 30 casillas. Una casilla libre se identifica con el color blanco y una casilla ocupada con el verde. Mediante el puntero del mouse, se escoge en el apartado de Edición el color deseado.

Figura 46. Selección del estado del laboratorio



Haciendo click en la casilla requerida se cambia su estado.

Figura 47. Horario establecido en el laboratorio



Los cambios efectuados se guardan con el botón "Guardar Horario"

## Registro de Alarmas

Cada activación de la alarma es registrada en una base de datos, esta ventana se encarga de mostrar un listado completo de todos estos eventos, indicando la hora, en que laboratorio y que tipo de sensor ocasionó la activación de esta alarma.

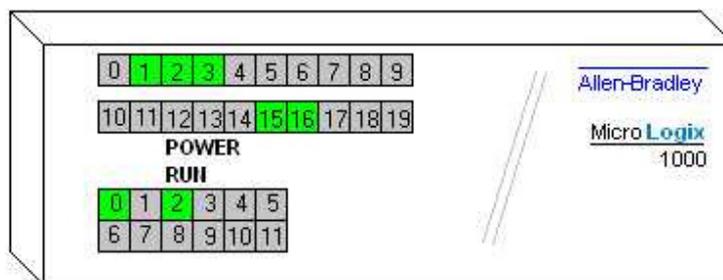
## 2. Visualización del estado de los sensores

Muestra en tiempo real el estado de cada uno de los sensores

## 3. Estado del puerto del PLC

El PLC posee leds indicadores colocados en su panel frontal que se activan o no dependiendo del estado de los puertos de entrada salida. Este gráfico se encarga de mostrar estos estados en tiempo real.

Figura 48. Panel frontal del PLC



## SALIR DEL PROGRAMA

Hacer click en el botón "Salir".

## CONCLUSIONES

El software de supervisión posee las siguientes características:

- El tiempo de respuesta del sistema puede variarse, ya que posee una temporización por software que se encarga de revisar cada uno de los estados de los sensores.
- Puede aplicarse fácilmente a otros laboratorios si se requiere, haciendo modificaciones pequeñas al código de programación.
- Posee una interfaz amigable que permite una fácil comprensión para cualquier tipo de operador.

La respuesta de los sensores en las puertas y ventanas tipo reed switch es inmediata, viéndose afectada solo por el tiempo de espera del software de supervisión.

En la respuesta de los sensores de movimiento se tiene en cuenta tanto el tiempo que se gradúa en el sensor como en el tiempo de espera del software de supervisión.

El sistema integral funciona de manera óptima y se hace el control completo de los laboratorios de Electrónica y de Computadores sin ninguna anomalía o perturbación.

Se realizó un manual de operación y mantenimiento, con el objeto de manipular de manera segura todos los dispositivos que integran el sistema de supervisión y

control, permitiendo la realización de un mantenimiento preventivo para lograr el buen funcionamiento de todo el sistema.

Debido al alto costo que implicaría el montaje en todos los laboratorios de Electrónica de la UTB, se decide aplicar este sistema al laboratorio de Electrónica y Computadores. De esta manera se abre la puerta para que otros estudiantes puedan terminar de implementarlo en los demás laboratorios o donde juzguen sea necesario, siguiendo las pautas expuestas y optimizar algunos aspectos del trabajo si es posible.

## BIBLIOGRAFIA

ANGULO, José Maria Y ROMERO VESA, Susana Y ANGULO, Ignacio. Diseño Practico Con Microcontroladores Para Todos. 1ª ed. Madrid: Thomson Paraninfo, S.A., 2004. 263 p.

ANGULO MARTINEZ, Ignacio Y ANGULO USATEGHI, José Maria. Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de Aplicaciones. 1ª Parte. 3ª ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2003. 358 p.

BONILLA ALDANA, Leonardo, LICERO GUALDRON, Eliecer Dario, SALAS ROMERO, Vanesa Victoria. Diseño del Sistema de Monitoreo de Iluminación y Ventilación de la CUTB. Cartagena, 2000, 273 p. Trabajo de grado. (Ingeniería Electrónica y de Sistemas). Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería de Sistemas.

CANTU, Marco. La Biblia De Delphi 7. 1ª ed. Madrid: Anaya Multimedia-Anaya Interactiva, 2003. 1184 p.

CHARTE OJEDA, Francisco. Delphi 7 (Guías Prácticas). 1ª ed. Madrid: Anaya Multimedia-Anaya Interactiva, 2003. 673 p.

CORNELL, Gary. Programación en Delphi. 1ª ed. Aravaca: Interamericana de España, S.A., 1999. 296 p.

HARMON, Eric. Programación Como en Delphi. 1ª ed. Alcobendas: Danysoft, 2001 460 p.

MALONEY, Timothy. Electrónica Industrial Moderna. 3ª ed. México. Prentice Hall. 2001 845 p.

MICROCHIP. <http://www.microchip.com> .2005

PALLAS-ARENY, ramón. Sensores Y Acondicionadores de señal. 4ª ed. Barcelona: Marcombo, S.A., 2003. 479 p.

Tdf1: Connection to Allen Bradley PLC via RS232.  
<http://www.tuxplc.net/index.php?show=tdf1> . 2002

## ANEXO A. Características del Sensor Cat No. 6800

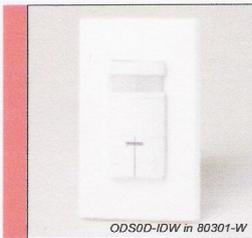
**COMMERCIAL**  
SPECIFICATION GRADE

### Occupancy Sensor Lighting Controls

**LEVITON**  
Building a Connected World



ODS15-IDW in 80301-W



ODS00-IDW in 80301-W

#### Decora® Wall Switch Infrared Occupancy Sensor (Incandescent or Fluorescent)

DESCRIPTION	CAT. NO.	RATING	COLOR
Decora Wall Switch Infrared Occupancy Sensor	ODS15-ID (formerly 6768)	Fluorescent: 1800VA @ 120V, 4000VA @ 277V, Incandescent: 1800W @ 120V, Motor: 1/4 HP @ 120V	I, W, G, A
Decora Wall Switch Infrared Occupancy Sensor	ODS10-ID (formerly 16775)	Incandescent: 900W @ 120V, Fluorescent: 1200VA @ 120V, 2700VA @ 277V, For 60 Hz AC only, Motor: 1/4 HP @ 120V	I, W, G, A

#### Dual-Relay Decora® Wall Switch Infrared Occupancy Sensor

DESCRIPTION	CAT. NO.	PHOTOCELL CONTROL OPTIONS PER RELAY	RATING	COLOR
Dual-Relay Decora Wall Switch Infrared Occupancy Sensor	ODS00-ID (formerly 6772)	Default Setting: Conference Room Mode Both Primary and Secondary Relays respond to Ambient Light Override. Alternate Setting: Classroom Mode Primary Relay only responds to Ambient Light Override.	Primary Relay: Fluorescent: 1200VA @ 120V, 2700VA @ 277V, Incandescent: 800W @ 120V, Secondary Relay: Fluorescent: 800VA @ 120V, 1200VA 277V, Incandescent: 800W @ 120V	I, W, G, A

**GP GENERAL**  
PURPOSE GRADE

#### Motion-Activated Wall Switch Lighting Control

DESCRIPTION	CAT. NO.	RATING	COLOR
Single-Pole & 3-Way 180° Motion Activated Light Control (PIR)	6800	Incandescent: 500W, Fluorescent: 500VA @ 120V AC, 60 Hz, Motor: 1/6 HP, 120V AC	I, W, A

#### Decora® Infrared Wall Switch Occupancy Sensors

DESCRIPTION	CAT. NO.	RATING	COLOR
Single-Pole Motion Activated Light Control, 150° Field-of-View	6791	Incandescent: 500W, Fluorescent: 400VA @ 120V AC	I, W
3-Way Motion Activated Light Control, 150° Field-of-View	6793	Incandescent: 500W, Fluorescent: 400VA @ 120V AC	I, W
Single-Pole Motion Activated Light Control, 110° Field-of-View	6780	Incandescent: 300W @ 120V AC	I, W

All devices are UL Listed and CSA Certified.

#### SPECIFICATIONS & FEATURES

##### Decora Wall Switch Infrared Occupancy Sensor (ODS15-ID)

- For use in small offices, conference rooms, class rooms, stock rooms, loungers, restrooms, warehouses & commercial areas
- Exclusive automatic "Walk-Through" sensing increases energy savings by shutting lights within 2 1/2 minutes after momentary occupancy
- Self-adjusting delayed OFF-time interval compensates for real-time occupancy patterns, preventing unnecessary ON/OFF switching
- 180° field of view, 2100 sq. ft. of coverage

##### Dual-Relay Decora Wall Switch Infrared Occupancy Sensor (ODS00-ID)

- Ideal for class rooms and conference rooms
- Exclusive automatic "Walk-Through" sensing
- Provides automatic switching for 2 separate banks of fluorescent, incandescent, or low-voltage lighting from a single unit
- Self-adjusting delayed OFF-time interval compensates for real-time occupancy patterns, preventing unnecessary ON/OFF switching
- 180° field of view, 2100 sq. ft. of coverage
- Ambient light override prevents these devices from switching lights ON when there is ample natural sunlight
- Push-button manual override is used to turn lights ON at any time, regardless of the override setting

##### Wall Switch Infrared Occupancy Sensor (ODS10-ID)

- For use in enclosed offices, storage rooms, copier rooms & closets
- One unit can be used for 120V or 277VAC 60Hz incandescent, low-voltage and fluorescent lighting with either magnetic or electronic ballasts, and motor loads.

- 180° field of view
- Fits in standard wallbox; gangable
- Delayed-off time setting (30 seconds - 30 minutes)
- Elegant Decora styling; uses Decora wallplate

#### TESTING & CODE COMPLIANCE

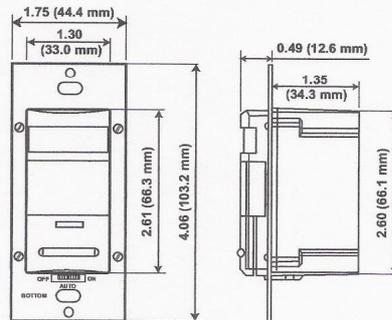
- UL Listed (File #E-118904)
- Cat. No. ODS00-ID is CUL/US Certified
- CSA Certified (File #LR-91148M)
- NOM Certified (#657)
- Conforms to California Title 24 Energy Code
- Backed by a Limited Five-Year Warranty

#### COLOR

Colors available as listed, add suffix to catalog number as follows: Ivory (-I), White (-W), Gray (-G), Almond (-A).

#### MATERIAL CHARACTERISTICS

Operating Temperature: 0°C to 50°C  
Storage Temperature: -10°C to 85°C  
Relative Humidity: 20% to 90% non-condensing



Cat. No. ODS15-ID

P3

For answers to technical questions, call Leviton's Techline at 1-800-824-3005 ...Building a Connected World

## ANEXO B. Características del Relé Lovato

Referencia	:TRP6932
Alimentación de la bobina	:110 VAC
Número de Pines	:10
Número de contactos	:3 Polos
Corriente de contactos	:11 A máx
Voltaje de contactos	:250 V
Carga	:2000 VA

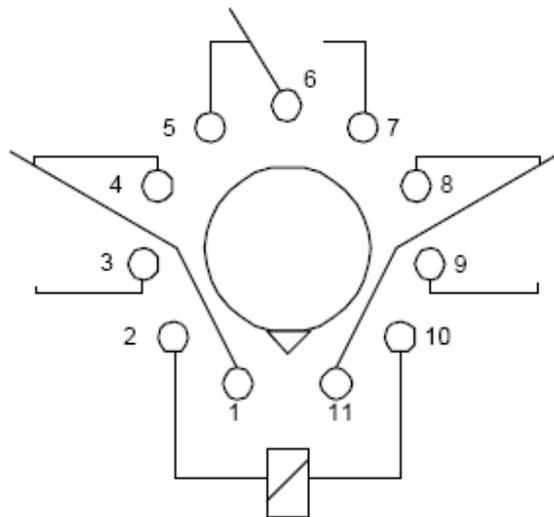


Diagrama de pines del relé Lovato

## ANEXO C. LM35



November 2000

# LM35

## 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  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  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  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged 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-220 package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  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  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Typical Applications

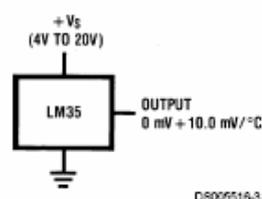
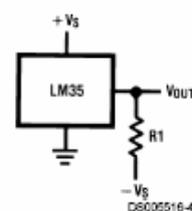


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

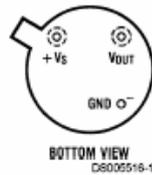


Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

## Connection Diagrams

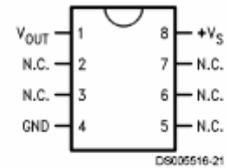
**TO-46  
Metal Can Package\***



\*Case is connected to negative pin (GND)

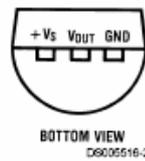
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or  
LM35DH  
See NS Package Number H03H

**SO-8  
Small Outline Molded Package**



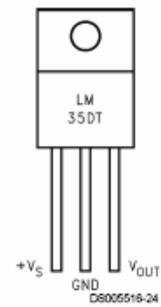
N.C. = No Connection

**TO-92  
Plastic Package**



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

**TO-220  
Plastic Package\***



\*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F