

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“Diseño e Implementación del Sistema de Control y  
Adquisición de Datos por puerto USB para la  
Estación Neumática PN-2800 del Laboratorio de  
Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército”

AUTOR:

Héctor Daniel Chancusi Calero

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2005

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor Héctor Daniel Chancusi Calero, como requisito parcial para la obtención del título en INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

---

Ing. Hugo Ortiz.

DIRECTOR

---

Ing. Víctor Proaño.

CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios que me ha ayudado, me ha brindado fortaleza y me ha guiado tanto en los buenos como en los malos momentos de mi vida.

A mis queridos Padres quienes me han dado su apoyo incondicional, su amor y su confianza lo cual me motiva a crecer y superarme como ellos.

A mis Amigos que han sido sobre todo un apoyo. Gracias por su cordialidad y afecto que han hecho que se manifieste lo mejor de mí.

También quiero agradecer a mis Profesores que con sus conocimientos y su inteligencia nos han dado lo necesario para enfrentar la vida profesional y salir adelante.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis Padres y a mi Hermano. Gracias a su apoyo y su ejemplo he sabido encontrar mi camino y mi rumbo cuando he estado extraviado y ofuscado. Por Ustedes he llegado a ser lo que soy.

## PRÓLOGO

El presente proyecto titulado “Diseño e implementación del Sistema de Control y Adquisición de Datos por puerto USB para la Estación Neumática PN-2800 del Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército” tiene por objetivo realizar un enfoque distinto en lo correspondiente al control y procesamiento de datos para la Estación Neumática PN-2800 puesto que el dispositivo a utilizarse es una Tarjeta de Adquisición de Datos por puerto USB, en sustitución del PLC que realizaba dicha tarea anteriormente. Así se realizará una modernización de los elementos empleados en el proceso de control, ya que los dispositivos por puerto USB son fáciles de conectar, de configurar y tienen una alta velocidad de transmisión de datos. Del mismo modo permitirá su uso con programas ampliamente conocidos como son LabVIEW, Matlab y Visual C++, lo que brindará acceso al uso de nuevas herramientas de software que antes, con el uso exclusivo del PLC, no eran posibles de implementar.

Además el presente proyecto hace énfasis en la factibilidad de su implementación y así demostrar que es posible acoplar satisfactoriamente dispositivos comunes de computadoras ordinarias a procesos industriales y técnicos más complejos y sofisticados, ampliando así su capacidad de uso y de análisis de datos.

Por otro lado en este proyecto se realizará una actualización de los dispositivos, mecanismos y software empleados en el proceso de control para permitir una mejor integración a futuros computadores y nuevas herramientas de control, ya que el puerto USB es un puerto de conexiones ampliamente difundido en la actualidad y de muchas posibilidades de expansión y de adaptación que a futuro será aún más empleado no solo por dispositivos de hardware sino por nuevos programas, software de control y sistemas operativos.

Así mismo el desarrollo de éste proyecto permitirá la recuperación del PLC actualmente utilizado en la Estación Neumática PN-2800 que añadido a la Tarjeta de Adquisición por Puerto USB se convertirán en herramientas didácticas para el uso y beneficio de la Facultad, lo que se será un aporte a la Institución en nuevas aplicaciones para prácticas de enseñanza y proyectos de los estudiantes.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
PRÓLOGO	V
ÍNDICE	VII
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO.....	1
1.2 ALCANCE.....	3
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	6
2.1.1 Computadora.....	7
2.1.2 Armario Eléctrico.....	8
2.1.3 Entrada Neumática.....	9
2.1.4 Válvulas Restrictoras.....	9
2.1.5 Controlador Lógico Programable – PLC.....	9
2.1.6 Electroválvulas.....	10
2.1.7 Actuadores.....	10
2.1.8 Manipuladores.....	11
2.1.8.1 Manipulador de Cilindros.....	11
2.1.8.2 Manipulador de Pallets.....	12
2.1.9 Almacenes de Materia Prima.....	13
2.1.9.1 Almacén de Cilindros.....	13
2.1.9.2 Almacén de Prismas.....	14
2.1.9.3 Almacén de Pallets.....	15
2.1.9.4 Almacén de Material Defectuoso.....	16
2.1.10 Sensores.....	17
2.2 PUERTO USB.....	18

2.2.1 Conectores de Puerto USB.....	19
2.2.2 Cable USB.....	21
2.2.2.1 Colores Internos del Cable USB.....	21
2.2.2.2 Características del Cable USB.....	22
2.2.3 Funcionamiento del Puerto USB.....	22
2.3 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	23
2.3.1 Características Generales.....	24
2.3.2 Diagrama de Bloques de la PMD-1208LS.....	25
2.3.3 Características del Software.....	26
2.3.4 InstaCal y Universal Library.....	26
2.3.5 Universal Library for LabVIEW.....	26
2.3.6 Dispositivo de Interfase Humana (HID).....	27
2.3.7 Componentes del Hardware de la Tarjeta PMD-1208LS.....	27
2.3.8 Componentes del Software de la Tarjeta PMD-1208LS.....	28
2.3.9 Componentes Externos.....	28
2.3.9.1 Conector USB.....	29
2.3.9.2 Led.....	29
2.3.10 Conexión de los Terminales.....	30
2.3.10.1 Pines 1 – 20.....	30
2.3.10.2 Pines 21 – 40.....	31
2.3.11 Conector Principal y Pines de Salida.....	31
2.3.12 Terminales de Entradas Análogas (CH0 IN – CH7 IN).....	33
2.3.13 Configuración Individual.....	33
2.3.14 Medidas en Modo Individual usando Canales Diferenciales.....	34
2.3.15 Configuración Individual.....	34
2.3.16 Terminales Digitales de Entrada/Salida (PortA0 a Port A7 y PortB0 a PortB7).....	37
2.3.17 Terminal de VCC.....	38
2.3.18 Terminales de Tierra.....	39
2.3.19 Terminal de Calibración.....	39
2.3.20 Terminal Contador.....	39
2.3.21 Análisis de Universal Library for LabVIEW.....	40
2.3.22 Revisión de las Funciones Digitales.....	40
2.3.22.1 DBitIn.VI.....	40
2.3.22.2 DBitOut.VI.....	42
2.3.22.3 DCfgPort.VI.....	43
2.3.22.4 DIn.VI.....	44



2.3.22.5 DOut.VI.....	44
2.3.22.6 ErrMsg.VI.....	45
<b>CAPÍTULO III DISEÑO DEL HARDWARE.....</b>	<b>47</b>
3.1 CRITERIOS DE INTEGRACIÓN.....	47
3.1.1 Señales de Salida.....	48
3.1.1.1 Circuito Demultiplexador.....	48
3.1.1.2 Circuito Controlador de Datos.....	50
3.1.1.3 Resistencias para fijar en Bajo (Pull Down).....	53
3.1.1.4 Circuito de Activación a 24 V.....	54
3.1.1.5 Transistores Bipolares.....	55
3.1.2 Señales de Entrada.....	57
3.1.2.1 Circuito Reductor de Voltaje.....	59
3.1.2.2 Circuito Demultiplexador.....	60
3.1.2.3 Circuito Contador.....	62
3.1.2.4 Circuito de Reset.....	65
3.1.2.5 Circuito de Reloj.....	66
3.1.2.6 Circuito Selector de Datos.....	68
3.2 INTERCONEXIÓN ENTRE LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS Y LA ESTACIÓN NEUMÁTICA.....	71
3.2.1 Conexión PC – PMD-1208LS.....	72
3.2.2 Conexión PMD-1208LS – Circuito Entradas/Salidas.....	72
3.2.3 Conexión Circuito Entradas/Salidas – Estación Neumática.....	75
3.2.4 Conexiones Eléctricas para los Actuadores en la Estación Neumática.....	78
3.2.5 Conexiones Eléctricas para los Sensores en la Estación Neumática.....	79
3.2.6 Placa de Borneras.....	84
3.2.7 Placa del Circuito de Entradas/Salidas.....	87
<b>CAPITULO IV DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI.....</b>	<b>89</b>
4.1 CRITERIOS DEL SOFTWARE SELECCIONADO PARA WINDOWS.....	89
4.1.1 Universal Library.....	89
4.1.2 Universal Library para LabVIEW.....	90
4.1.3 Selección del Software HMI.....	91
4.1.4 LabVIEW 7.1.....	92

4.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PRINCIPAL.....	93
4.2.1 Configuración de la Tarjeta PMD-1208LS.....	93
4.2.2 Pantalla Principal.....	94
4.2.3 Manipulador de Pallets.....	97
4.2.3.1 Programación de los Actuadores.....	99
4.2.3.2 Programación de los Sensores.....	103
4.2.3.3 Programa Manipulador de Pallets.....	108
4.2.4 Manipulador de Cilindros.....	109
4.2.4.1 Programación de los Actuadores.....	111
4.2.4.2 Programación de los Sensores.....	113
4.2.4.3 Programa Manipulador de Cilindros.....	117
4.2.5 Rampas.....	118
4.2.5.1 Programa para el control de las Rampas.....	120
<b>CAPÍTULO V SISTEMA DE SUPERVISIÓN.....</b>	<b>121</b>
5.1 CÁMARA WEB DE VIDEO.....	121
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN.....	122
5.3 INCLUSIÓN AL PROGRAMA PRINCIPAL.....	123
5.3.1 VideoOCX.....	124
5.3.2 Sistema de Supervisión.....	126
<b>CAPÍTULO VI PRÁCTICAS.....</b>	<b>130</b>
6.1 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS.....	130
6.1.1 Operación en Serie del Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets.....	131
6.1.1.1 Objetivos.....	131
6.1.1.2 Enunciado.....	132
6.1.1.3 Equipo Necesario.....	132
6.1.1.4 Procedimiento.....	132
6.1.1.5 Consideraciones.....	132
6.1.2 Operación del Manipulador de Cilindros.....	133
6.1.2.1 Objetivos.....	133
6.1.2.2 Enunciado.....	133
6.1.2.3 Equipo Necesario.....	133
6.1.2.4 Procedimiento.....	134

6.1.2.5 Consideraciones.....	134
6.1.3 Operación en Serie del Alimentador de Pallets, Alimentador de Prismas y el Manipulador de Pallets.....	134
6.1.3.1 Objetivos.....	134
6.1.3.2 Enunciado.....	135
6.1.3.3 Equipo Necesario.....	135
6.1.3.4 Procedimiento.....	135
6.1.3.5 Consideraciones.....	136
6.1.4 Operación en Serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets.....	136
6.1.4.1 Objetivo.....	136
6.1.4.2 Enunciado.....	137
6.1.4.3 Equipo Necesario.....	137
6.1.4.4 Procedimiento.....	137
6.1.4.5 Consideraciones.....	138
6.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.....	138
6.2.1 Operación en Serie del Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets.....	142
6.2.1.1 Enunciado.....	142
6.2.1.2 Procedimiento.....	142
6.2.1.3 Implementación.....	143
6.2.1.3.1 Algoritmo.....	143
6.2.1.3.2 Programación en LabVIEW.....	144
6.2.2 Operación del Manipulador de Cilindros.....	148
6.2.2.1 Enunciado.....	148
6.2.2.2 Procedimiento.....	148
6.2.2.3 Implementación.....	148
6.2.2.3.1 Algoritmo.....	149
6.2.2.3.2 Programación en LabVIEW.....	150
6.2.3 Operación en Serie del Alimentador de Pallets, Alimentador de Prismas y el Manipulador de Pallets.....	153
6.2.3.1 Enunciado.....	153
6.2.3.2 Procedimiento.....	153
6.2.3.3 Implementación.....	154
6.2.3.3.1 Algoritmo.....	154
6.2.3.3.2 Programación en LabVIEW.....	155
6.2.4 Operación en Serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el	

Manipulador de Pallets.....	159
6.2.4.1 Enunciado.....	159
6.2.4.2 Procedimiento.....	159
6.2.4.3 Implementación.....	159
6.2.4.3.1 Algoritmo.....	160
6.2.4.3.2 Programación en LabVIEW.....	162
<b>CAPÍTULO VII PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>166</b>
7.1 PRUEBAS.....	166
7.2 RESULTADOS.....	168
<b>CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>171</b>
8.1 CONCLUSIONES.....	171
8.2 RECOMENDACIONES.....	173
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1: Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS	
Anexo 2: Diagrama Esquemático del Circuito de Entradas/Salidas	
Anexo 3: Diagrama del Ruteado para la Placa del Circuito de Entradas/Salidas	

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 OBJETIVO

El campo de la automatización en la industria está en constante desarrollo debido a la necesidad de que la elaboración de materiales se la realice de una manera más eficiente y a menor costo. Es así que surgen nuevas maquinarias y dispositivos con el fin de facilitar la tarea del usuario y mejorar la manufactura misma. Esta evolución involucra directamente al campo de la Ingeniería Electrónica, y sin duda también a la parte de Automatización y Control. Es por esto que la Facultad de Ingeniería Electrónica de la ESPE debe estar siempre al día en cuanto a avances tecnológicos se refiere.

Sin embargo el mantenerse actualizado significa realizar cambios, modernizaciones y renovaciones de equipo ya existente, y muchas veces también significa nuevas adquisiciones no solo en lo referente a material y equipos, sino también en ideas y conceptos que reemplacen a los anteriores, siempre con miras de mejorar y facilitar las tareas de modo que se conviertan en procesos eficientes y de alto rendimiento.

En el Laboratorio de Robótica de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército funciona la Estación Neumática PN-2800 que es una estación dedicada al almacenamiento y a la clasificación de materia prima. Esta Estación utiliza un controlador lógico programable (PLC) tipo Modicon 984 – 130 para controlar todas sus operaciones y para la adquisición y procesamiento de datos. En lo referente al software, la Estación es monitoreada y controlada desde una computadora por una Interfaz Hombre – Máquina (HMI) la cual está implementada en el programa Lookout.

Desde la fecha en que se instaló esta Estación en el laboratorio no solo han cambiado el tipo de computadoras de uso cotidiano, sino también sus componentes y su tecnología, con lo que han aparecido nuevas innovaciones en todo campo, esto incluye los puertos de entrada – salida que manejan las computadoras.

Es así que en los últimos tiempos aparece el puerto USB (Universal Serial Bus), el cual es un nuevo tipo de puerto de bus de entrada – salida que permite conectar una serie de dispositivos tales como impresoras, escáneres, cámaras de fotos, etc. con una velocidad de datos mucho más rápida que un puerto serial o convencional.

De este modo, para continuar al ritmo de avance de la tecnología, se propone como objetivo actualizar la Estación Neumática PN-2800 para que el control, supervisión y la adquisición de datos a la computadora sea a través de un puerto USB, lo cual garantizará que la Estación Neumática pueda seguir funcionando con las nuevas computadoras de hoy en día, tanto por el hardware (el puerto USB) como por el software, ya que los sistemas operativos cambian continuamente, y siendo el puerto USB un nuevo puerto se tiene la seguridad de que los actuales sistemas operativos y los próximos a venir trabajen con este puerto.

Al actualizar la entrada y salida de datos entre la Estación Neumática y la computadora se requiere también un cambio en el dispositivo mismo que realice esta tarea. Tanto por presupuesto, como por facilidad de uso se ha decidido que esta tarea la realice una Tarjeta de Adquisición de Datos que se conecte a la computadora por medio del puerto USB, ya que un dispositivo como este es lo suficientemente robusto para realizar esta tarea, y su costo en el mercado es accesible.

Como una Tarjeta de Adquisición de Datos no es un dispositivo orientado al control de equipo de la magnitud de la Estación Neumática PN-2800, es imprescindible implementar electrónicamente una etapa de potencia para la integración entre la Tarjeta y la Estación, para lo cual se realizará un estudio para que al final del proyecto quede asegurado un buen funcionamiento del equipo en conjunto.

Al actualizar el hardware controlador de la Estación Neumática, se hace necesario también renovar el software para asegurar un óptimo funcionamiento de la Tarjeta de

Adquisición de Datos y poder aprovechar al máximo toda su capacidad. Es por eso que se implementará una nueva Interfaz Hombre – Máquina (HMI) lo que también contribuye a asegurar que este proyecto funcione no solo en las computadoras actuales, sino también en las futuras, en cuanto a sistema operativo se refiere.

Además de estos cambios se añadirá un sistema de supervisión desde la Estación hacia la computadora por medio de una Cámara Web de Video, la cual también funcionará a través de un puerto USB, lo cual dará un valor agregado al presente proyecto.

Finalmente se realizarán prácticas de aplicación orientadas a la enseñanza del funcionamiento del nuevo sistema de Control y Adquisición de Datos implementado, para que los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército puedan actualizar y poner en práctica sus conocimientos.

## **1.2 ALCANCE**

Para el presente proyecto se requiere la compra de una tarjeta de adquisición de datos, previo un análisis de costo – beneficio en el mercado y la elección de una que sea suficiente para lograr una satisfactoria implementación sin la necesidad de complejos sistemas de adaptación.

Para realizar el nuevo sistema de Control y Adquisición de Datos en la Estación Neumática PN-2800 se requiere que ésta opere dentro de ciertos parámetros para que se considere un funcionamiento normal. Sin embargo, la Estación ha pasado cierto tiempo sin usarse y cabe la posibilidad de que se necesiten realizar ajustes y reparaciones para llevarla dentro de los parámetros de normalidad.

Para esto se realizará un minucioso análisis del estado actual de la Estación Neumática, y si es necesario, se llevarán a cabo las reparaciones necesarias. Sin embargo, estas reparaciones serán hechas de tal forma que la Estación pueda cumplir con su funcionamiento, siendo realizadas las reparaciones de la manera más fácil y menos costosa. Y si la reparación llegara a complicarse o ser demasiado exhaustiva, se optará por soluciones alternativas para que la Estación siga operando y pueda cumplir con el objetivo de realizar la alimentación y clasificación de materia prima según parámetros definidos,

aún si esto implica cambios en hardware o en el proceso mismo de alimentación y clasificación.

Como es necesario un sistema de integración entre la Tarjeta de Adquisición de Datos y la Estación Neumática para acoplar las distintas señales de entrada y de salida que se manejarán, se realizará un estudio previo por medio del cual se asegurará un buen funcionamiento tanto entre los equipos que sean necesarios implementar como en la Estación misma. Sin embargo entre las distintas opciones que se presenten se optará por el medio más económico pero a la vez fácil de implementar, siempre asegurando que el funcionamiento sea el adecuado.

Se desarrollará una nueva Interfaz Hombre – Máquina, cuya programación garantizará que el usuario será capaz de controlar los actuadores necesarios para permitir que la Estación Neumática sea autónoma en su funcionamiento, y que a su vez se pueda elegir un modo de funcionamiento manual para que los actuadores funcionen de una manera que sea segura y eficiente. En lo referente al software igualmente se seleccionará entre las distintas opciones uno económico, que no requiera de un computador complejo y sofisticado, pero que así mismo asegure un funcionamiento óptimo, sin necesidad de la adquisición de costosos paquetes de programación, sino mas bien que esté al alcance de cualquier estudiante de la Facultad, para que su entendimiento sea el mejor posible.

En lo referente al valor agregado del presente proyecto, y específicamente al Sistema de Supervisión por medio de una Cámara Web de Video, éste será un medio de inspección por el cual el usuario del HMI podrá encender y apagar según lo requiera la Cámara Web ubicada en la Estación Neumática para una verificación visual del proceso.

Las prácticas a desarrollarse para enseñanza de los alumnos de la Facultad serán las mismas prácticas propuestas por el fabricante, con excepción de una o dos adicionales que se desarrollarán en el presente proyecto debido a que el funcionamiento de la Estación Neumática será el mismo, lo que cambiará es el modo de procesar las señales hacia la computadora, pero el funcionamiento en sí no sufrirá alteración.



Finalmente se realizará la documentación necesaria que explique detalladamente el cambio realizado, la justificación para dichos cambios, el funcionamiento óptimo de los equipos integrados y la programación realizada para el HMI.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

La Estación Neumática PN-2800, mostrada en la Figura. 2.1., es un sistema de alimentación y clasificación de materia prima de acuerdo a necesidades predefinidas, que fue instalado en el Laboratorio de Robótica de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército en el mes de Mayo de 1995. La Estación tiene como función principal el recoger material, clasificarlo y colocarlo en un lugar determinado y es utilizada para el entrenamiento de los alumnos de la Facultad.

Por ser una estación neumática trabaja por medio de aire comprimido que circula a través de mangueras plásticas hasta llegar a los diferentes actuadores y manipuladores como pueden ser pinzas neumáticas o también cilindros de dos posiciones, los cuales por medio del aire comprimido realizan su función.

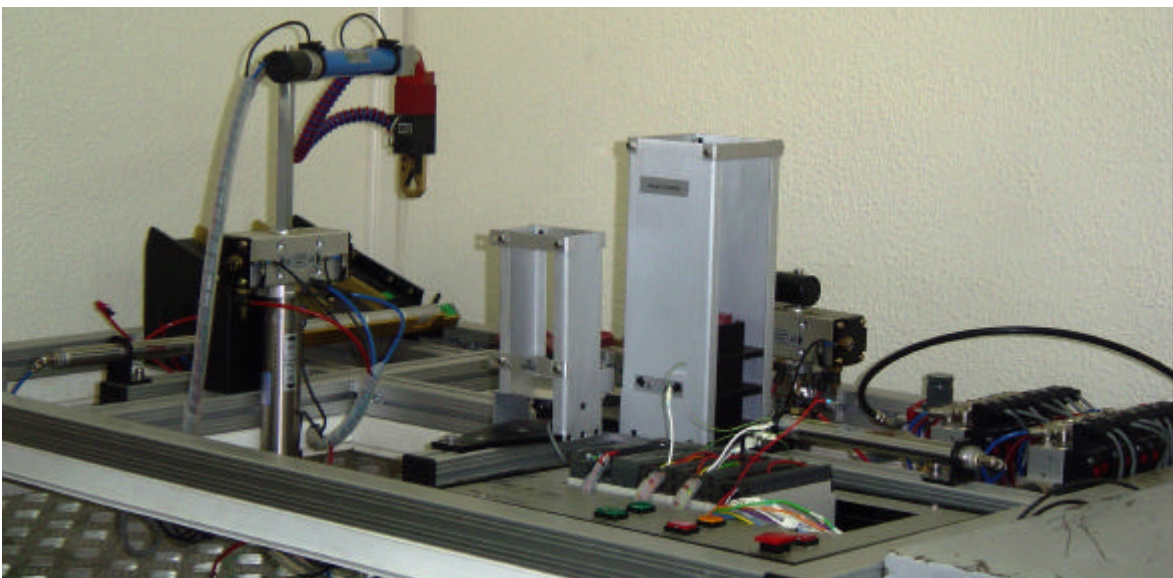


Figura. 2.1. Estación Neumática PN-2800

La Estación se alimenta de energía eléctrica de 120 V<sub>AC</sub> la cual es rectificadora y transformada en una fuente de 24 V<sub>DC</sub>. Este voltaje rectificado alimenta a las electroválvulas, a los sensores y al controlador lógico programable (PLC) tipo Modicon 984 – 130, que es el dispositivo encargado de realizar las operaciones de control de tareas y de adquisición de datos de toda la Estación PN-2800.

La Estación es monitoreada y controlada por medio de una Interfaz Hombre – Máquina (HMI) mediante el programa Lookout. Esto permite controlar los movimientos y verificar el estado de la estación mediante un computador.

Además en esta estación se realiza la programación a bajo nivel mediante el programa LModsoft que es un software para programar el PLC en lenguaje ladder. Toda la Estación Neumática PN-2800 se encuentra instalada sobre un armario metálico de dimensiones 1.35 m de largo x 0.90 m de ancho x 1.10 m de alto.

En la actualidad la Estación Neumática consta de las siguientes partes:

- Computadora.
- Armario Eléctrico.
- Entrada Neumática.
- Válvulas restrictoras.
- Controlador Lógico Programable PLC.
- Electroválvulas.
- Actuadores.
- Manipuladores.
- Almacenes de Materia Prima.
- Sensores.

### **2.1.1 Computadora**

Mediante la computadora se accede a la Estación Neumática sea por medio del HMI basado en Lookout para controlar los movimientos de la estación o para verificar el estado de la Estación, o mediante el programa LModsoft para programar directamente el PLC.

Todo este intercambio de información se lo realiza mediante un cable de 4 hilos que une la salida Modbus del PLC con el puerto serial RS-232 de la computadora.

En el Laboratorio de Robótica actualmente se utiliza un nuevo software de programación Ladder para el PLC. El software ProWorx cumple las mismas características de funcionamiento que LModsoft, pero cuenta con un ambiente mucho más gráfico ya que funciona bajo ambiente Windows e incluso puede usarse bajo Windows XP.

### 2.1.2 Armario Eléctrico

En el armario eléctrico se realizan todas las conexiones eléctricas entre el PLC y los componentes periféricos del sistema (figura. 2.2.). Aquí ingresa la alimentación de 120 V<sub>AC</sub> de la red eléctrica, y ésta es transformada y rectificada a 24 V<sub>DC</sub> para la alimentación del PLC y las electroválvulas.

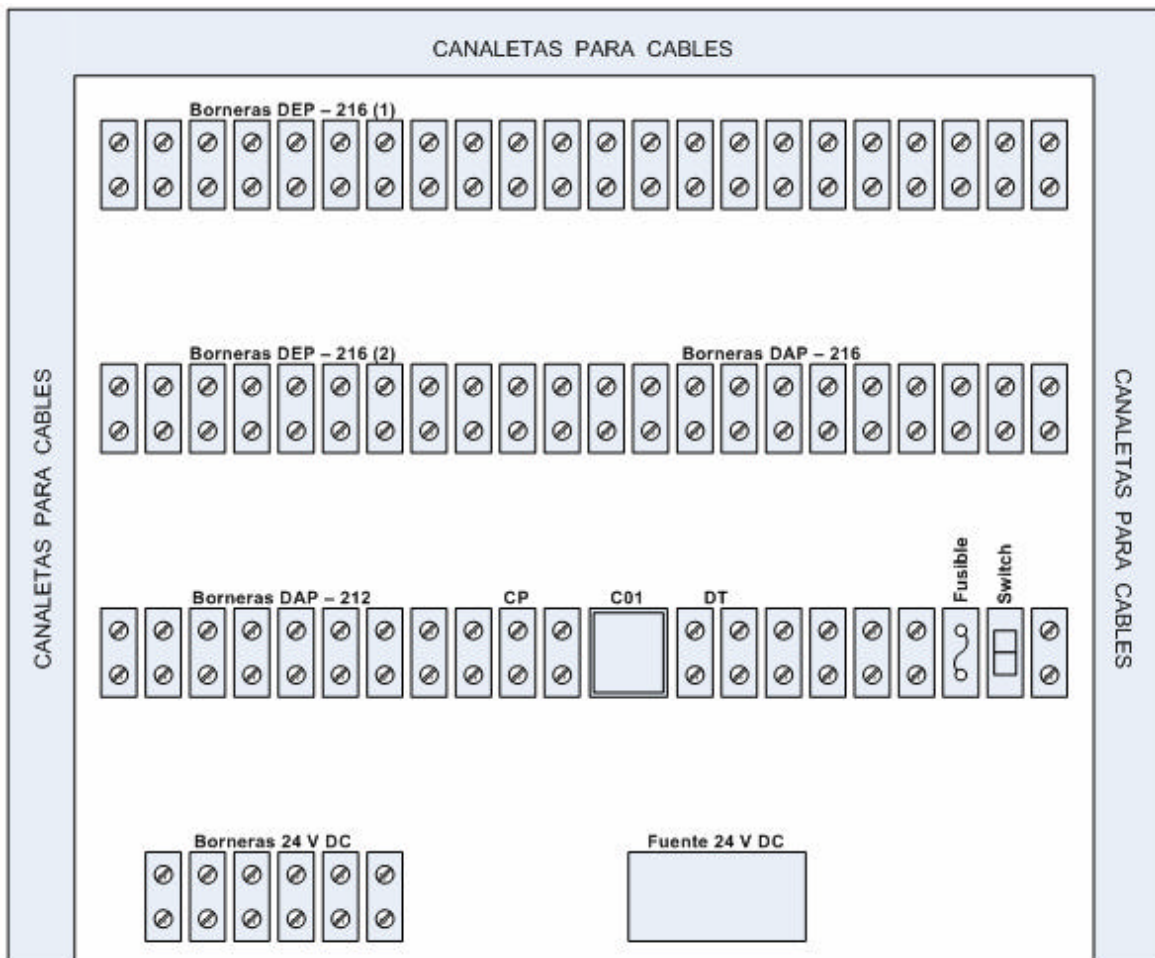


Figura 2.2. Armario Eléctrico de la Estación PN-2800

### **2.1.3 Entrada Neumática**

La entrada neumática de la Estación consta de un regulador de presión, un manómetro y una válvula manual. Por medio de ésta válvula se regula la presión del aire que ingresa, permitiendo variaciones de 1 a 6 bares. La presión se mide mediante un manómetro. Para un correcto funcionamiento la presión del aire no debe ser menor a 6 bares.

### **2.1.4 Válvulas Restrictoras**

Son válvulas de caudal de tamaño muy pequeño que constan de una aguja reductora que se mueve dentro de un asiento circular. Mediante este movimiento es posible modificar la superficie del punto más angosto a través del cual circula el aire, y así variar la presión del aire que fluye.

### **2.1.5 Controlador Lógico Programable – PLC**

El Controlador Lógico Programable (PLC) tipo Modicon 984 – 130 es el dispositivo que se utiliza para el control y monitoreo de la Estación Neumática PN-2800. El PLC está constituido por 2 módulos de entradas discretas DEP – 216 y 1 módulo de salida discreta DAP – 216. Cada módulo consta de 16 entradas o salidas respectivamente.

En los módulos de entrada DEP – 216 se reciben las señales de 24 V<sub>DC</sub> que envían los diferentes sensores de la Estación Neumática, así como el estado del panel de control.

Al módulo de salida DAP – 216 se conectan las electroválvulas, ya que este módulo es el encargado de activarlas y desactivarlas por medio del envío de señales de 24 V<sub>DC</sub>, y de este modo, controlar los diferentes actuadores y manipuladores de la Estación.

El PLC trabaja de acuerdo al programa que tenga guardado en su memoria, y controla toda la Estación interactuando con los módulos DEP y DAP. Los sensores proporcionan datos del estado de los almacenes, posición de los cilindros y actuadores y la presión del aire. Procesando toda esta información y de acuerdo a los parámetros requeridos envía señales de activación y desactivación a las electroválvulas y por medio de éstas se accionan los pistones de aire de los diferentes actuadores y manipuladores.

### 2.1.6 Electroválvulas

Son válvulas direccionales con solenoides de actuación directa de 2 posiciones, 4 vías y de accionamiento eléctrico (Figura. 2.3.). Cuando el solenoide es energizado mueve al pistón, haciéndolo cambiar de posición y de este modo cambia también el sentido del flujo del aire que circula a través de él. Si el solenoide es desenergizado, el pistón vuelve a la posición original y el flujo de aire que circula cambia también.

Los solenoides están conectados a las salidas del módulo DAP – 216 del PLC, de este modo mediante la computadora se controla la posición de los solenoides de las electroválvulas.

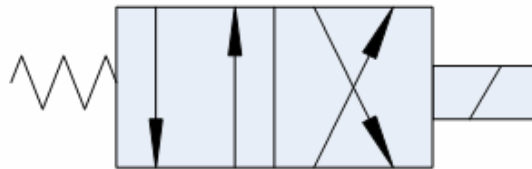


Figura 2.3. Representación esquemática de una Electroválvula

### 2.1.7 Actuadores

Los actuadores son cilindros neumáticos de doble efecto con pistones pequeños los cuales tienen una varilla de un lado. El aire comprimido puede entrar mediante dos vías, y dependiendo de por dónde ingrese el pistón se mueve extendiéndose o retrayéndose según sea el caso. La representación de un actuador se indica en la Figura. 2.4.

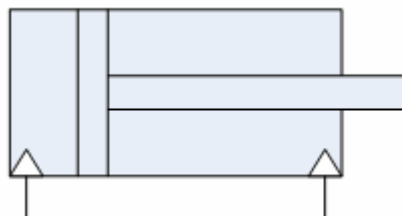


Figura 2.4. Representación esquemática de un Actuador

## 2.1.8 Manipuladores

Los manipuladores específicamente son brazos de robot los cuales han sido diseñados para mover materiales y piezas específicas mediante movimientos controlados y programados.

Al igual que los actuadores, los manipuladores también funcionan mediante aire comprimido. Están formados por elementos rígidos conectados en serie mediante articulaciones de revolución. Uno de los extremos del manipulador está fijo, mientras que el otro extremo está libre y equipado con un gripper para realizar la tarea de mover material o los pallets de una posición a otra.

Los manipuladores tienen un número definido de grados de libertad, y así mismo realizan trayectorias predeterminadas, por lo que es necesario regular el manipulador para orientarlo en su tarea.

En la Estación Neumática PN-2800 existen dos manipuladores: el manipulador de Cilindros y el manipulador de Pallets.

### 2.1.8.1 Manipulador de Cilindros

Es el manipulador encargado de mover los cilindros (materia prima) desde la ranura del almacén de cilindros y colgarlos sobre el pallet. Es un manipulador de tipo neumático de tres grados de libertad. Los grados de libertad están dados por el número de actuadores neumáticos que el manipulador posee.



Figura. 2.5. Manipulador de Cilindros

Como se aprecia en la Figura. 2.5., en el extremo del último actuador neumático el manipulador posee un gripper, también neumático, que es el encargado de coger el cilindro (materia prima) para colocarlo sobre el pallet. Cada actuador neumático del manipulador, excepto el gripper, tiene dos sensores inductivos, que indican si el actuador se encuentra en la posición de activado o desactivado.

### 2.1.8.2 Manipulador de Pallets

Es el manipulador encargado de extraer los pallets que ya contienen materia prima para transportarlos a la banda de salida (conveyor), o los pallets vacíos, si es el requerimiento hacerlo. La Figura. 2.6. muestra el Manipulador de Pallets de la Estación PN-2800.

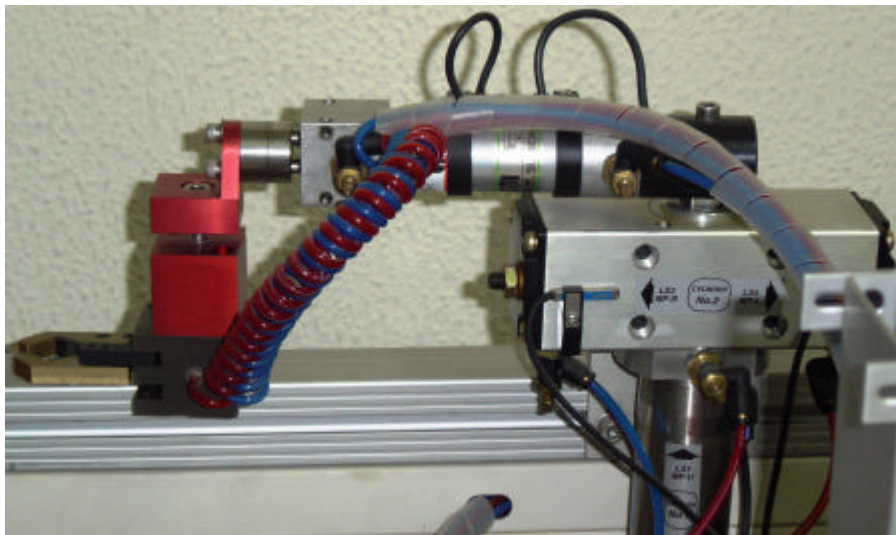


Figura. 2.6. Manipulador de Pallets

Al igual que el manipulador de cilindros, éste también es un manipulador neumático de tres grados de libertad, e igualmente posee un gripper al final del último actuador neumático, que es el encargado de coger el pallet para transportarlo. Cada actuador neumático, excepto el gripper, tiene dos sensores inductivos para indicar la posición.

Una vez ya detallada la función de los actuadores y manipuladores en la Estación Neumática PN-2800, a continuación se muestra una tabla con todos los actuadores y manipuladores existentes, y su nomenclatura (tag) controlados por el módulo de salida DAP – 216 del PLC:



**Tabla. 2.1. Nomenclatura de Actuadores y Manipuladores de la Estación PN-2800**

<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
SOV1-MP	Activar Electroválvula Levanta M-Pallet
SOV2-MP	Activar Electroválvula Rotación M-Pallet
SOV3-MP	Activar Electroválvula Brazo Adelante M-Pallet
SOV4-MP	Activar Electroválvula Abrir Gripper M-Pallet
SOV5-MR	Activar Electroválvula Bajar M-Cilindros
SOV6-MR	Activar Electroválvula Rotación M-Cilindros
SOV7-MR	Activar Electroválvula Brazo Adelante M-Cilindros
SOV8-MR	Activar Electroválvula Abrir Gripper M-Cilindros
SOV9-S1	Activar Electroválvula Separador Rampa 1
SOV10-S1	Activar Electroválvula Fijador Rampa 1
SOV11-S2	Activar Electroválvula Separador Rampa 2
SOV12-S2	Activar Electroválvula Fijador Rampa 2
SOV13-SH	Activar Electroválvula Transportador de Cilindros
SOV14-SH	Activar Electroválvula Sacar Prisma
SOV15-PT	Activar Electroválvula Sacar Pallet
SOV16	Activar Alarmas de la Estación

### **2.1.9 Almacenes de Materia Prima**

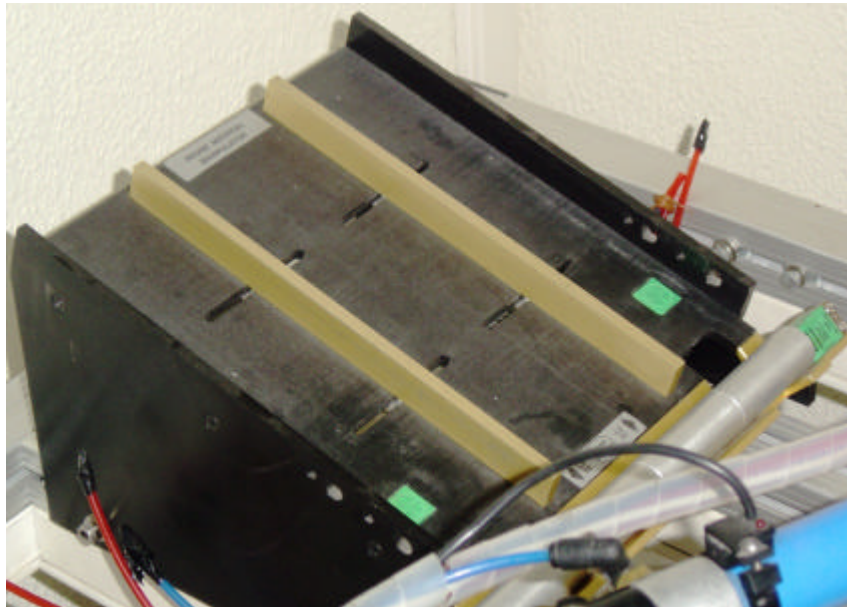
En la Estación Neumática PN-2800 existen cuatro tipos de almacenes: el Almacén de Cilindros, el Almacén de Primas, el Almacén de Pallets y el Almacén para Material Defectuoso.

#### **2.1.9.1 Almacén de Cilindros**

El almacén de cilindros es una rampa con inclinación, por la cual la materia prima (cilindros) puede rodar por una trayectoria determinada. La rampa consta de 2 divisiones, en cada una de las cuales se colocan cilindros de diámetro y longitud diferente.

En cada rampa existen dos actuadores neumáticos que son los encargados de sujetar a los cilindros para evitar que rueden libremente y sin control. Cuando un cilindro es

requerido, el actuador de más arriba queda activado para sujetar a la columna de cilindros, mientras que el actuador de más abajo se desactiva, liberando únicamente al cilindro que será transportado. Una vez que el cilindro liberado cae al final de la rampa llega a un canal, en donde es empujado por otro actuador neumático que lo coloca en la posición correcta para que el manipulador de cilindros lo transporte.



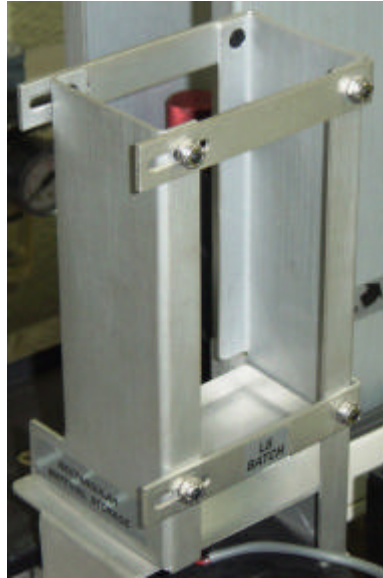
**Figura. 2.7. Almacén de Cilindros**

En cada división de la rampa existe un sensor inductivo, al igual que en el canal de donde el manipulador toma el cilindro. Estos sensores tienen la función de dar la información de la existencia o no de material.

#### **2.1.9.2 Almacén de Prismas**

El almacenamiento del material rectangular (materia prima) es de forma vertical. El apilar objetos en esta manera tiene ciertas ventajas, pero también desventajas. Entre los beneficios están:

- Ahorro de espacio de piso.
- Menos necesidad de manipuladores y bandas transportadoras.
- Uso de la gravedad en la alineación de los objetos.
- Orientación correcta de los objetos.



**Figura. 2.8. Almacén de Prismas**

Sin embargo, como desventajas se tienen las siguientes:

- Capacidad limitada.
- Es necesaria una “jaula” con la forma geométrica específica para cada objeto.
- El peso de apilar demasiados objetos verticalmente afecta el flujo en el alimentador.
- Un número excesivo de objetos en forma vertical puede afectar a los objetos en la parte inferior.

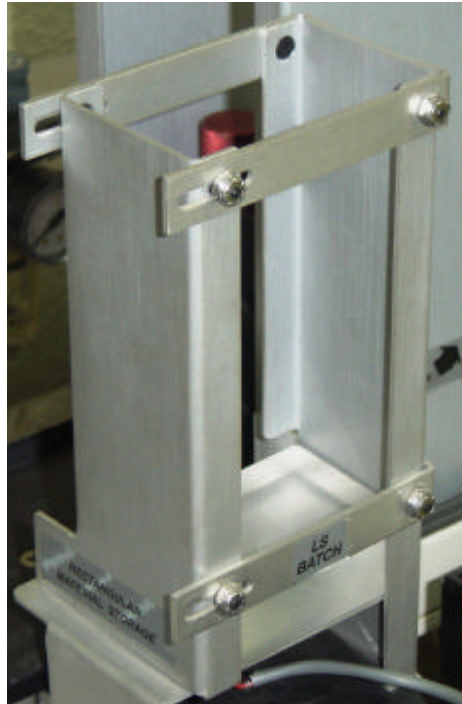
En la Estación Neumática los materiales rectangulares están almacenados de manera vertical. Cuando uno de ellos es requerido, un actuador neumático empuja al material rectangular inferior, sacándolo del almacén y colocándolo en el lugar designado.

En la base del almacén de material rectangular existe un switch de fin de carrera, el cual informa al controlador la existencia o no de material en el almacén.

### **2.1.9.3 Almacén de Pallets**

En este almacén también se hace uso del almacenamiento vertical. Los pallets son unas plataformas metálicas en donde se coloca el material cilíndrico o rectangular (prismas) para luego ser transportados. El número máximo de pallets disponibles en el almacén es de

ocho. Al igual que en el almacén anterior, un actuador neumático empuja al pallet inferior para sacarlo del almacén y colocarlo en el lugar predefinido.



**Figura. 2.9. Almacén de Pallets**

En este almacén existen 2 sensores inductivos. El primero se encuentra en la base del almacén de pallets, el cual indica la existencia o no de pallets en el almacén. El segundo sensor se encuentra en el lugar donde los pallets son colocados después de sacarlos del almacén. Así se informa al controlador si el pallet está listo o no, una vez fuera del almacén.

#### **2.1.9.4 Almacén de Material Defectuoso**

Este almacén está formado por un recipiente el cual se encuentra en un lugar apartado del sistema. Este recipiente es usado cuando los cilindros que toma el manipulador de cilindros tienen un diámetro incorrecto, y por lo tanto no calzarían en las demás partes del proceso en la Estación Neumática. Si éste es el caso, el manipulador de cilindros lo transporta a éste almacén.

### 2.1.10 Sensores

En la Estación Neumática PN-2800 existen tres tipos de sensores: los sensores inductivos, los interruptores de fin de carrera y los sensores proporcionales.

Los sensores inductivos sirven para detectar presencia de objetos metálicos. Cuando un objeto de este material se coloca sobre un sensor inductivo, el sensor reacciona enviando una señal de 24 V<sub>DC</sub> la cual ingresa al controlador. De este modo se informa de la presencia o no de material en lugares específicos.

Los interruptores de fin de carrera se activan por peso: cuando un objeto se coloca sobre ellos, el peso del objeto activa el interruptor lo que permite el paso de 24 V<sub>DC</sub> para alimentar al controlador de la Estación.

Los sensores proporcionales son potenciómetros, sensores inductivos y transductores de posición que funcionan por presión de aire. El objeto a ser sensado controla la presión de aire que alimenta la tobera. Mediante estos sensores se obtiene información por medio de señales análogas. Este tipo de sensores se encuentran en el gripper del manipulador de cilindros. Por medio de estos sensores en el gripper, se puede medir el diámetro de los cilindros que se manipulan, y aquellos que presentan un diámetro incorrecto son rechazados y transportados al almacén de material defectuoso.

Los módulos de entrada DEP – 216 del PLC manejan señales discretas de 24 V<sub>DC</sub>, por lo que las señales análogas de los sensores proporcionales son rectificadas para ser varias señales discretas que se activan proporcionalmente a la apertura del gripper.

A continuación, en la Tabla. 2.2., se indica los diferentes sensores existentes en la Estación Neumática y su nomenclatura (tag), cuya señal ingresa a los módulos de entradas DEP – 216 del PLC:

**Tabla. 2.2. Nomenclatura de Sensores de la Estación PN-2800**

<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
LS1-MP-U	Manipulador Pallet Arriba

LS2-MP-D	Manipulador Pallet Abajo
LS3-MP-R	Manipulador Pallet Gira Derecha
LS4-MP-L	Manipulador Pallet Gira Izquierda
LS5-MP-F	Brazo Manipulador Pallet Adelante
LS6-MP-B	Brazo Manipulador Pallet Atrás
LS7-BAS	Pallet en Buffer de Salida
LS1-MR-U	Manipulador Cilindros Arriba
LS2-MR-D	Manipulador Cilindros Abajo
LS3-MR-R	Manipulador Cilindros Gira Derecha
LS4-MR-L	Manipulador Cilindros Gira Izquierda
LS5-MR-F	Brazo Manipulador Cilindros Adelante
LS6-MR-B	Brazo Manipulador Cilindros Atrás
LSG-MR-0	MR Gripper Set – 1
LSG-MR-1	MR Gripper Set – 2
LSG-MR-2	MR Gripper Set – 3
LSG-MR-3	MR Gripper Abierto
LS-PLT	Pallet Fuera
LS-BATCH	Existencia de Material Rectangular en Almacén
LS-S1	Existencia de Cilindros en Rampa 1
LS-S2	Existencia de Cilindros en Rampa 2
LS-SH	Existencia de Cilindro en Transportador de Cilindros
PSI	Baja Presión en el Compresor
C01	Estación PN-2800 Encendida
LS-PLTS	Existencia de Pallets en Almacén
CP4	Parada de Emergencia o PB-Off

## 2.2 PUERTO USB

USB – Universal Serial Bus (Bus Serial Universal) – es una interfase plug and play para transmisión de datos y distribución de energía entre el computador y ciertos dispositivos de entrada y/o salida, tales como teclados, mouses, escáneres, impresoras, webcams, palancas de juego, etc.

El USB es una nueva arquitectura de bus. Permite instalar los periféricos sin la necesidad de abrir la computadora para instalar el hardware, es decir, basta con conectar el periférico deseado y sin reiniciar la computadora.

En un principio se usaba la interfase paralela con una velocidad entre 600 Kb/s y 1.5 Mb/s, o la interfase serial con velocidades de hasta 112 Kb/s. Pero con el pasar del tiempo los productos electrónicos se incrementan y la necesidad de unificación de conectores se hacía evidente, además de la demanda de mayores velocidades. Es así que nace un estándar de entrada/salida: el puerto USB, desarrollado por un grupo de siete empresas – Compaq, Digital Equipment Corp., IBM PC Co., Intel, Microsoft, Nec y Northern Telecom.



**Figura 2.10. Logotipo del USB**

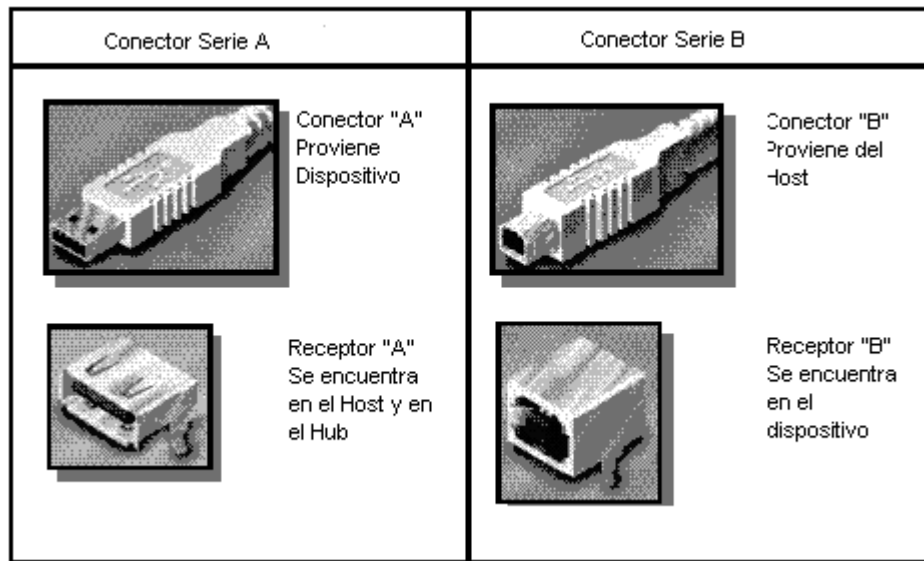
Inicialmente el puerto USB (conocido ahora como USB 1.1) trabaja con dos velocidades de acceso: una baja de 1.5 Mb/s para dispositivos lentos como joysticks, mouses o teclados; y otra velocidad alta de 12 Mb/s para dispositivos que requieran mayor ancho de banda. Pero después el puerto USB evolucionó en el USB 2.0 (conocido como USB de alta velocidad), con velocidades de hasta 480 Mb/s, es decir, 40 veces más rápido que el USB 1.1.

Es así que se tiene 3 velocidades del puerto USB:

- Velocidad Baja: 1.5 Mb/s
- Velocidad Media: 12 Mb/s
- Velocidad Alta: 480 Mb/s

### **2.2.1 Conectores de Puerto USB**

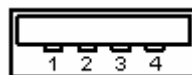
El puerto USB tiene principalmente dos tipos de conectores: el conector conocido como tipo A y el conector tipo B.



**Figura 2.11. Tipos de Conectores USB**

Mediante estos conectores se ha logrado la estandarización de los dispositivos USB, es decir que todos los dispositivos USB tienen el mismo tipo de cable y el mismo tipo de conector, más allá de la función que cumplan.

La diferencia física de estos conectores es para garantizar la conectividad. El conector tipo A (figura. 2.12.) tiene cuatro patillas correspondientes a cuatro conductores alineados en un plano. Este conector es usado principalmente en dispositivos como computadores o hubs USB.



**Figura 2.12. Conector USB tipo A**

El conector tipo B (figura. 2.13.) presenta los contactos distribuidos en dos planos paralelos, dos contactos en cada plano. Este conector es usado en dispositivos como escáneres, impresoras, etc. Este conector da mayor facilidad para ser reemplazado y es el que va hacia el dispositivo.



**Figura 2.13. Conector USB tipo B**



## 2.2.2 Cable USB

El USB transfiere datos y energía a los dispositivos periféricos por medio de un cable de 4 hilos apantallado para transmisiones a 12 Mb/s, y cable no apantallado para transmisiones de 1.5 Mb/s. Dos de los cuatro cables son utilizados para la alimentación, y los dos cables restantes son utilizados para la transmisión de datos.

El tipo de cable utilizado para la alimentación de los dispositivos varía entre 20 y 26 AWG, mientras los cables utilizados para datos tienen un calibre de 28 AWG. La longitud máxima de los cables es de 5 metros.

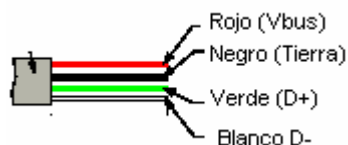
Los cables destinados para la transmisión de datos a velocidades altas y medias deben estar compuestos de un conector tipo A en un extremo, y un conector tipo B en el otro extremo. De este modo se garantiza la correcta transmisión de datos. Los cables destinados a la transmisión de datos a velocidades bajas deben tener un conector tipo A en un extremo, y el conector del otro extremo está especificado por el fabricante del dispositivo.

### 2.2.2.1 Colores Internos del Cable USB

Los colores estándares de los hilos conductores internos en un cable USB son:

**Tabla. 2.3. Colores de los hilos internos del cable USB**

<b>PIN</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>COLOR DEL CABLE</b>
1	VBUS	Rojo
2	D -	Blanco
3	D +	Verde
4	GND	Negro



**Figura 2.14. Colores y Función de los hilos internos en un cable USB**

### 2.2.2.2 Características del Cable USB

Para garantizar el óptimo rendimiento de los cables para USB, éstos deben cumplir ciertos requisitos:

- La longitud máxima del cable es de 5 metros debido a la atenuación del voltaje.
- La diferencia en el retardo de propagación de los dos conductores debe ser mínima.
- El cable debe ser probado y certificado.
- GND es la tierra común entre la PC (host) y el dispositivo.
- El hilo conductor VBUS proporciona energía al dispositivo conectado.

### 2.2.3 Funcionamiento del Puerto USB

El puerto USB trabaja como una interfaz para transmisión de datos y distribución de energía a dispositivos periféricos, con un mayor ancho de banda y presentando además la característica de plug and play y la facilidad de conexión “en caliente”, es decir que se pueden conectar y desconectar los periféricos sin la necesidad de reiniciar el ordenador.

Este tipo de bus funciona basado en el paso de un testigo semejante al de otros buses como las redes locales en anillo con paso de testigo. El controlador USB distribuye testigos por el bus. El dispositivo cuya dirección coincida con la que porta el testigo responde aceptando o enviando datos al controlador. Este también gestiona la distribución de energía a los periféricos que lo requieran.

El bus del USB emplea una topología de estrella (figura. 2.15.) que permite el funcionamiento de 127 dispositivos simultáneos a la vez. En la raíz de las capas está el controlador, anfitrión o host que controla el tráfico que circula por el bus. Esta topología

permite conectarse a muchos dispositivos a un único bus lógico sin que los dispositivos que se encuentren más abajo en la pirámide sufran retardo.

A diferencia de otras arquitecturas, el USB no es un bus de almacenamiento y envío, de forma que no se produce retardo en el envío de paquetes de datos a las capas inferiores.

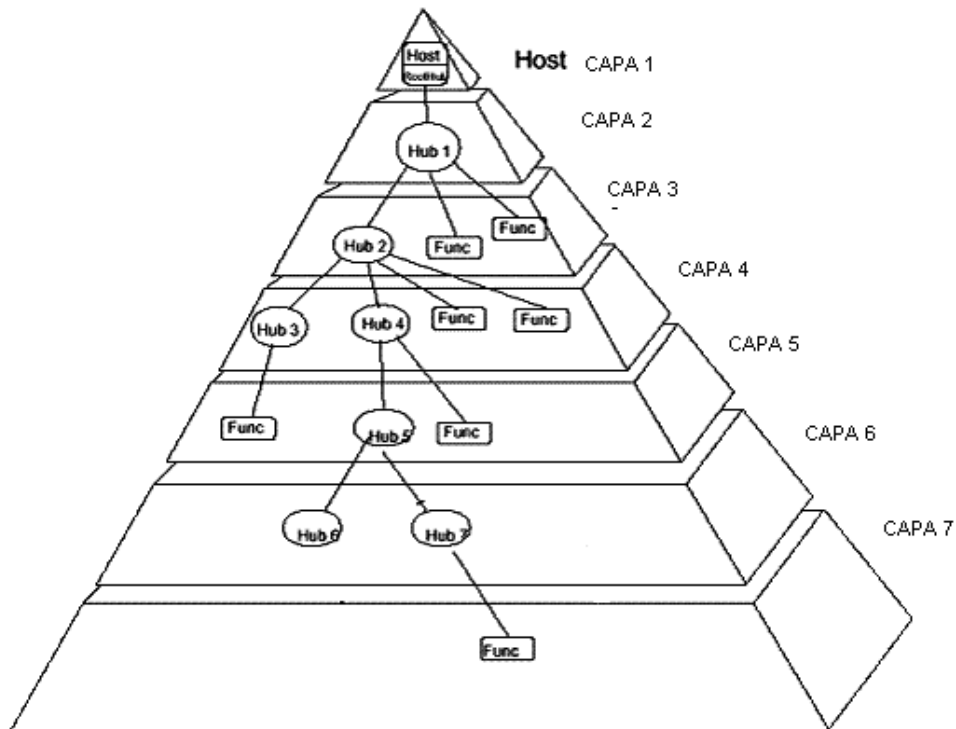


Figura 2.15. Topología del Bus USB

Como detalle sorprendente, cada puerto USB utiliza una única solicitud de interrupción (IRQ) independiente de los periféricos que estén conectados al puerto (sea 1 o 127), por lo que no hay riesgo de conflictos entre una cantidad de dispositivos que de otra manera no podrían ser conectados por falta de recursos. Así mismo, los dispositivos conectados no utilizan asignación de memoria (DMA).

### 2.3 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En la realización del presente proyecto se utilizará una tarjeta de adquisición de datos por puerto USB para el control y la adquisición de datos de la Estación Neumática PN-2800. Para esto se hizo una búsqueda de hardware existente en el mercado, teniendo en

cuenta que cumpla con los requisitos necesarios para soportar la tarea que se le asignará, y que sea a la vez de un costo razonable y accesible para su adquisición.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se llegó a una decisión: la de utilizar una tarjeta de adquisición de datos por puerto USB, la PMD-1208LS. Esta tarjeta la fabrica la empresa Measurement Computing, la cual tiene su sede en la ciudad de Middleboro en el estado de Massachusetts en Estados Unidos, y tiene su distribuidora oficial en Ecuador, la cual es la empresa Energy Petrol en la ciudad de Quito.

### **2.3.1 Características Generales**

La tarjeta PMD-1208LS (Personal Measuring Device) de la Measurement Computing es un dispositivo USB 1.1 de baja velocidad que es usada para control y adquisición de datos. Está diseñada para trabajar en puertos USB 1.1 y ha sido comprobada la completa compatibilidad con ambos puertos: el USB 1.1 y el USB 2.0. La tarjeta PMD-1208LS está respaldada en los sistemas operativos Windows 98 Segunda Edición, Windows Millenium Edition, Windows 2000 y Windows XP.

Las características de la tarjeta PMD-1208LS son: ocho entradas análogas, dos salidas análogas de 10 bits de resolución, 16 conexiones digitales de Entrada/Salida y un contador de eventos externo de 32 bits. Este dispositivo es alimentado por +5 voltios suministrados por el puerto USB, esto significa que no es necesaria una alimentación externa.

Las entradas análogas de la tarjeta PMD-1208LS son configurables mediante software para trabajar sea como ocho entradas individuales de 11 bits o 4 entradas diferenciales de 12 bits. Un chip estándar de interfase periférica programable 82C55 en la tarjeta provee 16 líneas de entrada/salida digitales discretas. Cada canal digital de entrada/salida puede ser configurado para ser usado como entrada o salida.

El dispositivo por puerto USB PMD-1208LS se muestra en la figura. 2.16. Todas las conexiones de entrada/salida se realizan mediante terminales tipo tornillo localizadas a lo largo de dos lados laterales del dispositivo.



Figura 2.16. Dispositivo USB PMD-1208LS

### 2.3.2 Diagrama de Bloques de la PMD-1208LS

La figura. 2.17 muestra un diagrama de bloques de la funcionalidad de la PMD-1208LS.

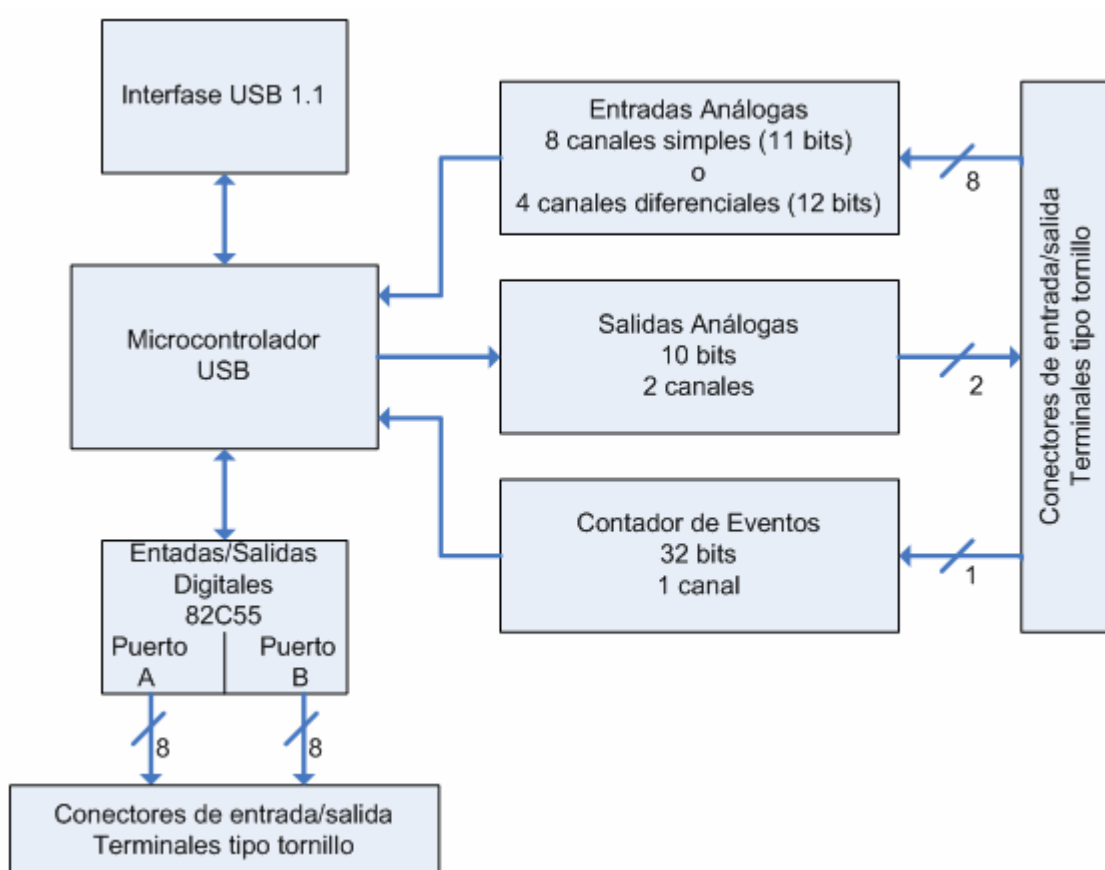


Figura 2.17. Diagrama de bloques funcional de la PMD-1208LS

### 2.3.3 Características del Software

El dispositivo PMD-1208LS viene con el software utilitario *InstaCal*<sup>TM</sup>, el software de Librería Universal (Universal Library<sup>TM</sup>), los controles de DAQ (Data Acquisition – Adquisición de Datos) para VB6 SoftWIRE y la Librería Universal para LabVIEW (Universal Library for LabVIEW<sup>TM</sup>).

### 2.3.4 InstaCal y Universal Library

InstaCal es un programa completo de instalación, calibración y prueba para dispositivos de adquisición de datos y de control de la Measurement Computing. Además de una extensiva comprobación de errores, InstaCal guía a través de la instalación y configuración de los dispositivos personales de medición, y crea un archivo de configuración de hardware para usarse por el software de programación o aplicación. InstaCal provee la forma más fácil para calibrar y configurar el dispositivo PMD-1208LS.

El software Universal Library provee acceso a las funciones de la PMD-1208LS desde todos los lenguajes de programación de 32 bits bajo Windows. Universal Library es un paquete completo de librerías y controladores de entrada/salida para todos los dispositivos de la Measurement Computing y para todos los lenguajes basados en Windows. Cuando se use Universal Library, se puede alternar entre tarjetas como también entre lenguajes de programación, y la sintaxis permanece constante. Universal Library provee la forma más fácil para programar el dispositivo PMD-1208LS.

### 2.3.5 Universal Library for LabVIEW

El software Universal Library for LabVIEW incluye un paquete completo de Librerías Universales VIs que se pueden usar para crear programas en LabVIEW para controlar la PMD-1208LS. El software LabVIEW debe estar instalado antes de instalar el software Universal Library for LabVIEW.

### 2.3.6 Dispositivo de Interfase Humana (HID)

La tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS es un dispositivo de clase interfase humana (HID – Human Interface Device). La arquitectura USB ofrece las siguientes ventajas sobre otros tipos de buses:

- Se puede conectar su aplicación a varios dispositivos usando un cable estándar. El conector USB reemplaza los conectores de puerto serial y paralelo con una combinación de cable y conector estandarizado.
- Un USB HID (Dispositivo de Interfase Humana) usa un controlador de clase Microsoft USB HID para realizar la interfase con el dispositivo. No se requiere de controladores adicionales.
- Los USB HID son plug-and-play. No hay dispositivos que añadir, tampoco DIP switches que activar ni interrupciones que configurar.
- Se puede conectar el HID antes o después de instalar el software, e incluso sin apagar la computadora primero. Cuando se conecta un HID al sistema, la PC automáticamente la detecta y configura el software necesario. Se puede conectar y energizar múltiples periféricos HID al sistema usando un hub USB.
- No se necesita una fuente de energía externa. El puerto USB automáticamente entrega la alimentación necesaria a cada periférico conectado al sistema.
- Los datos fluyen en dos vías entre la computadora y el periférico sobre las conexiones USB.

### 2.3.7 Componentes del Hardware de la Tarjeta PMD-1208LS

El paquete de la tarjeta PMD-1208LS incluye los siguientes aditamentos (Figura. 2.18.):

- El dispositivo PMD-1208LS

- Cable USB

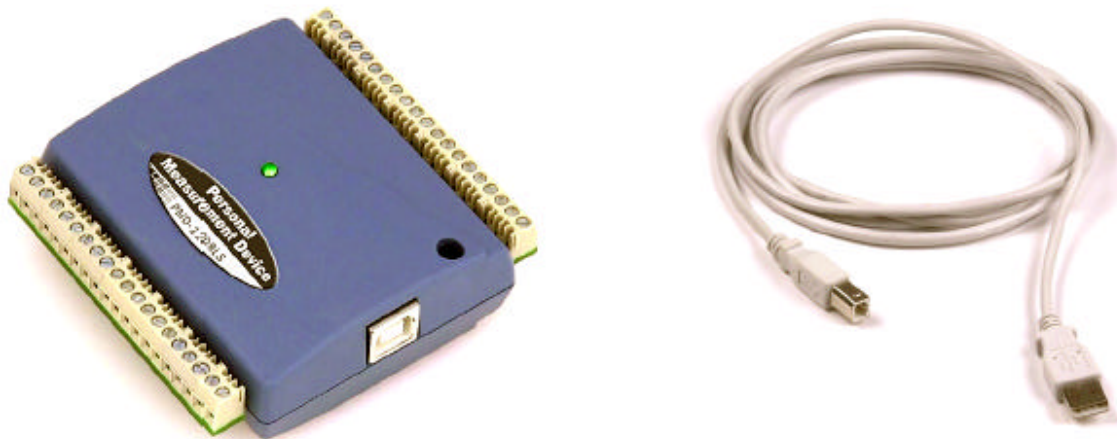


Figura 2.18. Tarjeta PMD-1208LS y Cable USB

### 2.3.8 Componentes del Software de la Tarjeta PMD-1208LS

La tarjeta PMD-1208LS viene con un CD de instalación (Figura. 2.19.), que contiene el utilitario InstaCal, las herramientas de programación, adquisición de datos y control: Universal Library™, controles para VB6 SoftWIRE MCC DAQ y Universal Library for LabVIEW.



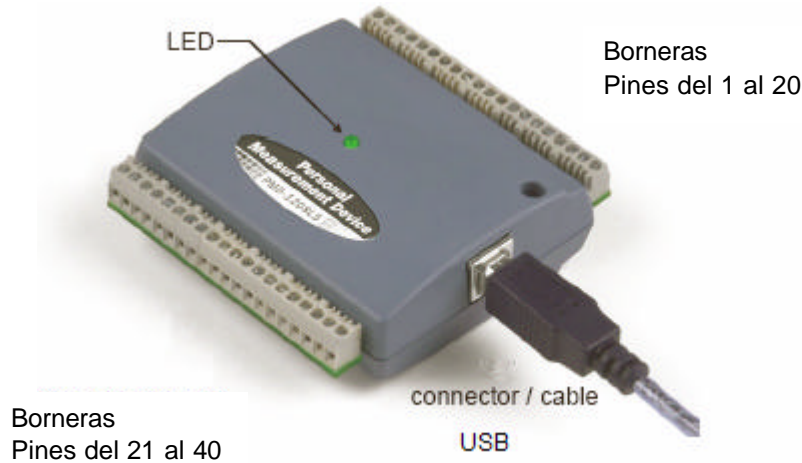
Figura 2.19. CD de software

### 2.3.9 Componentes Externos

La tarjeta PMD-1208LS tiene los siguientes componentes externos, como se muestra en la figura. 2.20.



- Conector USB.
- LED.
- 2 Bancos de terminales tipo tornillo.



**Figura 2.20 La Tarjeta USB PMD-1208LS**

### 2.3.9.1 Conector USB

El conector USB está localizado en el lado derecho de la tarjeta PMD-1208LS. Este conector provee +5V y la comunicación. La salida de voltaje es dependiente del sistema y puede ser menos de 5V. No se requiere alimentación externa de energía.

### 2.3.9.2 Led

El Led localizado en la parte superior de la cubierta indica el estado de la comunicación de la tarjeta PMD-1208LS. Usa hasta 5 mA de corriente y no puede ser deshabilitado. La siguiente tabla define la función del Led del dispositivo PMD-1208LS.

**Tabla. 2.4. Iluminación del LED de la tarjeta PMD-1208LS**

<b>ILUMINACIÓN DEL LED</b>	<b>INDICACIÓN</b>
Verde constante.	La PMD-1208LS está conectada a la PC.
Parpadea continuamente.	Los datos están siendo transferidos.

Parpadea tres veces.	La comunicación inicial se ha establecido entre la PMD-1208LS y la PC
Parpadea lentamente.	La entrada análoga está configurada para un disparo externo (trigger). El Led deja de parpadear y se ilumina en verde constante cuando el disparo (trigger) ha sido recibido.

### 2.3.10 Conexión de los Terminales

La tarjeta PMD-1208LS tiene dos bancos de borneras – cada uno a un lado de la cubierta del dispositivo. Cada banco de borneras provee 20 conexiones. Los números de pin están identificados en la figura. 2.21.



Figura 2.21. Números de Pin de los terminales de la PMD-1208LS

#### 2.3.10.1 Pines 1 – 20

El primer banco de borneras (pines 1 al 20) provee las siguientes conexiones:

- Ocho conexiones análogas de entrada (CH0 IN a CH7 IN).
- Dos conexiones análogas de salida (D/A OUT 0 a D/A OUT 1).
- Una fuente externa de disparo (trigger) (TRIG\_IN).
- Una conexión de contador de eventos externo (CTR).
- Siete conexiones de tierra (GND).
- Un Terminal de calibración (CAL).

### 2.3.10.2 Pines 21 – 40

El segundo banco de borneras (pines 21 al 40) provee las siguientes conexiones:

- 16 conexiones de entrada/salida digital (PortA0 a PortA7, y PortB0 a PortB7).
- Una conexión de voltaje (PC+5 V).
- Tres conexiones de tierra (GND).

Después de ver una descripción general de los pines de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB PMD-1208LS es posible apreciar más detalladamente la función de los pines de la tarjeta. Para ello la Figura. 2.22. indica todos los pines que la tarjeta posee y su correspondiente función.

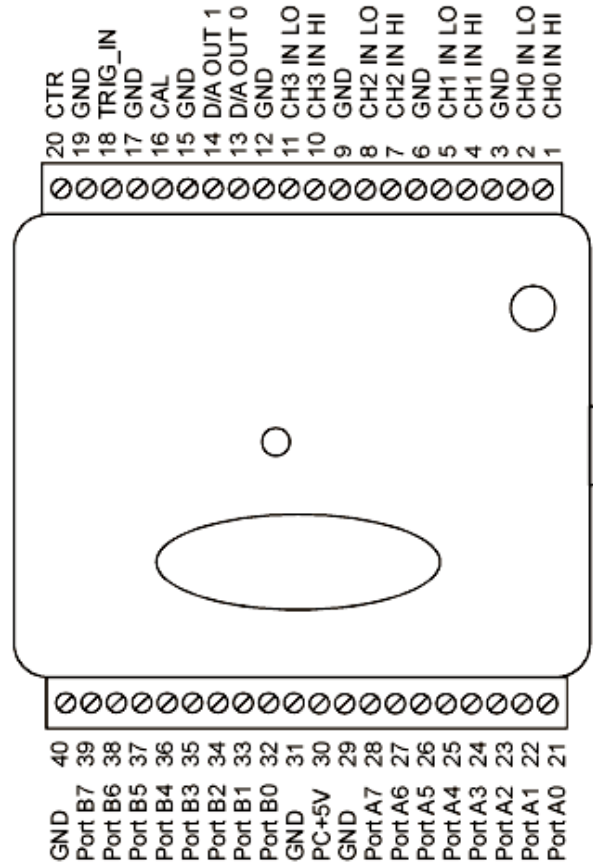
La figura está compuesta de dos gráficos: el primer gráfico indica las funciones de los pines cuando la tarjeta se encuentra configurada para funcionar en modo 4 canales diferenciales. El segundo gráfico indica la función de los pines si la tarjeta se encuentra configurada en modo 8 canales individuales.

### 2.3.11 Conector Principal y Pines de Salida

Tipo de Conector:           Bornera.

Rango de Indicación del cable: 16 AWG a 30 AWG.

Pines de Salida en modo 4  
Canales Diferenciales.



Pines de Salida en modo 8  
Canales Individuales.

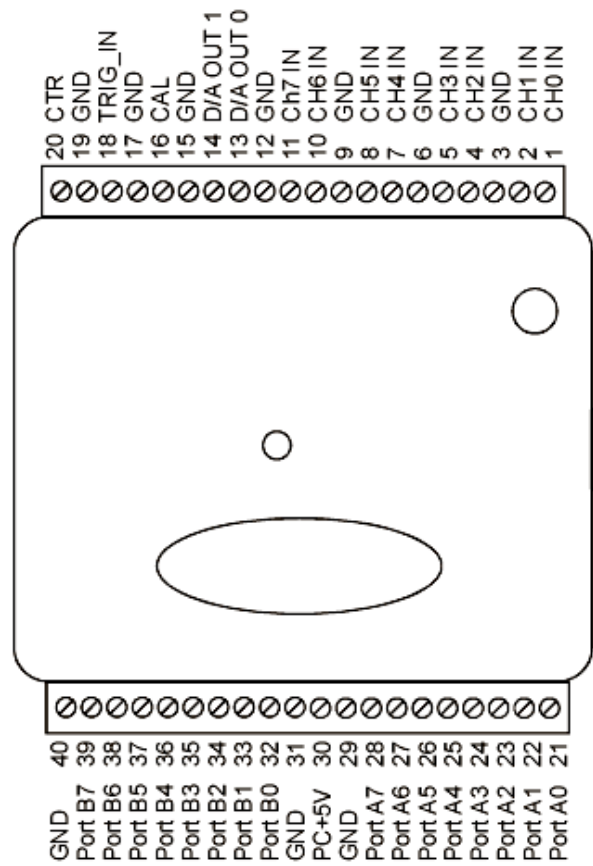


Figura 2.22. Diagrama de Pines de la PMD-1208LS

### 2.3.12 Terminales de Entradas Análogas (CH0 IN – CH7 IN)

Es posible realizar hasta ocho conexiones de entrada análoga a las borneras de los pines 1 al 20 (CH0 IN hasta CH7 IN). (Refiérase a la figura. 2.22 para la ubicación de estos pines).

Se puede configurar los canales de entradas análogas como ocho canales individuales, o cuatro canales diferenciales. Cuando se configura para el modo diferencial, cada entrada análoga tiene una resolución de 12 bits. Cuando se configura en el modo individual, cada entrada análoga tiene una resolución de 11 bits, debido a las restricciones impuestas por el conversor Análogo/Digital.

### 2.3.13 Configuración Individual

Cuando todos los canales de entrada análoga están configurados como modo de entrada individual, ocho canales análogos están disponibles. La señal de entrada está en referencia a la señal de tierra (GND), y es entregada a través de dos cables:

- El cable que lleva la señal a ser medida, conecta a CH# IN.
- El segundo cable conecta a tierra (GND).

El rango de entrada para una señal en modo individual es de  $\pm 10$  V. No existen otros rangos con que la tarjeta pueda trabajar en modo individual. La figura. 2.23 ilustra una conexión para una medición en modo individual.

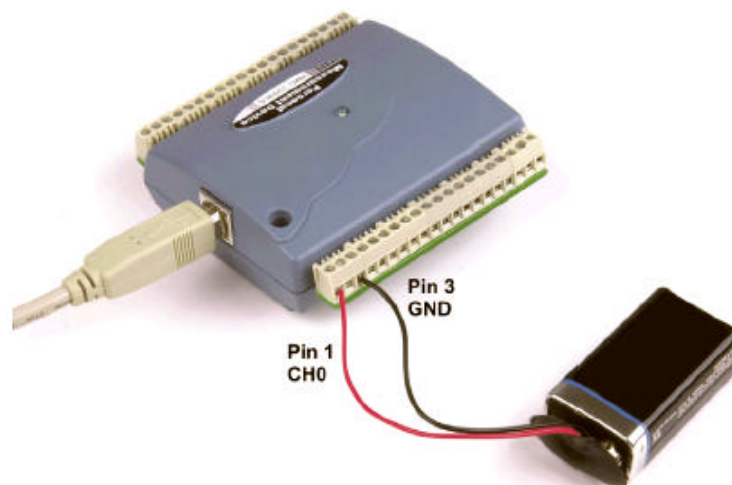


Figura 2.23. Conexión básica para una medición en modo de entrada individual

### 2.3.14 Medidas en Modo Individual usando Canales Diferenciales

Para realizar una medición en modo individual usando canales diferenciales, se conecta la señal a la entrada CH# IN HI, y se conecta a tierra (GND) la entrada asociada CH# IN LO.

### 2.3.15 Configuración Diferencial

Cuando todos los canales de entrada análoga están configurados para el modo de entrada diferencial, cuatro canales análogos están disponibles. En modo diferencial, el nivel de voltaje es medido con respecto a su correspondiente entrada en bajo.

La señal de entrada es entregada a través de tres cables:

- El cable que lleva la señal a ser medida conecta a CH0 IN HI, CH1 IN HI, CH2 IN HI o CH3 IN HI.
- El cable que lleva la señal de referencia conecta a CH0 IN LO, CH1 IN LO, CH2 IN LO o CH3 IN LO.
- El tercer cable conecta a GND.

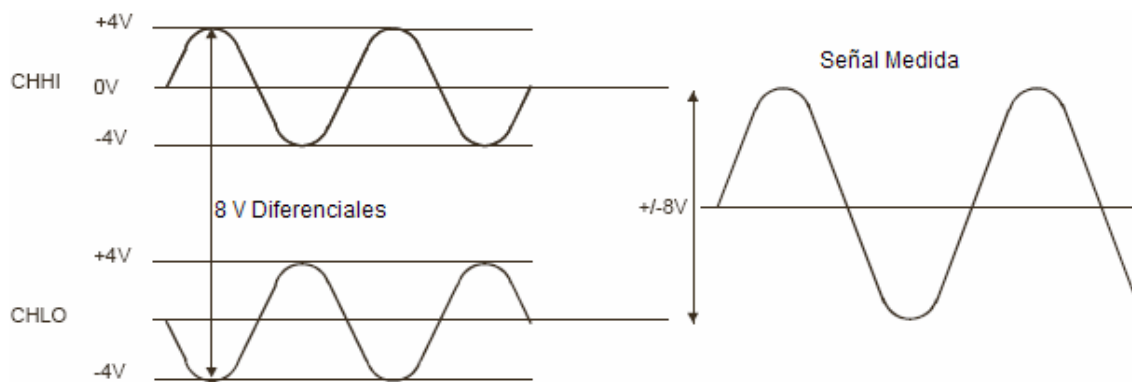
Un amplificador de ganancia de precisión programable de bajo ruido está disponible en los canales diferenciales para proveer ganancias de hasta 20, y un rango dinámico de hasta 16 bits. Los rangos de voltaje de entrada en modo diferencial son  $\pm 20$  V,  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 4$  V,  $\pm 2.5$  V,  $\pm 2.0$  V,  $\pm 1.25$  V y  $\pm 1.0$  V.

En modo diferencial, los siguientes dos requisitos deben ser cumplidos para una operación lineal:

- Cualquier entrada análoga debe permanecer en el rango -10 V a +20 V con respecto a tierra todo el tiempo.
- El voltaje máximo diferencial en cualquier par de entradas análogas dadas debe permanecer dentro de los rangos de voltaje seleccionados.

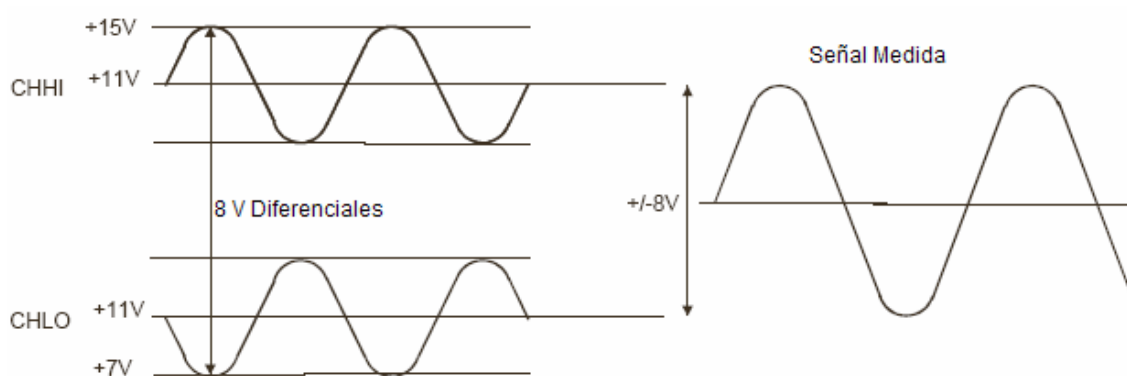
La entrada [voltaje en modo común + señal] del canal diferencial debe estar en el rango de  $-10\text{ V}$  a  $+20\text{ V}$  con el fin de proporcionar un resultado útil.

Por ejemplo, se ingresa una onda senoidal de  $4\text{ Vpp}$  a CH HI y se aplica la misma señal senoidal  $180^\circ$  desfasada a CH LO (Figura. 2.24.). El voltaje en modo común es  $0\text{ V}$ . El voltaje diferencial de entrada oscila desde  $4\text{ V} - (-4\text{ V}) = 8\text{ V}$ . Ambas entradas satisfacen el requisito de rango de entrada de  $-10\text{ V}$  a  $+20\text{ V}$ , y el voltaje diferencial está hecho para el rango de entrada de  $\pm 10\text{ V}$ .



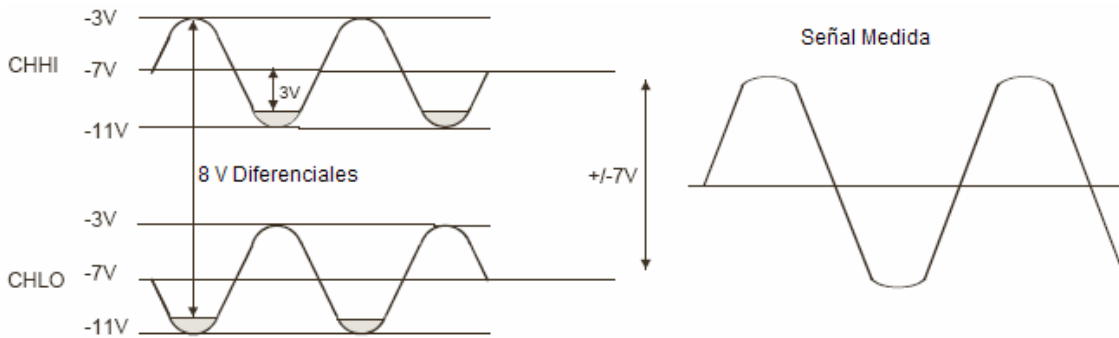
**Figura 2.24. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de  $0\text{ V}$**

Si se incrementa el voltaje en modo común a  $11\text{ V}$ , el diferencial permanece en  $\pm 8\text{ V}$  (Figura. 2.25.). Aunque el [voltaje en modo común + señal] en cada entrada ahora tiene un rango de  $+7\text{ V}$  a  $+15\text{ V}$ , ambas entradas aún satisfacen el requisito de entrada de  $-10\text{ V}$  a  $+20\text{ V}$ .



**Figura 2.25. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de  $11\text{ V}$**

Si se reduce el voltaje en modo común a  $-7\text{ V}$  (Figura. 2.26.), el diferencial permanece en  $\pm 8\text{ V}$ . Sin embargo, la solución ahora infringe la condición de rango de entrada de  $-10\text{ V}$  a  $+20\text{ V}$ . El voltaje en cada entrada análoga ahora oscila de  $-3\text{ V}$  a  $-11\text{ V}$ . Los voltajes entre  $-10\text{ V}$  y  $-3\text{ V}$  cumplen, pero aquellos por debajo  $-10\text{ V}$  están cortados.



**Figura 2.26. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de  $-7\text{ V}$**

Ya que las entradas análogas están restringidas a una oscilación desde  $-10\text{ V}$  a  $+20\text{ V}$  con respecto a tierra, todos los rangos, *excepto*  $\pm 20\text{ V}$  pueden producir una salida lineal para cualquier señal diferencial con un voltaje en modo común de cero, y entradas de señal a fondo de escala. El rango  $\pm 20\text{ V}$  es la excepción. No es posible poner  $-20\text{ V}$  en CH HI y  $0\text{ V}$  en CH LO ya que esto infringe el criterio de rangos de entrada.

La siguiente tabla muestra algunas entradas posibles y el resultado esperado.

**Tabla. 2.5. Ejemplos de entrada y resultados diferenciales en la PMD-1208LS**

CH HI	CH LO	Resultado
$-20\text{ V}$	$0\text{ V}$	No válido
$-15\text{ V}$	$+5\text{ V}$	No válido
$-10\text{ V}$	$0\text{ V}$	$-10\text{ V}$
$-10\text{ V}$	$+10\text{ V}$	$-20\text{ V}$
$0\text{ V}$	$+10\text{ V}$	$-10\text{ V}$
$0\text{ V}$	$+20\text{ V}$	$-20\text{ V}$
$+10\text{ V}$	$-10\text{ V}$	$+20\text{ V}$
$+10\text{ V}$	$0\text{ V}$	$+10\text{ V}$
$+15\text{ V}$	$-5\text{ V}$	$+20\text{ V}$
$+20\text{ V}$	$0\text{ V}$	$+20\text{ V}$



### 2.3.16 Terminales Digitales de Entrada/Salida (Port A0 a A7 y Port B0 a B7)

Se puede conectar hasta 16 líneas digitales de entrada/salida a las borneras en los pines 21 al 40. (Port A0 al Port A7 y Port B0 al Port B7). (Refiérase a la figura. 2.22 para la ubicación de estos pines). Se puede configurar cada puerto digital sea para entrada o salida.

Cuando está configurado como entrada, se puede usar los terminales digitales de entrada/salida del dispositivo para detectar el estado de cualquier entrada de nivel TTL. Refiérase al interruptor de la figura. 2.27. Si el interruptor está colocado en la entrada de +5 V, el Port A0 lee esta señal como un 1 lógico (verdadero). Si se mueve el interruptor a GND, el Port A0 lee la señal como un 0 lógico (falso).

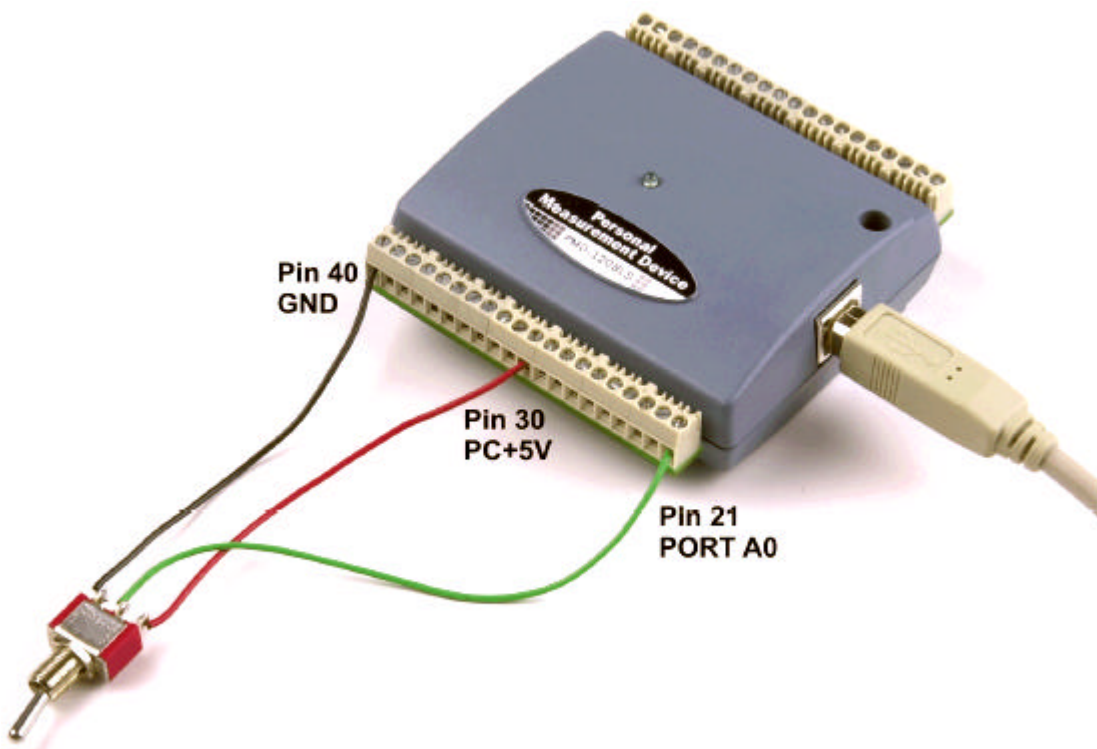


Figura 2.27. Conexión digital en Port A0 detectando el estado de un interruptor

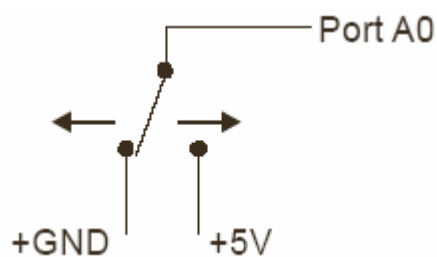


Figura 2.28. Esquemático mostrando el estado del interruptor conectado al Port A0

### 2.3.17 Terminal de VCC

La conexión PC +5 V está localizada en el pin 30 de las borneras. (Refiérase a la figura 2.22 para la ubicación de estos pines). Este terminal entrega voltaje desde el conector USB. El terminal +5 V es una salida de 5 V que suministra la computadora.

El terminal +5 V es una salida. No debe conectarse a una fuente externa de poder, caso contrario se puede dañar el dispositivo y posiblemente el puerto de la computadora.

La corriente total máxima que puede ser suministrada a las conexiones (Vcc, salidas análogas y digitales) de la tarjeta PMD-1208LS es 500 mA. Este máximo aplica a la mayoría de computadoras personales y hubs USB auto-alimentados. Los hubs alimentados externamente y las computadoras portátiles pueden limitar la corriente total de salida disponible a 100 mA.

El solo hecho de conectar la tarjeta PMD-1208LS a la computadora utiliza 20 mA de corriente desde el suministro de +5 V del USB. Una vez que ha empezado a ejecutarse aplicaciones con el dispositivo, cada bit digital de entrada/salida puede utilizar hasta 2.5 mA, y cada salida análoga puede utilizar 30 mA. La cantidad máxima de corriente disponible en +5 V disponible para el usuario es la diferencia entre el *requerimiento total de corriente* de la PMD (basado en la aplicación), y la corriente disponible utilizada de la plataforma de la PC (de nuevo, 500 mA para PCs de escritorio y hubs USB auto-energizados, o 100 mA de hubs alimentados externamente y computadoras portátiles).

Con todas las salidas a su máxima corriente de salida, se puede calcular el requerimiento de corriente total del dispositivo PMD-1208LS del +5 V del USB como se indica:

(PMD-1208LS @ 20 mA) + (16 entradas/salidas digitales @ 2.5 mA cada una) + (2 Salidas análogas @ 30 mA cada una) = 120 mA.

Para una aplicación que se ejecuta en una PC o en un hub auto-energizado este valor proporciona una corriente máxima al usuario de  $500 \text{ mA} - 120 \text{ mA} = 380 \text{ mA}$ . Esta es la corriente máxima total disponible en los terminales tipo PC +5 V. Measurement

Computing recomienda ampliamente que se fije un valor de factor de seguridad de 20% por debajo de este máximo de carga de corriente para las aplicaciones. En este caso sería de un rango de 300 – 320 mA.

Debido a que las computadoras portátiles típicamente permiten una corriente de hasta 100 mA, la tarjeta PMD-1208LS en una configuración de máxima carga puede estar por encima de lo que permite la computadora. En este caso, debe determinar la carga por pin en la aplicación para asegurar que el criterio de máxima carga se cumpla. La carga por pin es calculada simplemente dividiendo los +5 V por la impedancia de la carga del pin en cuestión.

### **2.3.18 Terminales de Tierra**

Hay 10 conexiones idénticas de tierra que proveen una tierra común para todas las funciones de la PMD-1208LS. (Refiérase a la figura. 2.22 para la ubicación de estos pines).

### **2.3.19 Terminal de Calibración**

La conexión CAL está localizada en el pin 16 de las borneras. (Refiérase a la figura. 2.22 para la ubicación de este pin). Este terminal es usado solamente para propósitos de calibración. La calibración de la PMD-1208LS es controlada por software por medio de *InstaCal*.

### **2.3.20 Terminal Contador**

La entrada del contador de eventos externo es por medio del pin 20 CTR en las borneras. (Refiérase a la figura 2.22 para la ubicación de este pin).

El contador interno incrementa su valor cuando una entrada de voltaje en CTR cambia de menos de 1 V a más de 4 V. El contador puede contar frecuencias de hasta 1 MHz.

### 2.3.21 Análisis de Universal Library for LabVIEW

Universal Library for LabVIEW (Librería Universal para LabVIEW) incluye instrumentos virtuales (VIs) que se pueden usar para construir programas en LabVIEW usando dispositivos y tarjetas de adquisición de datos de la Measurement Computing. A continuación se explicará las bases para el uso de Universal Library for LabVIEW. Aún cuando las extensiones de LabVIEW siguen muy de cerca la sintaxis de la Librería Universal, existen algunas diferencias.

En el presente proyecto se utilizan solamente las entradas/salidas digitales de la tarjeta PMD-1208LS. Por lo tanto se hará una revisión básica de las características para el funcionamiento de las mismas.

### 2.3.22 Revisión de las Funciones Digitales

La Librería Universal para LabVIEW consiste en un conjunto de VIs de bajo nivel que se “conectan” entre sí para en conjunto formar una aplicación. Estas VIs están agrupadas de acuerdo a su propósito.

Para una mejor comprensión, cuando se refiera a un *bit*, se entenderá como un solo pin digital cualquiera en la tarjeta. Cuando se refiera a *puerto*, se entenderá sea al puerto A (todos los pines del 21 al 28) o al puerto B (todos los pines del 32 al 39) en la tarjeta PMD-1208LS

Las principales VIs que se usan en el manejo de datos digitales son:

#### 2.3.22.1 DBitIn.VI

Lee el estado de un bit simple digital de entrada. Esta VI trabaja con todos los puertos digitales de entrada/salida. Primero se debe usar DCfgPort.VI para configurar el puerto sea como entrada o salida.

## Resumen

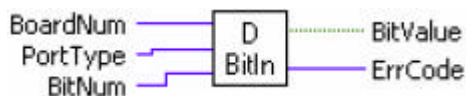


Figura 2.29. VI DBitIn

Entradas: **BoardNum:** El número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instala con InstaCal. Puede ser de 0 a 100.

**PortType:** Especifica el puerto digital a leer.

**BitNum:** Especifica el bit a leer.

Salidas: **BitValue:** Indica y mantiene el valor del bit leído. (0 o 1).

**ErrCode:** Código de error.

## Explicación de los Argumentos

**BoardNum:** Se refiere al número asociado con la tarjeta cuando se instaló con el programa InstaCal.

**PortType:** El tipo de puerto que usa la PMD-1208LS es basado en el CI 8255. Para esta tarjeta se puede elegir entre FIRSTPORTA O FIRSTPORTB, para manejar sea el primer o segundo banco de 8 I/Os digitales. FIRSTPORTA maneja los bits digitales del A0 al A7 (pines 21 – 28) y FIRSTPORTB maneja los bits digitales del B0 al B7 (pines 32 – 39). Ninguna otra opción es aplicable para esta tarjeta de adquisición de datos.

**BitNum:** Especifica el número del bit a ser leído. El bit especificado debe estar en el puerto el cual actualmente esté configurado como entrada.

**BitValue:** Indica y mantiene el valor del bit leído. El valor será 0 o 1. Un 0 indica una lectura en bajo, un 1 indica una lectura lógica alta. Un alto lógico no significa necesariamente 5 V.

### 2.3.22.2 DBitOut.VI

Establece el estado de un bit simple digital de salida. Esta VI trabaja con todos los puertos digitales de entrada/salida. Primero se debe usar DCfgPort.VI para configurar el puerto sea como entrada o salida.

#### Resumen



Figura 2.30. VI DBitOut

Entradas: **BoardNum:** El número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instala con InstaCal. Puede ser de 0 a 100.  
**PortNum:** Especifica el puerto digital (FIRSTPORTA o FIRSTPORTB).  
**BitNum:** Especifica el bit a escribir.  
**BitValue:** El valor del bit (0 o 1).

Salida: **ErrCode:** Código de error.

#### Explicación de los Argumentos

**BoardNum:** Se refiere al número asociado con la tarjeta cuando se instaló con el programa InstaCal.

**PortNum:** El tipo de puerto que usa la PMD-1208LS es basado en el CI 8255. Para esta tarjeta se puede elegir entre FIRSTPORTA O FIRSTPORTB, para manejar sea el primer o segundo banco de 8 I/Os digitales. FIRSTPORTA maneja los bits digitales del A0 al A7 (pines 21 – 28) y FIRSTPORTB maneja los bits digitales del B0 al B7 (pines 32 – 39). Ninguna otra opción es aplicable para esta tarjeta de adquisición de datos.

**BitNum:** Especifica el número del bit a ser escrito. El bit especificado debe estar en el puerto el cual actualmente esté configurado como salida.

**BitValue:** El valor de salida del bit. El valor será 0 o 1. Un 0 indica una escritura lógica en bajo, un 1 indica una escritura lógica alta. Un alto lógico no significa necesariamente 5 V.

### 2.3.22.3 DCfgPort.VI

Configura un puerto digital sea como entrada o como salida.

#### Resumen

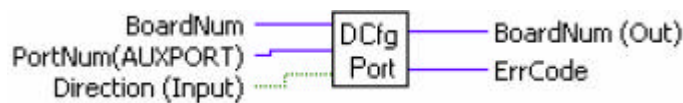


Figura 2.31. VI DCfgPort

Entradas: **BoardNum:** El número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instala con InstaCal. Puede ser de 0 a 100.

**PortNum:** Especifica el puerto digital (FIRSTPORTA o FIRSTPORTB).

**Direction:** Entrada digital o salida digital.

Salidas: **BoardNum:** El número del puerto.

**ErrCode:** Código de error.

#### Explicación de los Argumentos

**BoardNum:** Se refiere al número asociado con la tarjeta cuando se instaló con el programa InstaCal.

**PortNum:** El tipo de puerto que usa la PMD-1208LS es basado en el CI 8255. Para esta tarjeta se puede elegir entre FIRSTPORTA O FIRSTPORTB, para manejar sea el primer o segundo banco de 8 I/Os digitales. FIRSTPORTA maneja los bits digitales del A0 al A7 (pines 21 – 28) y FIRSTPORTB maneja los bits digitales del B0 al B7 (pines 32 – 39). Ninguna otra opción es aplicable para esta tarjeta de adquisición de datos.

**Direction:** Para salida digital se coloca un TRUE y la entrada digital está establecida por defecto. Configura un puerto entero de 8 bits sea como entrada o salida.

### 2.3.22.4 DIn.VI

Lee un puerto digital de entrada.

#### Resumen



Figura 2.32. VI DIn

Entradas: **BoardNum:** El número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instala con InstaCal. Puede ser de 0 a 100.

**PortNum:** Especifica el puerto digital (FIRSTPORTA o FIRSTPORTB).

Salidas: **DataValue:** Valor digital de entrada.

**ErrCode:** Código de error.

#### Explicación de los Argumentos

**BoardNum:** Se refiere al número asociado con la tarjeta cuando se instaló con el programa InstaCal.

**PortNum:** El tipo de puerto que usa la PMD-1208LS es basado en el CI 8255. Para esta tarjeta se puede elegir entre FIRSTPORTA O FIRSTPORTB, para manejar sea el primer o segundo banco de 8 I/Os digitales. FIRSTPORTA maneja los bits digitales del A0 al A7 (pines 21 – 28) y FIRSTPORTB maneja los bits digitales del B0 al B7 (pines 32 – 39). Ninguna otra opción es aplicable para esta tarjeta de adquisición de datos.

**DataValue:** El valor leído desde el puerto seleccionado. El valor de entrada será en números hexadecimales. Puede ser de 0 a 255.

### 2.3.22.5 DOut.VI

Escribe un byte a un puerto digital de salida.



## Resumen

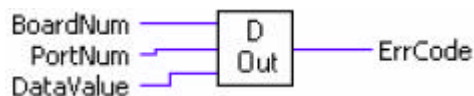


Figura 2.33. VI DOut

Entradas: **BoardNum:** El número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instaló con InstaCal. Puede ser de 0 a 100.

**PortNum:** Especifica el puerto digital (FIRSTPORTA o FIRSTPORTB).

**DataValue:** El valor digital de salida se ingresa aquí.

Salida: **ErrCode:** Código de error.

### Explicación de los Argumentos

**BoardNum:** Se refiere al número asociado con la tarjeta cuando se instaló con el programa InstaCal.

**PortNum:** El tipo de puerto que usa la PMD-1208LS es basado en el CI 8255. Para esta tarjeta se puede elegir entre FIRSTPORTA O FIRSTPORTB, para manejar sea el primer o segundo banco de 8 I/Os digitales. FIRSTPORTA maneja los bits digitales del A0 al A7 (pines 21 – 28) y FIRSTPORTB maneja los bits digitales del B0 al B7 (pines 32 – 39). Ninguna otra opción es aplicable para esta tarjeta de adquisición de datos.

**DataValue:** El valor a escribir en el puerto especificado. El tamaño del puerto es 8 bits. El valor será ingresado en hexadecimal. Puede ser de 0 a 255.

#### 2.3.22.6 ErrMsg.VI

Retorna el mensaje de error asociado con un código de error. Cada VI retorna un código de error. Si el código de error no es igual a 0, esto indica que un error ha ocurrido. Esta VI convierte el código de error en un mensaje descriptivo del error en inglés.

## Resumen



Figura 2.34. VI ErrMsg

Entrada: **ErrCode**: El código de error que retorna cualquier VI.

Salidas: **ErrMsg**: El mensaje de error retorna aquí.

**ErrCode**: El código de error, o 0 si no existe error.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DEL HARDWARE

#### 3.1 CRITERIOS DE INTEGRACIÓN

Como se ha visto en la sección 2.1, la Estación Neumática PN-2800 está diseñada para trabajar con valores de voltaje de 24 V<sub>DC</sub>; un valor muy superior al que provee la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS la cual suministra un máximo de 5 V<sub>DC</sub> por cada terminal de salida. Por otro lado en el dispositivo USB PMD-1208LS se tienen 16 entradas/salidas configurables en dos bancos de 8 terminales. Pero para el funcionamiento total de la Estación Neumática son necesarias 16 señales desde el computador hacia la Estación PN-2800 para activar y/o desactivar los diferentes actuadores y manipuladores, y 26 señales desde la Estación al computador para conocer el estado de los diferentes tipos de sensores. En total la computadora debe manejar 42 señales de entrada/salida por medio de la tarjeta de adquisición de datos (Ver tablas 2.1 y 2.2)

Sin embargo este número de entradas/salidas sobrepasa la cantidad máxima de la tarjeta de adquisición de datos. Es por esto que surge la necesidad de crear una etapa de integración entre la tarjeta PMD-1208LS y la estación PN-2800, tanto por el número de entradas/salidas como por los niveles de voltaje.

Como es necesario que la tarjeta PMD-1208LS manipule datos de entrada y salida desde y hacia la computadora, y dado que es posible dividirla solamente en 2 bloques de 8 canales cada uno, se utilizará el primer bloque de 8 canales (Port A) como bloque de salida de señales desde la computadora hacia la Estación Neumática PN-2800 por medio de la tarjeta de adquisición de datos, mientras que se utilizará el segundo bloque de 8 canales (Port B) como bloque de entrada para las señales desde la Estación Neumática hacia la computadora por medio de la tarjeta PMD-1208LS.

A continuación es necesario un diseño electrónico para adaptar los 8 canales del bloque de salida de la tarjeta para que actúen sobre los 16 actuadores en la estación, y así mismo un diseño para adaptar los 8 canales del bloque de entrada de la tarjeta para que reciban 26 señales provenientes de los sensores de la estación.

### 3.1.1 Señales de Salida

El primer paso es aumentar el número de señales de 8 a 16. Para esto la mejor opción es realizar un circuito digital, puesto que la tarjeta es completamente compatible con señales TTL (Transistor Transistor Logic). Esto es llamado demultiplexación, puesto que es manejar un número de señales determinadas desde un número menor de señales de origen. Después se transformará las señales digitales demultiplexadas en señales de 24 V<sub>DC</sub> para que puedan actuar sobre la estación neumática.

Cuando se desea realizar una demultiplexación es necesario tener señales de selección. El número de señales de selección depende del número de señales demultiplexadas. Para el presente proyecto el análisis es el siguiente: se tiene disponible 8 bits para trabajar como señales de salida, y se requiere 16 bits para controlar. Por lo tanto de los 8 bits se debe utilizar 2 bits como señales de selección. De este modo se puede trabajar máximo con 6 bits simultáneamente, y al tener 2 bits de selección se tiene 24 posibles bits demultiplexados (2 bits trabajando en tipo binario  $2^2=4$ , 4 combinaciones para 6 bits disponibles,  $4 \times 6 = 24$  bits demultiplexados). Sin embargo de las 24 posibles señales se va a utilizar solamente 16 señales.

#### 3.1.1.1 Circuito Demultiplexador

Para la implementación primero se van a analizar las señales de selección. Del Puerto A de la tarjeta de adquisición de datos los bits 6 y 7 – Port A6 y Port A7 (figura. 2.22.) serán los bits destinados a la selección de señales, y los bits del 0 al 5 – Port A0 al Port A5 (figura. 2.22.) serán los bits destinados para control.

Para la selección de señales se utiliza un circuito integrado demultiplexador de 2 líneas a 4: el 74LS139.

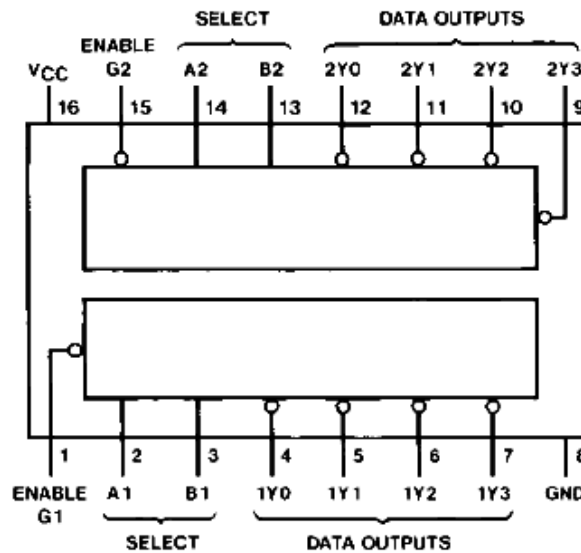


Figura 3.1. Configuración de Pines del CI 74LS139

Este integrado tiene la función de activar una sola señal a su salida y al mismo tiempo desactivar las señales de salida restantes, dependiendo del estado presente en sus entradas. Este integrado posee 2 demultiplexadores de 2 a 4, pero en el presente proyecto se usará solamente uno de ellos.

Los pines 2 y 3 en la figura. 3.1 indican los pines de selección. Los pines 4, 5, 6 y 7 son los pines de salida. El pin 1 es de activación y desactivación del integrado. Puesto que en el presente proyecto se necesita que éste integrado trabaje permanentemente, el pin 1 está conectado a tierra para que el integrado siempre esté en funcionamiento. El pin 16 es de alimentación del integrado (+5 V<sub>DC</sub>) y el pin 8 es de conexión a tierra.

La tabla de funcionamiento de este circuito integrado es la siguiente:

Tabla. 3.1. Funcionamiento del CI 74LS139

Enable G1 (L)	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0
1	X	X	1	1	1	1

X = CUALQUIER ESTADO

Desde la tarjeta PMD-1208LS los pines destinados a selección Port A6 y Port A7 se deben conectar a los pines A y B del integrado 74LS139 (figura. 3.1). De este modo se puede controlar la selección de señales desde la computadora.

El diagrama esquemático de las conexiones para el circuito integrado 74LS139 con la tarjeta de adquisición de datos se muestra a continuación en la Figura. 3.2.

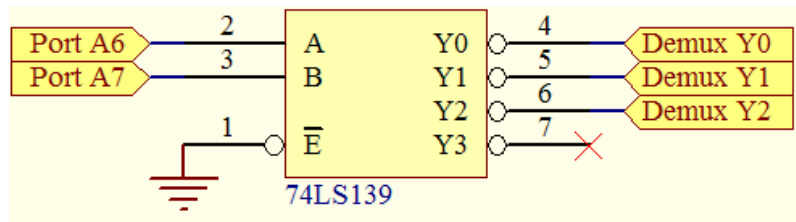


Figura 3.2. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS139

### 3.1.1.2 Circuito Controlador de Datos

Una vez analizado el circuito que controla los bits de selección se debe analizar el control de datos para la demultiplexación. Para esto se utiliza el circuito integrado 74LS244.

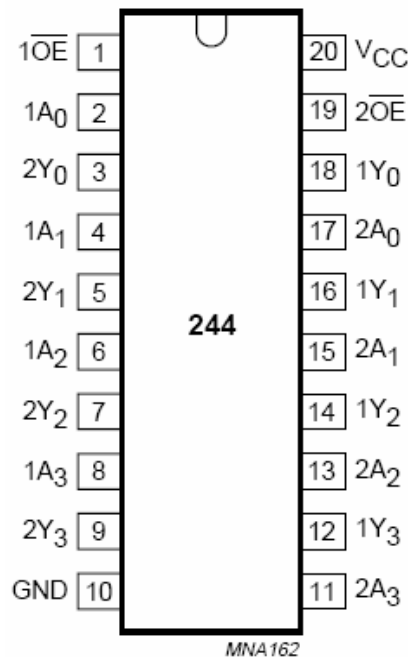


Figura 3.3. Configuración de pines del CI 74LS244

Este integrado es un Buffer o Controlador de Líneas. Tiene 8 entradas y 8 salidas divididas en dos bloques de 4. El primer bloque de entradas son los pines 2, 4, 6 y 8 – 1A0, 1A1, 1A2 y 1A3, el segundo bloque de entradas son los pines 17, 15, 13 y 11 – 2A0, 2A1, 2A2 y 2A3 (figura. 3.2). El primer bloque de salidas son los pines 18, 16, 14 y 12 – 1Y0, 1Y1, 1Y2 y 1Y3 mientras que el segundo bloque de salidas son los pines 3, 5, 7 y 9 – 2Y0, 2Y1, 2Y2 y 2Y3 (figura. 3.2). Las salidas de este integrado pueden configurarse en 3 estados: nivel alto, nivel bajo y alta impedancia. El estado de las salidas lo controla el pin 1 –  $\overline{1OE}$  para el primer bloque de 4, y el pin 19 –  $\overline{2OE}$  para el segundo bloque de salidas.

Cuando al pin  $\overline{OE}$  ingresa un nivel bajo ( $0 V_{DC}$ ), el nivel que ingresa a las entradas A del integrado es el nivel que tendrá la correspondiente salida Y. En otras palabras, si se encuentra un nivel bajo ( $0 V_{DC}$ ) en A entonces en Y también saldrá un nivel bajo. Lo mismo ocurriría si se encontrara un nivel alto ( $5 V_{DC}$ ) en A.

Por otro lado, si en el pin  $\overline{OE}$  ingresa un nivel alto ( $5 V_{DC}$ ), no importa lo que se encuentre en las entradas A del integrado, las salidas Y se encontrarán en alta impedancia, dando un estado de apagado a las salidas e impidiendo al mismo tiempo que un nivel de voltaje ingrese al integrado, que seguramente lo dañaría.

La tabla de funcionamiento de este integrado es la siguiente:

**Tabla. 3.2. Funcionamiento del CI 74LS244**

$\overline{OE}$	$A_N$	$Y_N$
0	0	0
0	1	1
1	X*	Z

X\* = CUALQUIER ESTADO

Z = ALTA IMPEDANCIA

Desde la tarjeta de adquisición de datos los bits destinados para control – desde Port A0 hasta Port A5 (figura. 2.22) serán las señales que ingresen a las entradas del 74LS244. De este modo estas señales pasarán a actuar cuando así se requiera, caso contrario el integrado impedirá que las señales intervengan.

Como la Estación Neumática PN-2800 requiere 16 señales para ser controlada es necesario utilizar 3 circuitos integrados 74LS244. Este integrado posee 8 entradas y 8 salidas divididas en dos bloques de 4, pero ya que se debe controlar 6 bits de la tarjeta de adquisición de datos, en dos de los integrados se utilizarán los 2 bloques de 4 para completar los 6 bits, y del tercer circuito integrado solamente se utilizará un bloque de 4 entradas y 4 salidas.

El control de datos en los integrados 74LS244 se realizará en conjunto con el circuito integrado 74LS139. Como de este circuito integrado demultiplexador de 2 a 4 ya se controla una sola salida mientras las demás se desactivan, éstas salidas se conectarán a cada uno de los pines  $\overline{OE}$  de los 74LS244. De este modo uno solo de los integrados permitirá el paso de datos mientras que los otros integrados las salidas se “apagan” al pasar a estado de alta impedancia. Además se debe tener en cuenta que las salidas del integrado 74LS139 – pines 4, 5, 6 y 7 (figura. 3.1) se activan en bajo, y así mismo las entradas  $\overline{OE}$  de los integrados 74LS244 – pines 1 y 19 (figura. 3.3) también se activan en bajo, por lo que hay compatibilidad sin necesidad de circuitos negadores adicionales.

El requerimiento de flujo de datos en determinado integrado 74LS244 se realizará entonces mediante la computadora por medio de la tarjeta de adquisición de datos y la interfaz HMI que será el encargado de controlar el funcionamiento de la tarjeta USB PMD-1208LS controlando las señales Port A6 y Port A7 hacia el circuito integrado 74LS139 (Figura. 3.2) lo que determinará qué circuito integrado 74LS244 debe activarse mientras los demás integrados cambian al estado de alta impedancia, lo que representa desactivado para los demás elementos del circuito .

El diagrama esquemático de las conexiones necesarias para el funcionamiento de los tres circuitos integrados 74LS244 junto con el circuito integrado 74LS139 y las señales provenientes de la tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS se muestra a continuación en la Figura. 3.4.



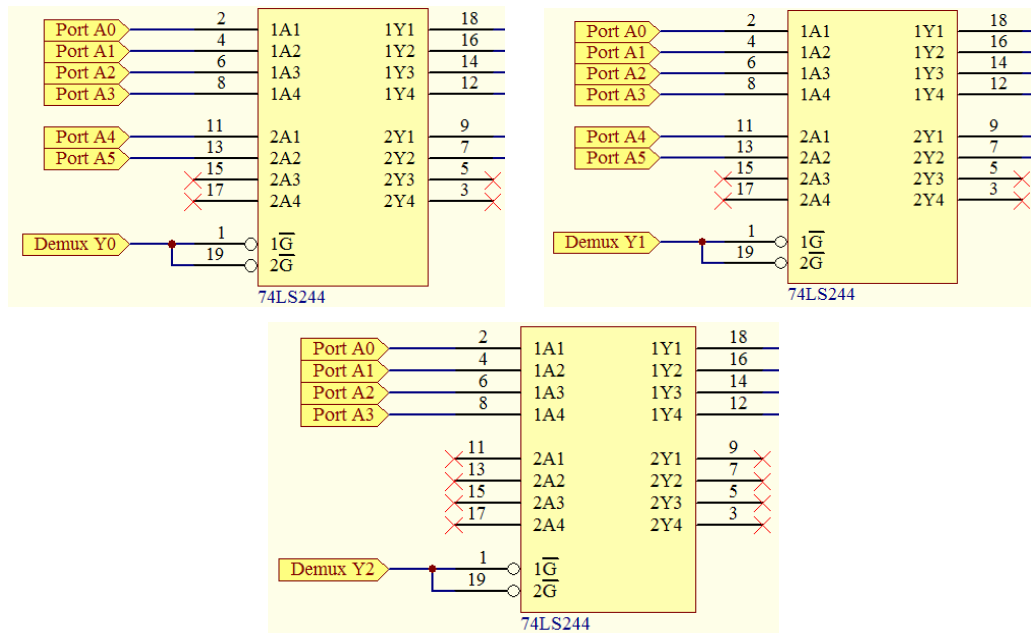
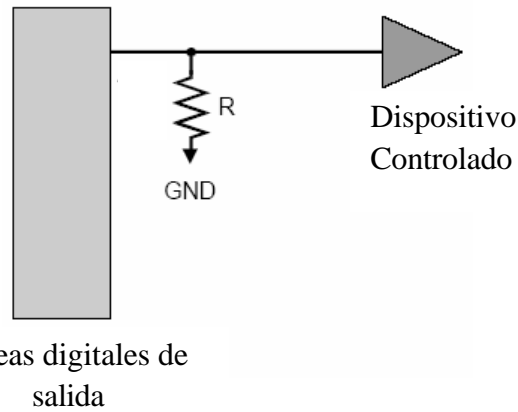


Figura 3.4. Diagramas esquemáticos de conexiones de los CI 74LS244

### 3.1.1.3 Resistencias para fijar en Bajo (Pull Down)

Cuando se ingresa un nivel alto en los pines  $\overline{OE}$  – pines 1 y 19 del 74LS244 (figura 3.4) las salidas pasan a estado de alta impedancia. Cuando un dispositivo tiene sus salidas en estado de alta impedancia, éstas salidas pueden “flotar” a un estado desconocido. La forma en que las salidas “flotarían” depende de las características del circuito y del ambiente eléctrico en el que se encuentre lo cual puede ser impredecible. Especialmente si se tienen conectados dispositivos de salida como relés o transistores, éstos pueden conmutar, realizando activaciones no deseadas.

Para prevenir este efecto y llevar todas las salidas a un estado conocido y seguro se deben fijar los pines sea en nivel alto o nivel bajo por medio de una resistencia adecuada. Si se desea un esquema para fijar en bajo, las líneas de salida deben ser conectadas a un nivel bajo lógico a través de resistencias. Si el circuito integrado 74LS244 entra en estado de alta impedancia, sus salidas se fijan en bajo. Cuando el integrado coloque un nivel alto en sus salidas, éste tiene potencia suficiente para anular el nivel bajo de la resistencia y llevar las líneas a nivel alto.



**Figura 3.5. Configuración de Resistencia para fijar en bajo**

Esta configuración de resistencia es necesaria en cada salida de los integrados 74LS244 ya que para la transformación de nivel de voltaje TTL ( $5 V_{DC}$ ) a  $24 V_{DC}$  necesarios para el funcionamiento de la Estación Neumática PN-2800 se utilizarán transistores. Así, con resistencias para fijar en bajo se evitarán conmutaciones no deseadas que no solo significan un mal funcionamiento, sino que pueden representar un riesgo para la estación misma.

#### 3.1.1.4 Circuito de Activación a $24 V_{DC}$

Una vez realizada la demultiplexación de las señales digitales provenientes de la tarjeta USB de adquisición de datos de 8 bits a 16 bits y su respectivo control de flujo, es necesario elevar el nivel de voltaje de  $5 V_{DC}$  a  $24 V_{DC}$  para que estas señales puedan actuar sobre la Estación Neumática.

Los actuadores y manipuladores de la Estación PN-2800 se activan por medio de electroválvulas con solenoides de actuación directa de 2 posiciones, 4 vías y accionamiento eléctrico.

Para el cambio de voltaje se va a utilizar transistores. Una corriente o voltaje pequeños aplicados en una capa pueden controlar una corriente mucho más grande a través de las otras dos capas. En otras palabras los transistores pueden ser usados como amplificadores o como conmutadores.

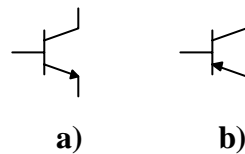


Figura 3.6. a) Transistor tipo npn b) Transistor tipo pnp

Existen principalmente dos tipos de transistores: los transistores bipolares y los transistores de efecto de campo. Para el presente proyecto se utilizan transistores bipolares.

### 3.1.1.5 Transistores Bipolares

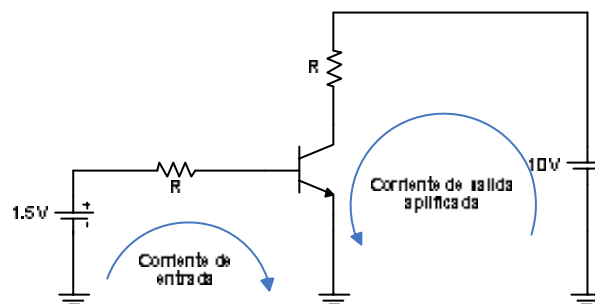


Figura 3.7. Funcionamiento básico del transistor.

Los transistores configurados como conmutadores son designados para ser operados completamente en encendido o en apagado. Cuando la base de un transistor npn se encuentra conectado a tierra (0 V) no circula corriente del colector al emisor (el transistor se encuentra “apagado”). Si la base se encuentra alimentada por al menos 0.7 voltios, una corriente circulará del colector al emisor (el transistor se encuentra “encendido”). Cuando se opera solo en estos dos modos el transistor funciona como conmutador. La resistencia de base tiene valores típicamente entre 1K $\Omega$  y 10K $\Omega$ .

Dado que los actuadores y manipuladores de la Estación Neumática funcionan por medio de electroválvulas con solenoides, la carga que se aplicará a los transistores es una carga inductiva. Cuando se aplica corriente a una carga inductiva, el solenoide se carga con la corriente que recibe como alimentación, y una vez que deja de aplicarse, la corriente acumulada en el solenoide tiende a descargarse. Esto significa que una vez que el transistor conmute al estado de apagado puede circular corriente en sentido inverso proveniente de los solenoides de la Estación PN-2800. Esta corriente inversa puede dañar severamente los transistores e inclusive puede afectar al circuito controlador de datos. Por lo que es

necesario utilizar un diodo colocado en paralelo a la carga y en sentido contrario a la corriente que circula por el transistor. De este modo, cuando el transistor pase a estado de apagado, la corriente acumulada en el solenoide circularía a través del diodo para descargarse.

Finalmente la base del transistor se conectará a las salidas del circuito integrado 74LS244 y a las resistencias para fijar en bajo. Con ello se asegura que el transistor esté siempre en estado de apagado hasta cuando solamente el circuito controlador de datos lo encienda.

El transistor a usarse es un transistor NPN modelo KN 2222A el cual soporta una corriente de colector máxima de 600 mA y un voltaje colector – emisor de 40 V, lo cual es suficiente para los requerimientos de el presente proyecto. El diodo semiconductor a usarse es un diodo 1N4007 que es un diodo de propósito general que soporta una corriente directa de máximo 2.5 A y un voltaje de 30 V, características que son suficientes para los requisitos del presente proyecto.

El diagrama esquemático de las conexiones necesarias para el funcionamiento del circuito de activación a 24 voltios DC es mostrado a continuación en la Figura. 3.8.

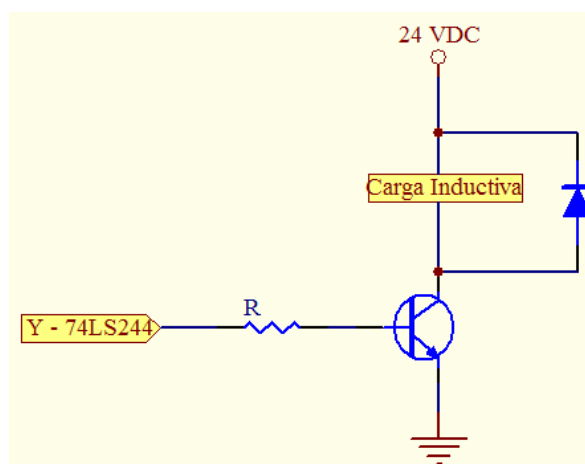


Figura 3.8. Diagrama esquemático de conexiones del circuito de activación a 24V

Finalmente el cableado previamente utilizado por el PLC será conectado en cada uno de los transistores, en el nodo de colector del transistor y el diodo. Así queda diseñado el

circuito para controlar las salidas de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS hacia la estación neumática PMD-1208LS.

La Figura. 3.9. indica el diagrama esquemático de todo el circuito para controlar las salidas, utilizando la nomenclatura convenida en la estación neumática para cada uno de los diferentes actuadores y manipuladores (tabla 2.1) y también la nomenclatura de los terminales de la tarjeta de adquisición de datos (figura. 2.22).

### 3.1.2 Señales de Entrada

La Estación Neumática PN-2800 tiene sensores ubicados en sitios estratégicos los cuales proporcionan información del estado de su desempeño y que sirven como complemento para su funcionamiento autónomo. En total la estación neumática utiliza 26 sensores para realizar esta función. Una explicación detallada de su funcionamiento se encuentra en la sección 2.1.10 incluido un listado completo de los sensores y su correspondiente nomenclatura (tabla 2.2).

Para la lectura de los sensores de la estación neumática se ha previsto que el Puerto B (Port B) de la tarjeta de adquisición de datos recopile estas señales. Al igual que el Puerto A, el Puerto B posee 8 canales, y para que realicen esta tarea se los configurará como puerto de entrada. De este modo los sensores serán leídos en la computadora por medio de la tarjeta USB.

Pero los 8 canales disponibles del Puerto B no son suficientes para poder leer los 26 sensores de la estación neumática. Igualmente es necesario diseñar e implementar un circuito que permita manejar ese número de señales con el número de canales que la tarjeta posee.

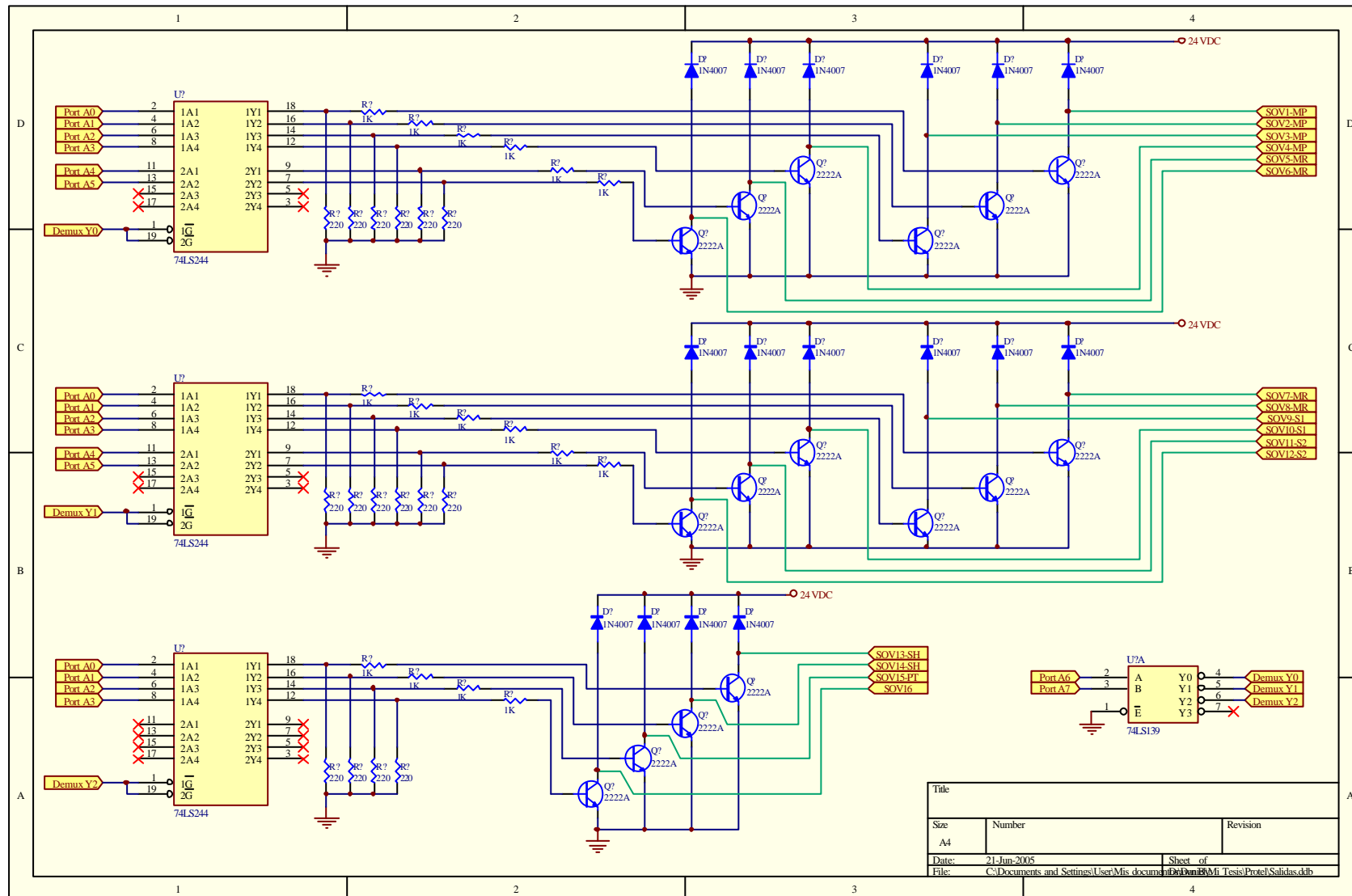


Figura 3.9. Diagrama esquemático del circuito controlador de salidas

### 3.1.2.1 Circuito Reductor de Voltaje

Cada sensor de la estación neumática entrega un voltaje de  $24 V_{DC}$  para indicar encendido o activación, y  $0 V_{DC}$  para expresar apagado o desactivación. Sin embargo la tarjeta de adquisición de datos en sus entradas y salidas digitales es compatible solo con niveles de voltaje TTL (Transistor Transistor Level), es decir  $0 V_{DC}$  para apagado y  $5 V_{DC}$  para encendido.

Por otro lado, si se requiere manipular las 26 señales para poder leerlas con solo 8 canales, la mejor forma es manejar las señales digitalmente con circuitos integrados, los cuales en su gran mayoría solo son compatibles con niveles de voltaje TTL. Es por esto que surge la necesidad de reducir el nivel de voltaje proveniente de los sensores.

Para el presente proyecto se ha diseñado un regulador de voltaje con diodos tener (Figura. 3.10.). Los diodos zener están diseñados para tener un voltaje inverso específico de conducción, lo que significa que pueden funcionar como conmutadores por voltaje ( $V_Z$ ).

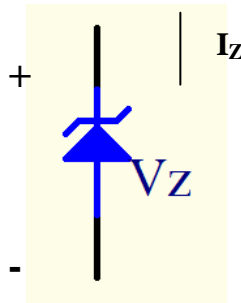
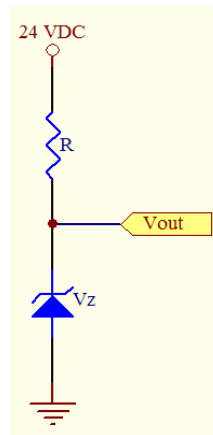


Figura 3.10. Simbología y dirección de conducción del diodo zener

El circuito reductor de voltaje con diodo zener proveerá un voltaje estable ( $V_Z$ ) de un nivel de voltaje mayor. Este voltaje rectificado será de nivel TTL, necesario para trabajar tanto con la tarjeta de adquisición de datos como por los circuitos integrados requeridos.



**Figura 3.11. Diagrama esquemático del regulador de voltaje con diodo zener**

El voltaje de salida  $V_{out}$  estará dado por el voltaje zener del diodo (Figura. 3.11.). En el presente proyecto se usará el diodo zener 1N4733 el cual es un diodo zener de  $5.1 V_{DC}$  que soporta una potencia máxima de  $1W$ .

La salida de voltaje TTL será usado para las entradas de los circuitos integrados necesarios para manejar las señales de los sensores.

### 3.1.2.2 Circuito Demultiplexador

Para manejar las señales de entrada provenientes de los sensores de la estación neumática lo que se necesita es seleccionar un número suficientemente pequeño de señales para que ingresen a la tarjeta de adquisición de datos a partir de las 26 señales que entrega la estación PN-2800.

De modo similar que en el diseño de las señales de salida desde la tarjeta PMD-1208LS, es necesario destinar cierto número de bits del Puerto B como bits de control y los bits restantes como bits para lectura. Como el Puerto B posee 8 bits y necesitamos leer 26 señales es necesario destinar 3 bits del Puerto B como bits de control. Con 3 bits se tiene 8 posibles combinaciones ( $2^3 = 8$ ) y los 5 bits restantes del Puerto B serían destinados para lectura, lo que en total da 40 posibilidades de lectura, de las cuales se ocuparán 26, las necesarias para leer todos los sensores provenientes de la estación neumática. Esto implica que de las 8 posibles combinaciones se van a usar 6.



Para la implementación primero se van a analizar los bits de control. Del Puerto B de la tarjeta de adquisición de datos los bits 5, 6 y 7 – Port B5, Port B6 y Port B7 (figura. 2.22) serán los bits destinados al control de señales, y los bits del 0 al 4 – Port B0 al Port B4 (figura. 2.22) serán los bits destinados para lectura del estado de los sensores.

Para implementar el control de señales se utilizará un circuito integrado demultiplexador de 3 líneas a 8 líneas: el 74LS138.

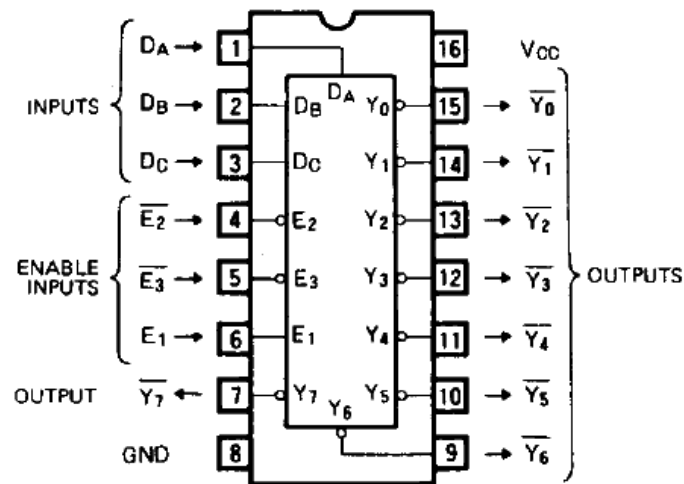


Figura 3.12. Configuración de pines del CI 74LS138

Este integrado tiene la función de activar una sola señal a su salida y al mismo tiempo desactivar las señales de salida restantes, dependiendo del estado presente en sus entradas.

Los pines 1, 2 y 3 de la figura. 3.12 indican los pines de selección. Los pines 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9 y 7 son los pines de salida. Los pines 4, 5 y 6 son los pines de activación del integrado. Puesto que en el presente proyecto se requiere que éste circuito integrado trabaje permanentemente, los pines de activación se deben conectar de la siguiente manera: los pines 4 y 5 se deben conectar a tierra y el pin 6 a  $V_{CC}$  ( $+5V_{DC}$ ). El pin 16 es de alimentación del integrado ( $+5 V_{DC}$ ) y el pin 8 es de conexión a tierra.

La Tabla 3.3. a continuación, indica el funcionamiento de este circuito integrado.

Tabla. 3.3. Funcionamiento del CI 74LS138

$E_1$	$E_X^*$	$D_C$	$D_B$	$D_A$	$Y_0$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$X^*$	1	$X^*$	$X^*$	$X^*$	1	1	1	1	1	1	1	1
0	$X^*$	$X^*$	$X^*$	$X^*$	1	1	1	1	1	1	1	1

$X^* = \text{CUALQUIER ESTADO}$

$$E_X = \overline{E_2} + \overline{E_3}$$

Con este integrado se va a controlar la lectura de datos. Como vamos a usar 6 combinaciones es necesario solamente 6 de las 8 salidas del integrado.

El diagrama esquemático de las conexiones para el circuito integrado 74LS138 se muestra a continuación en la Figura. 3.13.

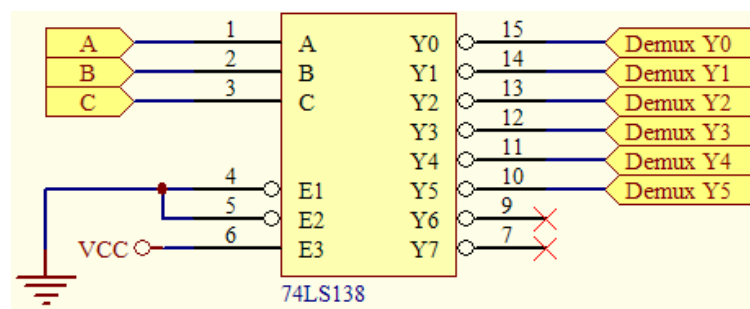


Figura 3.13. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS138

### 3.1.2.3 Circuito Contador

Para controlar la selección de las salidas del CI 74LS138 se debe activar las entradas A, B y C del mismo. En el circuito de salidas analizado en la sección 3.1.1.1 se utilizan dos

bits del mismo Puerto A para realizar esta función en el integrado 74LS139. Esto debido a que el Puerto A está configurado como puerto de salida. Pero para las señales de entrada, el Puerto B, destinado a esta función, está configurado como entrada. Así que es necesario buscar una alternativa para la activación del circuito demultiplexador en las señales de entrada.

Para implementar esto se utilizará un circuito integrado contador en binario de 4 bits, síncrono: el 74LS193.

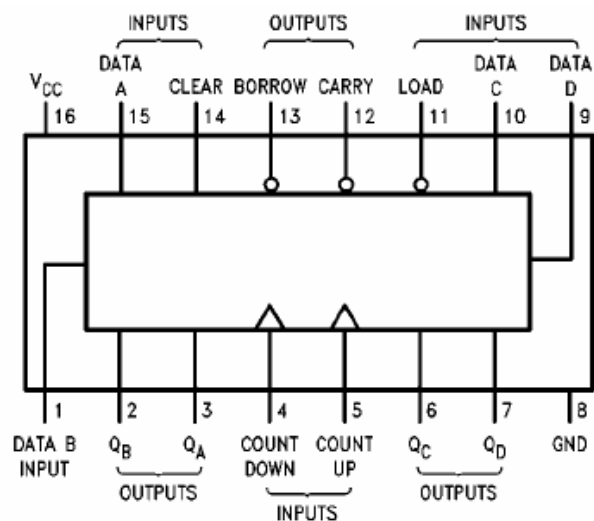


Figura 3.14. Configuración de pines del CI 74LS193

Este integrado indicado en la Figura. 3.14. es un contador ascendente o descendente en binario de 4 bits: cuenta desde 0 hasta 15 (en binario). La cuenta se realiza síncronicamente con una señal de reloj ingresada en una de sus entradas de cuenta. Si ésta señal de reloj ingresa en el pin 4 (figura. 3.14), el integrado realiza la cuenta descendente. Si la señal de reloj ingresa en el pin 5, el integrado realiza la cuenta ascendente. Para el presente proyecto se requiere una cuenta síncrona ascendente. Para esto se debe ingresar una señal de reloj en el pin 5 y al mismo tiempo conectar el pin 4 de cuenta descendente a  $V_{CC}$  (+5V) para desactivarlo.

El 74LS193 tiene la opción de programar su estado inicial, es decir que empiece la cuenta desde un número determinado. El estado inicial programable se ingresa por las entradas 15, 1, 10 y 9; y la programación se activa con el pin de entrada 11. Esto no es necesario para el presente proyecto.

Este integrado está diseñado para ser conectado en cascada con otro contador igual, de este modo los bits de cuenta aumentan. Esto se realiza mediante los pines de salida 12 y 13 (figura. 3.14). Esta característica tampoco es necesaria para este proyecto.

Las salidas de este integrado entregan las señales correspondientes a la cuenta. Esto es mediante los pines de salida 3, 2, 6 y 7 –  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$  y  $Q_D$  respectivamente, siendo la salida  $Q_A$  el bit menos significativo de la cuenta y la salida  $Q_D$  el bit más significativo.

Cuando el integrado ha llegado al máximo de su cuenta (15 en binario), al siguiente pulso de reloj regresa a su estado inicial de 0 e inicia la cuenta nuevamente. Sin embargo es posible forzar el regreso a su estado inicial en cualquier momento de la cuenta mediante el ingreso de una señal de +5 V<sub>DC</sub> en el pin de entrada clear – pin 14. Esto sí es requerido en el presente proyecto, pero se analizará en la siguiente sección: 3.1.2.4.

Finalmente el pin 16 es de alimentación del integrado (+5 V<sub>DC</sub>) y el pin 8 es de conexión a tierra.

El diagrama esquemático de conexiones de éste circuito integrado se muestra a continuación en la Figura. 3.15.

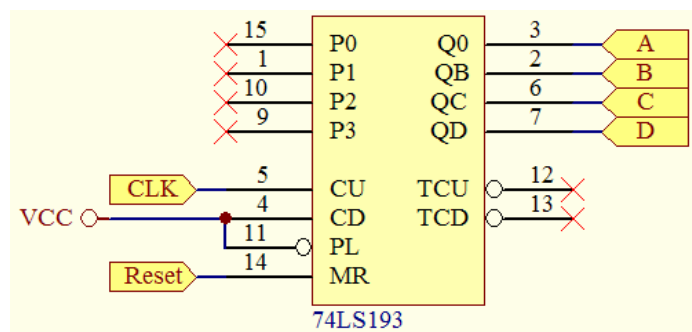


Figura 3.15. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS193

Las salidas de cuenta de éste integrado están nombradas como las entradas de selección del integrado demultiplexador de 3 líneas a 8. De este modo se controla la selección del demultiplexador 74LS138. Pero de las 8 selecciones posibles se van a utilizar solamente 6. Así que intuitivamente se concluye que el contador debe empezar su cuenta en 0, terminar en 5 y volver a empezar la cuenta. Es entonces necesario el diseño de un circuito de Reset.

### 3.1.2.4 Circuito de Reset

En el presente proyecto, para controlar adecuadamente el integrado demultiplexador para que maneje solo 6 de los 8 estados posibles mediante un contador, es necesario forzar el fin de la cuenta después de que el contador haya llegado al número 5 en binario. Surge entonces la necesidad del diseño de un circuito y su correspondiente implementación para que se realice esta acción. Esto es posible mediante el uso de compuertas lógicas.

El número 5 debe ser el último número en la cuenta. El número 6 ya no debe aparecer, sino que en ese instante ya debe estar empezando la cuenta nuevamente desde 0. Sin embargo hay un hecho más que debe ser tomado en cuenta, cuando el contador se enciende puede hacerlo en cualquier estado, es decir, puede encenderse en cualquier número, y empezar a contar desde el estado cualquiera que se encuentre. Si esto ocurriera no solo que va a dar errores en nuestro selector de datos, sino que puede atascarse en un bucle del que pudiera no salir. Es por esto que hay que forzar un reseteo en cualquier otro estado diferente del rango de 0 a 5. Para un entendimiento más sencillo se analizará la tabla de cuenta:

**Tabla. 3.4. Demostrativo de los estados no deseados para contar**

Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	ESTADO DEL CONTADOR
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

Los números del 6 al 15 son los estados no deseados del contador. Para el uso de las compuertas lógicas se debe aprovechar algún estado en las salidas  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$  o  $Q_D$  del contador que nos indique que el estado no es deseado. En la tabla 3.4 los estados resaltados de las salidas  $Q_D$ ,  $Q_C$  y  $Q_B$  indican todos los estados no deseados, y que ocurren solamente en el rango no deseado. La sola activación en alto de la salida  $Q_D$  indica que el contador se halla fuera de la cuenta deseada, y cubre el rango desde 8 hasta 15. La activación en conjunto de las salidas  $Q_C$  y  $Q_B$  en alto indica una cuenta no deseada en el estado 6 y 7 el contador. De este modo se cubre el rango completo no deseado del contador. Finalmente se implementa el circuito que forzará un reset en el contador con compuertas lógicas AND y OR, lo que se indica a continuación en la Figura. 3.16.

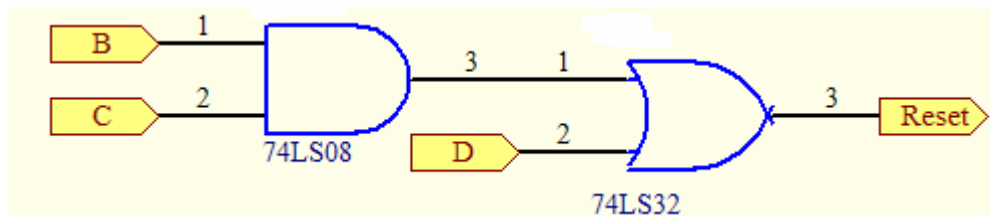


Figura 3.16. Diagrama esquemático del circuito de reset

### 3.1.2.5 Circuito de Reloj

El contador cambia de estado con una señal sincrónica de reloj ingresada en la entrada de reloj de cuenta ascendente. Es entonces necesario realizar un circuito de reloj que genere una onda cuadrada de una frecuencia deseada para que la cuenta se realice a la velocidad deseada.

Sin embargo la velocidad requerida de la cuenta no es un dato constante, ni siquiera es un dato conocido todavía. La función del contador es alimentar las entradas del integrado demultiplexador para que seleccione solamente una de sus salidas y desactive todas las demás. Esto será utilizado, como en el circuito para las señales de salida, en la activación y desactivación de los diferentes circuitos integrados 74LS244 (sección 3.1.1.2). De este modo se controlará las señales provenientes de los sensores de la estación neumática.

Como el circuito es de lectura, lo que se implementará es un “barrido de señales”, leer las señales provenientes de los sensores en bloques de 5 a la vez, hasta completar las 26 señales y volver a empezar. La forma más óptima de trabajar sería mientras más rápida la frecuencia del barrido la lectura sería más clara. Pero la velocidad a la que se debe realizar

el barrido depende de la velocidad de procesamiento de señales de la tarjeta de adquisición de datos, de la velocidad a la que trabaje el software que controle la tarjeta e incluso de la velocidad de la computadora en la que se esté trabajando.

La tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS tiene una velocidad de procesamiento de datos de máximo 1MHz (ver Anexo 1). Sin embargo las velocidades del software y de la computadora no son conocidas todavía. En la interfaz HMI (Human Machine Interface) que finalmente controle la estación neumática, mientras más compleja y extensa sea la programación más tiempo tardará la computadora en compilar y procesar los datos, y más lento trabajará el programa, lo cual pudiera afectar la velocidad de barrido de datos. Y de manera similar ocurrirá con la computadora con la cual se trabaje. No solo interviene la velocidad del procesador del CPU, sino de los programas y procesos que funcionen al mismo tiempo que esté funcionando el HMI, y de cuantos recursos consuma la computadora en realizar todo en conjunto. Todo esto podría interferir en la velocidad del barrido de señales.

Estas diferencias han sido experimentadas en pruebas mediante diversas condiciones de trabajo (ver capítulo 8: Pruebas y Resultados). Y a pesar de ser mínimas las diferencias, ha sido necesario el reajuste manual de la velocidad de barrido de señales, en concreto, de la frecuencia del circuito de reloj.

Por estos motivos se empleará un circuito de reloj sencillo pero eficiente, mostrado a continuación en la Figura. 3.17.

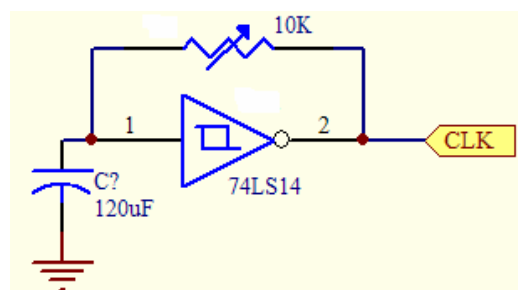


Figura 3.17. Diagrama esquemático del circuito de reloj

Las ventajas de este circuito son su facilidad de implementación y los pocos elementos electrónicos necesarios. La frecuencia del reloj se controla variando el valor de la

resistencia. Para una regulación más exacta se ha usado un potenciómetro de precisión, así se puede variar la frecuencia hasta su valor más óptimo y se evitan desajustes accidentales. Esta es otra ventaja pues comercialmente los potenciómetros de precisión se encuentran de hasta máximo 50K $\Omega$ , por lo que uno de 10K $\Omega$  se adquiere fácilmente.

### 3.1.2.6 Circuito Selector de Datos

Para manejar un grupo determinado de señales sin que interfieran unas con otras es recomendable usar el integrado 74LS244, el cual también fue usado en el circuito controlador de datos para las señales de salidas, y el cual es analizado en la sección 3.1.1.2. Ya que el integrado 74LS244 posee 8 entradas/salidas divididos en 2 bloques de 4, y en el presente proyecto se necesitan leer 5 bits al mismo tiempo, es necesario usar 6 integrados de éste tipo: en 5 de éstos integrados se usarán los 2 bloques para completar 5 bits, y en 1 integrado se usará un solo bloque del cual se usará tan solo una entrada y una salida. De este modo se completan las 26 entradas/salidas necesarias.

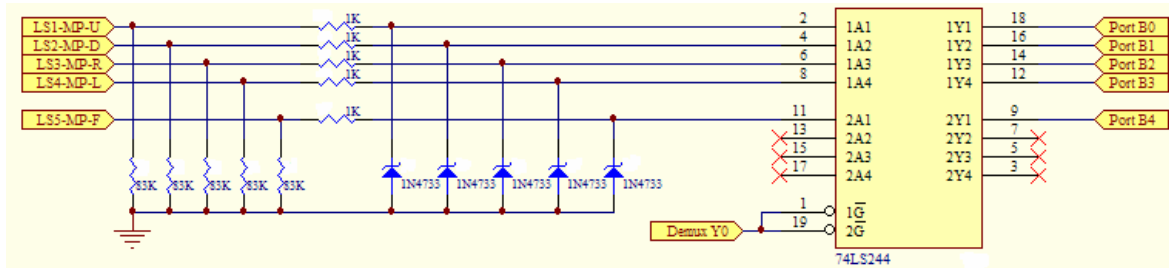
Un análisis completo del funcionamiento de este circuito integrado se encuentra detallado en la sección 3.1.1.2, incluida su configuración de pines (figura. 3.3) y su funcionamiento (tabla 3.2).

A las entradas de este circuito integrado se conectarán los sensores de la estación después de haber sido cambiados voltaje a un nivel TTL compatible con el circuito. Para evitar lecturas incorrectas y asegurar un nivel bajo total cuando los sensores se encuentran apagados se han colocado resistencias para fijar en bajo. Cuando el sensor se active, el voltaje que circule será suficiente para anular el efecto de las resistencias.

Las salidas del 74LS244 se conectarán directamente a las 5 entradas destinadas a lectura de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. El control de activación y desactivación de los 6 integrados buffers o controladores de líneas se realiza por medio del pines  $\overline{OE}$  - pines 1 y 19 (figura. 3.3) los cuales se conectan al circuito demultiplexador de 3 líneas a 8.



El diagrama esquemático de las conexiones del integrado 74LS244 desde los sensores de la Estación Neumática con los diodos zener hacia los canales de la tarjeta de adquisición de datos, y de las salidas del demultiplexador se indica a continuación en la Figura. 3.18.



**Figura 3.18. Diagrama esquemático del circuito selector de señales**

Después de analizar la función de cada circuito integrado requerido para la implementación del circuito, la Figura. 3.19. indica el diagrama esquemático de todo el circuito para controlar las entradas provenientes de la Estación Neumática PN-2800.

En dicha figura se está utilizando la nomenclatura convenida en la Estación Neumática para cada uno de los diferentes sensores (enumerados en la Tabla 2.2) y también la nomenclatura de los terminales de la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS (Figura. 2.22).

Sin embargo este circuito para controlar las entradas, es solamente una parte del circuito total necesario para implementar el presente proyecto. Es por esto que el diagrama esquemático total del circuito para controlar las salidas en conjunto con el circuito para controlar las entradas junto con toda la nomenclatura necesaria para identificar cada uno de los elementos que lo conforman, se encuentra en el Anexo 2 del presente proyecto.

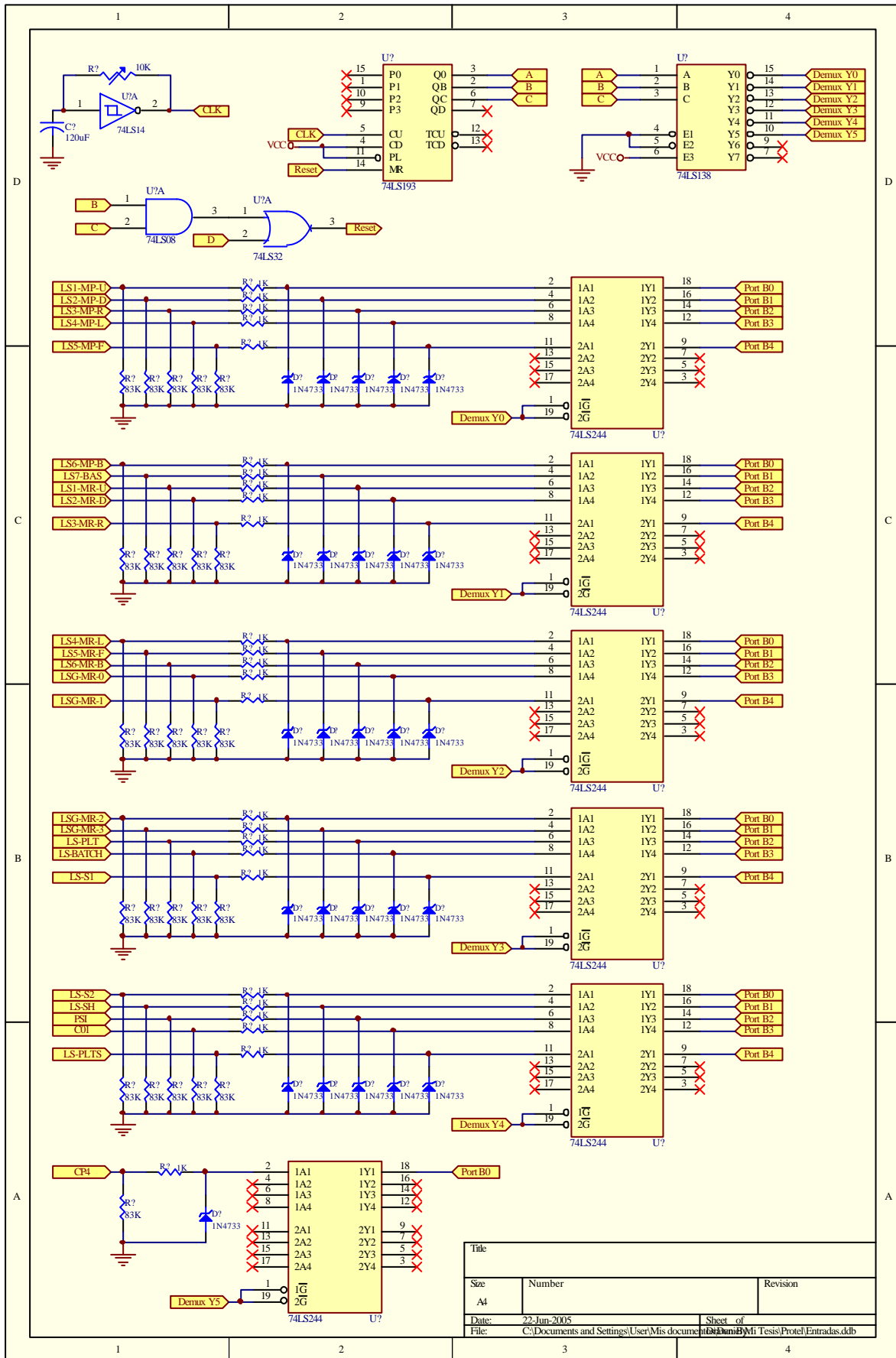


Figura 3.19. Diagrama esquemático del circuito para lectura de señales

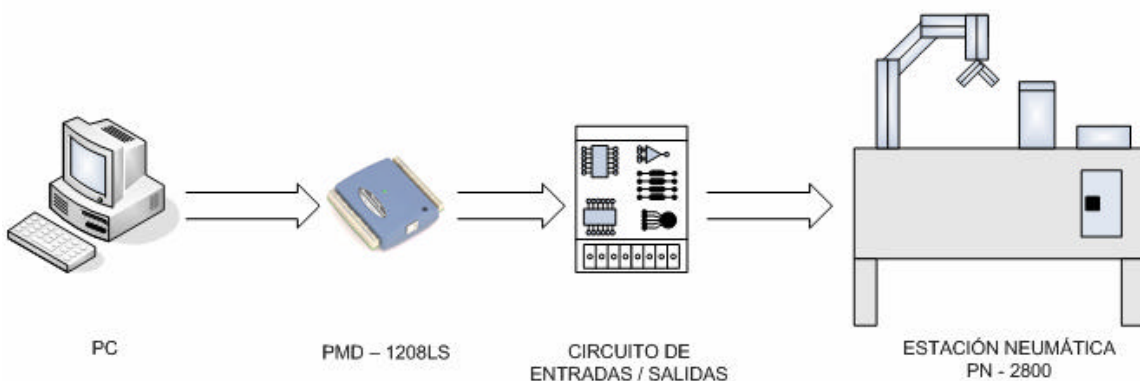
### 3.2 INTERCONEXIÓN ENTRE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y LA ESTACIÓN NEUMÁTICA

La tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS se conecta a una computadora por medio de un puerto USB. Con el controlador adecuado, puede funcionar bajo los sistemas operativos Windows 98 SE, Windows ME, Windows 2000 y Windows XP. Con el software seleccionado, la tarjeta puede controlar cualquiera de sus 16 entradas/salidas digitales del modo que el usuario programe.

Con la interfaz HMI (la cual es discutida en el siguiente capítulo) se pretende controlar la Estación Neumática por medio de ésta tarjeta de adquisición de datos.

La Estación Neumática tiene hechas conexiones para que su controlador anterior (el PLC) controle y adquiera datos del funcionamiento. Ya que la operación de la Estación no tendrá cambios significativos, la gran mayoría de estas conexiones no requieren de cambios.

Una vez diseñados los circuitos para manejar las señales de salida y las señales de entrada, hay que buscar una buena conexión física entre todos los elementos: la estación neumática, el circuito para las señales, la tarjeta de adquisición de datos y la computadora. Una representación de estas conexiones se indica a continuación en la Figura. 3.20.



**Figura 3.20. Representación de la interfase entre la PC y la Estación Neumática**

### 3.2.1 Conexión PC – PMD-1208LS

La tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS se conecta a una computadora mediante un puerto USB. Para ello utiliza un cable USB con un conector tipo A en un extremo y un conector tipo B en el otro extremo. Este cable es suministrado junto con la tarjeta de adquisición de datos (figura. 2.18).

Para el correcto funcionamiento, en la computadora deben estar instalados los debidos controladores de la tarjeta USB de acuerdo al sistema operativo bajo el cual se esté trabajando.

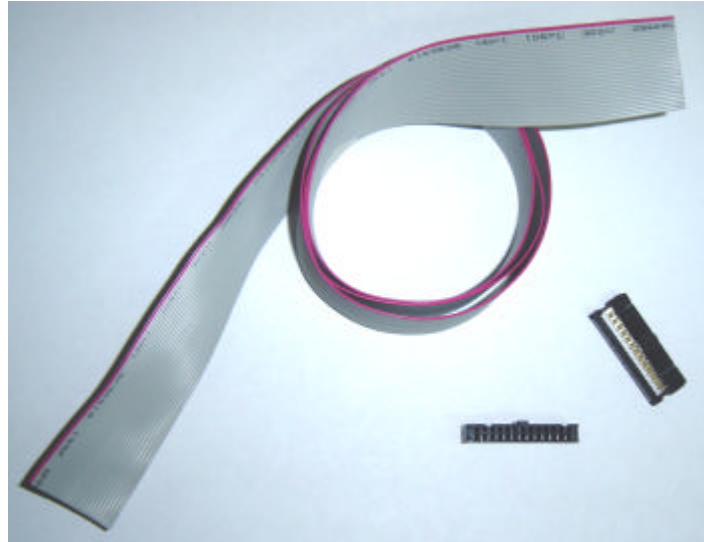
### 3.2.2 Conexión PMD-1208LS – Circuito Entradas/Salidas

Para realizar el sistema de control y adquisición de datos por puerto USB para la estación neumática se están usando de la tarjeta PMD-1208LS solamente las entradas/salidas digitales. Como la tarjeta posee 16 entradas/salidas, se debe realizar una conexión física entre éstas y el circuito controlador de señales que se ha diseñado.

En la tarjeta PMD-1208LS los terminales de entrada/salida digitales son los pines del 21 al 28 para el puerto A, y los pines del 32 al 39 para el puerto B (figura. 2.22).

Pero además de las entradas/salidas se está utilizando los terminales de tierra y de PC +5V (figura. 2.22) que serán los encargados de alimentar al circuito de entradas/salidas. La tarjeta de adquisición de datos tiene en total 6 terminales de tierra (GND) y uno solo de PC +5V. Sin embargo, por diseño, es recomendable que cuando se trata de los cables de alimentación, éstos sean cables de mayor diámetro, o exista más de un terminal de tierra y de  $V_{CC}$ . En este caso para la tierra se puede escoger 2 terminales desde la tarjeta de adquisición de datos: los pines 29 y 31. Y ya que solo existe un pin de PC +5V, se escoge el pin 30 que será el pin que proporcione 5 V de alimentación al circuito, pero se utilizará 2 cables conectados simultáneamente a éste pin para que proporcione una mejor alimentación.

En total se tiene que realizar 20 conexiones desde la tarjeta de adquisición de datos hacia el circuito de entradas/salidas. Para ello se utiliza un cable IDE-26 (Figura. 3.21.) que se usa como bus de datos entre la tarjeta USB y el circuito de entradas/salidas.



**Figura 3.21. Cable IDE-26 y sus conectores**

Tanto el cable como los conectores ya están normalizados, por lo que es más fácil y práctico de usar cuando se requieren muchas conexiones. Y es más que suficiente porque el cable consta de 26 canales de los cuales se van a utilizar 20.

Para la conexión del cable IDE-26 en el circuito se usarán espadines (Figura. 3.22.) los cuales serán soldados a la placa para que la conexión quede fija y segura.



**Figura 3.22. Espadines de conexión al cable IDE-26**

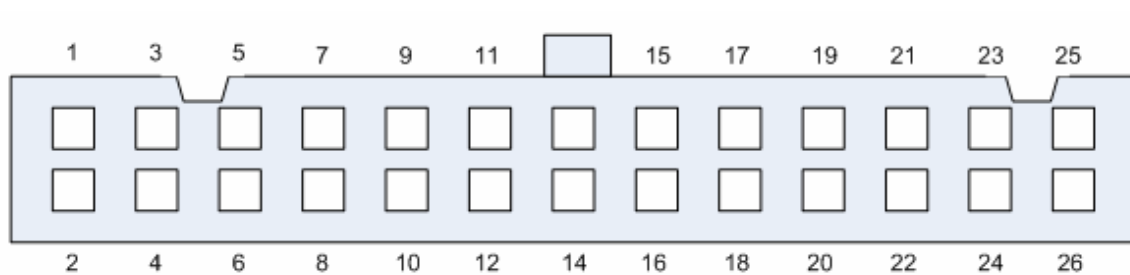
Como en el mercado se encuentran de 40 pines, es necesario recortarlos hasta 26 para el cable. Y como guía, en el cable IDE-26, la línea de color lila indica la línea número uno. Así no existirán confusiones.

Para complementar los espadines es necesario un conector IDE-26 (Figura. 3.23.) en el cual encajen y así se complete la conexión.

Finalmente el orden de conexión de cables y su respectivo propósito se indican en la Tabla. 3.5.

**Tabla. 3.5. Líneas usadas en el Cable IDE-26 de la PMD-1208LS y su propósito**

Cable IDE-26	PMD-1208LS
1 (Lila)	Port A0
2	Port A1
3	Port A2
4	Port A3
5	Port A4
6	Port A5
7	Port A6
8	Port A7
11	Port B0
12	Port B1
13	Port B2
14	Port B3
15	Port B4
16	Port B5
17	Port B6
18	Port B7
10 y 26	PC +5V
9 y 25	GND



**Figura 3.23. Conector IDE-26**

### 3.2.3 Conexión Circuito Entradas/Salidas – Estación Neumática

El flujo de datos entre el circuito de entradas/salidas y la estación neumática se produce en ambos sentidos. Por un lado el circuito debe enviar las señales a la estación neumática para el funcionamiento de los diferentes actuadores y manipuladores; y por otro lado la estación PN-2800 debe enviar las señales provenientes de los sensores al circuito.

El circuito debe enviar 16 señales para el control de la estación. Y la estación entrega 26 señales al circuito. Por esto las conexiones entre ambos dispositivos se dividen en dos partes: las señales de los actuadores, y las señales de los sensores.

Las señales de los actuadores son 16, más las señales de +24 V<sub>DC</sub> y tierra provenientes de la estación se tiene en total 18 señales entre la estación neumática y el circuito de entradas/salidas. Es por esto que se usará igualmente un cable IDE-26 y los mismos elementos de conexión en el circuito (figuras 3.21, 3.22 y 3.23).

El orden de conexión de cables y su respectivo propósito se indican en la siguiente tabla:

**Tabla. 3.6. Líneas usadas en el Cable IDE-26 para actuadores y su propósito**

<b>Cable IDE-26</b>	<b>PN-2800</b>
1 (Lila)	SOV1-MP
2	SOV2-MP
3	SOV3-MP
4	SOV4-MP
5	SOV14-SH
6	SOV15-PT
7	SOV5-MR
8	SOV6-MR
9	SOV7-MR
10	SOV8-MR
11	SOV13-SH
12	SOV16

13	SOV9-S1
14	SOV10-S1
15	SOV11-S2
16	SOV12-S2
17 y 25	+24V <sub>DC</sub>
18 y 26	GND

Las señales de los sensores son 26, y además se debe realizar las conexiones de tierra y de +24 V<sub>DC</sub> provenientes de la estación neumática, igualmente se diseñará dos para +24 V<sub>DC</sub> y dos para GND. En total se necesitan 30 conexiones entre los sensores y el circuito de entradas/salidas. Para esto se va a utilizar un cable IDE-40 mostrado en la Figura. 3.24.



**Figura 3.24. Cable IDE-40**

Con un cable IDE-40 se tienen disponibles 40 líneas para utilizar las señales. Como se necesitan 30, es suficiente para el presente proyecto. En la placa se soldará el mismo espadín mostrado en la Figura. 3.22 para la conexión física entre el cable y la placa del circuito. Del mismo modo es necesario el conector IDE-40 (Figura. 3.25.) como complemento a los espadines.

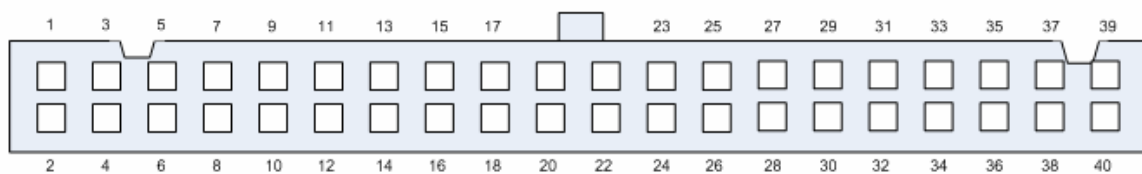
El propósito de cada línea del cable se indica en la Tabla. 3.7.

**Tabla. 3.7. Líneas usadas en el Cable IDE-40 para sensores y su propósito**

<b>Cable IDE-40</b>	<b>PN-2800</b>
1 (Lila)	LS1-MPU



2	LS2-MPD
3	LS3-MPR
4	LS4-MPL
5	LS5-MPF
6	LS6-MPB
7	LS7-BAS
8	LS1-MRU
9	LS2-MRD
10	LS3-MRR
11	LS4-MRL
12	LS5-MRF
13	LS6-MRB
14	LSG-MR0
15	LSG-MR1
16	LSG-MR2
17	LSG-MR3
18	LS-PLT
19	LS-BATCH
20	LS-S1
21	LS-S2
22	LS-SH
23	PSI
24	C01
25	LS-PLTS
26	C4
27 y 39	+24 V <sub>DC</sub>
28 y 40	GND



**Figura 3.25. Conector IDE-40**

### 3.2.4 Conexiones Eléctricas para los Actuadores en la Estación Neumática

Para el funcionamiento del circuito para controlar los actuadores y manipuladores de la Estación Neumática desde una computadora por medio de la tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS, es necesario un reajuste en el cableado eléctrico de los actuadores y manipuladores de la estación.

En la figura. 3.8 consta el punto de conexión del circuito de activación a  $24 V_{DC}$  con los actuadores y manipuladores de la estación representados como “Carga Inductiva”. Como la estación requiere 16 conexiones para el control total de sus funciones, es necesario realizar este circuito 16 veces, conectando las resistencias de base a las 16 salidas de los 3 circuitos integrados 74LS244.

Cada conexión del transistor con la carga requiere una conexión a un punto de alimentación de  $24 V_{DC}$ . Esta fuente de alimentación la proveerá la Estación Neumática, pues en su armario eléctrico existen puntos de alimentación de este nivel de voltaje, procedentes de la transformación y rectificación de la alimentación de  $120 V_{AC}$  de la Estación misma (figura. 2.2).

Sin embargo, en el cableado previo a este proyecto de la estación neumática, a los actuadores y manipuladores los controlaba el módulo DEP-216 del PLC, y para ello el PLC suministraba  $24V_{DC}$  directamente a cada uno de ellos. Esto implicaba que los puntos de conexión comunes eran los puntos de tierra, a diferencia del presente proyecto que los puntos comunes son los puntos de conexión a  $24V_{DC}$ .

Para cambiar esta conexión es necesario un reajuste en el armario eléctrico, en la sección de las borneras DAP – 216 (figura. 2.2). Allí esta ubicada la bornera N4-11, la cual es el enlace de los puntos comunes de los actuadores y manipuladores a la conexión de tierra ubicada en el armario eléctrico en la sección Borneras  $24 V_{DC}$ . Simplemente se cambia esta conexión de tierra (0V) a una de las borneras de 24 V. De este modo el punto común queda cambiado.

Para reponer el punto de tierra sustituido se debe eliminar la conexión a  $24 V_{DC}$  que originalmente poseía la Estación. Para ello se cambia la conexión de la bornera N4-1 de  $24 V_{DC}$  a una de las borneras de tierra (0V) ubicada en la sección Borneras  $24 V_{DC}$ .

Para mayor facilidad en el presente proyecto, las conexiones eléctricas anteriores de los actuadores al PLC se van a seguir utilizando, pero en lugar de ser conectadas al PLC ahora se conectarán a una placa con borneras y con un espadín de 26 pines (figura. 3.22). Se conectará de manera que cada uno de los espadines esté conectado a su correspondiente bornera, para que el funcionamiento esté de acuerdo a la tabla 3.6.

La Figura. 3.26 indica el cableado eléctrico en la Estación Neumática PN-2800 de sus actuadores, de sus borneras y finalmente a la placa.

### **3.2.5 Conexiones Eléctricas para los Sensores en la Estación Neumática**

En la Estación Neumática PN-2800 existen 3 tipos de sensores: sensores inductivos, sensores de fin de carrera y sensores proporcionales (sección 2.1.10). Todas las señales provenientes de estos sensores tienen un nivel de  $24 V_{DC}$ , nivel que proporciona la Estación una vez que rectifica la señal de  $120 V_{AC}$  que recibe como alimentación general y la transforma al nivel de  $24 V$  requerido.

En el funcionamiento previo al desarrollo de éste proyecto, las señales de los sensores eran recibidas por las entradas de los dos módulos DAP-216 del PLC. De todas las señales se tenía un punto en común: la conexión a tierra. El PLC recibía las señales positivas de cada sensor y los puntos de tierra eran comunes para toda la estación neumática.

Para el presente proyecto no se requiere cambiar estas conexiones, pues el circuito para las señales de entrada también lee la señal positiva y tiene como punto común la tierra.

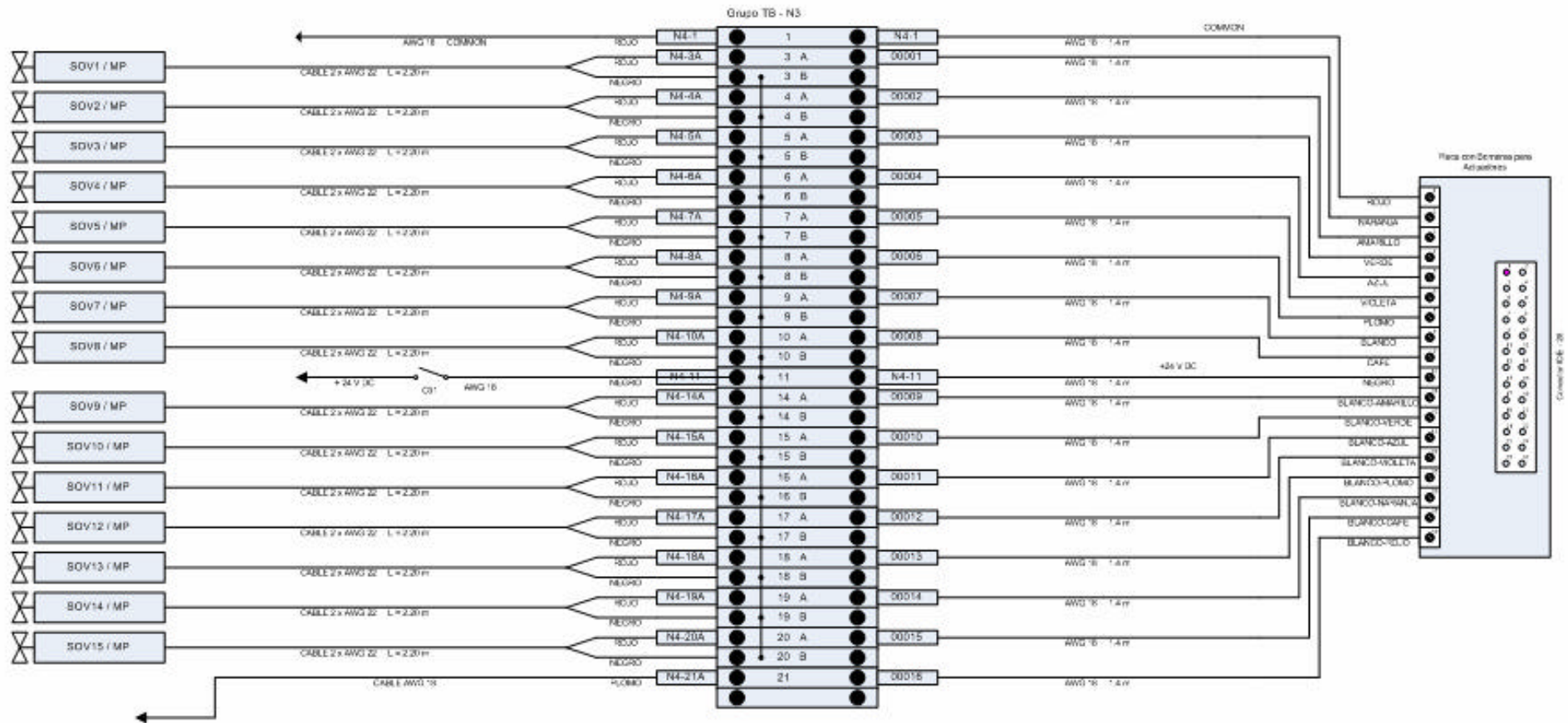


Figura 3.26. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Actuadores

Igual que en el caso de los actuadores (sección 3.2.4) se aprovecharán las conexiones existentes y se sustituirá el PLC con una placa con borneras y un conector con espadines de 40 pines (Figura. 3.22). Se conectará de manera que cada uno de los espadines esté conectado a su correspondiente bornera, para que el funcionamiento esté de acuerdo a la Tabla. 3.7.

Las Figuras. 3.27 y 3.28 indican el cableado eléctrico en la Estación Neumática PN-2800 de sus sensores, de sus borneras y finalmente la correspondiente placa. Hay que tomar en cuenta que las conexiones de los sensores se encuentran divididas en 2 partes. Sin embargo el conector es uno solo, el IDE – 40.

Así mismo es necesario recalcar que las borneras tanto de los actuadores como de los sensores en realidad se encuentran montadas en una sola placa, pero en las Figuras. 3.27 y 3.28 las diferencian para facilidad de entendimiento.

Un esquema real de la placa con borneras se encuentra representado en la Figura. 3.29. donde se numera cada bornera, su propósito y además se indica el lugar en donde se encuentran montados los espadines tanto del conector IDE-40 como del conector IDE-26.

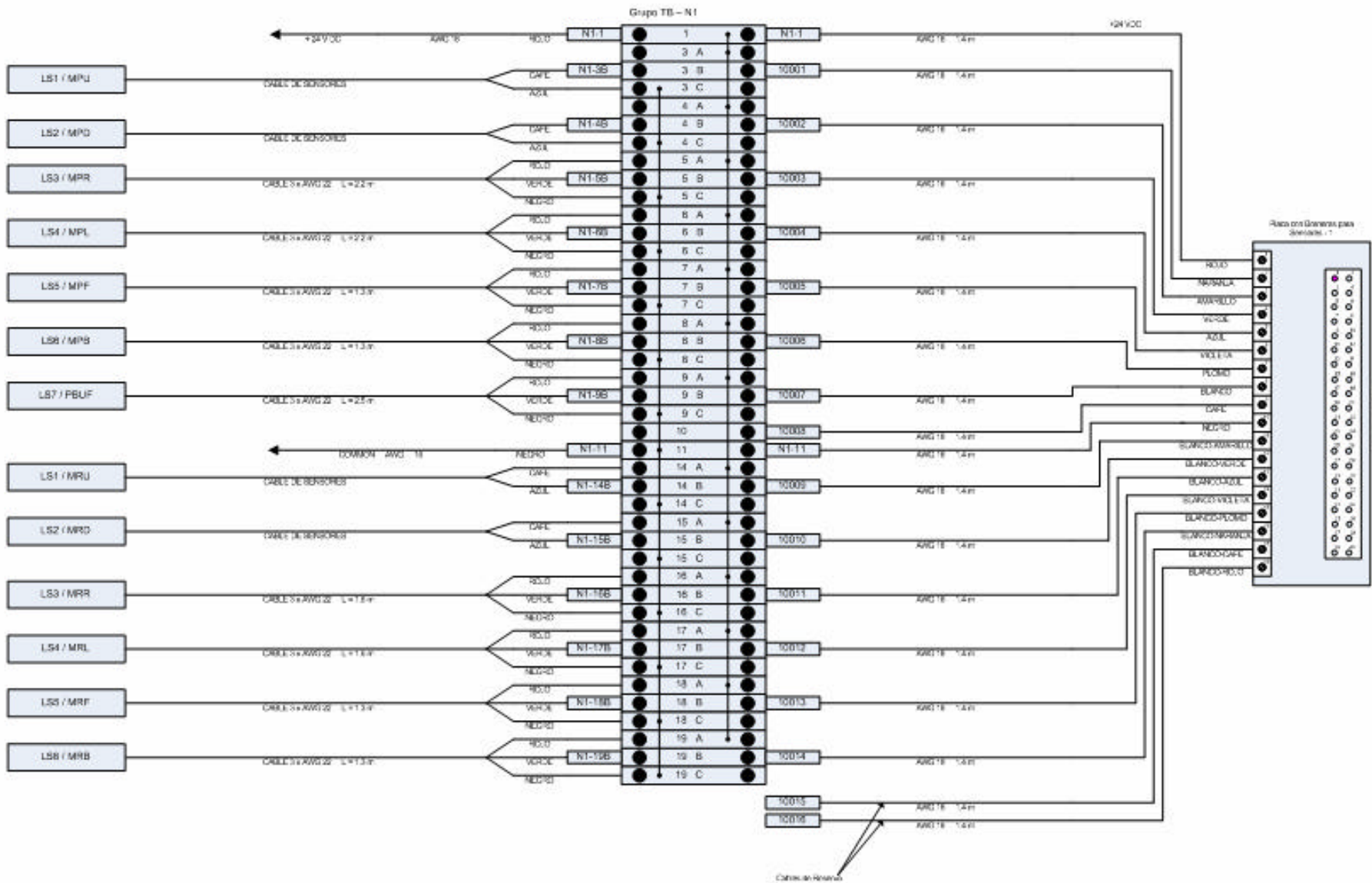


Figura 3.27. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Sensores – 1

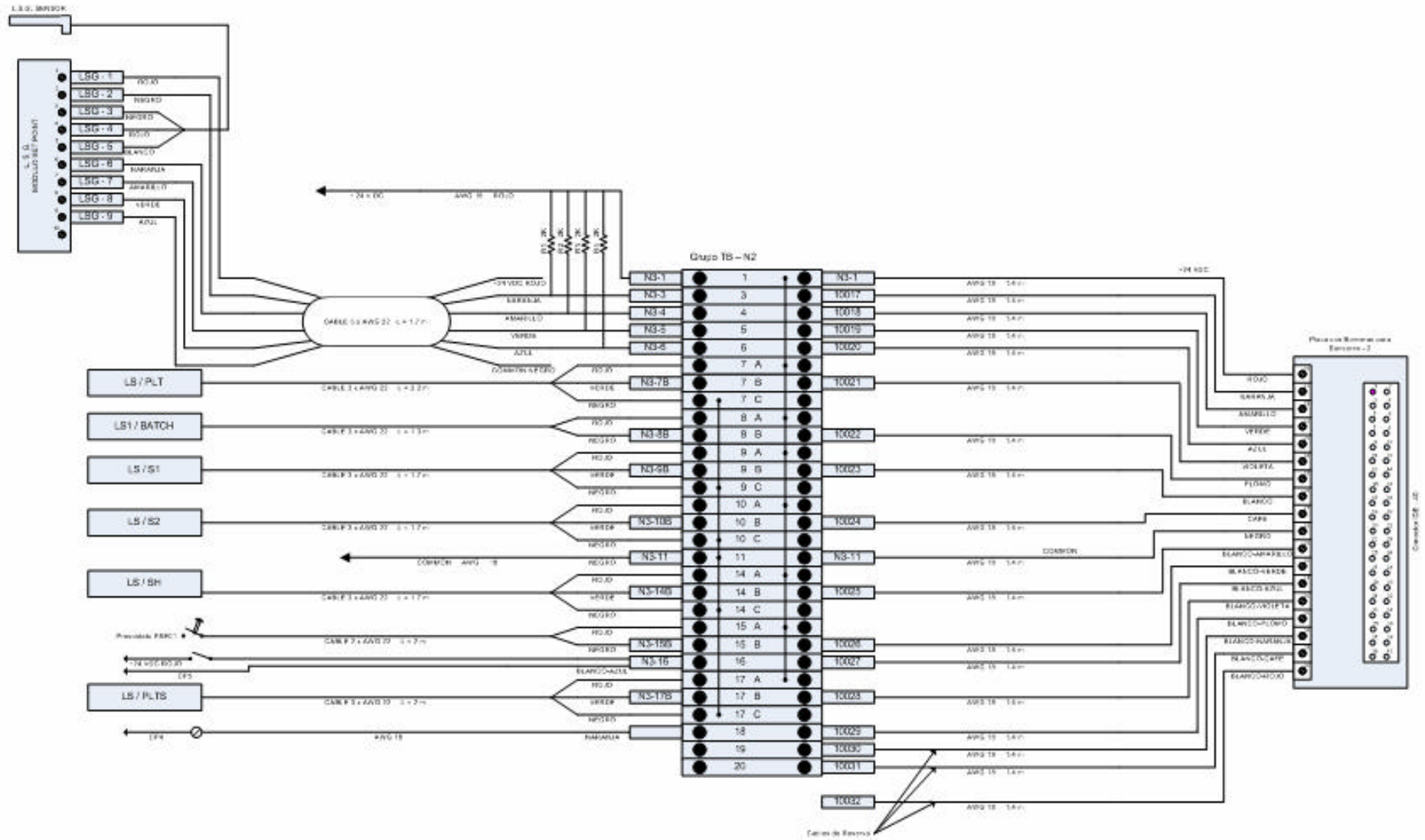


Figura 3.28. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Sensores – 2

### 3.2.6 Placa de Borneras

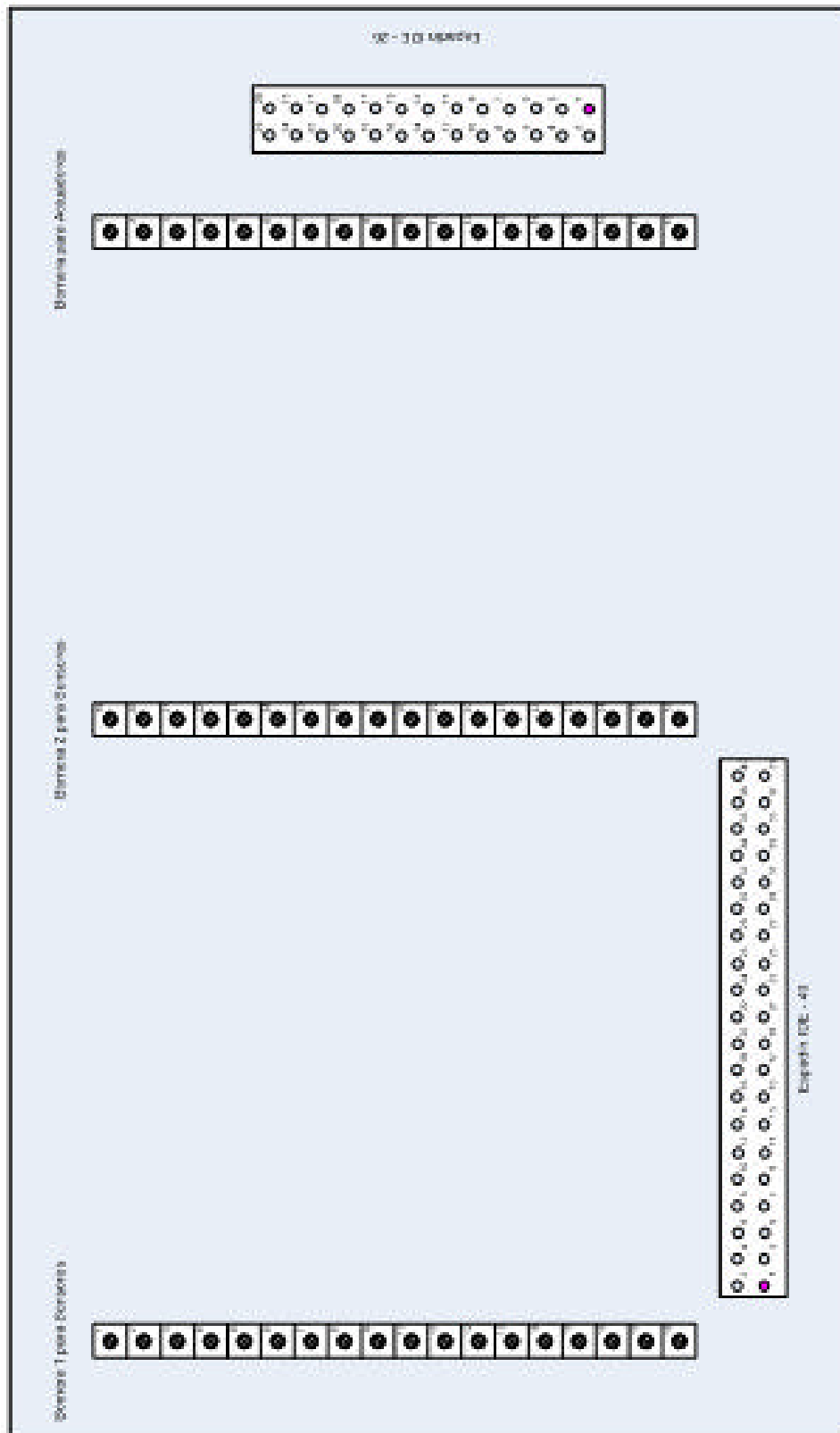


Figura. 3.29. Esquema de la Placa con Borneras



Como indican las figuras 3.26, 3.27 y 3.28 todo el cableado eléctrico de la Estación Neumática PN-2800 converge en la placa de borneras, en donde se encuentran tanto las borneras para conectar los actuadores como las borneras para conectar los sensores. Aquí también se encuentra un espadín de 26 pines y un espadín de 40 pines para conectar los cables IDE-26 para los actuadores y el IDE-40 para los sensores respectivamente. Por medio de estos cables se conectará la placa de borneras al circuito de Entradas/Salidas.

Cada una de las borneras está conectada a los pines de los espadines correspondientes para coincidir en el propósito establecido según lo indican las tablas 3.6 y 3.7. Así los cables IDE respectivos cumplirá el propósito establecido. De modo que la conexión entre las borneras y los espadines quedaría de la siguiente manera:

**Tabla. 3.8. Conexiones entre Bornera 1 para sensores y espadín IDE-40**

<b>Bornera 1 para Sensores</b>	<b>Pin del Espadín IDE-40</b>	<b>Color del Cable desde PN-2800</b>
1	27 y 39	Rojo
2	1	Naranja
3	2	Amarillo
4	3	Verde
5	4	Azul
6	5	Violeta
7	6	Plomo
8	7	Blanco
9	Sin Conexión	Café
10	28 y 40	Negro
11	8	Blanco – Amarillo
12	9	Blanco – Verde
13	10	Blanco – Azul
14	11	Blanco – Violeta
15	12	Blanco – Plomo
16	13	Blanco – Naranja
17	Sin Conexión	Blanco – Café
18	Sin Conexión	Blanco – Rojo

Tabla. 3.9. Conexiones entre Bornera 2 para sensores y espadín IDE-40

Bornera 2 para Sensores	Pin del Espadín IDE-40	Color del Cable desde PN-2800
1	27 y 39	Rojo
2	14	Naranja
3	15	Amarillo
4	16	Verde
5	17	Azul
6	18	Violeta
7	19	Plomo
8	20	Blanco
9	21	Café
10	28 y 40	Negro
11	22	Blanco – Amarillo
12	23	Blanco – Verde
13	24	Blanco – Azul
14	25	Blanco – Violeta
15	26	Blanco – Plomo
16	Sin Conexión	Blanco – Naranja
17	Sin Conexión	Blanco – Café
18	Sin Conexión	Blanco – Rojo

Tabla. 3.10. Conexiones entre Bornera para actuadores y espadín IDE-26

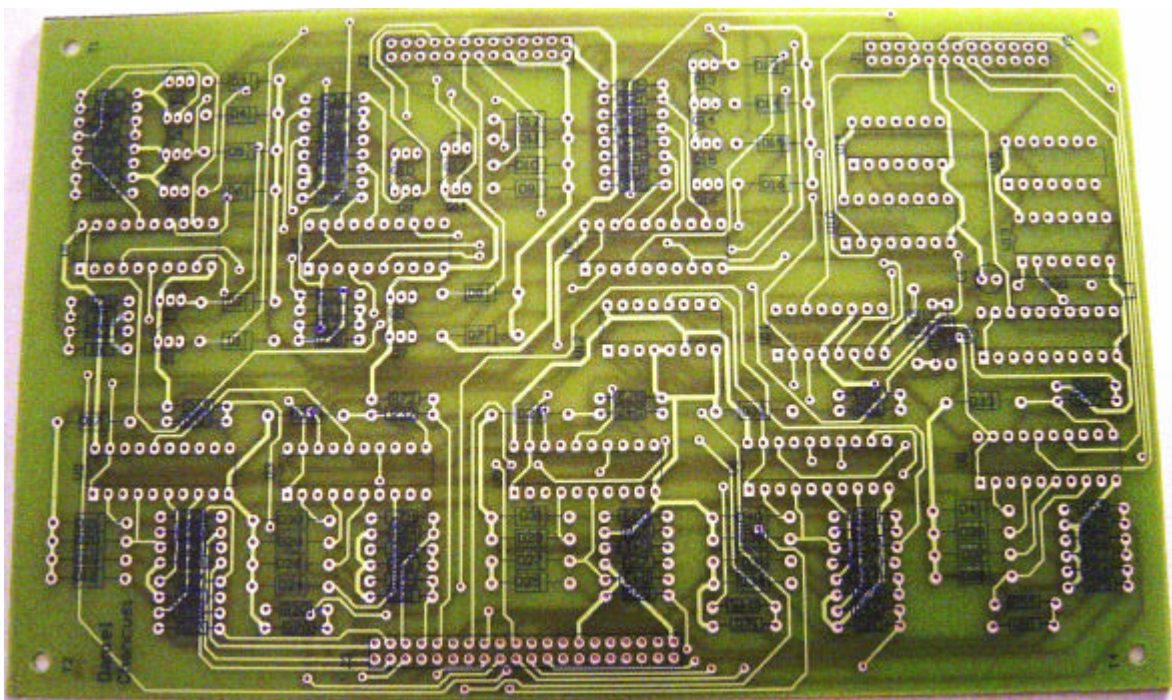
Bornera para Actuadores	Pin del Espadín IDE-26	Color del Cable desde PN-2800
1	18 y 26	Rojo
2	1	Naranja
3	2	Amarillo
4	3	Verde
5	4	Azul
6	7	Violeta
7	8	Plomo
8	9	Blanco
9	10	Café
10	17 y 25	Negro

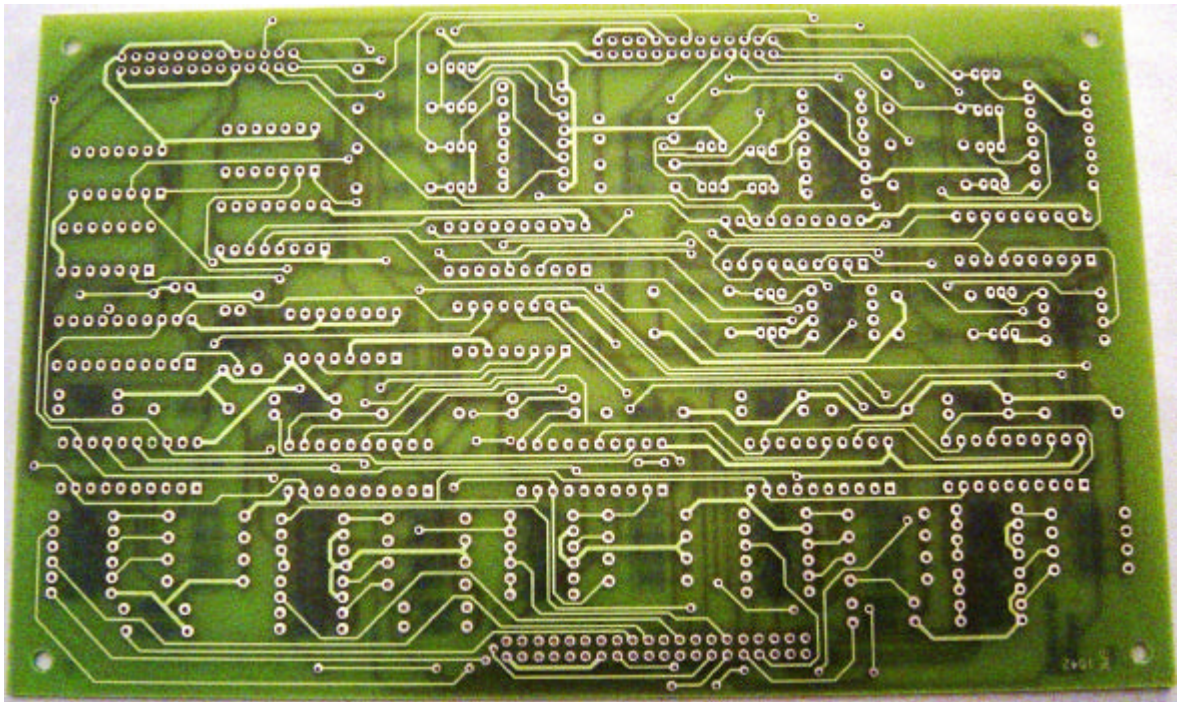
11	13	Blanco – Amarillo
12	14	Blanco – Verde
13	15	Blanco – Azul
14	16	Blanco – Violeta
15	11	Blanco – Plomo
16	5	Blanco – Naranja
17	6	Blanco – Café
18	12	Blanco – Rojo

### 3.2.7 Placa del Circuito Entradas/Salidas

Para la implementación del presente proyecto se realizó el circuito de Entradas/Salidas (explicado en toda la sección 3.1) en una placa. Esto con el fin de facilitar la maniobrabilidad, evitar posibles desconexiones y economizar espacio.

Todos los circuitos explicados así como la interconexión con los demás elementos que conforman el Sistema de Control y Adquisición de Datos por Puerto USB para la Estación Neumática PN-2800 siguen la misma norma y la misma lógica en la Placa del Circuito de Entradas/Salidas. La siguiente figura muestra el resultado final de la Placa.





**Figura. 3.30** Cara superior e inferior de la Placa del Circuito de Entradas/Salidas

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI

#### 4.1 CRITERIOS DEL SOFTWARE SELECCIONADO PARA WINDOWS

La tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS viene con un CD de software en donde se encuentra los controladores necesarios para el funcionamiento de la tarjeta, así como las librerías necesarias para acceder a las funciones para programación. Dentro de las librerías se tiene 2 opciones: Universal Library y Universal Library para LabVIEW.

##### 4.1.1 Universal Library

El software Universal Library permite crear programas basados en Windows de 32 bits para usarse no solo con la tarjeta PMD-1208LS sino con todas las tarjetas de control y adquisición de datos de la Measurement Computing. Esta librería es Universal de tres formas:

**Universal en todas las tarjetas:** Esta librería contiene funciones de alto nivel para todas las operaciones comunes de todas las tarjetas. Cada una de las tarjetas tiene diferente hardware, pero Universal Library oculta estas diferencias para programar.

**Universal en los lenguajes:** Esta librería provee un paquete idéntico de funciones y argumentos para cada lenguaje que soporte. Si se cambia de lenguaje, no es necesario tener una nueva librería, ni tampoco es necesario aprender una nueva sintaxis.

Los lenguajes que soporta Universal Library hasta el momento que ésta referencia fue consultada<sup>1</sup> son los siguientes:

---

<sup>1</sup> SM UL USER'S GUIDE.pdf incluido en la documentación del CD de software.

**Tabla. 4.1.** Lenguajes soportados por Universal Library

<b>Lenguajes de Microsoft Windows</b>	<b>Lenguajes de Borland Windows</b>	<b>Watcom</b>
Visual Basic	Borland C++	C++
Visual C/C++	Borland C++ Builder	
Quick C para Windows	Delphi	
Microsoft C		
<b>Lenguajes de Microsoft DOS</b>	<b>Lenguajes de Borland DOS</b>	<b>Hewlett Packard (Ahora Agilent)</b>
Quick Basic 4.5	Turbo C	HP VEE
Professional Basic 7.0	Turbo C++	
Visual Basic for DOS	Borland C++	
Quick C		
<b>Lenguajes .NET</b>		
VB .NET		
C# NET		

**Universal en las Plataformas:** Universal Library provee el mismo paquete de funciones para DOS, Windows 3.X y Windows de 32 bits (95/98/ME/NT/2000/XP). Adicionalmente estas funciones han sido extendidas para soportar el ambiente .NET.

#### 4.1.2 Universal Library para LabVIEW

Universal Library para LabVIEW incluye los instrumentos virtuales de LabVIEW que se necesitan para construir programas usando las tarjetas de control y adquisición de datos de la Measurement Computing. Esto significa que se puede usar los programas y VIs existentes en LabVIEW con muy pocas o ningunas modificaciones para usar con el hardware soportado de la Measurement Computing.

Una vez que se ha instalado el software para LabVIEW (refiérase al Anexo para más detalles), se instalan nuevas VIs (Virtual Instruments) para programar no solo la tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS.

Además de los VIs adicionales de la Measurement Computing, Universal Library para LabVIEW incluye ejemplos para demostrar la interfase de LabVIEW con las tarjetas de la Measurement Computing.

Sin embargo, no todas las VIs que se instalan se pueden usar con la tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS, pues al ser una Librería Universal para LabVIEW implica que es universal en el sentido de que se usa para todas las tarjetas de la Measurement Computing. En la sección 2.3.21 y 2.3.22 se hace un breve análisis de las funciones más utilizadas con la tarjeta PMD-1208LS.

#### **4.1.3 Selección del Software HMI**

La tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS puede ser controlada por cualquier software de programación que trabaje bajo el ambiente Windows, y adicionalmente por el programa LabVIEW. Para ello se cuenta con el software necesario para instalar los controladores requeridos.

Si se seleccionara un lenguaje como Visual C++, es necesario programar todo el ambiente HMI, las figuras, las interfaces, los controles y finalmente la tarea requerida. Sin embargo, programar en un lenguaje como Visual resulta extenso y laborioso, si bien es posible realizarlo pues este lenguaje es lo ampliamente robusto para estas tareas.

Por otro lado LabVIEW es un lenguaje de programación más orientado a HMI pues posee un ambiente completamente gráfico y se tiene la ventaja de que se están disponibles los controladores necesarios para su funcionamiento. Además la realización de un HMI en este software resulta más fácil de ser programado, debido a la naturaleza misma del lenguaje utilizado en LabVIEW: instrumentos virtuales conectados entre sí en lugar de líneas de texto.

Por estas razones el software sobre el cual se programará la interfaz HMI para el Sistema de Control y Adquisición de Datos por puerto USB para la Estación Neumática PN-2800 será LabVIEW. Como se debe estar a la par con el avance y desarrollo del software, se usará la versión más actual disponible en la Facultad: LabVIEW 7.1.



#### 4.1.4 LabVIEW 7.1



Figura. 4.1. Software seleccionado para la interfaz HMI.

La Figura. 4.1. indica la pantalla principal de LabVIEW. Éste es un lenguaje de programación gráfico que usa íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones. En contraste con los lenguajes de programación basados en texto donde las instrucciones determinan la ejecución del programa, LabVIEW usa la programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución.

En LabVIEW se construyen interfaces usando un conjunto de herramientas y objetos. Un ejemplo de estas herramientas se indica en la Figura. 4.2. La interfase del usuario es conocida como Panel Frontal. Se añade código usando representaciones gráficas de las funciones para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques contiene este código. En muchas maneras, el diagrama de bloques se asemeja a un diagrama de flujos.

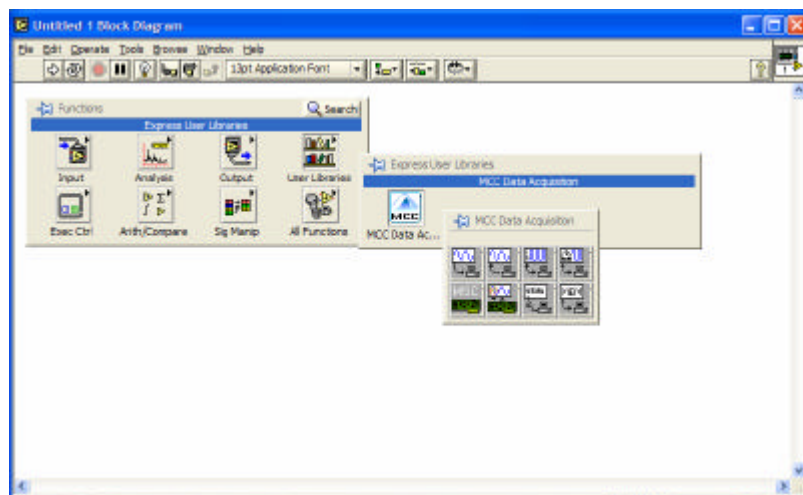


Figura. 4.2. VIs usados en la programación de la PMD-1208LS



## 4.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

El HMI (Human Machine Interface) es un programa de computadora por medio del cual el usuario será capaz de manipular, controlar y supervisar el estado y el funcionamiento de la Estación Neumática PN-2800. Este programa debe ser desarrollado en base al control directo de la tarjeta de adquisición de Datos PMD-1208LS, pues ésta tarjeta es la que puede ser configurada y programada por medio del software LabVIEW.

Sin embargo, en la computadora donde se va a usar el HMI es necesario que esté previamente instalado el programa InstaCal, ya que por medio de éste programa se realiza la configuración de la tarjeta USB. En la sección 2.3.4 se realiza una breve explicación de este software que es parte de la tarjeta PMD-1208LS.

### 4.2.1 Configuración de la Tarjeta PMD-1208LS

Para configurar la tarjeta USB, hay que iniciar el software InstaCal. Hay que recordar que antes que se vaya a usar InstaCal debe estar ya conectada la tarjeta de adquisición de datos a un puerto USB de la computadora, caso contrario no solo que no se apreciará ninguna opción, sino que se borrará la configuración guardada.

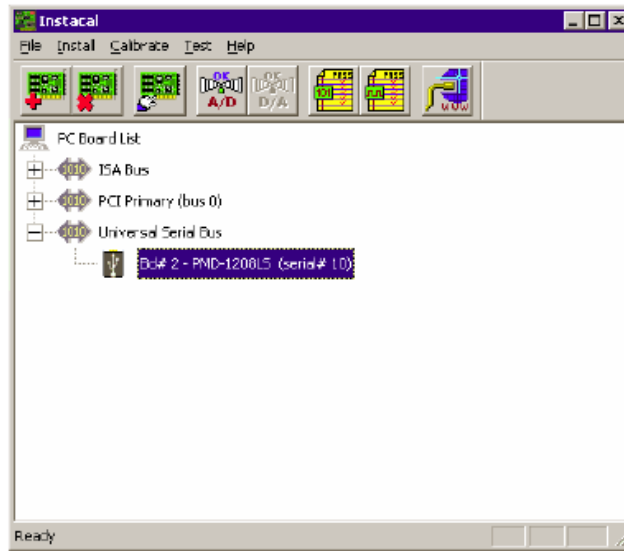
Cuando se ejecuta el programa InstaCal por primera vez, una ventana de diálogo **Plug and Play Board Detection** aparece (Figura. 4.3.), mostrando a la PMD-1208LS. Este diálogo también aparece si el dispositivo se reinstala.



Figura. 4.3. Ventana Plug and Play Board Detection

Hay que dejar la opción de PMD-1208LS activada y hacer clic en el botón **OK** para cerrar la ventana de diálogo.

La ventana de diálogo se cierra y la PMD-1208LS es añadida a **PC Board List** en la ventana principal del InstaCal. Si la tarjeta de adquisición de datos ya estaba instalada y guardada previamente, al iniciar InstaCal aparece directamente la ventana principal.



**Figura. 4.4. Ventana Principal de InstaCal**

Para el control total de la Estación Neumática PN-2800 solamente se van a usar las entradas/salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos. Es por esto que no es necesario realizar ninguna configuración adicional en InstaCal, pues la calibración corresponde al uso de las entradas/salidas análogas. Lo que sí se debe tomar en cuenta es el Board Number con el que se instala la tarjeta USB, pues este número es necesario al programar en LabVIEW. Este número está visible en la Ventana Principal de InstaCal (Figura. 4.4.).

#### **4.2.2 Pantalla Principal**

El ambiente completo del HMI (Human Machine Interface) en LabVIEW se compone de varias pantallas de acuerdo a la opción que se ha escogido. Cada pantalla es un nuevo archivo .vi que es la extensión para archivos de LabVIEW. Sin embargo el HMI en sí empieza en la Pantalla Principal.

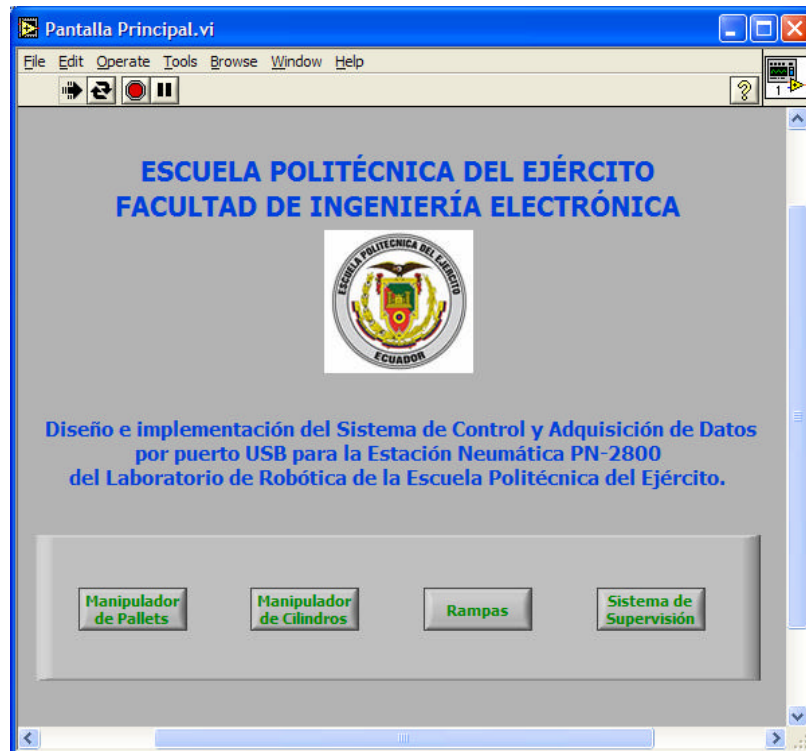


Figura. 4.5. Pantalla Principal del HMI

Como se explicó en la sección 4.1.4 en LabVIEW existen dos ventanas: El panel frontal y el diagrama de bloques. La Figura. 4.5. indica el panel frontal de la Pantalla Principal.

En esta ventana se aprecian el nombre de la Universidad, la Facultad, el sello de la Universidad, el título del presente proyecto y 4 botones. Los botones sirven solamente para acceder al .vi requerido. Siendo así, el usuario es capaz de controlar la Estación Neumática en 4 partes: el Manipulador de Pallets, el Manipulador de Cilindros, las Rampas y el Sistema de Supervisión por medio de una cámara Web. Cada una de estas partes será analizada en las siguientes secciones. El análisis del Sistema de Supervisión se lo realiza en el siguiente capítulo.

Para ejecutar un programa en LabVIEW se tiene dos opciones: ejecutar una vez o ejecutar continuamente. Estos botones están en la barra de herramientas en la parte superior izquierda. La Pantalla Principal requiere que se la ejecute en modo continuo.

El diagrama de bloques de la pantalla principal es la programación del HMI y es el que se indica a continuación en la Figura. 4.6.

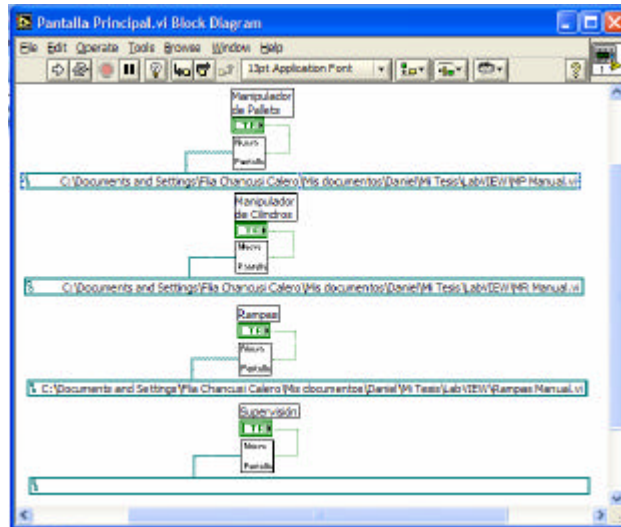


Figura. 4.6. Diagrama de Bloques de la Pantalla Principal

Este diagrama de bloques es muy sencillo, y es que solamente consta de 4 booleanos (verdadero/falso) que corresponden a cada uno de los botones, la dirección del archivo .vi que va a ejecutar cada botón y un bloque llamado Nueva Pantalla, que es la programación que ejecuta el .vi requerido. El hacer bloques a una parte de la programación es conocido como SubVI y se realizó para no redundar en la programación, reducir código y así facilitar el entendimiento.

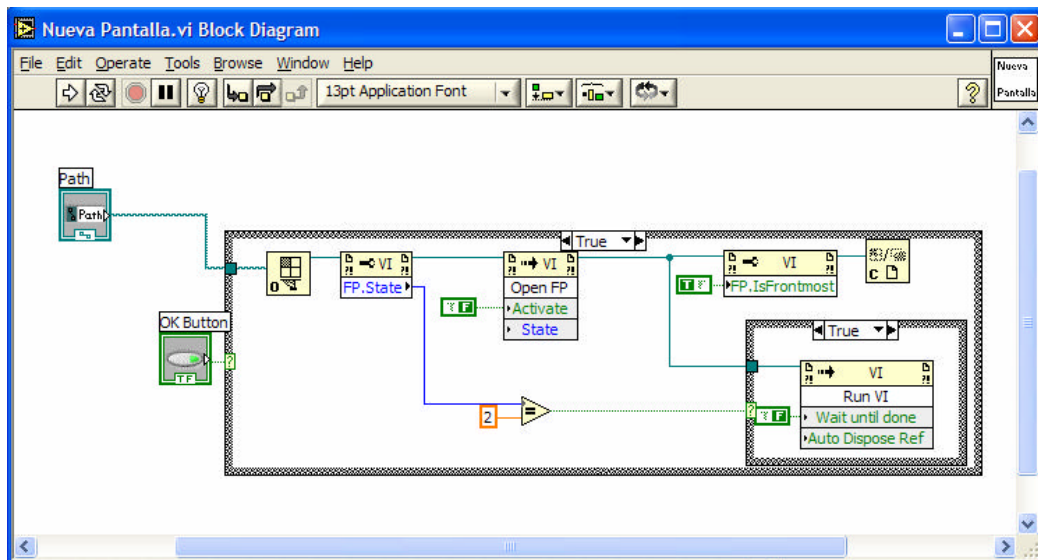


Figura. 4.7. Diagrama de Bloques de Nueva Pantalla

Cada bloque Nueva Pantalla tiene la programación indicada en la Figura. 4.7. Consta de una estructura True/False en la cual se aprecian 2 entradas: un botón y una dirección (Path). Estas son las entradas de cada bloque en la Figura. 4.6. Esta estructura es la que

abre un nuevo archivo .vi en donde se manejan sus propiedades por medio de Nodos de Propiedades para que se ejecute y se valide todos los casos posibles. Para mayor información y una explicación más detallada de cada uno de estos instrumentos virtuales y su funcionamiento consultar la ayuda de LabVIEW 7.1.

### 4.2.3 Manipulador de Pallets

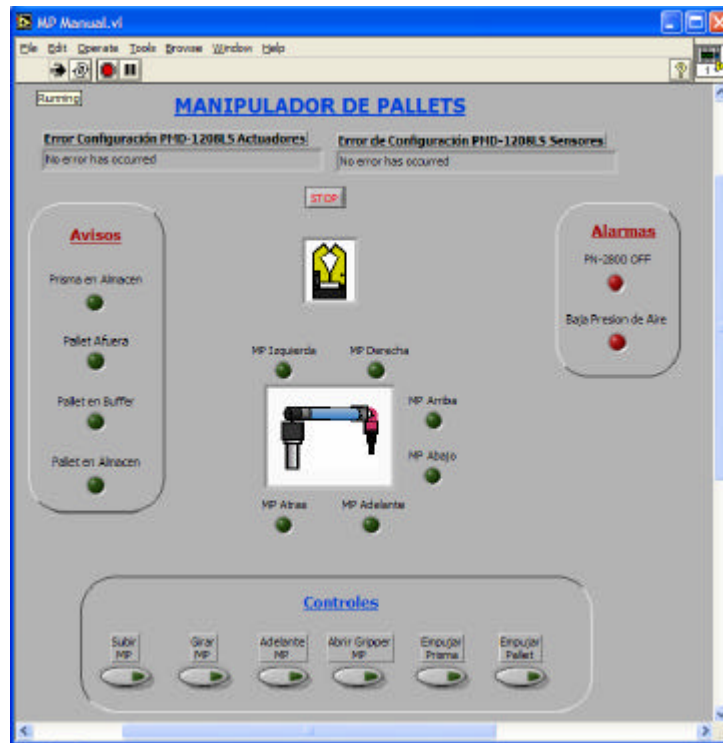


Figura. 4.8. Panel Frontal del Manipulador de Pallets

La Figura. 4.8. muestra el panel frontal correspondiente al archivo .vi por medio del cual se controlará al Manipulador de Pallets, y al cual se accede desde la Pantalla Principal del HMI presionando el botón Manipulador de Pallets. Aquí se aprecia el título de esta pantalla, dos indicadores de texto, un botón de Stop, un sector llamado Alarmas, otro sector llamado Avisos, dos figuras, luces que rodean a una figura y un sector llamado Controles.

Los dos indicadores de texto muestran información del estado de la tarjeta de adquisición de datos. El mensaje “No error has occurred” indica que la tarjeta USB se encuentra funcionando correctamente. Cualquier anomalía se indicará en estas cajas de texto. Existen dos cajas de texto porque la tarjeta se encuentra configurada por un lado

como salida de datos para los actuadores y por otro lado como entrada de datos para los sensores. Cada configuración tiene su propia caja de texto para indicar su estado.

El panel frontal tiene un botón Stop debido a que en el diagrama de bloques toda la programación se encuentra dentro de un ciclo While. Este ciclo se encuentra ejecutando todo el tiempo, hasta que sea presionado el botón Stop, que viene a detener el ciclo While y por ende la ejecución total del programa. Es por esto que este programa debe hacerse funcionar por medio de una sola ejecución, presionando el botón Run de la barra de herramientas en la parte superior izquierda.

En el sector denominado Alarmas se encuentran los indicadores de los sensores que denotan estados críticos de la Estación Neumática. Los dos indicadores son PN-2800 OFF / ON y Baja Presión de Aire / Presión de Aire Correcta. Muestran el texto correspondiente al estado en el que se encuentre la Estación, y la luz se encenderá en Rojo o en Verde según sea el caso.

El sector de Avisos está constituido de manera similar al sector de Alarmas, pero éstos indicadores corresponden a sensores que denotan estados no críticos sino informativos de la Estación PN-2800. Los textos de cada indicador no cambian, pero sí la luz: verde oscuro si el sensor está apagado, o verde luminoso si el sensor se encuentra encendido.

En el caso de las figuras, la una corresponde a un Gripper mientras la otra representa el brazo del Manipulador de Pallets. Estas figuras indican de una manera gráfica y más agradable al usuario el estado de estos elementos, debido a que los gráficos cambian de acuerdo al estado presente en la Estación Neumática: si el gripper se encuentra abierto o cerrado, o si el brazo se encuentra extendido en alguna o algunas de sus partes, o si se encuentra en reposo, el gráfico denotará ese mismo estado. El gráfico del brazo manipulador varía de acuerdo a lo que detectan los sensores del brazo. El gráfico del gripper varía de acuerdo al estado del botón que controla el gripper, debido a que no existen sensores en el gripper del manipulador de pallets.

Las luces que rodean al brazo son indicadores de los sensores del brazo del Manipulador de Pallets. Estos indicadores son solo informativos y el texto que los

identifica no cambia. La luz de cada indicador cambia de acuerdo a su estado: verde oscuro si se encuentra apagado o verde luminoso si se encuentra encendido.

Finalmente en el sector denominado Controles se encuentran 6 botones por medio de los cuales se activa o se desactiva el actuador correspondiente el cual realizará la acción indicada en el texto de cada botón. Aquí es donde propiamente se opera al Manipulador de Pallets de la Estación Neumática PN-2800.

La programación que se encuentra detrás de este panel frontal es extensa y compleja. Es por esto que se la va a explicar en dos pasos diferentes: los actuadores y los sensores. Lo que varía es el uso o no de determinados actuadores y sensores en cada pantalla según sea el caso de la parte de la Estación Neumática que se vaya a controlar.

#### 4.2.3.1 Programación de los Actuadores

El primer paso es configurar a la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS para que una parte de sus entradas/salidas funcionen como salidas. Como se indicó en la sección 3.1, el puerto A (Port A) de la tarjeta USB va a funcionar como salidas. Esto se hace mediante el instrumento virtual DCfgPort.vi el cual es analizado en la sección 2.3.29.3. El diagrama de bloques es el que se indica a continuación en la Figura. 4.9.

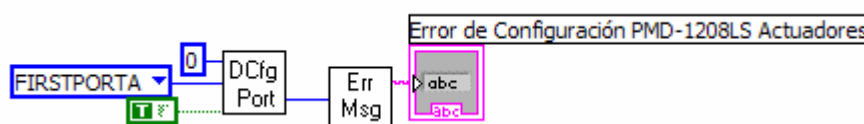


Figura. 4.9. Configuración de un puerto de la PMD-1208LS como salida

La primera entrada de este instrumento virtual es BoardNum. Aquí se debe especificar el número de Board que se asignó en el programa InstaCal como se revisó en la sección 4.2.1. La siguiente entrada (PortNum) especifica el puerto a ser configurado. Como se desea configurar el Puerto A como puerto de salida, entonces se escoge FirstPortA que es la opción que identifica al Puerto A. La última entrada es Direction. Para configurar como salida al puerto hay que colocar un valor de verdadero (True) en esta entrada. Así queda configurado el puerto A como puerto de salida.

Como salida del instrumento virtual se tiene ErrCode que es un código que genera para identificar el estado de la tarjeta. Para interpretar esto se debe usar el instrumento virtual ErrMsg el cual es analizado en la sección 2.3.22.6. Se conecta la salida del vi DCfgPort a la entrada del VI ErrMsg, y como salida de éste VI se usa una caja de texto. Aquí aparece directamente escrito el estado de la tarjeta de adquisición de datos en el panel frontal.

Una vez configurado el puerto A como salida, se debe trabajar con las activaciones. Como se analizó en la sección 3.1.1, se puede trabajar máximo con 6 bits simultáneamente. Esto restringe que de las 16 salidas necesarias, se puede trabajar en 2 bloques de 6 salidas y un bloque de 4 salidas. Para el control del Manipulador de Pallets se ha escogido uno de los bloques de 6 bits.

El siguiente paso es identificar que botón se ha presionado y relacionarlo tanto con un número de bit específico (de 1 a 6, al ser del bloque de 6 bits) como al bloque al que pertenece (o uno de los 2 de 6 bits, o al bloque de 4 bits). El número de bloque que envíe el programa será interpretado por el circuito demultiplexador (sección 3.1.1.1) y así activará uno solo de los integrados 74LS244 del circuito controlador de datos (sección 3.1.1.2).

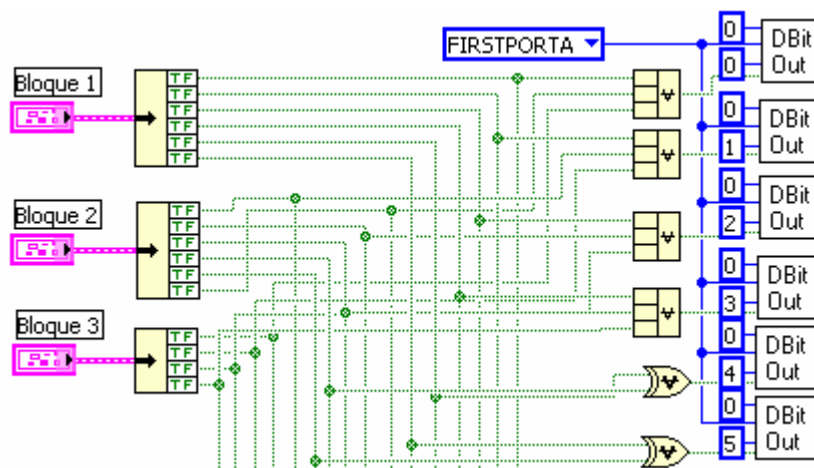


Figura. 4.10. Programación par a relacionar botones con bits de la tarjeta USB

Dentro de los clusters Bloque 1 y Bloque 2 se encuentran 6 botones, y en el cluster Bloque 3 se encuentran 4 botones, los que serán presionados desde el panel frontal. Al presionar un botón inmediatamente se sabe a que cluster pertenece, y por ende, a qué bloque pertenece. Así mismo los botones se encuentran ordenados de manera que correspondan a uno y solo a un bit de la tarjeta USB.



Sin embargo cada bit de la tarjeta puede ser activado por cualquiera de los 3 bloques, solamente están diferenciados por el bloque al cual pertenece. Esto se hace mediante la demultiplexación y el control de señales (sección 3.1.1.1). Es por esto que se interconectan los botones de cada bloque con su correspondiente en los otros dos bloques. Para evitar la mezcla de señales se usa las compuertas XOR indicadas en la Figura. 4.10. Estas señales son parte de la entrada al instrumento virtual DBitOut, el cual es analizado en la sección 2.3.22.2.

La primera entrada al VI DBitOut es BoardNum, el cual está dado por InstaCal (sección 4.2.1). La siguiente entrada es PortNum. En este caso debe ser FirstPortA para accionar el bit deseado del Puerto A. En la siguiente entrada, BitNum, se especifica el bit deseado a ser controlado. En la figura 4.10 se aprecia que existen 6 instrumentos virtuales DBitOut, ordenados para activar los bits del 0 al 5 de la tarjeta PMD-1208LS. Finalmente la última entrada es BitValue, el cual define el estado que se desea programar en el bit especificado. Esto es dado por el estado en el que se encuentre el botón del panel frontal.

El siguiente paso es accionar el integrado específico del circuito controlador de datos de acuerdo al bloque seleccionado, por medio del demultiplexador (sección 3.1.1.2). Esto está controlado por los bits destinados a la selección, que en este caso son los bits Port A6 y Port A7 de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS.

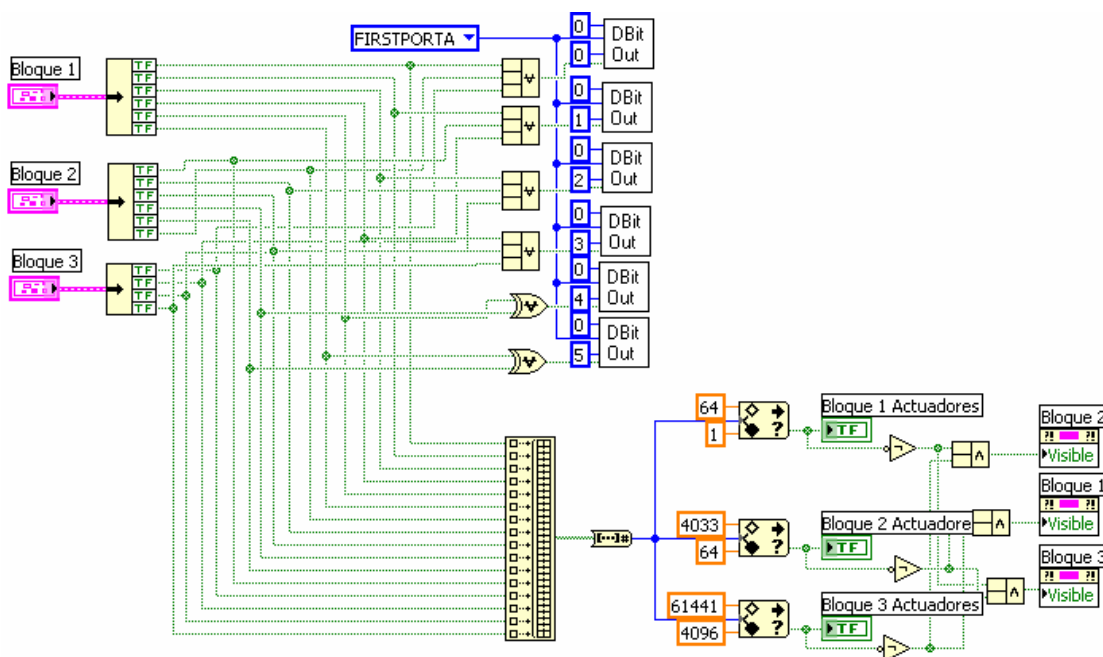


Figura. 4.11. Programación para la selección del bloque

Para interpretar el bloque del cual proviene el botón presionado primero se ha construido un array a partir de todos los botones del panel frontal, como se aprecia en la Figura. 4.11. Después se establece 3 rangos para definir cada uno de los 3 bloques y de acuerdo a este rango se activará uno de los tres indicadores booleanos que representan los 3 bloques (Bloque 1 Actuadores, Bloque 2 Actuadores y Bloque 3 Actuadores). Así se define de qué bloque procede el botón presionado.

Una vez ya definido el bloque, se debe activar los bits Port A6 y Port A7 según sea el bloque activado.

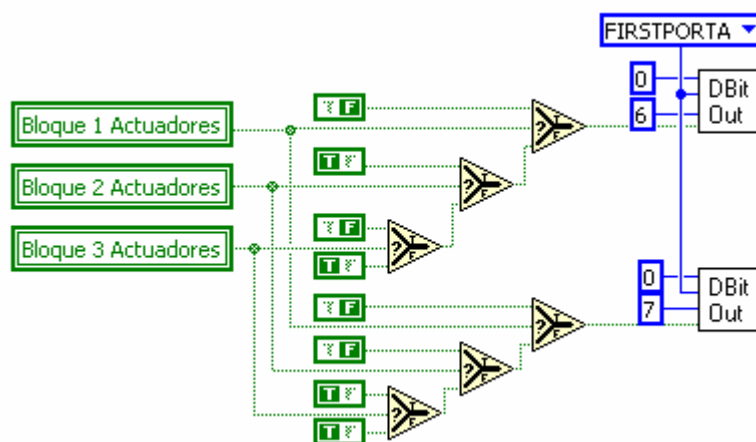


Figura. 4.12. Programación para la activación del demultiplexador

Como se indica en la Figura. 4.12. se hace una selección con varios If anidados para activar, según sea el caso, a los bits 6 y 7 del puerto A de la tarjeta de adquisición de datos. La configuración de bits para Port A6 y Port A7 es la que se indica en la siguiente tabla:

Tabla. 4.2. Acción de los bits A6 y A7 de la PMD-1208LS

Port A6	Port A7	Acción
0	0	Activa Bloque 1
0	1	Activa Bloque 3
1	0	Activa Bloque 2
1	1	Desactivado

Con toda esta programación en conjunto se realiza la activación de los actuadores por medio de LabVIEW. Sin embargo hay que agregar que siempre que se use un instrumento

virtual DBitOut para la tarjeta PMD-1208LS, estos VI y toda la programación relacionada deben estar dentro de un ciclo While para un óptimo funcionamiento. Por este motivo toda la programación anteriormente explicada se encuentra dentro de un ciclo While, exceptuando la programación que corresponde a la configuración del puerto como salida. Esa parte se encuentra fuera del ciclo While.

Para el caso específico del Manipulador de Pallets, el bloque de botones que activa estos actuadores es el Bloque 1. Así que mediante Nodos de Propiedades se ha desactivado los Bloques 2 y 3 pues no corresponden a esta parte del HMI.

Además mediante Picture Rings y Nodos de Propiedades (Property Nodes) se controla las imágenes del brazo y del gripper del panel frontal. Para mayor información y una explicación más detallada de estos instrumentos virtuales y su funcionamiento consultar la ayuda de LabVIEW.

#### 4.2.3.2 Programación de los Sensores

El primer paso es configurar a la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS para que una parte de sus entradas/salidas funcionen como entradas. Como se indicó en la sección 3.1, el puerto B (Port B) de la tarjeta USB va a funcionar como entradas. Esto se hace mediante el instrumento virtual DCfgPort.vi el cual es analizado en la sección 2.3.29.3. El diagrama de bloques es el que se muestra a continuación en la Figura. 4.13.

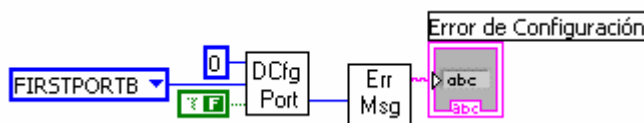


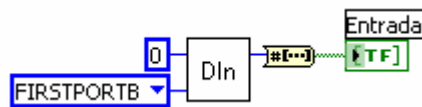
Figura. 4.13. Configuración de un puerto de la PMD-1208LS como entrada

La primera entrada del vi DCfgPort es el BoardNum, el cual está dado por InstaCal (sección 4.2.1). La siguiente entrada es PortNum. Se escoge FirstPortB para configurar al Puerto B. La última entrada es Direction, y se debe colocar un valor de falso (False) para que la configuración sea de Entrada.

Para manejar el mensaje de error se coloca el instrumento virtual ErrMsg el cual es analizado en la sección 2.3.22.6. Se conecta la salida del VI DCfgPort a la entrada del VI ErrMsg, y como salida de éste vi se usa una caja de texto. Aquí aparece directamente escrito el estado de la tarjeta de adquisición de datos en el panel frontal.

Una vez configurado el puerto B como entrada, se debe trabajar con los datos recibidos desde la Estación PN-2800. Como se analizó en la sección 3.1.2.2, de los 8 bits del puerto B, 3 están destinados al control de señales, y los 5 bits restantes son destinados a la lectura del estado de los sensores de la Estación Neumática. Sin embargo, todos los bits del Puerto B deben ser leídos para después de acuerdo a su procedencia ser interpretados.

Para la lectura de todos los bits se usa el instrumento virtual DIn, el cual es explicado en la sección 2.3.22.4. La programación de la lectura de los datos del puerto es el indicado a continuación en la Figura. 4.14.



**Figura. 4.14. Programación para la lectura de un puerto de la PMD-1208LS**

El primer argumento de entrada de este vi es BoardNum, el cual es configurado en InstaCal (Sección 4.2.1). La segunda entrada es PortNum. Se coloca como entrada FirstPortB para realizar la lectura del puerto B de la tarjeta USB. Como salida de este instrumento virtual se tiene DataValue. Para interpretar este resultado se coloca un VI Number to Boolean Array para interpretar los datos ingresados en un array de datos tipo booleano. Finalmente se tiene que los datos ingresados en la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS se encontrarán almacenados en el array de nombre Entrada.

El siguiente paso es interpretar los bits destinados al control de señales. Como se explicó en la sección 3.1.2.2 los bits destinados al control son Port B5, Port B6 y Port B7. La programación para la interpretación de estos datos es el que se muestra a continuación en la Figura. 4.15.

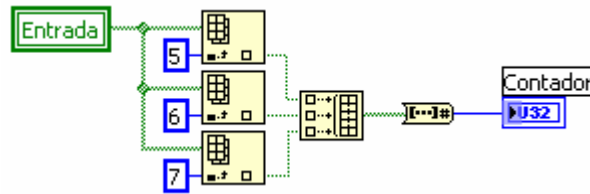


Figura. 4.15. Programación para la lectura de señales de control

Del array Entrada se lee los elementos 5, 6 y 7 que corresponden a los bits 5, 6 y 7 del Puerto B, que son los bits destinados al control de señales. Después se construye un nuevo array a partir de estos 3 elementos y finalmente se utiliza un vi Boolean Array to Number para transformar este nuevo array a un solo número. Es así que se sabe que datos están ingresando por los bits Port B5, Port B6 y Port B7.

Como se analizó en las secciones 3.1.2.2, 3.1.2.3 y 3.1.2.6, se tiene un circuito contador que, en conjunto con el circuito demultiplexador, va a activar cada integrado del circuito selector de datos. Así que se debe tener control del integrado el cual se encuentre activado en el momento de la lectura de los sensores. Esto se hace por medio de la lectura del circuito contador. Precisamente el dato que tiene el contador es el que ingresa a los bits 5, 6 y 7 del puerto B. Es por eso que se ha denominado Contador a la variable que contiene el dato que ingresa por los bits Port B5, Port B6 y Port B7.

A continuación se debe interpretar los datos ingresados en los bits desde Port B0 hasta Port B5. Por medio del contador se sabe que integrado está activado, y de este modo se sabe que bloque de sensores es el que corresponde leer e interpretar. Para ello se ha realizado la programación indicada a continuación en la Figura. 4.16.

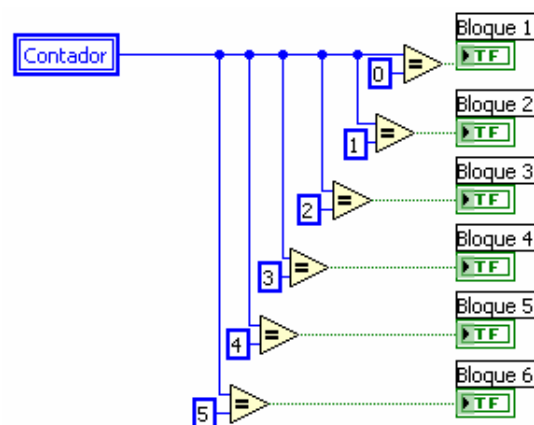
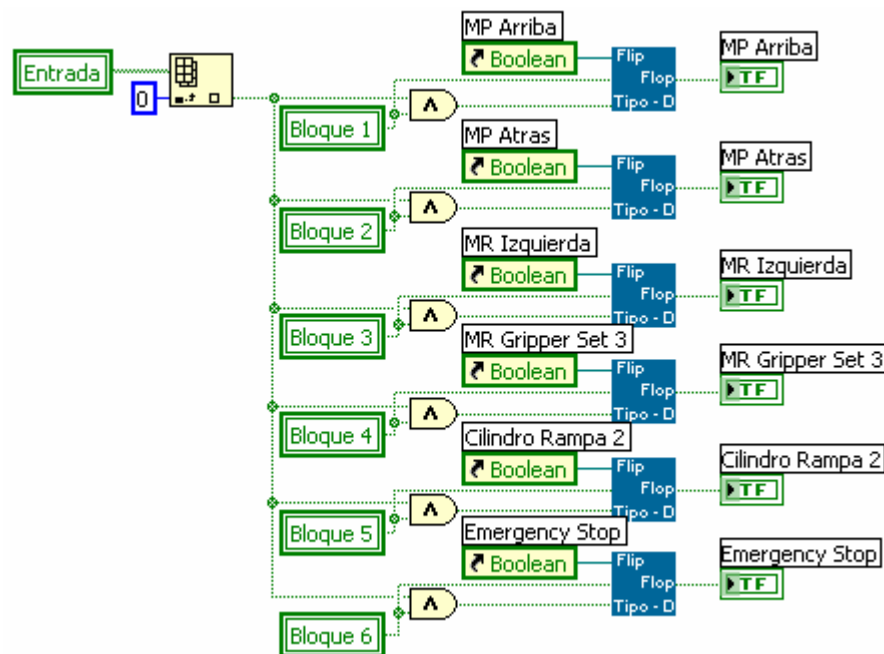


Figura. 4.16. Programación para la activación de bloques de lectura

La programación de los bloques de lectura es sencilla. Se valida el valor leído en contador, y según sea el caso se activa solamente uno de los bloques. Así se tiene el dato exacto de qué bloque se encuentra activado, y así poder interpretarlo de la manera más adecuada.

A continuación se realiza la lectura del estado de cada sensor. Como se explica en la sección 3.1.2 se debe leer 26 señales provenientes de los 26 sensores de la Estación Neumática. Por ello el total de los sensores se encuentra dividido en 5 bloques de 5 sensores cada uno, y un bloque de un solo sensor. En total se tienen 6 bloques. De acuerdo al bit del cual se esté recibiendo señal, y en conjunto con el bloque al cual pertenece, se debe identificar al sensor específico. Para ello se tiene la programación que se muestra a continuación en la Figura. 4.17.



**Figura. 4.17. Programación para la lectura de sensores**

Ésta figura indica tan solo las opciones correspondientes al bit 0 del puerto B de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. Primero se lee el índice 0 del array de los datos de entrada, que corresponde al bit 0 del puerto B. Después, y de acuerdo con el bloque que se encuentre activado, se deja pasar la señal. Para los demás bloques la señal no será leída porque no cumplirá la condición que implica la compuerta AND.

A continuación se tiene un instrumento virtual llamado Flip Fbp Tipo D el cual es en realidad un SubVI creado a partir de una parte de código. Esto fue realizado para que la programación sea menos extensa y más fácil de comprender.

La razón por la cual se tiene un Flip Flop tipo D es debido a que cuando se obtiene la lectura de los sensores en realidad se realiza un barrido de señales porque la lectura total de los sensores radica en la velocidad a la cual se realice el barrido de señales: mientras más rápido sea el barrido mejor se apreciará los sensores y su velocidad de cambio. Al contrario, si el barrido es de una velocidad lenta, los cambios en los sensores tardarán en notarse puesto que tiene que haber leído todos los otros sensores y volver a leerlos en orden para poder detectar cualquier cambio. Así se crea la necesidad de hallar una velocidad de barrido lo suficientemente rápida para que se tenga la mejor velocidad de respuesta.

A pesar que la velocidad de barrido sea extremadamente rápida, siempre se va a notar que la lectura de los sensores no es una lectura continua, sino entrecortada y secuencial. Por ello se tiene un Flip Flop, porque por medio de éste la salida cambiará siempre y cuando haya un cambio. Caso contrario el Flip Flop mantendrá el dato anterior. Así no se nota el barrido de señales porque el dato se mantendrá, a menos que haya un cambio.

La primera entrada del SubVI Flip Flop es referencia: se necesita realimentar la salida del Flip Flop como entrada. Así que se crea una referencia a partir de la misma señal de salida y esto es lo que va conectado. La siguiente entrada es la señal de reloj (Clock). Para saber cuando hay un cambio se debe saber cuando se ha vuelto a activar el bloque al cual el sensor pertenece. Por ello se toma cada uno de los 6 bloques como una señal de reloj. Así el Flip Flop realizará el cambio cuando su correspondiente bloque se active. Finalmente la última entrada es D – el dato. El dato proviene de la compuerta AND como ya se explicó anteriormente.

Tal como indica la Figura 4.17 se debe realizar la misma programación por cada uno de los 5 bits del Puerto B de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. Por lo que la realización total del programa de lectura de los sensores es extensa, pero sigue el mismo principio de funcionamiento. Además para el caso específico del Manipulador de Pallets se ha desactivado los sensores que no competen a este manipulador, y se ha dejado los

sensores necesarios para un buen control de esta parte de la Estación Neumática. Esto se realiza mediante Nodos de Propiedades y mediante la eliminación de los indicadores correspondientes.

#### **4.2.3.3 Programa Manipulador de Pallets**

Finalmente hay que unificar todo en un solo diagrama de bloques en un solo archivo de LabVIEW, el cual será el archivo que se va a abrir desde la Pantalla Principal del HMI al presionar el botón Manipulador de Pallets.

Como se explicó anteriormente todo debe ir dentro de un solo ciclo While, excepto la configuración de los Puertos A y B como salida y entrada respectivamente, y los Nodos de Propiedades usados en todo el programa. Esto es para hacer más liviana la ejecución del Programa, pues el ciclo While repite todo lo que contenga mientras no se haya presionado el botón Stop del Panel Frontal.

La programación que corresponde a los actuadores y que se analizó en la sección 4.2.3.1 no tiene variación, excepto lo que ya se explicó que solamente se dejará activo los botones correspondientes al bloque 1, y los otros dos bloques se desactivan.

En lo que respecta a la programación de los sensores, debe hacerse algo más de lo ya mencionado: en el mismo orden explicado hay que colocar la programación en una estructura de secuencia de pilas (stacked sequence structure) y realizar 4 cuadros secuenciales (desde cuadro 0 hasta cuadro 3). En el cuadro cero debe ir la programación para la lectura de un puerto (Figura. 4.14.) En el cuadro 1 deber ir la programación para la lectura de señales de control (Figura. 4.15.). En el siguiente cuadro (cuadro 2) debe ir la programación para la activación de bloques de lectura (Figura. 4.16), y finalmente en el cuadro 3 debe ir la programación para la lectura de señales. Eso si, teniendo en cuenta que deben constar todos los sensores necesarios para poder conocer el estado del manipulador de pallets de la Estación Neumática PN-2800.

Por lo demás del HMI para el Manipulador de Pallets solamente van arreglos generales para mejorar el aspecto del Panel Frontal. Hay que recordar que el barrido de señales debe ajustarse a una frecuencia suficientemente rápida para que la respuesta sea lo más



inmediata posible, pero a la vez que la computadora pueda manejar y procesar esa velocidad sin sufrir alteración. Esta frecuencia se ajusta mediante el potenciómetro del circuito de reloj del circuito de la sección 3.1.2.5.

#### 4.2.4 Manipulador de Cilindros

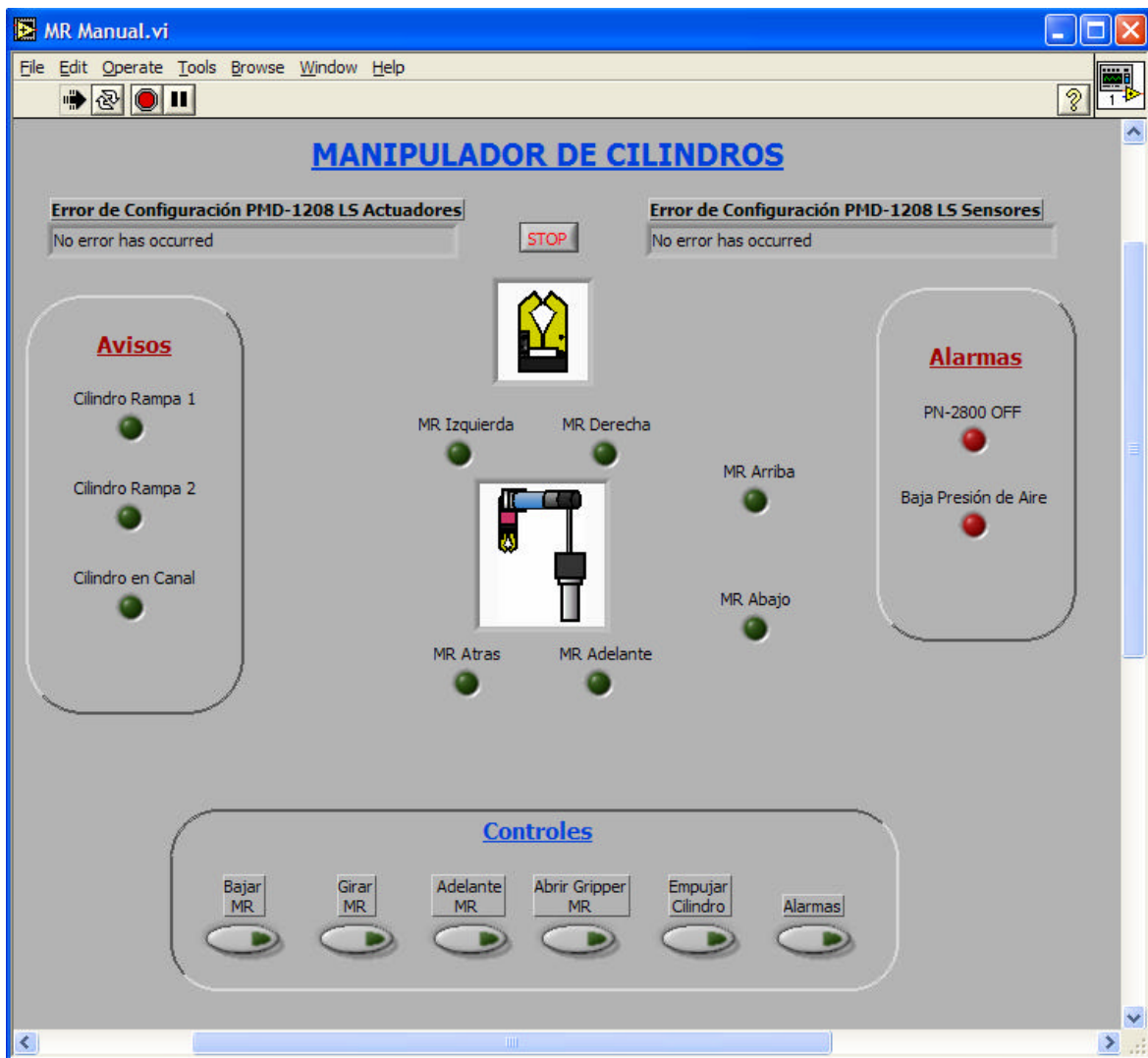


Figura 4.18. Panel Frontal del Manipulador de Cilindros

La Figura. 4.18. muestra el panel frontal que corresponde al archivo .vi el cual controlará al Manipulador de Cilindros. A este programa desarrollado en LabVIEW se accede desde la Pantalla Principal del HMI presionando el botón Manipulador de Cilindros. Los elementos que conforman este Panel Frontal son el título de esta pantalla, dos indicadores de texto, un botón de Stop, un sector llamado Alarmas, otro sector llamado Avisos, dos figuras, luces que rodean a una figura y un sector llamado Controles.

La información del estado de la tarjeta de adquisición de datos se muestra en los dos indicadores de texto. Si aparece el mensaje “No error has occurred” significa que la tarjeta USB se encuentra funcionando correctamente. Cualquier anomalía se aparecerá a modo de mensaje en estas cajas de texto. Cada caja de texto corresponde a cada configuración de la tarjeta por un lado como salida de datos para los actuadores y por otro lado como entrada de datos para los sensores. Cada configuración tiene su propia caja de texto para indicar su estado.

El botón Stop se encuentra debido a que en el diagrama de bloques toda la programación se encuentra dentro de un ciclo While. Este ciclo se encuentra ejecutando todo el tiempo, hasta que sea presionado el botón Stop, que viene a detener el ciclo While y por ende la ejecución total del programa. Es por esto que este programa debe hacerse funcionar por medio de una sola ejecución, presionando el botón Run de la barra de herramientas en la parte superior izquierda.

El sector de Alarmas presenta los indicadores de los sensores que denotan estados críticos de la Estación Neumática. Los indicadores son PN-2800 OFF / ON y Baja Presión de Aire / Presión de Aire Correcta. Muestran el texto correspondiente al estado en el que se encuentre la Estación, y la luz se encenderá en Rojo o en Verde según sea el caso.

El sector denominado Avisos posee indicadores que corresponden a sensores que denotan estados no críticos sino informativos de la Estación PN-2800. Los textos de cada indicador no cambian, pero sí la luz: verde oscuro si el sensor está apagado, o verde luminoso si el sensor se encuentra encendido.

En el caso de las figuras, la una corresponde a un Gripper mientras la otra representa el brazo del Manipulador de Cilindros. Estas figuras indican de una manera gráfica y más agradable al usuario el estado de estos elementos, debido a que los gráficos cambian de acuerdo al estado presente en la Estación Neumática: si el gripper se encuentra abierto o cerrado, o si el brazo se encuentra extendido en alguna o algunas de sus partes, o si se encuentra en reposo, el gráfico denotará ese mismo estado. Tanto el gráfico del brazo manipulador como el gráfico del gripper varían de acuerdo a lo que detectan los sensores correspondientes.

Las luces que rodean al brazo son indicadores de los sensores del brazo del Manipulador de Cilindros. Estos indicadores son solo informativos y el texto que los identifica no cambia. La luz de cada indicador cambia de acuerdo a su estado: verde oscuro si se encuentra apagado o verde luminoso si se encuentra encendido.

Finalmente en el sector denominado Controles se encuentran 6 botones por medio de los cuales se activa o se desactiva el actuador correspondiente el cual realizará la acción indicada en el texto de cada botón. Aquí es donde propiamente se opera al Manipulador de Cilindros de la Estación Neumática PN-2800.

La programación que se encuentra detrás de este panel frontal es extensa y compleja, pero a la vez muy parecida a la explicación realizada en el Manipulador de Pallets (sección 4.2.3). Es por esto que se la va a explicar en dos pasos diferentes: los actuadores y los sensores. Lo que varía es el uso o no de determinados actuadores y sensores en cada pantalla según sea el caso de la parte de la estación neumática que se vaya a controlar.

#### **4.2.4.1 Programación de los Actuadores**

Primero se debe configurar a la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS para que una parte de sus entradas/salidas funcionen como salidas mediante el instrumento virtual DCfgPort.vi ya analizado en la sección 2.3.29.3. El diagrama de bloques es el mismo indicado en la Figura. 4.9.

En la entrada BoardNum de este instrumento virtual se debe especificar el número de Board que se asignó en el programa InstaCal (sección 4.2.1). En la entrada PortNum se debe especificar el puerto a ser configurado, en este caso, FirstPortA. La última entrada es Direction. Para configurar como salida al puerto hay que colocar un valor de verdadero (True) en esta entrada. Así queda configurado el puerto A como puerto de salida.

Para interpretar la salida de ErrCode se debe usar el instrumento virtual ErrMsg (sección 2.3.22.6). Se conecta la salida del VI DCfgPort a la entrada del VI ErrMsg, y como salida de éste vi se usa una caja de texto. Aquí aparece directamente escrito el estado de la tarjeta de adquisición de datos en el panel frontal.

Una vez configurado el puerto A como salida, se debe trabajar con las activaciones. Como se analizó en la sección 3.1.1, se puede trabajar máximo con 6 bits simultáneamente. Esto restringe que de las 16 salidas necesarias, se puede trabajar en 2 bloques de 6 salidas y un bloque de 4 salidas. Para el control del Manipulador de Cilindros se ha escogido el otro bloque de 6 bits (el primero ya fue usado en el Manipulador de Pallets).

El siguiente paso es identificar que botón se ha presionado y relacionarlo tanto con un número de bit específico (de 1 a 6, al ser del bloque de 6 bits) como al bloque al que pertenece (o uno de los 2 de 6 bits, o al bloque de 4 bits).

La programación para realizar esto en LabVIEW es la misma programación para relacionar botones con bits de la tarjeta USB indicado en la Figura. 4.10.

Para diferenciar el bloque al cual pertenece cada botón se utiliza la demultiplexación y el control de señales (sección 3.1.1.1). Por esto se interconectan los botones de cada bloque con su correspondiente en los otros dos bloques. Para evitar la mezcla de señales se usa las compuertas XOR indicadas en la Figura. 4.10.

La primera entrada al VI DBitOut es BoardNum dado por InstaCal (sección 4.2.1). La siguiente entrada es PortNum que en este caso debe ser FirstPortA. En la entrada, BitNum se especifica el bit deseado a ser controlado. En la figura 4.10 se aprecia que existen 6 instrumentos virtuales DBitOut, ordenados para activar los bits del 0 al 5 de la tarjeta PMD-1208LS. Finalmente la última entrada es BitValue, el cual define el estado que se desea programar en el bit especificado. Esto es dado por el estado en el que se encuentre el botón del panel frontal.

El siguiente paso es accionar el integrado específico del circuito controlador de datos de acuerdo al bloque seleccionado, por medio del demultiplexador (sección 3.1.1.2) controlado por los bits destinados a la selección, que en este caso son los bits Port A6 y Port A7 de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. La programación de este paso es la misma programación ilustrada en la Figura. 4.11.

Para interpretar el bloque del cual proviene el botón presionado primero se construye un array a partir de todos los botones del panel frontal. Después se establece 3 rangos para

definir cada uno de los 3 bloques y de acuerdo a este rango se activará uno de los tres indicadores booleanos que representan los 3 bloques (Bloque 1 Actuadores, Bloque 2 Actuadores y Bloque 3 Actuadores). Así se define de qué bloque procede el botón presionado.

Una vez que ya se ha definido el bloque, se debe activar los bits Port A6 y Port A7 según sea el bloque activado. La programación de este paso es la misma indicada en la Figura. 4.12.

Se hace una selección con varios If anidados para activar, según sea el caso, a los bits 6 y 7 del puerto A de la tarjeta de adquisición de datos. La configuración de bits para Port A6 y Port A7 se indica en la Tabla. 4.2.

Con toda esta programación en conjunto se realiza la activación de los actuadores por medio de LabVIEW. Sin embargo hay que agregar que siempre que se use un instrumento virtual DBitOut para la tarjeta PMD-1208LS y toda la programación relacionada deben estar dentro de un ciclo While para un óptimo funcionamiento. Por este motivo toda la programación anteriormente explicada se encuentra dentro de un ciclo While, exceptuando la programación que corresponde a la configuración del puerto como salida, que se encuentra fuera del ciclo While.

Para el caso específico del Manipulador de Cilindros, el bloque de botones que activa estos actuadores es el Bloque 2. Así que mediante Nodos de Propiedades se ha desactivado los Bloques 1 y 3 pues no corresponden a esta parte del HMI.

Además mediante Picture Rings y Nodos de Propiedades (Property Nodes) se controla las imágenes del brazo y del gripper del panel frontal. Para mayor información y una explicación más detallada de estos instrumentos virtuales y su funcionamiento consultar la ayuda de LabVIEW.

#### **4.2.4.2 Programación de los Sensores**

El primer paso es configurar a la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS para que el puerto B funcione como entrada. Esto se hace mediante el instrumento virtual

DCfgPort.vi (sección 2.3.29.3). El diagrama de bloques correspondiente a la programación de este paso es el mismo indicado en la Figura. 4.13.

Las entradas para este VI son el BoardNum dado por InstaCal (sección 4.2.1), PortNum en donde se escoge FirstPortB para configurar al Puerto B y la última entrada es Direction, donde se debe colocar un valor de falso (False) para que la configuración sea de Entrada.

Para manejar el mensaje de error se coloca el instrumento virtual ErrMsg (sección 2.3.22.6). En la caja de texto que se coloca en la salida de este VI aparece directamente el estado de la tarjeta de adquisición de datos en el panel frontal.

Ya configurado el puerto B como entrada se debe trabajar con los datos recibidos desde la Estación PN-2800. Como se vio en la sección 3.1.2.2, de los 8 bits del puerto B, 3 están destinados al control de señales, y los 5 bits restantes son destinados a la lectura del estado de los sensores.

Para la lectura de todos los bits se usa el instrumento virtual DIn (sección 2.3.22.4). La programación de la lectura de los datos del puerto es la misma indicada en la Figura. 4.14.

Las entradas de este VI son BoardNum, configurado en InstaCal (Sección 4.2.1) y PortNum, donde se coloca FirstPortB para realizar la lectura del puerto B de la tarjeta USB. Como salida de este instrumento virtual se tiene DataValue. Para interpretar este resultado se coloca un VI Number to Boolean Array para interpretar los datos ingresados en un array de datos tipo booleano. Finalmente se tiene que los datos ingresados en la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS se encontrarán almacenados en el array de nombre Entrada.

El siguiente paso es interpretar los bits destinados al control de señales. Los bits destinados al control son Port B5, Port B6 y Port B7. La programación para la interpretación de estos datos es la misma que indica la Figura. 4.15.

Del array Entrada se debe leer los elementos 5, 6 y 7 que son los bits destinados al control de señales. Después se construye un nuevo array a partir de estos 3 elementos y finalmente se utiliza un vi Boolean Array to Number para transformar este nuevo array a

un solo número. Es así que se sabe qué datos están ingresando por los bits Port B5, Port B6 y Port B7.

Para tener control del integrado el cual se encuentre activado en el momento de la lectura de los sensores se lee el circuito contador, que ingresa a los bits 5, 6 y 7 del puerto B. Es por eso que se ha denominado Contador a la variable que contiene el dato que ingresa por los bits Port B5, Port B6 y Port B7.

A continuación se debe interpretar los datos ingresados en los bits desde Port B0 hasta Port B5. Por medio del contador se sabe que integrado está activado, y de este modo se sabe que bloque de sensores es el que corresponde leer e interpretar. Para ello se ha realizado la programación indicada en la Figura. 4.16.

Se valida el valor leído en contador, y según sea el caso se activa solamente uno de los bloques. Así se tiene el dato exacto de qué bloque se encuentra activado, para ser interpretarlo de la manera más adecuada.

A continuación se realiza la lectura del estado de cada sensor. En total de sensores se encuentra dividido en 6 bloques: 5 bloques de 5 sensores y un bloque de un sensor. De acuerdo al bit del cual se esté recibiendo señal, y en conjunto con el bloque al cual pertenece, se debe identificar al sensor específico. Para ello, la programación es la misma que indica la Figura. 4.17.

A pesar de que solo se indica las opciones correspondientes al bit 0 del puerto B de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS, la explicación del funcionamiento es la misma para todos los demás sensores. Primero se lee el índice 0 del array de los datos de entrada, que corresponde al bit 0 del Puerto B. Después, y de acuerdo con el bloque que se encuentre activado, se deja pasar la señal. Para los demás bloques la señal no será leída porque no cumplirá la condición que implica la compuerta AND.

El instrumento virtual llamado Flip Flop Tipo D que es en realidad un SubVI creado a partir de una parte de código es utilizado debido a que cuando se obtiene la lectura de los sensores en realidad se realiza un barrido de señales porque la lectura total de los sensores radica en la velocidad a la cual se realice el barrido de señales: mientras más rápido sea el

barrido mejor se apreciará los sensores y su velocidad de cambio. Al contrario, si el barrido es de una velocidad lenta, los cambios en los sensores tardarán en notarse puesto que tiene que haber leído todos los otros sensores y volver a leerlos en orden para poder detectar cualquier cambio. Así se crea la necesidad de hallar una velocidad de barrido lo suficientemente rápida para que se tenga la mejor velocidad de respuesta.

A pesar que la velocidad de barrido sea extremadamente rápida, siempre se va a notar que la lectura de los sensores no es una lectura continua, sino entrecortada y secuencial. Por ello se tiene un Flip Flop, porque por medio de éste la salida cambiará siempre y cuando haya un cambio. Caso contrario el Flip Flop mantendrá el dato anterior. Así no se nota el barrido de señales porque el dato se mantendrá, a menos que haya un cambio.

La primera entrada del SubVI Flip Flop es referencia: se necesita realimentar la salida del Flip Flop como entrada. Así que se crea una referencia a partir de la misma señal de salida y esto es lo que va conectado. La siguiente entrada es la señal de reloj (Clock). Para saber cuando hay un cambio se debe saber cuando se ha vuelto a activar el bloque al cual el sensor pertenece. Por ello se toma cada uno de los 6 bloques como una señal de reloj. Así el Flip Flop realizará el cambio cuando su correspondiente bloque se active. Finalmente la última entrada es D – el dato. El dato proviene de la compuerta AND como ya se explicó anteriormente.

Tal como indica la Figura 4.17 se debe realizar la misma programación por cada uno de los 5 bits del Puerto B de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. Por lo que la realización total del programa de lectura de los sensores es extensa, pero sigue el mismo principio de funcionamiento. Además para el caso específico del Manipulador de Pallets se ha desactivado los sensores que no competen a este manipulador, y se ha dejado los sensores necesarios para un buen control de esta parte de la Estación Neumática. Esto se realiza mediante Nodos de Propiedades y mediante la eliminación de los indicadores correspondientes.



#### 4.2.4.3 Programa Manipulador de Cilindros

Finalmente hay que unificar todo en un solo diagrama de bloques en un solo archivo de LabVIEW, el cual será el archivo que se va a abrir desde la Pantalla Principal del HMI al presionar el botón Manipulador de Cilindros.

Como se explicó anteriormente todo debe ir dentro de un solo ciclo While, excepto la configuración de los Puertos A y B como salida y entrada respectivamente, y los Nodos de Propiedades usados en todo el programa. Esto es para hacer más liviana la ejecución del Programa, pues el ciclo While repite todo lo que contenga mientras no se haya presionado el botón Stop del Panel Frontal.

La programación que corresponde a los actuadores y que se analizó en la sección 4.2.4.1 no tiene variación, excepto lo que ya se explicó que solamente se dejará activo los botones correspondientes al Bloque 2, y los otros dos bloques se desactivan.

En lo que respecta a la programación de los sensores, debe hacerse algo más de lo ya mencionado: en el mismo orden explicado hay que colocar la programación en una estructura de secuencia de pilas (stacked sequence structure) y realizar 4 cuadros secuenciales (desde cuadro 0 hasta cuadro 3). En el cuadro cero debe ir la programación para la lectura de un puerto (Figura. 4.14.) En el cuadro 1 deber ir la programación para la lectura de señales de control (Figura. 4.15.). En el siguiente cuadro (cuadro 2) debe ir la programación para la activación de bloques de lectura (Figura. 4.16), y finalmente en el cuadro 3 debe ir la programación para la lectura de señales. Eso si, teniendo en cuenta que deben constar todos los sensores necesarios para poder conocer el estado del manipulador de pallets de la Estación Neumática PN-2800.

Por lo demás del HMI para el Manipulador de Pallets solamente van arreglos generales para mejorar el aspecto del Panel Frontal. Hay que recordar que el barrido de señales debe ajustarse a una frecuencia suficientemente rápida para que la respuesta sea lo más inmediata posible, pero a la vez que la computadora pueda manejar y procesar esa velocidad sin sufrir alteración. Esta frecuencia se ajusta mediante el potenciómetro del circuito de reloj del circuito de la sección 3.1.2.5.

## 4.2.5 Rampas

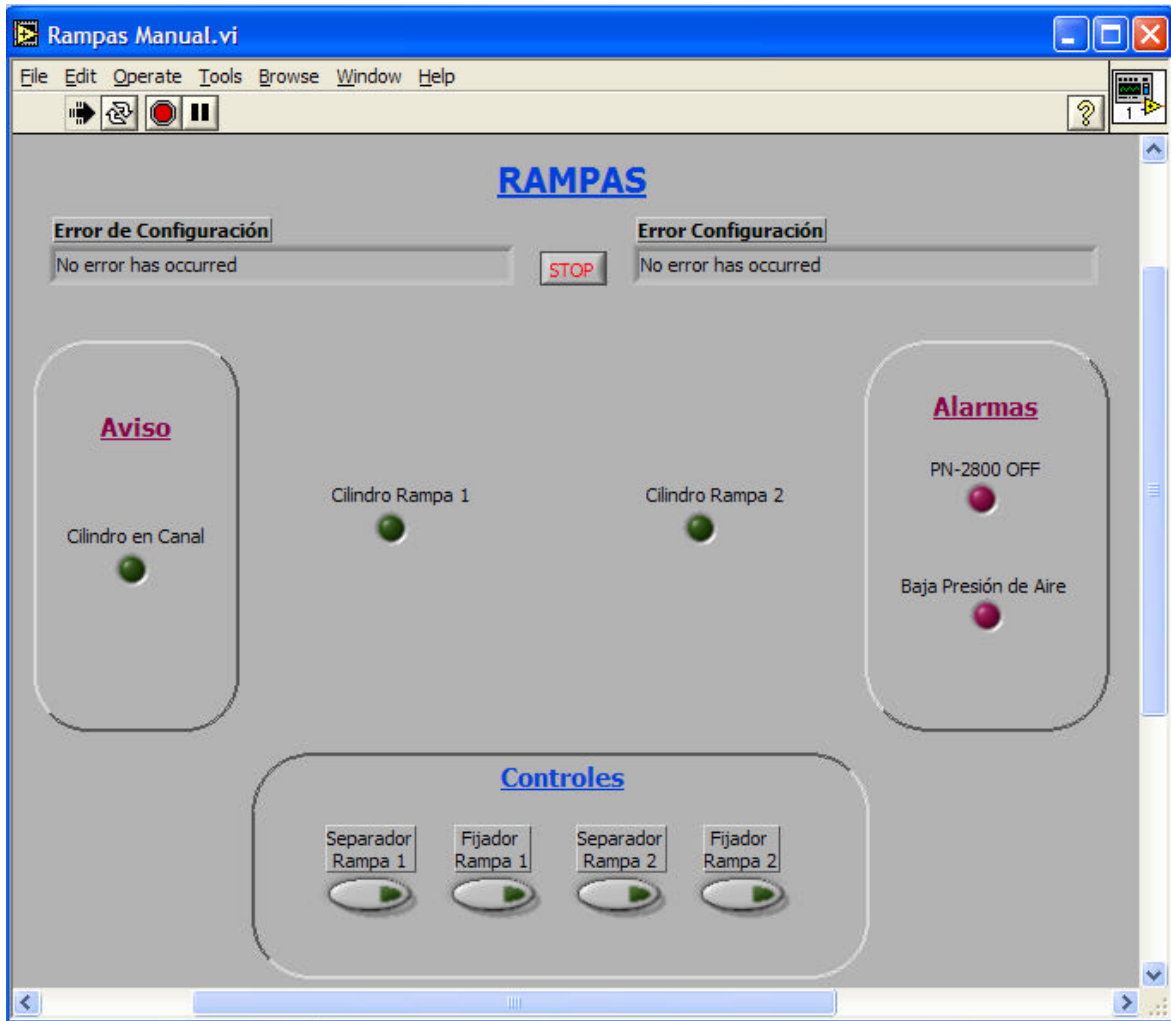


Figura. 4.19. Panel Frontal de Rampas

La Figura. 4.19 muestra el panel frontal que corresponde al archivo .vi el cual controlará las Rampas de la Estación Neumática. A este programa desarrollado en LabVIEW se accede desde la Pantalla Principal del HMI presionando el botón Rampas. Los elementos que conforman este Panel Frontal son el título de esta pantalla, dos indicadores de texto, un botón de Stop, un sector llamado Alarmas, otro sector llamado Aviso, dos luces y un sector llamado Controles.

Los dos indicadores de texto muestran información del estado de la tarjeta de adquisición de datos. El mensaje “No error has occurred” indica que la tarjeta USB se encuentra funcionando correctamente. Cualquier anomalía se indicará en estas cajas de texto. Existen dos cajas de texto porque la tarjeta se encuentra configurada por un lado

como salida de datos para los actuadores y por otro lado como entrada de datos para los sensores. Cada configuración tiene su propia caja de texto para indicar su estado.

El panel frontal tiene un botón Stop debido a que en el diagrama de bloques toda la programación se encuentra dentro de un ciclo While. Este ciclo se encuentra ejecutando todo el tiempo, hasta que sea presionado el botón Stop, que viene a detener el ciclo While y por ende la ejecución total del programa. Es por esto que este programa debe hacerse funcionar por medio de una sola ejecución, presionando el botón Run de la barra de herramientas en la parte superior izquierda.

En el sector denominado Alarmas se encuentran los indicadores de los sensores que denotan estados críticos de la Estación Neumática. Los dos indicadores son PN-2800 OFF / ON y Baja Presión de Aire / Presión de Aire Correcta. Muestran el texto correspondiente al estado en el que se encuentre la Estación, y la luz se encenderá en Rojo o en Verde según sea el caso.

El sector de Aviso está constituido de manera similar al sector de Alarmas, pero éste indicador corresponde a un sensor que denota un estado no crítico sino informativo de la Estación PN-2800. El texto de este indicador no cambia, pero sí la luz: verde oscuro si el sensor está apagado, o verde luminoso si el sensor se encuentra encendido.

Las dos luces que se encuentran en el centro de la pantalla son indicadores de los sensores de la rampa. Estos indicadores son solo informativos y el texto que los identifica no cambia. La luz de cada indicador cambia de acuerdo a su estado: verde oscuro si se encuentra apagado o verde luminoso si se encuentra encendido.

Finalmente en el sector denominado Controles se encuentran 4 botones por medio de los cuales se activa o se desactiva el actuador correspondiente el cual realizará la acción indicada en el texto de cada botón. Aquí es donde propiamente se opera a las Rampas de la Estación Neumática PN-2800.

#### 4.2.5.1 Programa para el control de las Rampas

La programación para esta pantalla correspondiente al control de las Rampas sigue la misma dirección y la misma lógica que los programas anteriores para el Manipulador de Pallets y el Manipulador de Cilindros. Igualmente está dividido en la programación de los actuadores y en la programación de los sensores, y finalmente se une todo en un solo diagrama de bloques, por lo que la explicación de este programa viene a ser la misma que los otros dos anteriores.

Los cambios que debe realizarse en los actuadores es que para controlar las rampas se utiliza el Bloque 3 conformado por 4 botones, y se desactivan los otros dos bloques mediante Nodos de Propiedades.

Para la configuración de los sensores se usa un número mucho menor de lecturas de sensores y por consiguiente su programación viene a ser mucho más sencilla. Igualmente se desactiva los sensores que no se van a usar mediante eliminación de los indicadores y por desactivación de determinados elementos también por Nodos de Propiedades.

Incluso para este HMI no se utiliza gráficos ni animaciones, pues no existe mayor complicación en el entendimiento del funcionamiento de las rampas. Finalmente el Panel Frontal sigue el mismo orden en su funcionamiento que los anteriores Paneles Frontales.

## CAPÍTULO V

### SISTEMA DE SUPERVISIÓN

#### 1.1 CAMARA WEB DE VIDEO

Una cámara Web de Video es básicamente una cámara digital capaz de capturar imágenes y/o video pero que carece de la posibilidad de almacenamiento en el mismo aparato. Es por esto que para su funcionamiento requiere de una conexión a una PC y mediante el software adecuado se almacena todo lo capturado en el disco duro de la computadora, o simplemente se hace visible lo que en el momento se encuentre enfocando<sup>1</sup>. Un ejemplo de una cámara Web se indica a continuación en la Figura. 5.1.



Figura. 5.1. Ejemplo de una Cámara Web

Su funcionamiento es sencillo: la cámara de video captura imágenes y las transmite a un ordenador el cual las convierte en lenguaje binario y las muestra a la pantalla o las transmite a la red periódicamente en un lapso determinado de tiempo (el usuario determina la frecuencia de transmisión). Es así que se produce la transmisión o la visualización de video al ordenador o a la red<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.telepolis.com/cgi-bin/web/DISTRITODOCVIEW?url=/mundowebcam/doc/Tutoriales/faq.htm>

<sup>2</sup> <http://www.galeon.com/hispacam/funcion.htm>

Las aplicaciones en la vida cotidiana para una Cámara Web son muchas: literalmente ver en directo a familiares o amigos en lugares distantes mediante la transmisión de imágenes o video por medio de Internet, en cierto modo asistir a reuniones con otras personas sin tener que moverse del sitio de trabajo u hogar, publicar en Internet imágenes o video que se considere relevante, o supervisar trabajos que se estén realizando.

## **5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN**

La Cámara Web en la Estación Neumática PN-2800 tiene por objetivo principal la supervisión de su funcionamiento y de su estado. El usuario u operador tendrá una imagen en directo de la Estación Neumática y así podrá observar la realización de la labor, supervisar que cumpla con los parámetros requeridos, o detectar fallas, anomalías o novedades que pudieran presentarse. Esto se convierte en una herramienta aún más útil si la Estación PN-2800 y la PC desde donde el usuario la opera se encuentran distanciados.

Como el HMI destinado al control de la Estación Neumática es realizado en LabVIEW, igualmente la supervisión debe ser implementada en el mismo software. Además como el control será realizado mediante una tarjeta de adquisición de datos por puerto USB, igualmente la Cámara Web deberá funcionar por medio de un puerto USB de la misma computadora en la cual esté funcionando el software HMI implementado.

El hecho de que la cámara Web se conecte por puerto USB tiene las mismas ventajas que ya se han descrito en la sección 1.1 tales como mayor velocidad de transmisión de datos, facilidad de conexión sin necesidad de tarjetas de video o adaptadores adicionales y respaldo de funcionamiento en los Sistemas Operativos más recientes.

Existen muchos modelos y variedades de cámaras Web en el mercado, y su precio depende de las características que presente o la marca a la cual pertenezca. Para el presente proyecto se va a usar una cámara de Video de las más comunes y usadas en el mercado. Con ello se demuestra que el funcionamiento no depende ni de marcas ni de modelos, pues todas trabajan bajo el mismo principio y cualquier otra cámara Web de distinta procedencia puede funcionar.

La cámara Web a usarse es una VideoCam Express Genius<sup>3</sup> indicada en la Figura. 5.2. Como características tiene que es una cámara USB que permite capturar imágenes fijas o de video de hasta 30 cuadros por segundo de video, posee una base giratoria de 360° lo que permite orientarla a cualquier dirección, la calidad de imagen es de 352 x 288 píxeles en modo VGA y tiene compatibilidad con los sistemas operativos Windows 98/2000/ME/XP.



**Figura. 5.2. Cámara Web a usarse en la Estación PN-2800**

Lo primero que se necesita es instalar el controlador de la Cámara Web, el cual está en el CD de instalación que viene con la Cámara. Ejecutar el archivo Setup pero no conectar la cámara al puerto USB hasta que el programa de instalación lo pida.

### **5.3 INCLUSIÓN AL PROGRAMA PRINCIPAL**

Una vez que se ha instalado el controlador de la cámara Web en la PC es necesario realizar la instalación de un controlador adicional el cual permita realizar el acceso de la cámara Web, por medio del sistema Operativo Windows, a cualquier otro programa que funcione bajo el mismo ambiente.

Por este motivo es necesario que el software LabVIEW 7.1 y todos los Drivers adicionales de la National Instruments – NI Drivers (en particular Vision e IMAQ Vision) ya se encuentren instalados previamente en la PC. Así se podrá acceder a la cámara desde el HMI para el control y adquisición de datos de la Estación Neumática PN-2800.

---

<sup>3</sup> <http://www.geniusnet.com.tw/product/product-1.asp?pdtno=114>

### 5.3.1 VideoOCX



Figura. 5.3. Logotipo de VideoOCX

VideoOCX es un control ActiveX que permite integrar fácilmente secuencias de video y capacidad de procesamiento de video en aplicaciones de software realizadas por programadores<sup>4</sup>.

Este control es compatible con la mayoría de dispositivos de Video para Windows (VfW – Video for Windows) como cámaras Web USB, cámaras de video compatibles con PCs, tarjetas de adquisición de video y cámaras digitales.

VideoOCX permite capturar video en un solo paso. Solamente se debe colocar VideoOCX en la aplicación deseada, cambiar unas pocas propiedades, añadir unas pocas líneas de código, y el video estará integrado.

VideoOCX trabaja en la mayoría de ambientes que funcionan con ActiveX como Visual Basic, Visual C++, Borland C++, Delphi, FoxPro y LabVIEW 7.1.

Las aplicaciones posibles en las que puede usarse van desde procesamiento de imágenes para propósito científico o profesional, vigilancia por medio de una computadora hasta programas generales de multimedia.

Mediante el uso de este programa se tienen muchas ventajas entre las que se puede mencionar:

- Funciones completas y a la vez fáciles de usar.
- Captura en la memoria cuadros de video a color a la máxima velocidad posible.
- Guarda imágenes capturadas.

---

<sup>4</sup> <http://www.videoocx.de>



- Guarda cuadros capturados en secuencias .avi de cualquier formato (con los códecs instalados) incluyendo el audio.
- Conversión opcional de imágenes en color a escala de grises.
- Soporta la mayoría de dispositivos de captura de video PAL/NTSC VfW.
- Soporta la mayoría de cámaras Web.

Los requisitos mínimos que se deben cumplir para poder ejecutar VideoOCX son:

- Windows 95/98/ME/NT/2000/XP.
- Ambientes de desarrollo de aplicaciones que soporten tecnología ActiveX.
- Un dispositivo de imagen compatible con Video para Windows (VfW).
- La velocidad de procesamiento depende del rendimiento del sistema.

Además está comprobada la compatibilidad de éste programa con el hardware de las siguientes marcas:

Cámaras USB (cámaras Web):

- Creative Webcam
- Phillips Vesta
- Phillips ToUCam Pro
- Quickcam
- 3Com HomeConnect
- Genius Webcam

Tarjetas de adquisición de Video:

- Hauppauge WinTV Go
- Hauppauge WinTV Premium
- Belkin Video Bus USB
- Pearl Capture Card

### 5.3.2 Sistema de Supervisión

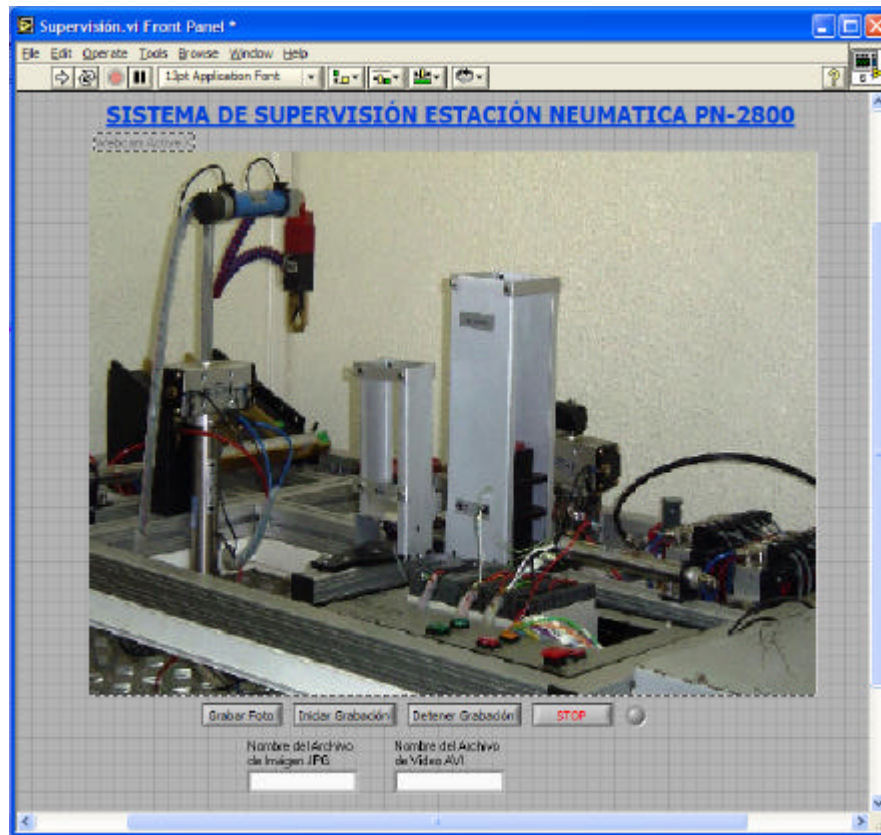


Figura. 5.4. Panel Frontal del Sistema de Supervisión<sup>5</sup>

La Figura. 5.4. muestra el panel frontal correspondiente al archivo .vi el cual se abre cuando se presiona el botón Sistema de Supervisión de la Pantalla Principal del HMI (Figura. 4.5.) Aquí se aprecia el título de esta pantalla, un botón de Stop, dos indicadores de texto, 3 botones adicionales, un indicador luminoso y por su puesto la imagen adquirida en ese momento por la cámara Web conectada a la PC.

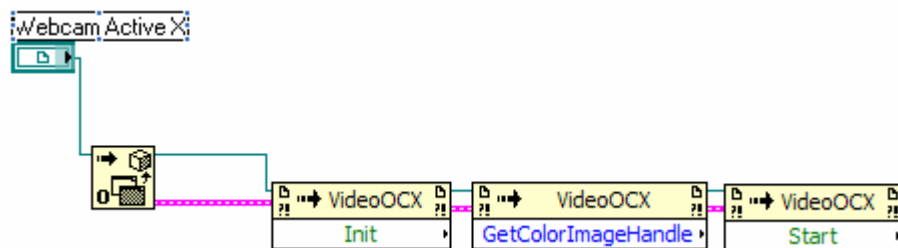
El botón de Stop aparece debido a que la mayor parte de la programación en el diagrama de bloques está dentro de un ciclo While. Por este motivo el programa permanecerá funcionando hasta cuando sea presionado el botón Stop, que detendrá la ejecución del programa.

<sup>5</sup> Imagen en el Panel Frontal Simulada

Los indicadores de texto corresponden a la dirección del archivo en el cual se desea grabar en imagen o en video lo que en ese momento se esté visualizando en el Panel Frontal por medio de la cámara Web.

Los botones adicionales corresponden a Grabar Foto, Iniciar Grabación y Detener Grabación. El uso de estos botones es muy intuitivo. Una vez especificada la dirección del archivo para imagen o video, al presionar estos botones se controla la grabación del archivo de tipo imagen .jpg o de video .avi. La luz indicadora se iluminará en rojo cuando el programa esté en proceso de grabación.

La programación de este sistema aparenta ser compleja, pero en realidad no lo es. El uso de VideoOCX permite que la visualización inmediata de lo que esté enfocando la cámara en el momento de ejecutar el programa con tan solo los bloques de programación indicados a continuación en la Figura. 5.5.



**Figura. 5.5. Programación básica para el funcionamiento de la cámara Web**

El instrumento virtual Webcam ActiveX (que es el cuadro de imagen en el Panel Frontal) se usa como entrada al vi Automation Open, el cual abre un objeto específico ActiveX, en este caso, el control de VideoOCX. A partir de aquí se maneja todo con Nodos de Propiedades: primero se Inicializa el control ActiveX, después se adquiere el control de una imagen a color y luego se arranca propiamente el control ActiveX. Con estos pocos pasos la cámara Web ya transmite imágenes al Panel Frontal.

Para manejar los botones de Grabar Foto, Iniciar Grabación y Detener Grabación se utiliza igualmente Nodos de Propiedades. Esto se lo realiza dentro de un ciclo While. Y para cada botón específico se utiliza un caso aislado. La programación correspondiente se encuentra indicada a continuación en la Figura. 5.6.

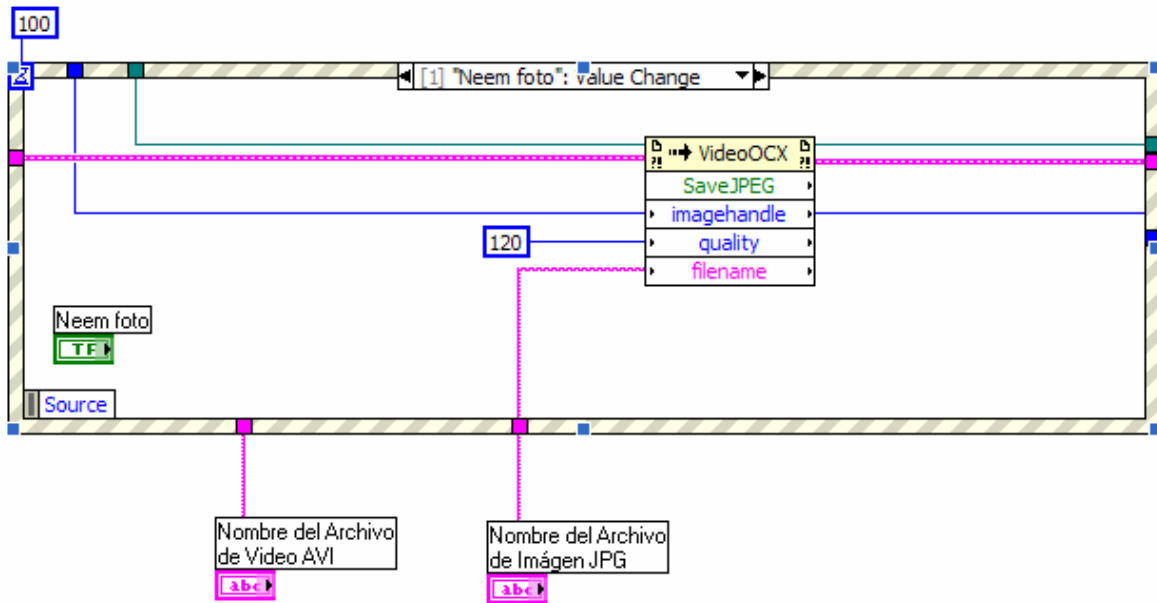


Figura. 5.6. Programación para grabar una imagen con la cámara Web

Esta programación se encuentra dentro de una Estructura de Eventos. Se activa el cuadro cuando es llamado solamente. Este es el caso cuando se desea capturar una foto. Igualmente se realiza con Nodos de Propiedades. Se graba una imagen .jpg, se maneja la imagen, se le da una calidad determinada, y finalmente se especifica el nombre del archivo.

Del mismo modo se realiza para cuando se ha presionado del botón Iniciar Grabación del Panel Frontal (Figura. 5.4.). Todo se lo realiza dentro de la misma Estructura de Eventos. La programación correspondiente se muestra a continuación en la Figura. 5.7.

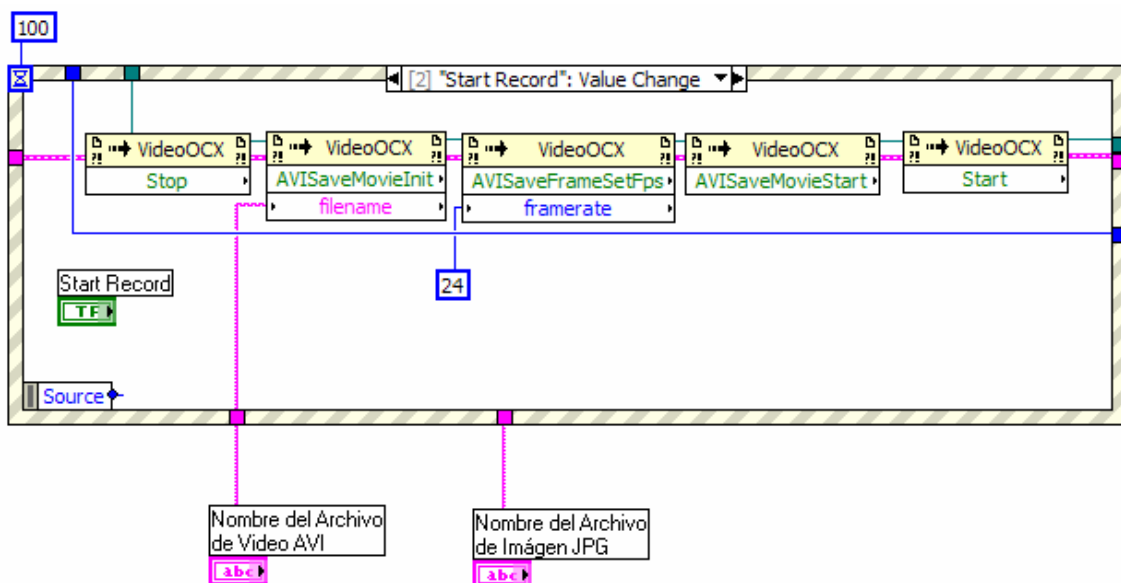


Figura. 5.7. Programación para grabar un video con la cámara Web

Todo el procedimiento es por medio de Nodos de Propiedades. Primero se detiene cualquier evento anterior. Después se Inicializa el procedimiento de grabar una secuencia de video, especificando el nombre del archivo, a continuación se fija la tasa de cuadros a la cual se capturará el video, se comienza la grabación de la secuencia de video y finalmente se inicia el proceso.

Para detener la grabación de video se debe presionar el botón Detener Grabación del Panel Frontal. Lo que ocurre cuando se presiona este botón es que mediante un Nodo de Propiedades del control de VideoOCX se detiene la grabación de la secuencia de video. La programación por medio de la cual se realiza esto, se encuentra indicada a continuación en la Figura. 5.8.

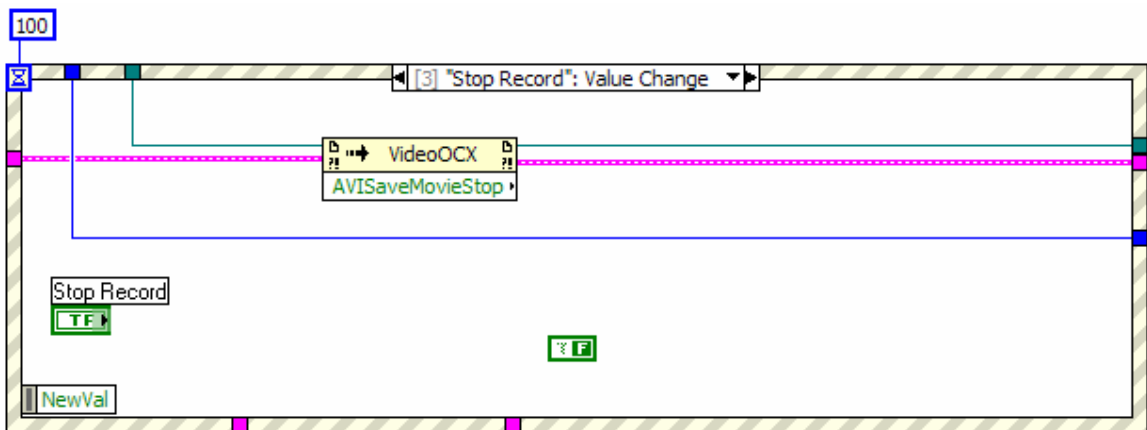


Figura5.8. Programación para detener la grabación con la cámara Web

Todo el proceso de manejar VideoOCX se realiza a partir de Nodos de Propiedades. Dependiendo de la necesidad de su funcionamiento se los ordena en casos aislados y se los encierra en un ciclo While. Para obtener mayor información del uso y manejo de ciclos, eventos y de Nodos de Propiedades consultar la ayuda de LabVIEW 7.1.

## **CAPÍTULO VI**

### **PRÁCTICAS**

#### **1.1 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS**

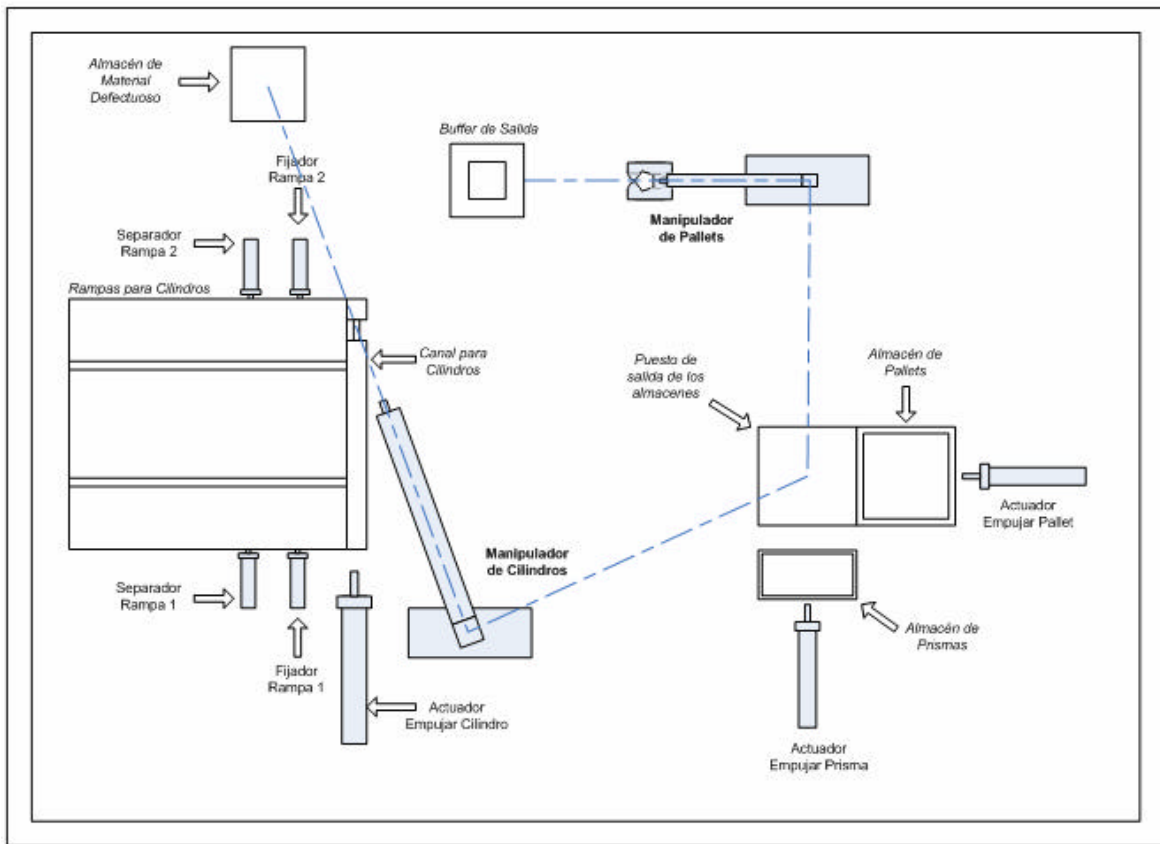
Para el diseño de las prácticas se va a tomar en cuenta la utilidad práctica de la Estación PN-2800 y además las innovaciones que se han realizado en el presente proyecto. La Estación Neumática PN-2800 está diseñada para la clasificación y entrega de material. Se comunica con una PC a través de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS y como software se utiliza LabVIEW 7.1 para el control y la adquisición de datos.

Siguiendo la misma línea, las prácticas deben enfocarse a la clasificación y entrega de material, utilizando como hardware la tarjeta de adquisición de datos y el circuito de entrada/salida de datos, y la lógica de funcionamiento debe ser programada en LabVIEW. Todo ello se realizará controlando determinados manipuladores y actuadores de acuerdo a cómo se procesen los datos recopilados por los sensores necesarios de la Estación para un correcto funcionamiento.

La Estación Neumática está compuesta principalmente por el Manipulador de Pallets y el Manipulador de Cilindros, pero además tiene actuadores neumáticos independientes que en conjunto con los Manipuladores proporcionan la entrega y clasificación de material.

Del mismo modo las prácticas se centrarán principalmente en los Manipuladores y su funcionamiento, después se combinarán con los actuadores independientes, para luego implementar una práctica en la cual se ejecutará un funcionamiento completo de la Estación PN-2800 utilizando los dos Manipuladores y los actuadores independientes necesarios para una entrega automática.

Para un entendimiento más detallado de la Estación Neumática y su funcionamiento se tiene la Figura. 6.1.



7

**Figura. 6.1. Esquema de vista superior de la Estación Neumática PN-2800**

En ésta Figura se aprecia la Estación Neumática con todos sus elementos, además de líneas indicativas de la dirección de funcionamiento de los Manipuladores. Con ello se tiene una mejor perspectiva y orientación lo que sirve de guía para la correcta realización de las prácticas. Todas las prácticas deben referirse a la Figura. 6.1. para una mejor comprensión.

### 6.1.1 Operación en Serie del Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets

#### 6.1.1.1 Objetivos

- Operar el Manipulador de Pallets.
- Operar el Alimentador de Pallets.

- Establecer una secuencia para la operación en serie del Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets.

#### **6.1.1.2 Enunciado**

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, el cual sea trasladado por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

#### **6.1.1.3 Equipo Necesario**

- Manipulador de Pallets.
- Actuador “Empujar Pallet”.
- Fuente de Aire Comprimido de 6 bares de presión.
- Al menos un Pallet colocado en el Almacén de Pallets.

#### **6.1.1.4 Procedimiento**

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
2. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
3. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
4. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.
5. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
6. Retornar el Manipulador a la posición original.

#### **6.1.1.5 Consideraciones**

- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado a la Bandeja de Salida de los Almacenes para que pueda asir correctamente al Pallet.
- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado al Buffer de Salida para que pueda depositar correctamente al Pallet en él.



- El actuador “Empujar Pallet” debe estar regulado para que al ser accionado saque completamente al Pallet del Almacén.
- Los Pallets deben ser almacenados con su clavija en la dirección correcta para que el Manipulador de Pallets pueda asirlos.
- Al ejecutar secuencias, el Manipulador de Pallets se ve afectado por el Buffer de Salida y por la Bandeja de Salida de los Almacenes (estos elementos representan obstáculos en determinadas trayectorias).
- Después de asir al Pallet, el Manipulador de Pallets debe levantarlo hasta cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la pared de la Bandeja de Salida.
- Después de colocar al Pallet en el Buffer de Salida, el Manipulador de Pallets debe elevarse cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la clavija del Pallet.

## **6.1.2 Operación del Manipulador de Cilindros**

### **6.1.2.1 Objetivos**

- Operar el Manipulador de Cilindros.
- Establecer una secuencia para la operación del Manipulador de Cilindros.

### **6.1.2.2 Enunciado**

Implementar una secuencia de manera que un Cilindro colocado en el Canal para Cilindros sea empujado hasta la posición en la cual el Manipulador de Cilindros lo recoja y lo traslade al Almacén de Material Defectuoso (Figura. 6.1.).

### **6.1.2.3 Equipo Necesario**

- Manipulador de Cilindros.
- Actuador “Empujar Cilindro”.
- Fuente de Aire Comprimido de 6 bares de presión.
- Al menos un Cilindro (materia prima) colocado en el Canal para Cilindros.

#### **6.1.2.4 Procedimiento**

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Empujar el Cilindro colocado en el Canal para Cilindros por medio del Actuador “Empujar Cilindro”.
2. Asir el Cilindro por medio del gripper del Manipulador de Cilindros.
3. Trasladar el Cilindro hacia el Almacén de Material Defectuoso.
4. Abrir el gripper para liberar el Cilindro.
5. Retornar el Manipulador a la posición original.

#### **6.1.2.5 Consideraciones**

- El Manipulador de Cilindros debe estar correctamente alineado en el Canal para Cilindros para que pueda asir correctamente al Cilindro.
- El Manipulador de Cilindros debe estar correctamente alineado al Almacén de Material Defectuoso para que pueda depositar correctamente al Cilindro en él.
- El actuador “Empujar Cilindro” debe estar regulado para que al ser accionado empuje completamente al Cilindro hasta el final del Canal para Cilindros.
- Al ejecutar secuencias, el Manipulador de Cilindros se ve afectado por las Rampas para Cilindros y por el Canal para Cilindros (estos elementos representan obstáculos en determinadas trayectorias).
- Después de asir al Cilindro, el Manipulador de Cilindros debe levantarlo hasta cierta altura para poder continuar con el avance del brazo Manipulador, pues interfiere el Canal Para Cilindros y la Rampa para Cilindros.

### **6.1.3 Operación en Serie del Alimentador de Pallets, Alimentador de Prismas y el Manipulador de Pallets**

#### **6.1.3.1 Objetivos**

- Operar el Alimentador de Prismas.

- Establecer una secuencia para la operación en serie del Alimentador de Pallets, Alimentador de Prismas y el Manipulador de Cilindros.

### 6.1.3.2 Enunciado

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, a continuación el Almacén de Prismas entregue un Prisma sobre el Pallet, y después el Pallet con el Prisma sean trasladados por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

### 6.1.3.3 Equipo Necesario

- Manipulador de Pallets.
- Actuador “Empujar Pallet”.
- Actuador “Empujar Prisma”.
- Fuente de Aire Comprimido de 6 bares de presión.
- Al menos un Pallet colocado en el Almacén de Pallets.
- Al menos un Prisma colocado en el Almacén de Prismas.

### 6.1.3.4 Procedimiento

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
2. Extraer un Prisma del Almacén de Prismas por medio del Actuador “Empujar Prisma”.
3. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
4. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
5. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.
6. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
7. Retornar el Manipulador a la posición original.

### 6.1.3.5 Consideraciones

- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado a la Bandeja de Salida de los Almacenes para que pueda asir correctamente al Pallet.
- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado al Buffer de Salida para que pueda depositar correctamente al Pallet en él.
- El actuador “Empujar Pallet” debe estar regulado para que al ser accionado saque completamente al Pallet del Almacén.
- El actuador “Empujar Prisma” debe estar regulado para que al ser accionado saque completamente al Prisma del Almacén y al mismo tiempo el Prisma quede correctamente colocado encima del Pallet posicionado en la Bandeja de Salida de los Almacenes.
- Los Pallets deben ser almacenados con su clavija en la dirección correcta para que el Manipulador de Pallets pueda asirlos.
- Al ejecutar secuencias, el Manipulador de Pallets se ve afectado por el Buffer de Salida y por la Bandeja de Salida de los Almacenes (estos elementos representan obstáculos en determinadas trayectorias).
- Después de asir al Pallet, el Manipulador de Pallets debe levantarlo hasta cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la pared de la Bandeja de Salida.
- Después de colocar al Pallet en el Buffer de Salida, el Manipulador de Pallets debe elevarse cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la clavija del Pallet.

### 6.1.4 Operación en Serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el Manipulador de Cilindros

#### 6.1.4.1 Objetivo

- Establecer una secuencia para la operación en serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el Manipulador de Cilindros.

### 6.1.4.2 Enunciado

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, un Cilindro colocado en el Canal para Cilindros sea empujado hasta la posición en la cual el Manipulador de Cilindros lo recoja, lo traslade y lo coloque sobre el Pallet colocado en la Bandeja de Salida de los Almacenes y después el Pallet con el Cilindro sean trasladados por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

### 6.1.4.3. Equipo Necesario

- Manipulador de Pallets.
- Manipulador de Cilindros.
- Actuador “Empujar Cilindro”.
- Actuador “Empujar Pallet”.
- Fuente de Aire Comprimido de 6 bares de presión.
- Al menos un Pallet colocado en el Almacén de Pallets.
- Al menos un Cilindro (materia prima) colocado en el Canal para Cilindros.

### 6.1.4.4 Procedimiento

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
2. Empujar el Cilindro colocado en el Canal para Cilindros por medio del Actuador “Empujar Cilindro”.
3. Asir el Cilindro por medio del gripper del Manipulador de Cilindros.
4. Trasladar el Cilindro hasta el Pallet extraído del Almacén de Pallets y colocar el Cilindro en la parte superior del Pallet.
5. Abrir el gripper del Manipulador de Cilindros para liberar el Cilindro.
6. Retornar el Manipulador de Cilindros a la posición original.
7. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
8. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
9. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.

10. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
11. Retornar el Manipulador de Pallets a la posición original.

#### 6.1.4.5 Consideraciones

- El Manipulador de Cilindros debe estar correctamente alineado en el Canal para Cilindros para que pueda asir correctamente al Cilindro.
- El Manipulador de Cilindros debe estar correctamente alineado a la Bandeja de Salida de los Almacenes para que pueda depositar correctamente al Cilindro sobre el Pallet allí colocado.
- El actuador “Empujar Cilindro” debe estar regulado para que al ser accionado empuje completamente al Cilindro hasta el final del Canal para Cilindros.
- Al ejecutar secuencias, el Manipulador de Cilindros se ve afectado por las Rampas para Cilindros y por el Canal para Cilindros (estos elementos representan obstáculos en determinadas trayectorias).
- Después de asir al Cilindro, el Manipulador de Cilindros debe levantarlo hasta cierta altura para poder continuar con el avance del brazo Manipulador, pues interfiere el Canal Para Cilindros y la Rampa para Cilindros.
- Después de colocar al Cilindro en la parte superior del Pallet, el Manipulador de Cilindros debe elevarse hasta cierta altura para poder rotar, pues interfiere el Pallet.
- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado a la Bandeja de Salida de los Almacenes para que pueda asir correctamente al Pallet.
- El Manipulador de Pallets debe estar correctamente alineado al Buffer de Salida para que pueda depositar correctamente al Pallet en él.
- El actuador “Empujar Pallet” debe estar regulado para que al ser accionado saque completamente al Pallet del Almacén.
- Los Pallets deben ser almacenados con su clavija en la dirección correcta para que el Manipulador de Pallets pueda asirlos.
- Al ejecutar secuencias, el Manipulador de Pallets se ve afectado por el Buffer de Salida y por la Bandeja de Salida de los Almacenes (estos elementos representan obstáculos en determinadas trayectorias).

- Después de asir al Pallet, el Manipulador de Pallets debe levantarlo hasta cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la pared de la Bandeja de Salida.
- Después de colocar al Pallet en el Buffer de Salida, el Manipulador de Pallets debe elevarse cierta altura para poder continuar con la rotación, pues interfiere la clavija del Pallet.

## 6.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

La implementación de las prácticas propuestas implica no solo un conocimiento previo de la Estación Neumática, su utilidad y su estado actual de funcionamiento, sino además una comprensión de su actualización, de sus cambios en hardware y software y sus limitaciones. Por ello es necesario realizar ciertas aclaraciones previas a la implementación.

Como se explicó en la sección 3.1 el control de la Estación Neumática PN-2800 lo realiza una computadora por medio de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. Y al ser una tarjeta con solo 16 entradas/salidas se tiene limitaciones en el número de control y lectura de señales. Es por esto que fue necesario realizar una demultiplexación de señales y la configuración usada fue de 6 bits de control y 2 bits de selección. (Sección 3.1.1)

Al tener 6 bits de control implica que no es posible mantener más de 6 actuadores encendidos simultáneamente. Por lo que en la implementación de las prácticas hay que tener muy en consideración esta limitación para poder desarrollar secuencias que se ajusten a ésta restricción.

Por otro lado se tiene un caso muy similar con la lectura de señales provenientes de los sensores de la Estación Neumática. En la sección 3.1.2.2 se analizó que la demultiplexación se realizó con una configuración de 3 bits de selección y 5 bits de lectura.

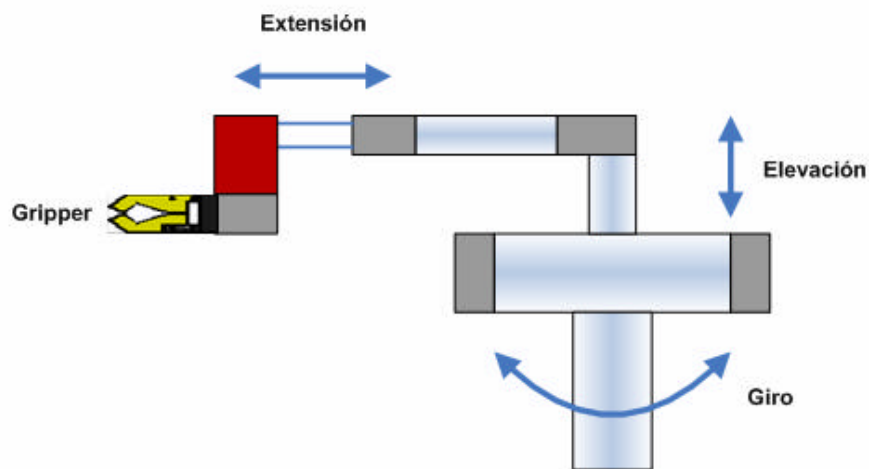
Al tener 5 bits de lectura implica que no es posible leer más de 5 sensores simultáneamente. Sin embargo, en la sección 4.2.3.2 se analizó que el circuito de Entradas/Salidas realiza un barrido de señales en la lectura de los sensores. La velocidad de barrido es suficientemente rápida como para no interferir en la lectura general de todos los

sensores. De este modo, la demultiplexación de señales de lectura no representa una limitante en la implementación de las prácticas.

Con respecto a la Estación Neumática PN-2800, hay que tener muy claro el funcionamiento y desempeño de sus elementos. Los actuadores son cilindros neumáticos de doble efecto que se expanden o se retraen de acuerdo a cómo ingresa el aire. (Sección 2.1.7).

Los Manipuladores son brazos de robot que funcionan mediante aire comprimido y poseen ciertos grados de libertad, y realizan trayectorias determinadas. (Sección 2.1.8). Sin embargo para poder realizar una implementación satisfactoria de las prácticas propuestas, hay que analizar más a fondo los movimientos de cada manipulador.

El Manipulador de Pallets tiene 3 grados de libertad y el esquema de movimientos se indica a continuación en la Figura. 6.2.



**Figura. 6.2. Esquema de movimientos del Manipulador de Pallets**

El primer movimiento es el de giro derecha – izquierda de la base, y lo realiza por medio del actuador SOV2-MP (Tabla. 2.1.). Otro movimiento es el de elevación – descenso que lo realiza por medio del actuador SOV1-MP (Tabla. 2.1.). Por último el movimiento de extensión – reducción que lo realiza por medio del actuador SOV3-MP (Tabla. 2.1.). La herramienta que se encuentra al final del brazo, el gripper, permite sujetar material, y se activa por medio del actuador SOV4-MP (Tabla. 2.1.). Las posiciones de reposo de éste manipulador son: el giro a la izquierda, la elevación apagada, es decir el



brazo se encuentra abajo, la extensión apagada, es decir el brazo recogido y el gripper cerrado.

El Manipulador de Cilindros tiene también 3 grados de libertad y el esquema de movimientos se muestra a continuación en la Figura. 6.3.

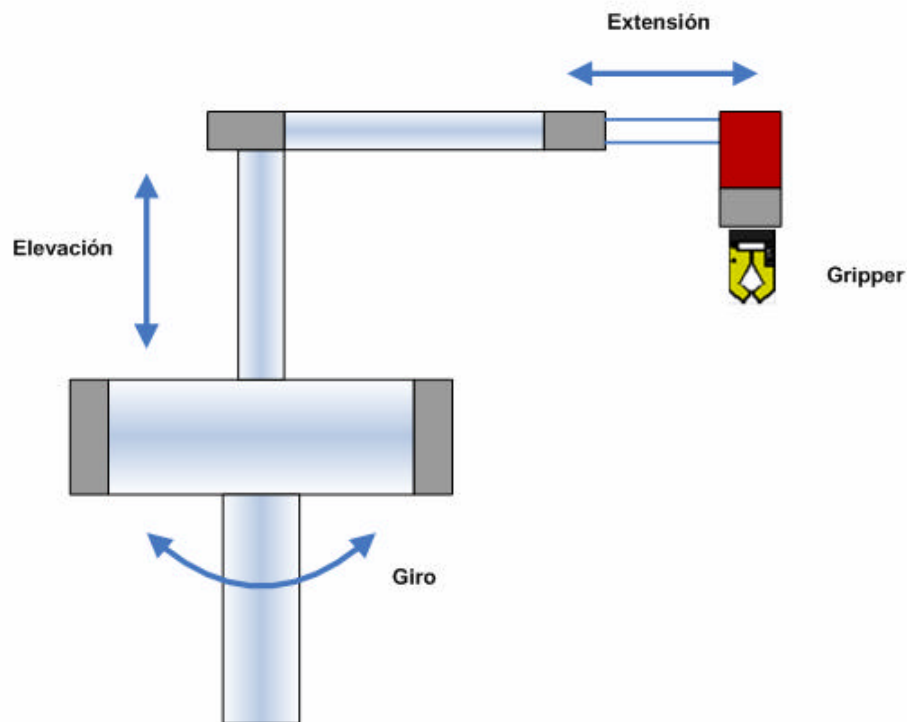


Figura. 6.3. Esquema de movimientos del Manipulador de Cilindros

El primer movimiento es el de giro izquierda – derecha de la base, y lo realiza por medio del actuador SOV6-MR (Tabla. 2.1.). Otro movimiento es el de elevación – descenso que lo realiza por medio del actuador SOV5-MR (Tabla. 2.1.). Por último el movimiento de extensión – reducción que lo realiza por medio del actuador SOV7-MR (Tabla. 2.1.). La herramienta que se encuentra al final del brazo, el gripper, permite sujetar material, y se activa por medio del actuador SOV8-MR (Tabla. 2.1.). Las posiciones de reposo de éste manipulador son: el giro a la derecha, el brazo elevado (brazo arriba), la extensión apagada, es decir el brazo recogido y el gripper cerrado.

Otro elemento necesario de analizar es el Pallet. El pallet es una base metálica en donde es posible colocar materia prima como Cilindros y Prismas. El esquema de un Pallet se indica a continuación en la Figura. 6.4.

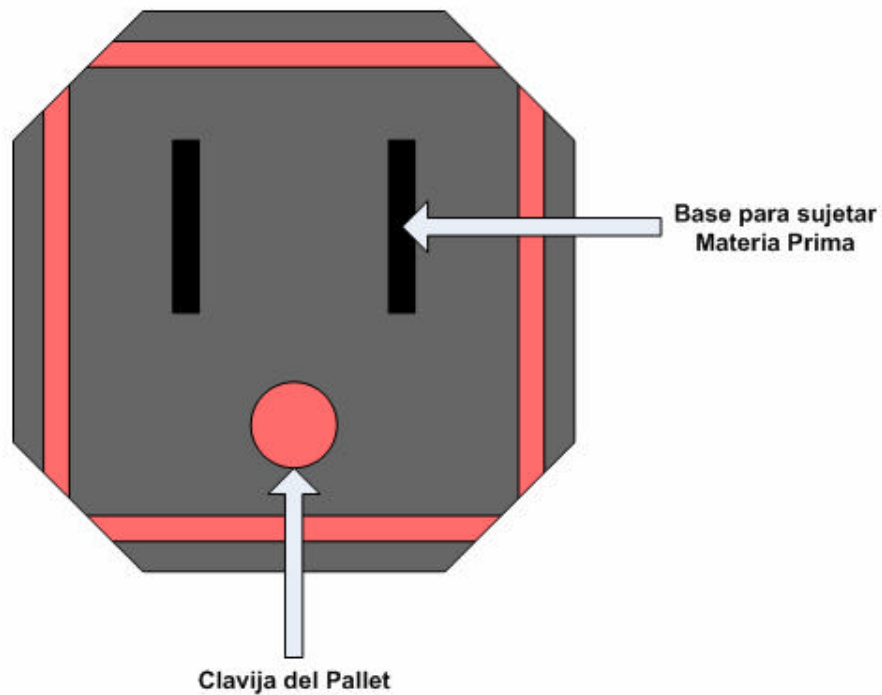


Figura. 6.4. Esquema de un Pallet

El Manipulador de Pallets recoge el Pallet desde su clavija por medio del gripper del Manipulador. Es así que puede trasladarlo en conjunto con la materia prima colocada sobre él a otro lugar según se desee.

Con toda esta información de antemano, es posible realizar exitosamente la implementación de las prácticas propuestas en la sección 6.1.

## 6.2.1 Operación en serie del Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets

### 6.2.1.1 Enunciado

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, el cual sea trasladado por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

### 6.2.1.2 Procedimiento

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
2. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
3. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
4. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.
5. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
6. Retornar el Manipulador a la posición original.

### **6.2.1.3 Implementación**

Ya propuesto un procedimiento a modo general se debe implementar una secuencia real, que abarque todos los pasos necesarios y además se debe analizar cómo controlar el inicio y fin de cada paso. Para tener control sobre el avance de toda la secuencia se debe leer los sensores necesarios para cada caso.

Además hay que tener muy en cuenta las consideraciones necesarias propuestas en la sección 6.1.1.5 pues de ello depende la implementación de una buena secuencia.

Para una referencia de los sensores presentes en la Estación Neumática PN-2800 referirse a la Tabla. 2.2. Así mismo, para una referencia de los actuadores presentes en la Estación Neumática referirse a la Tabla. 2.1.

#### **6.2.1.3.1 Algoritmo**

El algoritmo total de la secuencia a implementar se divide en pasos. Cada paso está formado de dos partes. La primera parte se refiere al encendido o apagado de determinado actuador según sea el caso. La segunda parte se refiere al evento que determinará el avance al siguiente paso, y está dado por el encendido o apagado de determinado sensor según sea el caso. En cualquiera de las dos partes de cada paso del algoritmo es posible tener más de un actuador y más de un sensor respectivamente. Así mismo en cada paso se mencionará todos los actuadores que se mantengan en un estado diferente a su estado inicial (estado original) hasta que el actuador vuelva a ese estado original.

Siendo así, el algoritmo para la implementación de ésta práctica es el siguiente:

1. Encender **Sacar Pallet** hasta que **Pallet Fuera ON**.
2. Apagar **Sacar Pallet** y encender **Levanta M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Pallet Fuera ON**.
3. Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON** y **Manipulador Pallet Arriba ON**.
4. Apagar **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** y encender **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Abajo ON** y **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON**.
5. Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** y apagar **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON**.
6. Encender **Levanta M-Pallet** y apagar **Rotación M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Manipulador Pallet Gira Derecha ON**.
7. Apagar **Levanta M-Pallet** y encender **Brazo Adelante M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Abajo ON** y **Brazo Manipulador Pallet Adelante ON**.
8. Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Brazo Adelante M-Pallet** y encender **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Brazo Manipulador Pallet Adelante ON**.
9. Apagar todos los actuadores para volver al estado inicial.

### 6.2.1.3.2 Programación en LabVIEW

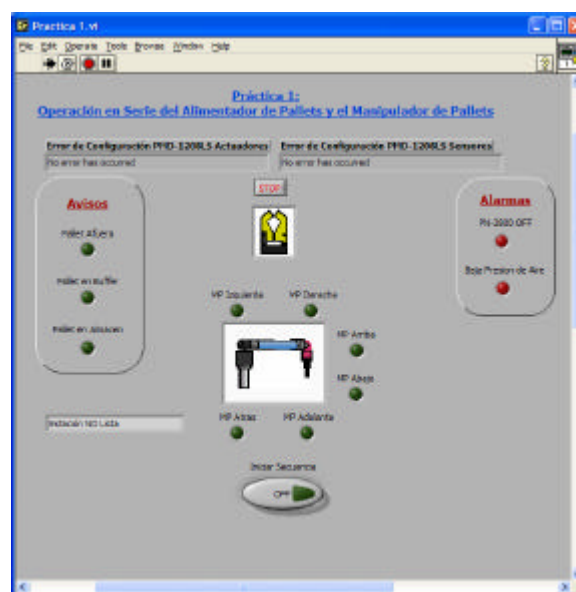


Figura. 6.5. Panel Frontal de la Práctica 1

El Panel Frontal para la implementación de ésta práctica (Figura. 6.5.) es muy similar al Panel Frontal del Manipulador de Pallets (Referirse a la Figura. 4.8., y a la sección 4.2.3).

Los elementos diferentes son: el botón Iniciar Secuencia y una caja de texto en la parte inferior izquierda. El botón Iniciar Secuencia es un botón tipo ON/OFF que permitirá el inicio de la secuencia para la implementación de ésta práctica una vez que sea presionado para pasar al estado ON.

La caja de texto es un informativo del estado general de la Estación Neumática. Cuando presenta el mensaje “Estación NO Lista”, significa que algún elemento en la estación no está en el lugar adecuado o no está presente. Por ejemplo si la estación no está encendida, si no hay suficiente presión de aire, o si tal vez un Pallet se encuentra en la Bandeja de Salida de los Almacenes, o en el Buffer de Salida, o si no existen Pallets en el Almacén de Pallets. Este mensaje es un indicativo general de que algún elemento impide la ejecución correcta de la secuencia. Si la caja de texto presenta el Mensaje “Estación Lista” significa que todos los elementos de la Estación Neumática PN-2800 se encuentran en la posición requerida para que la secuencia inicie. Si la caja de texto presenta el mensaje “Secuencia en Progreso” significa que el botón Iniciar Secuencia ha sido presionado, y que la secuencia se está ejecutando.

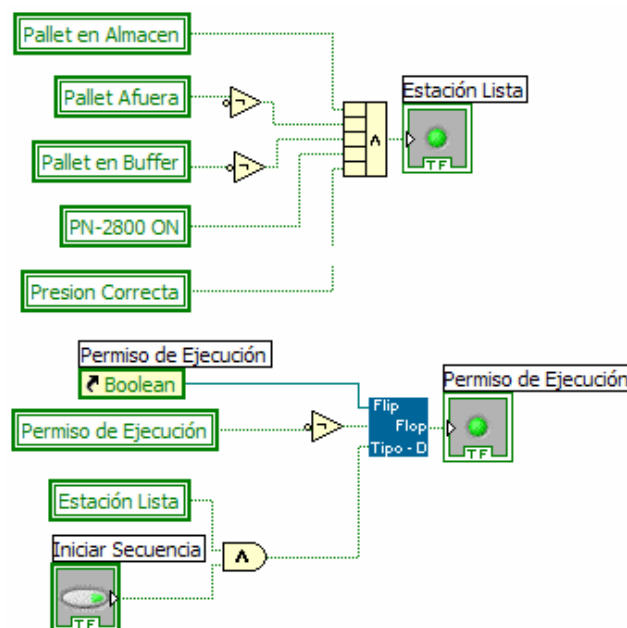


Figura 6.6. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 1



Cuando el permiso de ejecución es activado, pasa al caso de True, el cual tiene otra estructura dentro de sí. Es una estructura de casos, controlada por un selector Num de Ejecución (en color azul). Dependiendo del número presente en este control, se activará ese mismo número de caso. Es aquí donde se implementa el algoritmo explicado en la sección 6.2.1.3.1. Las constantes booleanas True/False controlan los actuadores de la Estación Neumática según sea el paso que deba ejecutarse del mismo modo que se analizó en el algoritmo.

La permanencia en el mismo caso numérico, o el cambio al siguiente está dado según la misma lógica que el algoritmo, es decir, está sujeto al estado de los sensores. El estado de los sensores están conectados a la estructura True/False más interna de esta programación. Cuando cumplen las condiciones impuestas, la estructura cambiará de estado, lo que a su vez cambiará de número al control Num de Ejecución, y por consiguiente avanzará al siguiente paso. En la Figura. 6.7. se indica de ejemplo el paso 1 del algoritmo.

Una vez que se han cumplido todos los pasos necesarios para la ejecución de esta secuencia, se apagarán todos los actuadores de la Estación Neumática, y se forzará el cambio de estado hacia apagado de los controles Estación Lista y el Permiso de Ejecución. Así se retornará al estado inicial de este programa, y la secuencia podrá volver a ser ejecutada si las condiciones de la Estación PN-2800 lo permiten.

Finalmente todos los pasos del algoritmo deben ser implementados con esta lógica. El diagrama de bloques resultante así como la validación del inicio de la secuencia deben ser añadidos a un programa muy similar al programa Manipulador de Pallets (Sección 4.2.3.3) con los cambios descritos anteriormente para ajustar al Panel Frontal (Figura. 6.5.). Todo esto tomando en cuenta que toda la programación necesaria debe estar dentro de un mismo ciclo While.

Para mayor información acerca del uso de estructuras verdadero/falso, de estructuras de secuencias, de controles y de variables globales para el diagrama de bloques, consultar la ayuda de LabVIEW.

## 6.2.2 Operación del Manipulador de Cilindros

### 6.2.2.1 Enunciado

Implementar una secuencia de manera que un Cilindro colocado en el Canal para Cilindros sea empujado hasta la posición en la cual el Manipulador de Cilindros lo recoja y lo traslade al Almacén de Material Defectuoso (Figura. 6.1.).

### 6.2.2.2 Procedimiento

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

6. Empujar el Cilindro colocado en el Canal para Cilindros por medio del Actuador “Empujar Cilindro”.
7. Asir el Cilindro por medio del gripper del Manipulador de Cilindros.
8. Trasladar el Cilindro hacia el Almacén de Material Defectuoso.
9. Abrir el gripper para liberar el Cilindro.
10. Retornar el Manipulador a la posición original.

### 6.2.2.3 Implementación

Ya propuesto un procedimiento a modo general se debe implementar una secuencia real, que abarque todos los pasos necesarios y además se debe analizar cómo controlar el inicio y fin de cada paso. Para tener control sobre el avance de toda la secuencia se debe leer los sensores necesarios para cada caso.

Además hay que tener muy en cuenta las consideraciones necesarias propuestas en la sección 6.1.2.5 pues de ello depende la implementación de una buena secuencia.

Para una referencia de los sensores presentes en la Estación Neumática PN-2800 referirse a la Tabla. 2.2. Así mismo, para una referencia de los actuadores presentes en la Estación Neumática referirse a la Tabla. 2.1.



### 6.2.2.3.1 Algoritmo

El algoritmo total de la secuencia a implementar se divide en pasos. Cada paso está formado de dos partes. La primera parte se refiere al encendido o apagado de determinado actuador según sea el caso. La segunda parte se refiere al evento que determinará el avance al siguiente paso, y está dado por el encendido o apagado de determinado sensor según sea el caso. En cualquiera de las dos partes de cada paso del algoritmo es posible tener más de un actuador y más de un sensor respectivamente. Así mismo en cada paso se mencionará todos los actuadores que se mantengan en un estado diferente a su estado inicial (estado original) hasta que el actuador vuelva a ese estado original.

Siendo así, el algoritmo para la implementación de ésta práctica es el siguiente:

1. *Encender Transportador de Cilindros hasta que Existencia de Cilindro en Transportador de Cilindros ON.*
2. *Apagar Transportador de Cilindros y encender Abrir Gripper M-Cilindros y encender Bajar M-Cilindros hasta que Manipulador Cilindros Abajo ON y MR Gripper Abierto ON.*
3. *Apagar Abrir Gripper M-Cilindros y apagar Bajar M-Cilindros hasta que Manipulador Cilindros Arriba ON.*
4. *Encender Brazo Adelante M-Cilindros hasta que Brazo Manipulador Cilindros Adelante ON y Manipulador Cilindros Arriba ON.*
5. *Encender Brazo Adelante M-Cilindros y encender Bajar M-Cilindros hasta que Manipulador Cilindros Abajo ON y Brazo Manipulador Cilindros Adelante ON.*
6. *Encender Abrir Gripper M-Cilindros y encender Brazo Adelante M-Cilindros y apagar Bajar M-Cilindros hasta que Manipulador Cilindros Arriba ON y Brazo Manipulador Cilindros Adelante ON.*
7. *Apagar todos los actuadores para volver al estado inicial.*

### 6.2.2.3.2 Programación en LabVIEW

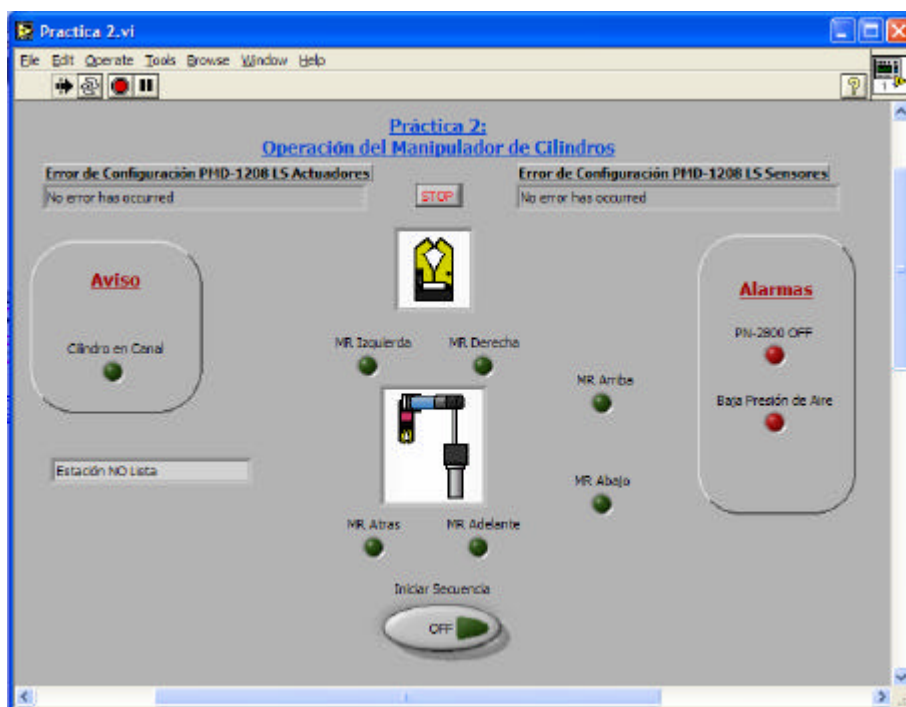


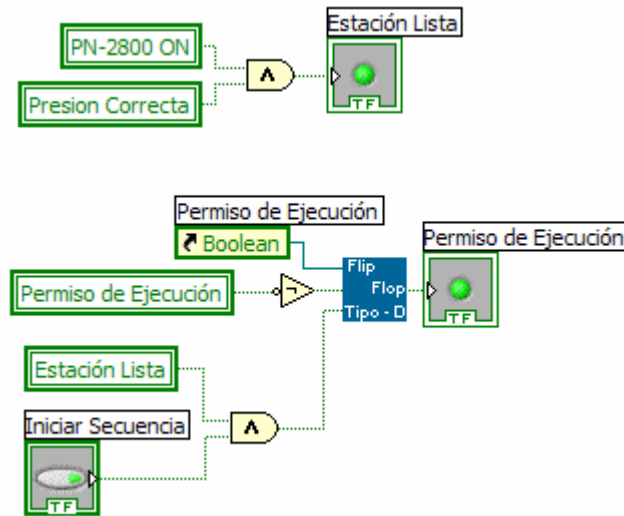
Figura. 6.8. Panel Frontal de la Práctica 2

El Panel Frontal para la implementación de ésta práctica (Figura. 6.8.) es muy similar al Panel Frontal del Manipulador de Cilindros (Referirse a la Figura. 4.18., y a la sección 4.2.4).

Los elementos diferentes son: el botón Iniciar Secuencia y una caja de texto en la parte inferior izquierda. El botón Iniciar Secuencia es un botón tipo ON/OFF que permitirá el inicio de la secuencia para la implementación de ésta práctica una vez que sea presionado para pasar al estado ON.

La caja de texto es un informativo del estado general de la Estación Neumática. Cuando presenta el mensaje “Estación NO Lista”, significa que algún elemento en la estación no está en el lugar adecuado o no está presente. Por ejemplo si la estación no está encendida, si no hay suficiente presión de aire. Este mensaje es un indicativo general de que algún elemento impide la ejecución correcta de la secuencia. Si la caja de texto presenta el Mensaje “Estación Lista” significa que todos los elementos de la Estación Neumática PN-2800 se encuentran en la posición requerida para que la secuencia inicie. Si la caja de texto

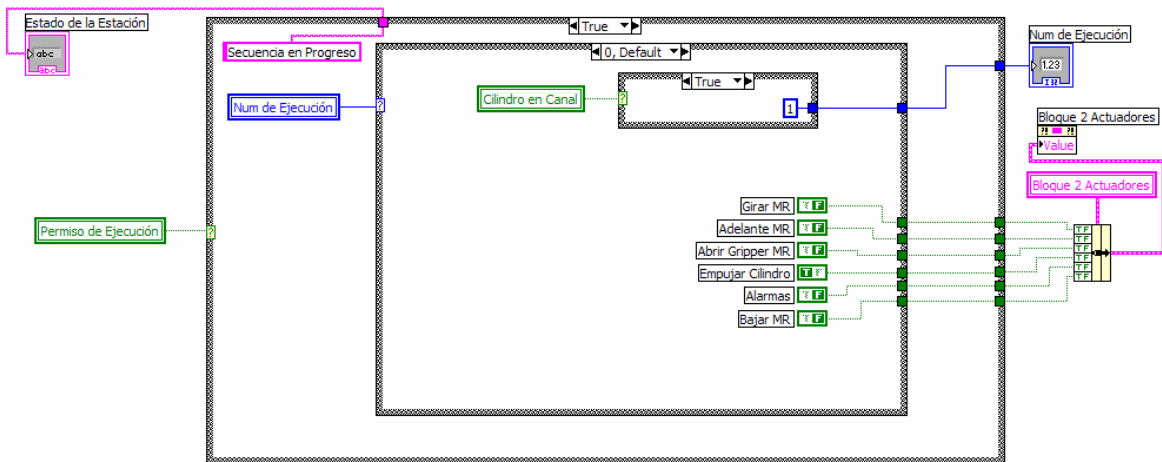
presenta el mensaje “Secuencia en Progreso” significa que el botón Iniciar Secuencia ha sido presionado, y que la secuencia se está ejecutando.



**Figura. 6.9. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 2**

La Figura. 6.9. indica la programación en el diagrama de bloques que permite validar si es posible iniciar la secuencia o no. Para esto se utilizan los sensores de la Estación. Cuando se cumplen simultáneamente las condiciones de que la Estación PN-2800 esté encendida y que la presión de aire sea la correcta, entonces se da un aviso de Estación Lista. Esto también sirve de referencia para la caja de texto en el Panel Frontal.

El permiso de ejecución está dado por el aviso de Estación Lista y por el botón Iniciar Secuencia del Panel Frontal, es decir que éste permiso se dará si la Estación cumple las condiciones necesarias y si el usuario ha presionado el botón para ejecutar la secuencia. Estos indicativos se encuentran conectados al Flip Flop (explicados en la Sección 4.2.3.2) para que mantengan el permiso de ejecución encendido todo el tiempo mientras la secuencia se esté ejecutando. Esto está programado de esta manera debido a que cuando la secuencia ha comenzado a ejecutarse, el estado de la estación cambia, y puede contradecir las condiciones de Estación Lista. Pero esto no es un error, sino que el usuario ya ha iniciado la secuencia. Es por esto que por medio del Flip Flop se mantiene el permiso encendido.



**Figura. 6.10. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 2**

La secuencia que debe realizar la Estación PN-2800 está analizada en la sección 6.2.2.3.1. Para ello se utiliza el Permiso de Ejecución con una estructura True/False. Cuando el permiso de ejecución es activado, pasa al caso de True, el cual tiene otra estructura dentro de sí. Es una estructura de casos, controlada por un selector Num de Ejecución (en color azul). Dependiendo del número presente en este control, se activará ese mismo número de caso. Es aquí donde se implementa el algoritmo explicado en la sección 6.2.2.3.1. Las constantes booleanas True/False controlan los actuadores de la Estación Neumática según sea el paso que deba ejecutarse del mismo modo que se analizó en el algoritmo.

La permanencia en el mismo caso numérico, o el cambio al siguiente está dado según la misma lógica que el algoritmo, es decir, está sujeto al estado de los sensores. El estado de los sensores están conectados a la estructura True/False más interna de esta programación. Cuando cumplen las condiciones impuestas, la estructura cambiará de estado, lo que a su vez cambiará de número al control Num de Ejecución, y por consiguiente avanzará al siguiente paso. En la Figura. 6.10. se indica de ejemplo el paso 1 del algoritmo.

Una vez que se han cumplido todos los pasos necesarios para la ejecución de esta secuencia, se apagarán todos los actuadores de la Estación Neumática, y se forzará el cambio de estado hacia apagado de los controles Estación Lista y el Permiso de Ejecución. Así se retornará al estado inicial de este programa, y la secuencia podrá volver a ser ejecutada si las condiciones de la Estación PN-2800 lo permiten.

Finalmente todos los pasos del algoritmo deben ser implementados con esta lógica. El diagrama de bloques resultante así como la validación del inicio de la secuencia deben ser añadidos a un programa muy similar al programa Manipulador de Cilindros (Sección 4.2.4.3) con los cambios descritos anteriormente para ajustar al Panel Frontal (Figura. 6.8.). Todo esto tomando en cuenta que toda la programación necesaria debe estar dentro de un mismo ciclo While.

Para mayor información acerca del uso de estructuras verdadero/falso, de estructuras de secuencias, de controles y de variables globales para el diagrama de bloques, consultar la ayuda de LabVIEW.

### **6.2.3 Operación en Serie del Alimentador de Pallets, Alimentador de Prismas y el Manipulador de Pallets**

#### **6.2.3.1 Enunciado**

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, a continuación el Almacén de Prismas entregue un Prisma sobre el Pallet, y después el Pallet con el Prisma sean trasladados por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

#### **6.2.3.2 Procedimiento**

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

8. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
9. Extraer un Prisma del Almacén de Prismas por medio del Actuador “Empujar Prisma”.
10. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
11. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
12. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.
13. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
14. Retornar el Manipulador a la posición original.

### 6.2.3.3 Implementación

Ya propuesto un procedimiento a modo general se debe implementar una secuencia real, que abarque todos los pasos necesarios y además se debe analizar cómo controlar el inicio y fin de cada paso. Para tener control sobre el avance de toda la secuencia se debe leer los sensores necesarios para cada caso.

Además hay que tener muy en cuenta las consideraciones necesarias propuestas en la sección 6.1.3.5 pues de ello depende la implementación de una buena secuencia.

Para una referencia de los sensores presentes en la Estación Neumática PN-2800 referirse a la Tabla. 2.2. Así mismo, para una referencia de los actuadores presentes en la Estación Neumática referirse a la Tabla. 2.1.

#### 6.2.3.3.1 Algoritmo

El algoritmo total de la secuencia a implementar se divide en pasos. Cada paso está formado de dos partes. La primera parte se refiere al encendido o apagado de determinado actuador según sea el caso. La segunda parte se refiere al evento que determinará el avance al siguiente paso, y está dado por el encendido o apagado de determinado sensor según sea el caso. En cualquiera de las dos partes de cada paso del algoritmo es posible tener más de un actuador y más de un sensor respectivamente. Así mismo en cada paso se mencionará todos los actuadores que se mantengan en un estado diferente a su estado inicial (estado original) hasta que el actuador vuelva a ese estado original.

Siendo así, el algoritmo para la implementación de ésta práctica es el siguiente:

1. *Encender **Sacar Pallet** hasta que **Pallet Fuera ON**.*
2. *Apagar **Sacar Pallet** y encender **Sacar Prisma** y encender **Levanta M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Pallet Fuera ON**.*
3. *Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** y apagar **Sacar Prisma** hasta que **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON** y **Manipulador Pallet Arriba ON**.*

4. **Apagar Levanta M-Pallet y encender Rotación M-Pallet y encender Abrir Gripper M-Pallet hasta que Manipulador Pallet Abajo ON y Manipulador Pallet Gira Izquierda ON.**
5. **Encender Levanta M-Pallet y encender Rotación M-Pallet y apagar Abrir Gripper M-Pallet hasta que Manipulador Pallet Arriba ON y Manipulador Pallet Gira Izquierda ON.**
6. **Encender Levanta M-Pallet y apagar Rotación M-Pallet hasta que Manipulador Pallet Arriba ON y Manipulador Pallet Gira Derecha ON.**
7. **Apagar Levanta M-Pallet y encender Brazo Adelante M-Pallet hasta que Manipulador Pallet Abajo ON y Brazo Manipulador Pallet Adelante ON.**
8. **Encender Levanta M-Pallet y encender Brazo Adelante M-Pallet y encender Abrir Gripper M-Pallet hasta que Manipulador Pallet Arriba ON y Brazo Manipulador Pallet Adelante ON.**
9. **Apagar todos los actuadores para volver al estado inicial.**

#### 6.2.3.3.2 Programación en LabVIEW

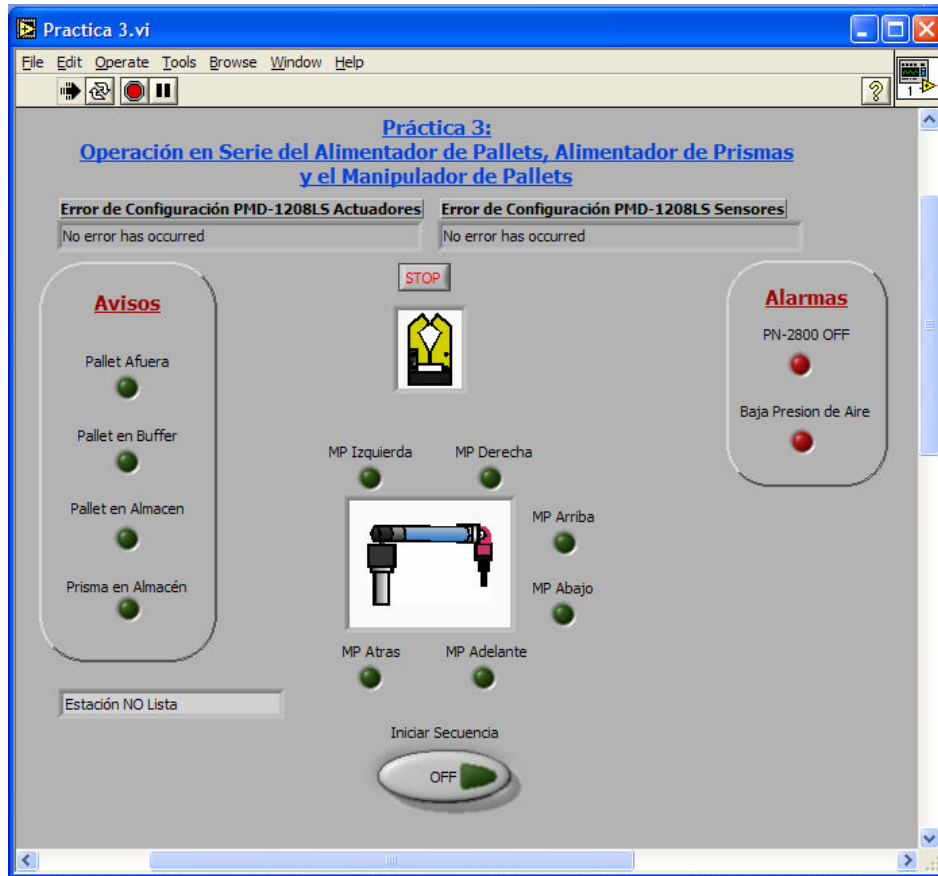


Figura. 6.11. Panel Frontal de la Práctica 3

El Panel Frontal para la implementación de ésta práctica (Figura. 6.11.) es muy similar al Panel Frontal del Manipulador de Pallets (Referirse a la Figura. 4.8., y a la sección 4.2.3).

Los elementos diferentes son: el botón Iniciar Secuencia y una caja de texto en la parte inferior izquierda. El botón Iniciar Secuencia es un botón tipo ON/OFF que permitirá el inicio de la secuencia para la implementación de ésta práctica una vez que sea presionado para pasar al estado ON.

La caja de texto es un informativo del estado general de la Estación Neumática. Cuando presenta el mensaje “Estación NO Lista”, significa que algún elemento en la estación no está en el lugar adecuado o no está presente. Por ejemplo si la estación no está encendida, si no hay suficiente presión de aire, o si tal vez un Pallet se encuentra en la Bandeja de Salida de los Almacenes, o en el Buffer de Salida, o si no existen Pallets en el Almacén de Pallets o si no existen Prismas en el Almacén de Prismas. Este mensaje es un indicativo general de que algún elemento impide la ejecución correcta de la secuencia. Si la caja de texto presenta el Mensaje “Estación Lista” significa que todos los elementos de la Estación Neumática PN-2800 se encuentran en la posición requerida para que la secuencia inicie. Si la caja de texto presenta el mensaje “Secuencia en Progreso” significa que el botón Iniciar Secuencia ha sido presionado, y que la secuencia se está ejecutando.

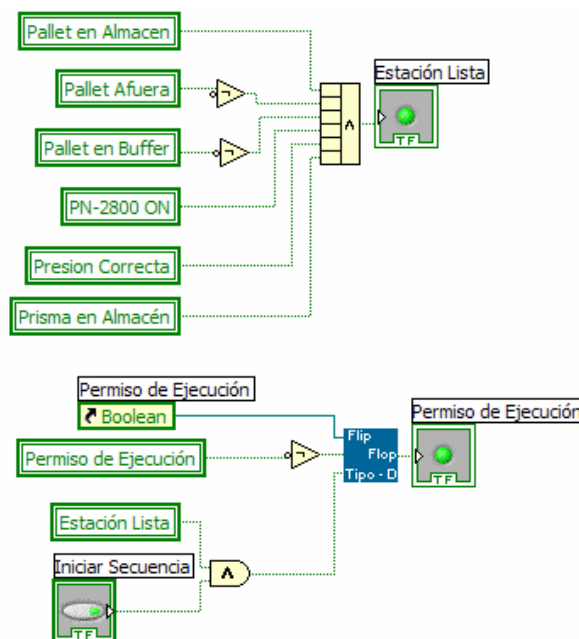
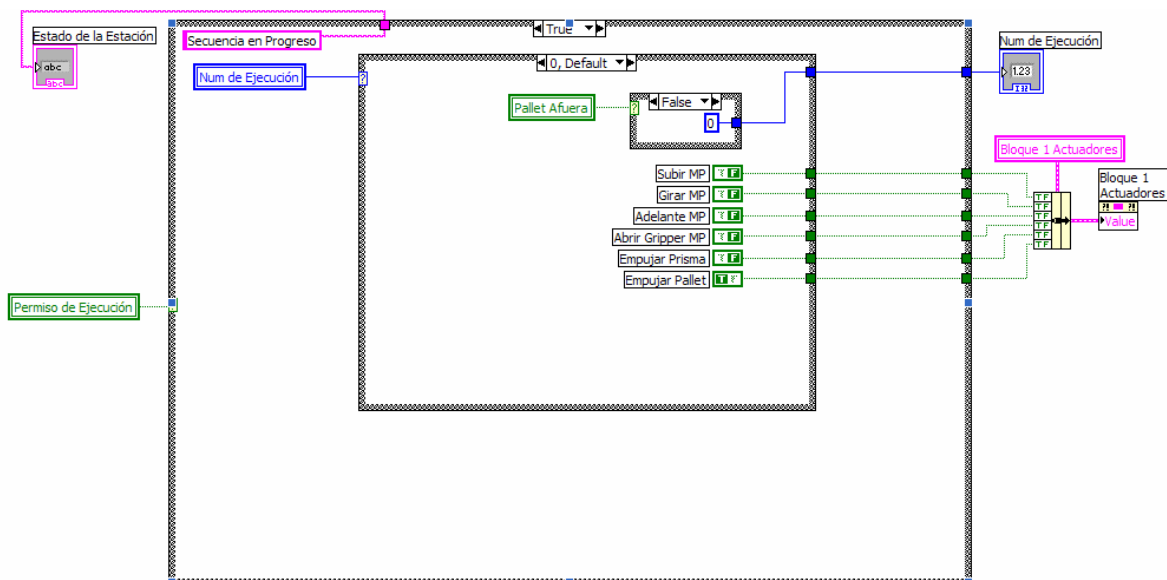


Figura. 6.12. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 3



La Figura. 6.12. indica la programación en el diagrama de bloques que permite validar si es posible iniciar la secuencia o no. Para esto se utilizan los sensores de la Estación. Cuando se cumplen simultáneamente las condiciones de que existen Pallets en el Almacén, que no haya un pallet afuera (en la bandeja de salida de los almacenes), que no exista un pallet en el buffer de salida, que la Estación PN-2800 esté encendida, que la presión de aire sea la correcta y que existan Prismas en el Almacén, entonces se da un aviso de Estación Lista. Esto también sirve de referencia para la caja de texto en el Panel Frontal.

El permiso de ejecución está dado por el aviso de Estación Lista y por el botón Iniciar Secuencia del Panel Frontal, es decir que éste permiso se dará si la Estación cumple las condiciones necesarias y si el usuario ha presionado el botón para ejecutar la secuencia. Estos indicativos se encuentran conectados al Flip Flop (explicados en la Sección 4.2.3.2) para que mantengan el permiso de ejecución encendido todo el tiempo mientras la secuencia se esté ejecutando. Esto está programado de esta manera debido a que cuando la secuencia ha comenzado a ejecutarse, el estado de la estación cambia, y puede contradecir las condiciones de Estación Lista. Pero esto no es un error, sino que el usuario ya ha iniciado la secuencia. Es por esto que por medio del Flip Flop se mantiene el permiso encendido.



**Figura. 6.13. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 3**

La secuencia que debe realizar la Estación PN-2800 está analizada en la sección 6.2.3.3.1. Para ello se utiliza el Permiso de Ejecución con una estructura True/False.

Cuando el permiso de ejecución es activado, pasa al caso de True, el cual tiene otra estructura dentro de sí. Es una estructura de casos, controlada por un selector Num de Ejecución (en color azul). Dependiendo del número presente en este control, se activará ese mismo número de caso. Es aquí donde se implementa el algoritmo explicado en la sección 6.2.3.3.1. Las constantes booleanas True/False controlan los actuadores de la Estación Neumática según sea el paso que deba ejecutarse del mismo modo que se analizó en el algoritmo.

La permanencia en el mismo caso numérico, o el cambio al siguiente está dado según la misma lógica que el algoritmo, es decir, está sujeto al estado de los sensores. El estado de los sensores están conectados a la estructura True/False más interna de esta programación. Cuando cumplen las condiciones impuestas, la estructura cambiará de estado, lo que a su vez cambiará de número al control Num de Ejecución, y por consiguiente avanzará al siguiente paso. En la Figura. 6.13. se indica de ejemplo el paso 1 del algoritmo.

Una vez que se han cumplido todos los pasos necesarios para la ejecución de esta secuencia, se apagarán todos los actuadores de la Estación Neumática, y se forzará el cambio de estado hacia apagado de los controles Estación Lista y el Permiso de Ejecución. Así se retornará al estado inicial de este programa, y la secuencia podrá volver a ser ejecutada si las condiciones de la Estación PN-2800 lo permiten.

Finalmente todos los pasos del algoritmo deben ser implementados con esta lógica. El diagrama de bloques resultante así como la validación del inicio de la secuencia deben ser añadidos a un programa muy similar al programa Manipulador de Pallets (Sección 4.2.3.3) con los cambios descritos anteriormente para ajustar al Panel Frontal (Figura. 6.11.). Todo esto tomando en cuenta que toda la programación necesaria debe estar dentro de un mismo ciclo While.

Para mayor información acerca del uso de estructuras verdadero/falso, de estructuras de secuencias, de controles y de variables globales para el diagrama de bloques, consultar la ayuda de LabVIEW.

## **6.2.4 Operación en Serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets**

### **6.2.4.1 Enunciado**

Implementar una secuencia de manera que el Almacén de Pallets entregue un Pallet, un Cilindro colocado en el Canal para Cilindros sea empujado hasta la posición en la cual el Manipulador de Cilindros lo recoja, lo traslade y lo coloque sobre el Pallet colocado en la Bandeja de Salida de los Almacenes y después el Pallet con el Cilindro sean trasladados por el Manipulador de Pallets hacia el Buffer de Salida (Figura. 6.1.).

### **6.2.4.2 Procedimiento**

La Estación Neumática PN-2800 debe realizar la siguiente secuencia:

1. Extraer un Pallet del Almacén de Pallets por medio del Actuador “Empujar Pallet”.
2. Empujar el Cilindro colocado en el Canal para Cilindros por medio del Actuador “Empujar Cilindro”.
3. Asir el Cilindro por medio del gripper del Manipulador de Cilindros.
4. Trasladar el Cilindro hasta el Pallet extraído del Almacén de Pallets y colocar el Cilindro en la parte superior del Pallet.
5. Abrir el gripper del Manipulador de Cilindros para liberar el Cilindro.
6. Retornar el Manipulador de Cilindros a la posición original.
7. Llevar el Manipulador de Pallets a la Bandeja de Salida de los Almacenes.
8. Asir la clavija del Pallet por el gripper del Manipulador de Pallets.
9. Trasladar el Pallet hacia el Buffer de Salida.
10. Abrir el gripper para liberar el Pallet.
11. Retornar el Manipulador de Pallets a la posición original.

### **6.2.4.3 Implementación**

Ya propuesto un procedimiento a modo general se debe implementar una secuencia real, que abarque todos los pasos necesarios y además se debe analizar cómo controlar el inicio

y fin de cada paso. Para tener control sobre el avance de toda la secuencia se debe leer los sensores necesarios para cada caso.

Además hay que tener muy en cuenta las consideraciones necesarias propuestas en la sección 6.1.4.5 pues de ello depende la implementación de una buena secuencia.

Para una referencia de los sensores presentes en la Estación Neumática PN-2800 referirse a la Tabla. 2.2. Así mismo, para una referencia de los actuadores presentes en la Estación Neumática referirse a la Tabla. 2.1.

#### 6.2.4.3.1 Algoritmo

El algoritmo total de la secuencia a implementar se divide en pasos. Cada paso está formado de dos partes. La primera parte se refiere al encendido o apagado de determinado actuador según sea el caso. La segunda parte se refiere al evento que determinará el avance al siguiente paso, y está dado por el encendido o apagado de determinado sensor según sea el caso. En cualquiera de las dos partes de cada paso del algoritmo es posible tener más de un actuador y más de un sensor respectivamente. Así mismo en cada paso se mencionará todos los actuadores que se mantengan en un estado diferente a su estado inicial (estado original) hasta que el actuador vuelva a ese estado original.

Siendo así, el algoritmo para la implementación de ésta práctica es el siguiente:

1. *Encender **Sacar Pallet** hasta que **Pallet Fuera ON**.*
2. *Apagar **Sacar Pallet** hasta que **Pallet Fuera ON**.*
3. *Encender **Transportador de Cilindros** hasta que **Existencia de Cilindro en Transportador de Cilindros ON**.*
4. *Apagar **Transportador de Cilindros** y encender **Abrir Gripper M-Cilindros** y encender **Bajar M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Abajo ON** y **MR Gripper Abierto ON**.*
5. *Apagar **Abrir Gripper M-Cilindros** y apagar **Bajar M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Arriba ON** y **Brazo Manipulador Cilindros Atrás ON**.*
6. *Encender **Rotación M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Gira Derecha ON** y **Manipulador Cilindros Arriba ON**.*

7. *Encender **Rotación M-Cilindros** y encender **Bajar M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Abajo ON** y **Manipulador Cilindros Gira Derecha ON**.*
8. *Encender **Rotación M-Cilindros** y encender **Bajar M-Cilindros** y encender **Abrir Gripper M-Cilindros** hasta que **MR Gripper Abierto ON** y **Manipulador Cilindros Abajo ON**.*
9. *Encender **Rotación M-Cilindros** y apagar **Bajar M-Cilindros** y encender **Abrir Gripper M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Arriba ON** y **Manipulador Cilindros Gira Derecha ON**.*
10. *Apagar **Rotación M-Cilindros** y apagar **Abrir Gripper M-Cilindros** hasta que **Manipulador Cilindros Gira Izquierda ON**.*
11. *Encender **Levanta M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Pallet Afuera ON**.*
12. *Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON** y **Manipulador Pallet Arriba ON**.*
13. *Apagar **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** y encender **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Abajo ON** y **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON**.*
14. *Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Rotación M-Pallet** y apagar **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Manipulador Pallet Gira Izquierda ON**.*
15. *Encender **Levanta M-Pallet** y apagar **Rotación M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Manipulador Pallet Gira Derecha ON**.*
16. *Apagar **Levanta M-Pallet** y encender **Brazo Adelante M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Abajo ON** y **Brazo Manipulador Pallet Adelante ON**.*
17. *Encender **Levanta M-Pallet** y encender **Brazo Adelante M-Pallet** y encender **Abrir Gripper M-Pallet** hasta que **Manipulador Pallet Arriba ON** y **Brazo Manipulador Pallet Adelante ON**.*
18. *Apagar todos los actuadores para volver al estado inicial.*

### 6.2.4.3.2 Programación en LabVIEW

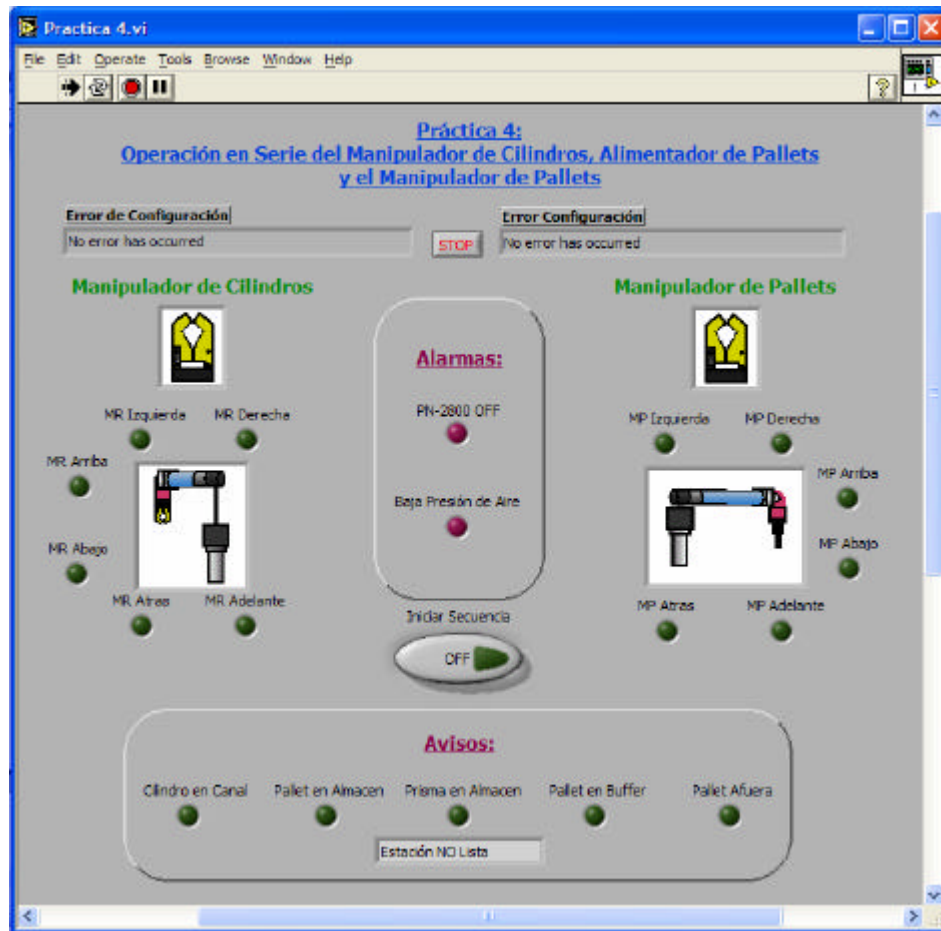


Figura. 6.14. Panel Frontal de la Práctica 4

El Panel Frontal para la implementación de ésta práctica (Figura. 6.14.) es una combinación del Panel Frontal del Manipulador de Pallets (Figura. 4.8., y sección 4.2.3) y el Manipulador de Cilindros (Figura. 4.18., y sección 4.2.4), pues se muestran los sensores correspondientes a ambos Manipuladores, se indican las figuras de los dos Manipuladores y los Avisos y Alarmas que son generales en toda la Estación Neumática PN-2800.

Sin embargo tiene elementos nuevos: el botón Iniciar Secuencia y una caja de texto en la sección Avisos. El botón Iniciar Secuencia es un botón tipo ON/OFF que permitirá el inicio de la secuencia para la implementación de ésta práctica una vez que sea presionado para pasar al estado ON.

La caja de texto es un informativo del estado general de la Estación Neumática. Cuando presenta el mensaje “Estación NO Lista”, significa que algún elemento en la estación no

está en el lugar adecuado o no está presente. Por ejemplo si la estación no está encendida, si no hay suficiente presión de aire, o si tal vez un Pallet se encuentra en la Bandeja de Salida de los Almacenes, o en el Buffer de Salida, o si no existen Pallets en el Almacén de Pallets. Este mensaje es un indicativo general de que algún elemento impide la ejecución correcta de la secuencia. Si la caja de texto presenta el Mensaje “Estación Lista” significa que todos los elementos de la Estación Neumática PN-2800 se encuentran en la posición requerida para que la secuencia inicie. Si la caja de texto presenta el mensaje “Secuencia en Progreso” significa que el botón Iniciar Secuencia ha sido presionado, y que la secuencia se está ejecutando.

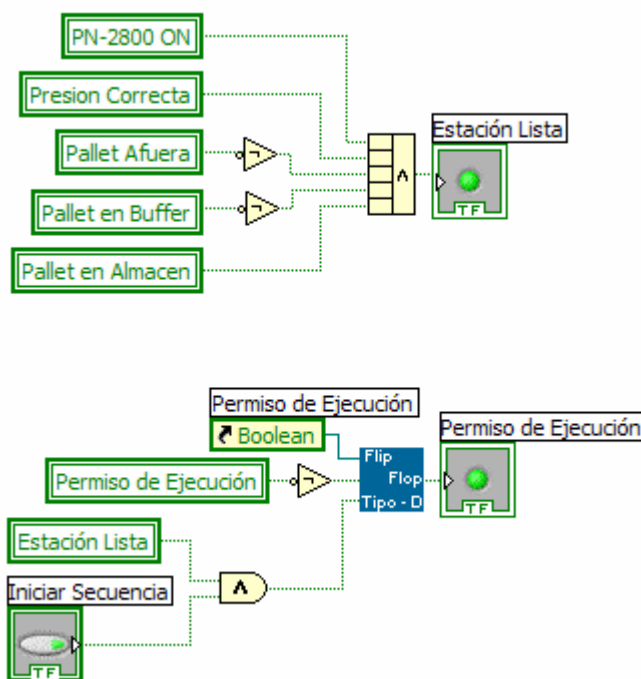
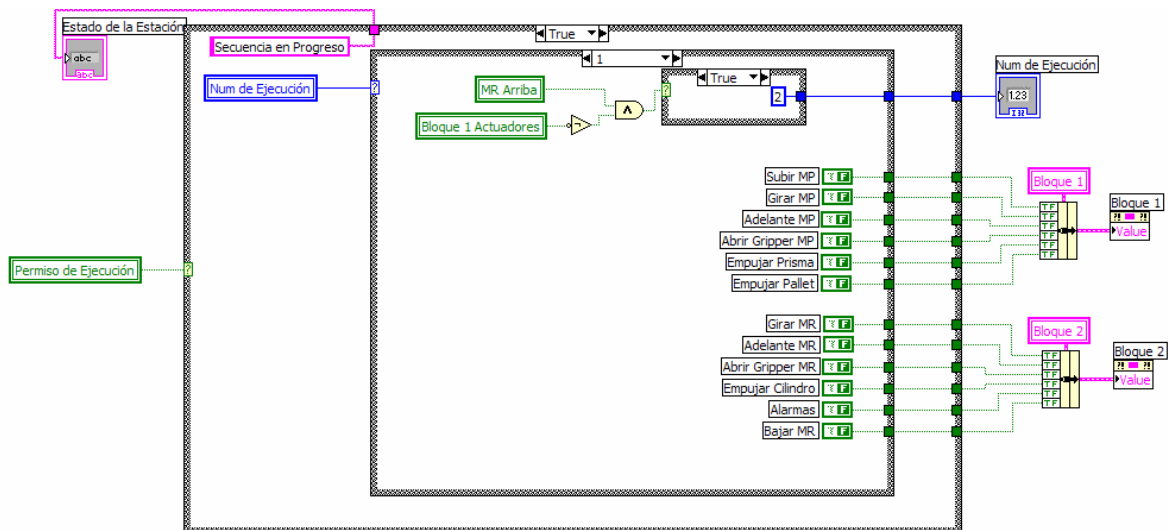


Figura. 6.15. Programación para validar el inicio de la secuencia Práctica 4

La Figura. 6.15. indica la programación en el diagrama de bloques que permite validar si es posible iniciar la secuencia o no. Para esto se utilizan los sensores de la Estación. Cuando se cumplen simultáneamente las condiciones de que la Estación PN-2800 esté encendida, que la Presión de aire sea la correcta, que no haya un Pallet afuera (en la Bandeja de Salida de los Almacenes), que no exista un Pallet en el Buffer de Salida y que existen Pallets en el Almacén, entonces se da un aviso de Estación Lista. Esto también sirve de referencia para la caja de texto en el Panel Frontal.

El permiso de ejecución está dado por el aviso de Estación Lista y por el botón Iniciar Secuencia del Panel Frontal, es decir que éste permiso se dará si la Estación cumple las condiciones necesarias y si el usuario ha presionado el botón para ejecutar la secuencia. Estos indicativos se encuentran conectados al Flip Flop (explicados en la Sección 4.2.3.2) para que mantengan el permiso de ejecución encendido todo el tiempo mientras la secuencia se esté ejecutando. Esto está programado de esta manera debido a que cuando la secuencia ha comenzado a ejecutarse, el estado de la estación cambia, y puede contradecir las condiciones de Estación Lista. Pero esto no es un error, sino que el usuario ya ha iniciado la secuencia. Es por esto que por medio del Flip Flop se mantiene el permiso encendido.



**Figura. 6.16. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 4**

La secuencia que debe realizar la Estación PN-2800 está analizada en la sección 6.2.4.3.1. Para ello se utiliza el Permiso de Ejecución con una estructura True/False. Cuando el permiso de ejecución es activado, pasa al caso de True, el cual tiene otra estructura dentro de sí. Es una estructura de casos, controlada por un selector Num de Ejecución (en color azul). Dependiendo del número presente en este control, se activará ese mismo número de caso. Es aquí donde se implementa el algoritmo explicado en la sección 6.2.4.3.1. Las constantes booleanas True/False controlan los actuadores de la Estación Neumática según sea el paso que deba ejecutarse del mismo modo que se analizó en el algoritmo.



La permanencia en el mismo caso numérico, o el cambio al siguiente está dado según la misma lógica que el algoritmo, es decir, está sujeto al estado de los sensores. El estado de los sensores están conectados a la estructura True/False más interna de esta programación. Cuando cumplen las condiciones impuestas, la estructura cambiará de estado, lo que a su vez cambiará de número al control Num de Ejecución, y por consiguiente avanzará al siguiente paso.

Sin embargo en la implementación de ésta práctica en particular hay que tener en cuenta un detalle. Aquí se están usando dos bloques de actuadores, es decir se deben usar 12 actuadores, y debido a que los 16 actuadores están divididos en dos bloques de 6 y un bloque de 4, aquí es necesario usar los dos bloques de 6. Para evitar errores de programación cuando se debió usar dos bloques al mismo tiempo, se ha separado en diferentes pasos. Es así que para validar el paso de un paso al siguiente (cuando se necesita cambiar de bloque de actuadores) se ha puesto como condición que todos los actuadores del bloque anterior deben estén apagados. Así se puede avanzar al siguiente paso y cambiar de bloque de actuadores de una manera segura. En la Figura. 6.16. se indica de ejemplo el paso 1 del algoritmo donde se usa la validación del cambio de bloque de actuadores continuar con el paso siguiente.

Una vez que se han cumplido todos los pasos necesarios para la ejecución de esta secuencia, se apagarán todos los actuadores de la Estación Neumática, y se forzará el cambio de estado hacia apagado de los controles Estación Lista y el Permiso de Ejecución. Así se retornará al estado inicial de este programa, y la secuencia podrá volver a ser ejecutada si las condiciones de la Estación PN-2800 lo permiten.

Finalmente todos los pasos del algoritmo deben ser implementados con esta lógica. El diagrama de bloques resultante así como la validación del inicio de la secuencia deben ser añadidos a un programa que abarque tanto los manipuladores y sensores del Manipulador de Cilindros como los del Manipulador de Pallets, añadiendo los cambios descritos anteriormente para ajustar al Panel Frontal (Figura. 6.14.). Todo esto tomando en cuenta que toda la programación necesaria debe estar dentro de un mismo ciclo While.

## **CAPÍTULO VII**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **7.1 PRUEBAS**

Al iniciarse este proyecto primero se realizó una inspección y una comprobación del estado en el que se encontraba la Estación Neumática PN-2800. Las pruebas que se realizaron fueron encender y apagar cada uno de los actuadores de la Estación manualmente, es decir manipulando las electroválvulas mismas.

También se realizó una inspección de las conexiones del aire comprimido, de cada uno de los actuadores y sus respectivas válvulas, y una comprobación de la presión en la entrada neumática de la Estación, revisando que no existan fugas, que no haya obstáculos ni mangueras dobladas o mal conectadas.

Además se realizó una confirmación del cableado tanto en el armario eléctrico como en las electroválvulas. Se hizo seguimiento de continuidad, comprobación de las uniones, y se revisó la nomenclatura asignada en el armario para cada conexión.

Por otro lado se hizo el mismo inventario y las mismas revisiones con cada uno de los sensores de la Estación PN-2800. Se revisó su funcionamiento, las conexiones, y la correspondencia entre cada sensor y su nomenclatura asignada tanto en la documentación como en el armario eléctrico.

Finalmente se realizó pruebas de funcionamiento general usando un programa básico en el PLC Modicon que la Estación poseía en ese entonces.

Una vez que ya fue revisado y probado el funcionamiento de la Estación Neumática sin elementos adicionales a su configuración original, se tenía bases para comprobar y comparar los mismos parámetros de funcionamiento usando el circuito de Entradas/Salidas y la Tarjeta de Adquisición de Datos USB PMD-1208LS, necesarios para la implementación del Sistema de Control y Adquisición de Datos por puerto USB.

Primero se realizó pruebas de funcionamiento de los actuadores por medio de un programa básico generado en LabVIEW en el cual solo se encendía y se apagaba los bits digitales sin ninguna lógica automática o secuencia programada, sino manualmente por el usuario.

Posteriormente se realizó lecturas provenientes de los sensores de la Estación Neumática. Para la interpretación de estas señales se utilizó un programa generado en LabVIEW el cual solo configuraba los bits digitales de la tarjeta PMD-1208LS como entrada y presentaba su estado en la pantalla.

Después se realizó pruebas usando el HMI programado para el presente proyecto. Este HMI representaba una interpretación total del circuito de entradas/salidas, pues debía tomar en cuenta la lógica de la demultiplexación de señales para los actuadores y el barrido de señales para la lectura de sensores. Las partes en las que se compone el HMI, como son el Manipulador de Cilindros y el Manipulador de Pallets representan interpretaciones distintas una de la otra, pues intervienen actuadores y sensores diferentes, por lo que el funcionamiento del HMI representa una buena interacción entre los sensores y los actuadores.

Finalmente la prueba más compleja fue la implementación de las prácticas. Cada paso de la secuencia de cada práctica tiene total correlación con el paso anterior y con el paso siguiente, pues depende de que se cumplan ciertas condiciones para poder avanzar. Es así que para las prácticas no solo se debe tener total control del circuito de entradas/salidas, sino que debe tener lógica automática para poder dar instrucciones teniendo en cuenta el estado presente y el próximo estado.

Dentro de la implementación de las prácticas, la práctica 4: Operación en Serie del Manipulador de Cilindros, Alimentador de Pallets y el Manipulador de Pallets, representa

un funcionamiento total en todos los aspectos. Por un lado se da uso de la mayor cantidad de actuadores simultáneamente, incluso más que en el HMI. Esto se debe a que se usan dos bloques de 6 actuadores y se debe cambiar de demultiplexación entre uno y otro bloque de acuerdo a qué actuador específicamente se esté usando y se vaya a usar.

Por otro lado se tiene lectura del mayor número de sensores simultáneamente, pues al usarse los actuadores es necesario saber el estado en el que se encuentran, lo que implica que mientras más actuadores, más sensores es necesario revisar. Y finalmente la secuencia de la práctica es la más larga de las 4, lo que implica que debe usarse mayor código de programación y el programa debe procesar mayor número de datos.

## 7.2 RESULTADOS

La inspección manual de cada uno de los actuadores de la Estación Neumática PN-2800 no reveló errores ni conflictos graves. Solamente ciertos actuadores estaban desconectados en el armario eléctrico y tan solo con reconectarlos funcionaron satisfactoriamente.

Las conexiones de aire comprimido solamente debieron ser ajustadas y unas pocas debieron ser sustituidas por mangueras nuevas. Esto está dentro de los parámetros normales de desgaste puesto que las fallas no iban mas allá de ser fugas menores.

En b referente a los actuadores SOV9-S1, SOV10-S1, SOV11-S2 y SOV12-S2 (Tabla. 2.1.) correspondientes a los fijadores y separadores de la rampa, éstos fueron removidos de la Estación Neumática y no pudieron ser instalados de nuevo no debido a ninguna falla, sino a que estaban en uso y no ameritaba una restitución inmediata. Pero todas las conexiones neumáticas y eléctricas correspondientes a éstos actuadores se encuentran en perfectas condiciones y cuando se requiera una reinstalación funcionarán satisfactoriamente.

Sin embargo en lo correspondiente a sensores existieron y existen ciertos inconvenientes. El sensor LS-PLT Pallet Fuera (Tabla. 2.2.) originalmente era un sensor inductivo. Las pruebas indicaron que este sensor ya no estaba en funcionamiento y no pudo ser sustituido por uno de la misma clase. Para corregir este error el sensor LS-PLT ahora es

un sensor de fin de carrera y cumple satisfactoriamente la tarea de detectar pallets en el Buffer de Salida de los Almacenes.

Por otro lado, los sensores LSG-MR-0, LSG-MR-1 y LSG-MR-2 (Tabla. 2.2.) originalmente eran sensores proporcionales. Después de una minuciosa inspección y revisión se llegó a la conclusión de que estos sensores no estaban funcionando. Y lastimosamente no fue posible ni su reparación ni su sustitución. Al ser sensores proporcionales del gripper del Manipulador de Cilindros, están dentro del brazo robot destinado a los cilindros y están fabricados de manera especialmente designada para este propósito, lo que impidió su compostura.

Pero cabe resaltar que estos sensores no interfieren de manera significativa en la labor general de la Estación Neumática. El HMI y las prácticas en su lógica de programación prevén y corrigen la falta de éstos sensores y el funcionamiento general de la Estación Neumática se encuentra dentro de los parámetros normales.

Tomando en cuenta estas limitaciones halladas en los resultados, se tuvo una referencia de comparación en el funcionamiento de la Estación Neumática PN-2800.

La Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS en conjunto con el circuito de Entradas/Salidas proporcionan un funcionamiento satisfactorio para la Estación Neumática, pues controla el accionamiento de los actuadores de manera igual que los controlaba el PLC. La única limitante hallada, y ya explicada, es debido a la demultiplexación de señales, lo cual restringe específicamente el número máximo simultáneo de actuadores accionados. Esto limita a 6 actuadores como máximo encendidos al mismo tiempo.

Para compensar esta limitante el HMI distribuye y agrupa tareas relacionadas entre sí. Es por ello que divide en 3 partes a la Estación Neumática: el Manipulador de Cilindros, el Manipulador de Pallets y las Rampas. A los actuadores que controlan el Manipulador de Cilindros los agrupa con el actuador Transportador de Cilindros, pues están en la misma línea de funcionamiento por cercanía.

A los actuadores que controlan el Manipulador de Pallets los agrupa con los actuadores Sacar Prisma y Sacar Pallet pues tienen correlación de funcionamiento con los Pallets y además por cercanía entre ellos.

Finalmente los actuadores que controlan las Rampas son agrupados en el tercer bloque debido a que no tienen mayor relación con los demás actuadores y manipuladores. Pero en conjunto forman la Estación Neumática PN-2800.

La lectura de los sensores por medio de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB es por demás satisfactoria. Por un lado el barrido de señales no es lo suficientemente veloz como para “engañar” al ojo humano disimulando su intermitencia. Pero en el HMI se usan Flip Flops tipo D, los cuales mantienen el dato hasta que exista un cambio en su estado. De este modo al funcionar el programa HMI no existe ningún rastro de intermitencia, y el retardo en la respuesta de los sensores no sobrepasa los 0.5 segundos dependiendo del ajuste que se dé al reloj que realiza el barrido de señales, a pesar que para medir los resultados no se usó la mayor frecuencia a la cual es capaz de funcionar el reloj, sino más bien una frecuencia intermedia. Esto depende principalmente de la velocidad del procesador de la computadora en la cual se esté corriendo el programa HMI. Cabe señalar que la PC usada para este fin tampoco es una PC de última generación, sino igualmente una de intermedia tecnología.

Finalmente la mayor prueba a la que fue sometido este Sistema de Control y Adquisición de Datos fue la práctica 4, pues usa casi todos los elementos de la Estación Neumática en conjunto. Los resultados fueron igualmente satisfactorios pues todas las limitaciones y debilidades fueron corregidas por software, y en su funcionamiento no se advierte ninguna restricción ni tampoco ningún error. Todas las herramientas, que se usaron fueron debidamente explicadas el resultado final se encuentra dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento para la Estación Neumática PN-2800.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

- La necesidad de una actualización en el control y adquisición de datos para la Estación Neumática PN-2800 estaba en evidencia, pues los dispositivos actuales tienden a ser de más fácil conectividad a las PCs y de mayor simplicidad en su hardware. Es así que una tarjeta por puerto USB fue la solución más acertada, ya que de este modo se asegura que la Estación Neumática pueda seguir operando aún cuando el equipo computacional del Laboratorio de Robótica de la ESPE fuera renovado, debido a que los puertos USB son de muy amplio uso y aceptación en la actualidad.
- La decisión específica del uso de la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS fue tomada bajo los parámetros de bajo costo y facilidad de funcionamiento. En relación a tarjetas similares en características, la tarjeta PMD-1208LS de la Measurement Computing ofrece un costo menor y presenta características suficientemente robustas como para implementar proyectos complejos y facilidad de programación por medio de softwares ampliamente difundidos.
- A pesar que en un principio la decisión de usar específicamente el software LabVIEW 7.1 como HMI para el presente proyecto fue tomada debido a las restricciones de controladores para la tarjeta PMD-1208LS, LabVIEW probó ser un software completamente robusto y completo, pues no solo fue capaz de cumplir perfectamente las tareas propuestas, sino que posee herramientas muy completas capaces de implementar lógicas mucho más complicadas en especial con la tarjeta USB PMD-1208LS.

- Mediante el uso de la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS como medio para controlar la Estación Neumática PN-2800 se ha recuperado un PLC tipo Modicon 984 – 130 el cual anteriormente estaba dedicado exclusivamente para el uso en la Estación Neumática. De este modo el Laboratorio de Robótica de la ESPE incrementa el número de equipos tanto por la recuperación del PLC como por la tarjeta misma PMD-1208LS.
- El presente documento contiene información suficiente con la cual, quien desee diseñar un nuevo proyecto usando la tarjeta PMD-1208LS, logrará implementar y desarrollar nuevas aplicaciones utilizando éste hardware.
- La implementación del presente proyecto contribuye a demostrar la correlación que existe entre los elementos de uso industrial, como electroválvulas y actuadores neumáticos, con elementos TTL como circuitos integrados y transistores. Y del mismo modo ayuda a exponer que a veces es necesario adaptar el funcionamiento entre uno y otro tipo de elementos para un mejor desempeño y facilidad de operación en maquinarias y herramientas destinadas a uso industrial.
- La utilización tanto de hardware como de software de última tendencia y desarrollo permite abrir la posibilidad de nuevas herramientas y nuevos equipos para los estudiantes. De este modo se incentiva la implementación de nuevas e innovadoras aplicaciones lo que contribuye a la buena formación profesional.
- Aún cuando el presente proyecto ha cumplido satisfactoriamente con el objetivo de controlar la Estación Neumática PN-2800 por medio de la tarjeta de adquisición de datos USB PMD-1208LS, el uso de un controlador lógico programable (PLC) para esta finalidad puede presentar ciertas ventajas adicionales que el uso de la tarjeta USB no posee. Por ejemplo, un PLC no requiere de hardware adicional (como el circuito de entradas/salidas) para el control total de la estación. Otra ventaja es que el PLC después de ser programado puede funcionar autónomamente, no así la tarjeta PMD-1208LS que requiere necesariamente de una PC para su funcionamiento. Finalmente la programación tipo “ladder” que el PLC usa es más fácil de utilizar que programar en LabVIEW.



## 8.2 RECOMENDACIONES

- Es de esencial importancia tener un conocimiento previo del funcionamiento y utilización tanto de la Estación Neumática PN-2800 como de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS para asegurar tanto la integridad de los equipos como del usuario. Para ello está disponible el material de lectura adecuado.
- La Estación Neumática PN-2800 está modificada en su cableado eléctrico para funcionar con la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS, por lo que cualquier manipulación o revisión debe tener muy en cuenta los cambios aquí explicados.
- Cuando se vaya a utilizar la tarjeta PMD-1208LS en conjunto con la Estación Neumática, se debe tener mucho cuidado al realizar las conexiones, pues cualquier error significará el daño o destrucción de los elementos. Para evitar tales situaciones, el presente proyecto está debidamente documentado, por lo que es fundamental leer y entender el funcionamiento previo a la conexión de equipos.
- Antes de ejecutar cualquier programa en LabVIEW con la tarjeta USB PMD-1208LS, ésta debe estar ya conectada al puerto USB correspondiente y se debe verificar el Board Number asignado en InstaCal, pues LabVIEW necesita que este número esté configurado correctamente para poder funcionar.
- A pesar de que el circuito de Entradas/Salidas funciona como protección efectiva entre la Estación Neumática y la Tarjeta PMD-1208LS, es recomendable antes de encender la Estación que se ejecute cualquier programa destinado al uso en la Estación Neumática, como puede ser el HMI o las prácticas. De este modo la tarjeta de adquisición de datos se configurará como entradas y salidas de modo adecuado para poder acoplar las señales sin peligro alguno.

## BIBLIOGRAFÍA

- ORTIZ, Hugo R., **Instrumentación y Sistemas de Control**, 1998.
- MEASUREMENT COMPUTING, **PMD-1208LS Personal Measurement Device for Analog and Digital I/O User's Guide**, 2004.
- MEASUREMENT COMPUTING, **Guide to Signal Connections**, 2002.
- MEASUREMENT COMPUTING, **Universal Library for LabVIEW User's Guide**, 2003.
- DEGEM SYSTEMS, **Curso PN-2800, Manual del Estudiante**, 1994.
- DEGEM SYSTEMS, **Curso PN-2800, Manual del Instructor**, 1994.
- [www.usb.org](http://www.usb.org)
- [www2.udec.cl/~sscheel/pagina%20virus/activex.htm](http://www2.udec.cl/~sscheel/pagina%20virus/activex.htm)
- [www.galeon.com/hispacam/funcion.htm](http://www.galeon.com/hispacam/funcion.htm)
- [www.fie.utp.ac.pa/mlogreira/flipflopculo.htm](http://www.fie.utp.ac.pa/mlogreira/flipflopculo.htm)
- <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/A9FBCAA7A3D7922186256A3000652B56>

## **ANEXO I**

### **TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PMD-1208LS**

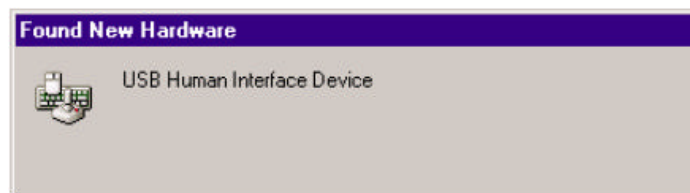
## Instalación del Hardware de la Tarjeta PMD-1208LS

Para conectar la tarjeta PMD-1208LS a la PC, se deben realizar los siguientes pasos:

- Con la computadora encendida, se debe conectar el cable USB en un puerto USB de la PC, o en un hub USB externo que esté conectado a la computadora. El cable USB provee energía y comunicación al dispositivo PMD-1208LS.
- Cuando se conecte la tarjeta por primera vez, la ventana de diálogo **Nuevo Hardware Encontrado** aparece. Cuando se está en ambiente Windows XP, este diálogo es reemplazado por una notificación en la parte inferior derecha de la pantalla.



- Una segunda ventana de **Nuevo Hardware Encontrado** aparece después de que la primera se cierre. Cuando se está en ambiente Windows XP, este diálogo es reemplazado por una notificación en la parte inferior derecha de la pantalla.



- Cuando la segunda ventana se cierra, la instalación se ha completado. El led en la tarjeta PMD-1208LS debe parpadear tres veces y después permanecer encendido. Esto indica que la comunicación se ha establecido entre el dispositivo PMD-1208LS y la PC.

*Precaución*

No hay que desconectar ningún dispositivo del bus USB mientras la computadora esté comunicando con la PMD-1208LS. Se corre el riesgo de perder datos y/o la capacidad de comunicación con el dispositivo.

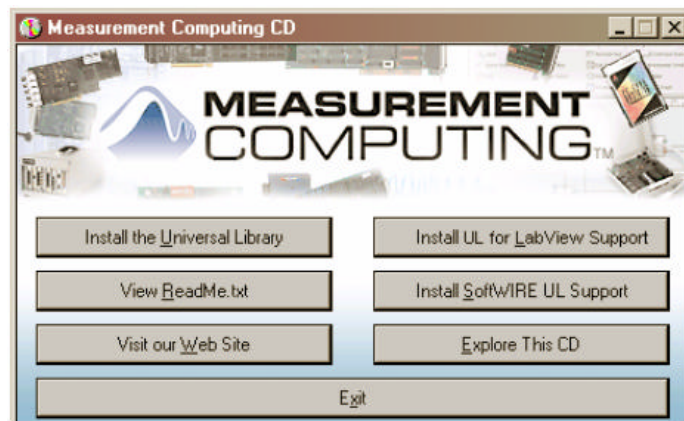
#### *Si el LED se apaga*

Si el LED se ilumina, pero después se apaga, la computadora ha perdido comunicación con la tarjeta. Para restaurar la comunicación, se debe desconectar el cable USB de la PC y luego reconectarlo. Esta acción resetea el LED a encendido y restaura la comunicación.

### **Instalación del Software de la Tarjeta PMD-1208LS**

Para instalar el software de Librería Universal y el programa InstaCal, se deben realizar los siguientes pasos:

- Insertar el CD de instalación en la unidad de CD. La siguiente ventana aparecerá.



- Hacer clic en el botón **Install the Universal Library** y seguir las instrucciones que aparecen.

El software InstaCal es automáticamente instalando con el software Universal Library.

- Cuando la instalación se complete, se pedirá que reinicie la computadora. Si se desea instalar el software adicional, se puede esperar a reiniciar la computadora después de instalar ese software.

El CD de instalación contiene software adicional que se puede instalar para usar con la tarjeta PMD-1208LS. La Librería Universal (Universal Library) debe estar instalada para correr este software adicional.

- **SoftWIRE Controles de MCC DAQ para VB6.**- Para usar el dispositivo PMD-1208LS con los controles de adquisición de datos SoftWIRE 3.1, hay que hacer clic en el botón **Install SoftWIRE UL Support** y seguir las instrucciones que se indican. SoftWIRE 3.1 debe estar instalado antes de instalar el software de controles de MCC DAQ SoftWIRE para VB6.
- **UL for LabVIEW.**- Para usar la PMD-1208LS con LabVIEW, se debe hacer clic en el botón **Install the UL for LabVIEW Support** y seguir las instrucciones que se indican. LabVIEW debe estar instalado antes de instalar el software UL for LabVIEW.

### **Instalación de UL para LabVIEW**

El CD que viene con el paquete de la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS contiene UL para LabVIEW. Para instalarlo, se debe insertar el CD.

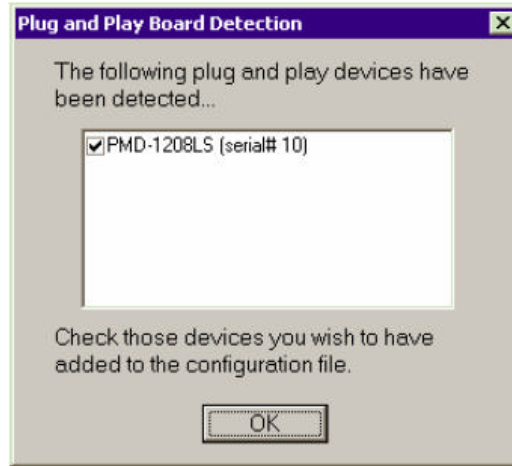
Se debe hacer clic en el botón **Install UL for LabVIEW Support** y deben seguirse las instrucciones que aparecen.

### **Configuración de la Tarjeta PMD-1208LS**

Todas las opciones de configuración de la tarjeta PMD-1208LS son controladas por software. Se puede configurar algunas de las opciones usando InstaCal, como por ejemplo el modo de entradas análogas (8 canales individuales o 4 canales diferenciales) y el número de serie del dispositivo conectado. Para configurar estas opciones con InstaCal, hay que realizar el siguiente proceso:

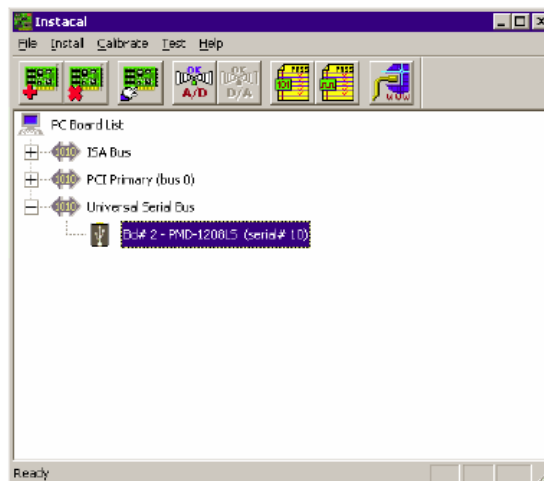
1. Hacer clic en Inicio > Measurement Computing > InstaCal para iniciar el software InstaCal.

Una ventana de diálogo **Plug and Play Board Detection** aparece, mostrando a la PMD-1208LS. Este diálogo solo se muestra la primera vez que instala el dispositivo, o si el dispositivo se reinstala.

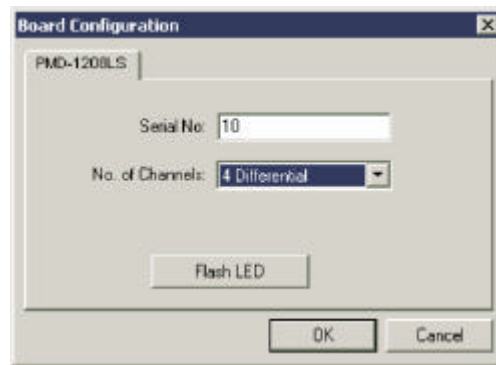


- Hay que dejar la opción de PMD-1208LS activada y hacer clic en el botón **OK** para cerrar la ventana de diálogo.

La ventana de diálogo se cierra y la PMD-1208LS es añadida a **PC Board List** en la ventana principal del InstaCal.



- Hacer doble clic en PMD-1208LS debajo de **Universal Serial Bus**. La ventana de diálogo **Board Configuration** aparece.



Si tiene un número específico que desea usar para los dispositivos USB, se debe cambiar el número en la opción **Serial No.** al número de serie que se desea asignar al dispositivo.

4. Escoger los canales deseados en la opción **No. of Channels** y seleccionar ya sea *4 Differential* u *8 Single Ended* como configuración de las entradas análogas.

Si tiene instalada más de una tarjeta PMD-1208LS, se puede hacer clic en el botón **Flash LED** para identificar el dispositivo que está configurando. El led del dispositivo parpadeará tres veces.

5. Hacer clic en el botón **OK** para cerrar esta ventana.
6. Si ya acabó de usar InstaCal, seleccionar **Exit** del menú **File** para cerrar InstaCal.

### **Calibración de la Tarjeta PMD-1208LS**

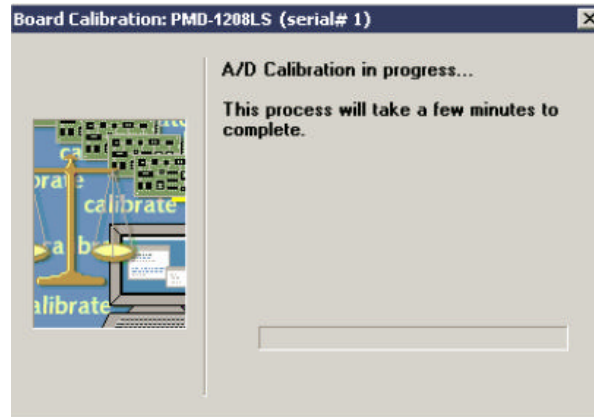
El procedimiento de calibración de InstaCal ajusta las correcciones de offset y de la ganancia para las entradas de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS. Estas correcciones son almacenadas en nvRAM. Se debe calibrar la PMD-1208LS cada seis meses.

Para calibrar el dispositivo PMD-1208LS se deben seguir los siguientes pasos:

- Hacer clic en Inicio > **Measurement Computing** > **InstaCal** para ejecutar el software InstaCal. La ventana principal de InstaCal aparece.



- Desplegar el menú **Calibrate** y seleccionar **A/D**. La ventana de diálogo **Board Calibration** aparece, seguida del primero de tres diálogos. Cada diálogo muestra instrucciones de cableado.



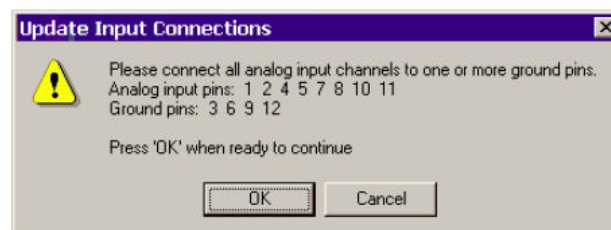
Los números de pin y las señales asociadas en la PMD-1208LS en modo diferencial se especifican en la siguiente tabla. Refiérase a esta información cuando realice los siguientes procedimientos de calibración.

Pin	Nombre de la Señal	Pin	Nombre de la señal
1	CH0 IN HI	21	Port A0
2	CH0 IN LO	22	Port A1
3	GND	23	Port A2
4	CH1 IN HI	24	Port A3
5	CH1 IN LO	25	Port A4
6	GND	26	Port A5
7	CH2 IN HI	27	Port A6
8	CH2 IN LO	28	Port A7
9	GND	29	GND
10	CH3 IN HI	30	PC +5 V
11	CH3 IN LO	31	GND
12	GND	32	Port B0
13	D/A OUT 0	33	Port B1



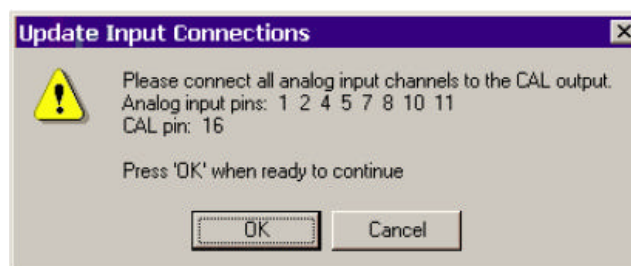
14	D/A OUT 1	34	Port B2
15	GND	35	Port B3
16	CAL	36	Port B4
17	GND	37	Port B5
18	TRIG_IN	38	Port B6
19	GND	39	Port B7
20	CTR	40	GND

La primera ventana de diálogo **Update Input Connections** pide que se conecte todos los terminales de entrada analógica a los terminales GND. Este procedimiento calibra las correcciones de offset para todas las entradas.



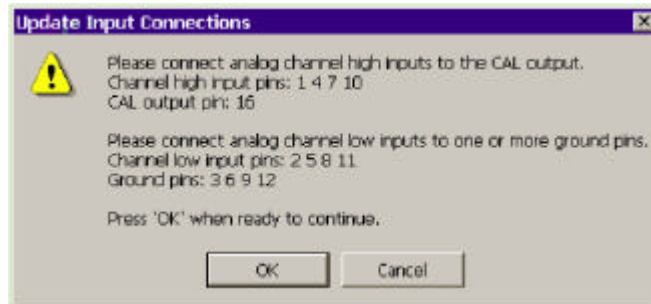
- Conectar cada canal de entrada analógica (pines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10 y 11) a un terminal GND y presionar OK.

Después de calibrar automáticamente las correcciones de offset, la segunda ventana de diálogo **Update Input Connections** aparece. Esta ventana pide que se conecte todas las entradas analógicas al terminal CAL. Este procedimiento calibra las correcciones de ganancia para las entradas en modo individual.



- Conectar cada canal de entrada analógica (pines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10 y 11) al terminal de salida CAL (pin 16) y presionar OK.

La tercera ventana de diálogo **Update Input Connections** aparece. Esta ventana pide que se conecte todas las entradas análogas HI al terminal CAL y todas las entradas análogas LO a un terminal GND. Este procedimiento calibra las correcciones de ganancia para las entradas en modo diferencial.



- Conectar todos los canales de entrada HI (pines 1, 4, 7 y 10) al terminal CAL (pin 16), y todos los canales de entrada LO (pines 2, 5, 8 y 11) a uno o más terminales GND y presionar OK.

Cuando todas las correcciones de ganancia y offset están calibradas, una ventana de diálogo **Calibration Complete** aparece. Presionar el botón OK para salir del procedimiento de calibración.

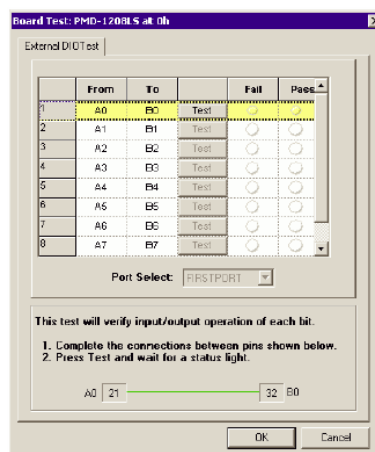
### **Pruebas de Funcionamiento de la Tarjeta PMD-1208LS**

El software InstaCal provee procedimientos de prueba que se pueden realizar para verificar que las funciones análogas y digitales de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS estén trabajando correctamente. Para probar la PMD-1208LS, seleccionar el dispositivo en InstaCal, desplegar el menú **Test** y seleccione ya sea **Digital** o **Analog**, dependiendo del tipo de prueba que desee realizar.

## Prueba de las Funciones Digitales

Se puede verificar las operaciones de entrada/salida de los canales digitales de entrada/salida del dispositivo PMD-1208LS realizando una prueba externa de entradas/salidas digitales. Para probar las funciones digitales del dispositivo, realizar lo siguiente:

- Desde la ventana principal de InstaCal, desplegar el menú **Test** y seleccionar la opción **Digital**.
- La pestaña **External DIO Test** en la ventana de diálogo **Board Test: PMD-1208LS at 0h** aparece.



La fila 1 se encuentra seleccionada – aquí es donde empieza la prueba.

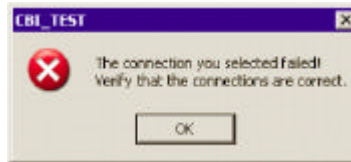
- Conectar como se indica en la fila 1 de la ventana de diálogo. Los números de pin están especificados en la ilustración en la parte inferior de la ventana.

Por ejemplo, conectar A0 (pin 21) a B0 (pin 32) y presionar el botón **Test**.

La luz de estado **Pass** se ilumina en verde para indicar una prueba exitosa, y la siguiente fila automáticamente se selecciona para la siguiente señal de prueba.

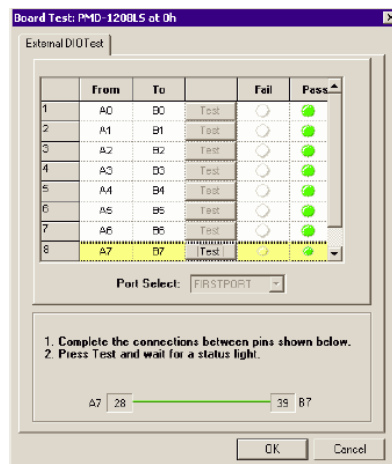
	From	To		Fail	Pass
1	A0	B0	Test	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	A1	B1	Test	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Si el led de estado **Fail** se enciende en rojo, la prueba de la conexión falló, y la siguiente ventana de diálogo aparece.



Hacer clic en OK, comprobar las conexiones, y repetir la prueba. Si se verifica las conexiones y la prueba todavía falla, contactar al Departamento Técnico de Measurement Computing.

- Repetir la prueba en cada fila, hasta que todas las conexiones hayan sido probadas. La ventana de diálogo a continuación muestra la ventana **External DIO Test** después de una prueba exitosa de todas las señales digitales.



Cuando se haya acabado de probar los canales digitales, se debe hacer clic en el botón **OK** para regresar a la ventana principal de InstaCal.

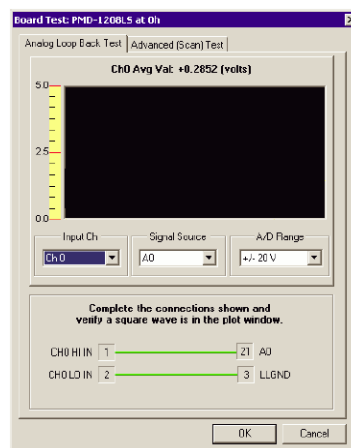
## Prueba de las Funciones Análogas

Hay dos pruebas que se pueden realizar en los canales análogos del dispositivo – una prueba en lazo cerrado y una prueba de escaneo avanzado.

- Para la prueba en lazo cerrado, conectar un canal de entrada a una fuente de señales y verificar la onda que se muestra en la ventana de gráfico.
- Con la prueba de escaneo avanzado, solamente determinados canales son muestreados.

Para probar las funciones análogas del dispositivo, se debe hacer lo siguiente:

- Desde la ventana principal de InstaCal, desplegar el menú **Test** y seleccionar **Analog**.
- La ventana de diálogo **Board Test: PMD-1208LS at 0h** se muestra con dos opciones: la opción **Analog Loop Back Test** y la opción **Advanced (Scan) Test**. La ventana de diálogo se muestra a continuación con sus valores por defecto.



- Hacer clic en la pestaña de la prueba que se desee realizar y seguir el procedimiento aplicable.

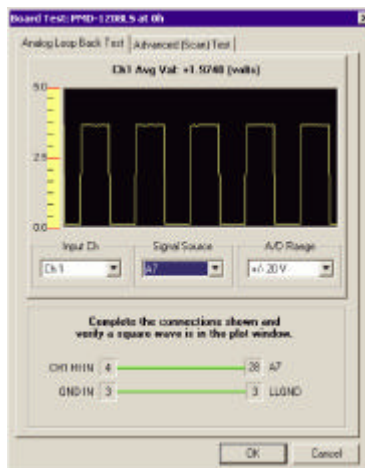
## Prueba de Lazo Cerrado

Con la prueba de lazo cerrado, se puede conectar un canal de entrada a una fuente de señales y verificar la onda que se muestra.

Para realizar esta prueba, se debe hacer lo siguiente

- Seleccionar el canal de entrada (CH0 A CH 4), la señal de entrada (A0 – A7, B0 – B7, Externo, DAC0 o DAC1) y el rango de prueba.
- Conectar un cable entre los canales, como se muestra en la ilustración de cableado en la ventana de diálogo. Los números de pin están especificados en la ilustración en la parte inferior de la ventana.
- Verificar que la onda correcta aparece en la ventana de gráfico.

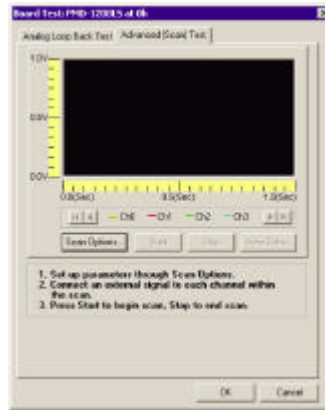
Por ejemplo, en la ventana siguiente, el pin 4 (señal CH0 IN HI) está conectado al pin 28 (señal A7). Esta conexión genera una onda cuadrada en la ventana de gráfico.



Cuando se cambia el canal de entrada o la fuente de señal, la ilustración de cableado actualiza dinámicamente los números de pin para conectar y el tipo de onda que debería mostrar.

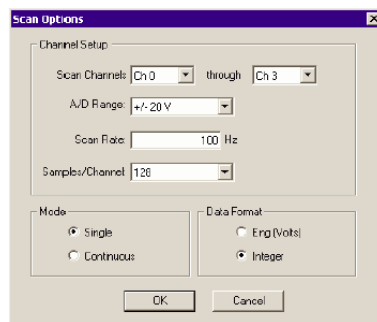
### Prueba Avanzada (Escaneo)

Hacer clic en la pestaña **Advanced (Scan) Test** para escanear canales determinados. La ventana de diálogo **Advanced (Scan) Test** aparece, configurada con sus valores por defecto.



- Hacer clic en el botón **Scan Options**.

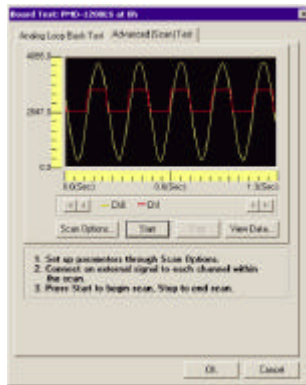
La ventana de diálogo **Scan Options** aparece. La ventana de diálogo se muestra a continuación con sus valores por defecto.



- Seleccionar el/los canal(es) a escanear, el rango, la velocidad de muestreo que desea utilizar para la prueba de escaneo y hacer clic en **OK**.
- Conectar una señal externa a los canales a escanear.
- Presionar el botón **Start** y verifique la onda que se muestra en la ventana de gráfico.

Por ejemplo, en la ventana a continuación se muestra que el canal 0 genera una onda senoidal, y que el canal 1 genera una onda cuadrada cuando están conectados a una señal externa.





Hacer clic en el botón **View Data** para ejecutar el programa de utilidad **ScanView** y que muestre los datos en una hoja de cálculo. ScanView está incluido con el software Universal Library.

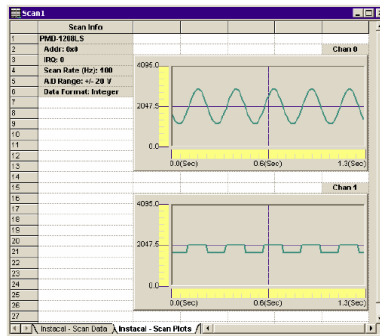
	Scan Info	Time(sec)	Chan 0	Chan 1
1	PMD-1208LS	0.0000	2374.000	2451.000
2	Addr: 0x0	0.0100	2163.000	2059.000
3	IRQ: 0	0.0200	1948.000	2059.000
4	Scan Rate (Hz): 100	0.0300	1738.000	2059.000
5	A/D Range: +/- 20 V	0.0400	1543.000	2059.000
6	Data Format: Integer	0.0500	1374.000	2059.000
7		0.0500	1247.000	2059.000
8		0.0700	1170.000	2059.000
9		0.0900	1159.000	2059.000
10		0.0900	1231.000	2059.000
11		0.1000	1355.000	2059.000
12		0.1100	1521.000	2059.000
13		0.1200	1719.000	2059.000
14		0.1300	1934.000	2059.000
15		0.1400	2153.000	2451.000

Se puede navegar hasta la parte inferior de la hoja de cálculo para ver un resumen de los datos.

	Scan Info	Time(sec)	Chan 0	Chan 1
121		1.2000	2761.000	2038.000
122		1.2100	2600.000	2038.000
123		1.2200	2407.000	2038.000
124		1.2300	2193.000	2038.000
125		1.2400	1976.000	1644.000
126		1.2500	1762.000	1644.000
127		1.2600	1564.000	1641.000
128		1.2700	1392.000	1643.000
129				
130	Mean		2804.172	1843.844
131	Var		393302.600	39199.830
132	Std Dev		627.138	197.988
133	Avg Dev		568.636	197.190
134				
135				

Se puede imprimir los datos, o guardarlos como un archivo de ScanView (\*.dvw).

Se puede hacer clic en la pestaña **InstaCal – Scan Plots** para mostrar un gráfico de cada canal.



Hacer clic en el botón X de la esquina superior derecha de la ventana de diálogo para regresar a la ventana Advanced (Scan) Test.

- Cuando se haya acabado de probar los canales análogos de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS, hacer clic en OK para salir de esta ventana.

### Verificación de la Instalación de la Tarjeta PMD-1208LS

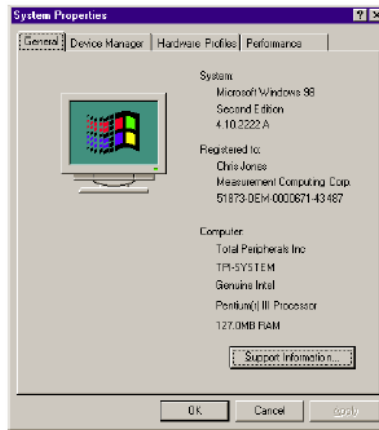
Para asegurarse que el dispositivo PMD-1208LS fue detectado correctamente por el sistema operativo, se debe realizar el procedimiento que sea aplicable al sistema operativo en el cual se esté trabajando.

#### *Verificación de la Instalación en Windows 98 o Windows ME*

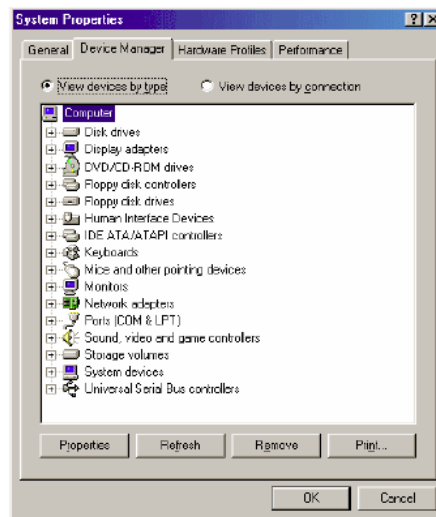
Para verificar la instalación de la tarjeta en Windows 98 o ME, se deben realizar los siguientes pasos:

- En el escritorio, se debe hacer clic derecho en el icono **My Computer** (Mi PC). Un menú aparece junto al icono.
- En el menú, seleccionar la opción **Properties** (Propiedades).

La pantalla de propiedades del sistema aparece, como se indica.



- Hacer clic en la pestaña **Device Manager** (Administrador de dispositivos) para mostrar la página de propiedades de dispositivos. A continuación se muestra un ejemplo típico. Dependiendo de la computadora, algunos elementos pueden variar.



- Hacer clic en el símbolo **+** junto a **Human Interface Devices** (Dispositivos de Interfase Humana) para expandir este elemento.



Hay un **USB Human Interface Device** en la lista por cada dispositivo PMD-1208LS conectado al sistema.

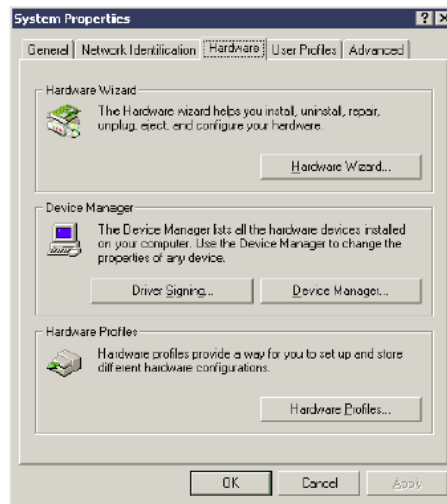
- Hacer doble clic en el elemento **USB Human Interface Device** (Dispositivo de Interfase Humana). La ventana **USB Human Interface Device Properties** (Propiedades del Dispositivo de Interfase Humana) aparece.
- Verificar que **Location** (Locación) especifique a la PMD-1208LS, y que en **Status Device** (Estado del Dispositivo) se lea **This device works properly** (Este dispositivo funciona correctamente).

### *Verificación de la Instalación en Windows 2000 o Windows XP*

Para verificar la instalación de la tarjeta en Windows 2000 o XP, se deben realizar los siguientes pasos:

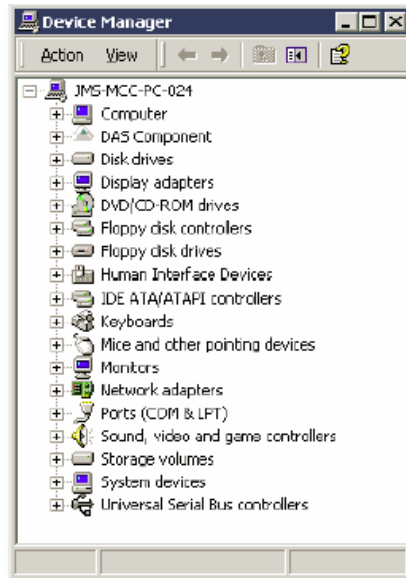
- Hacer clic derecho en el icono **My Computer** (Mi PC).
- Desde el menú contextual, seleccionar la opción **Properties** (Propiedades).


La ventana **System Properties** (Propiedades del Sistema) aparece.



- Hacer clic en la pestaña **Hardware** y luego en el botón **Device Manager** (Administrador de Dispositivos).

La ventana de Device Manager (Administrador de Dispositivos) aparece. Dependiendo de la configuración de la computadora, algunos elementos pueden variar.



Hacer clic en el símbolo  junto a **Human Interface Devices** (Dispositivos de Interfase Humana) para expandir este elemento.

Hay un **USB Human Interface Device** en la lista por cada dispositivo PMD-1208LS conectado al sistema.

## Especificaciones Técnicas de la Tarjeta PMD-1208LS

Típicamente para 25° C a menos que se especifique de otra manera.

### Sección Entrada Análoga

Parámetro	Condiciones	Especificación
Tipo de Convertidor A/D		Tipo Aproximación Sucesiva
Rango de Voltaje de entrada para operación lineal, modo Entrada Simple.	CHx a GND	±10 V máx.
Rango de voltaje de entrada en modo común para operación lineal, Modo Diferencial	CHx a GND	-10 V min., +20 V máx.
Voltaje de entrada máximo absoluto	CHx a GND	±40 V máx.
Corriente de Entrada <sup>1</sup>	Vin = +10 V	70 µA típicamente
	Vin = 0 V	-10 µA típicamente
	Vin = -10 V	-94 µA típicamente
Número de Canales		8 Simples / 4 Diferenciales, seleccionables por software
Rangos de Entrada, Modo Simple		±10 V, G=2
Rangos de Entrada, Modo Diferencial		±20 V, G=1
		±10 V, G=2
		±5 V, G=4
		±4 V, G=5
		±2.5 V, G=8
		±2.0 V, G=10
		±1.25 V, G=16
		±1.0 V, G=20
Throughput	Paso por software	50 S/s
	Escaneo Continuo	1.2 kS/s
	Escaneo Entrecortado a muestreo de 4K FIFO	8 kS/s
Cola de Canal de Ganancia	Hasta 8 elementos	Canal, rango y ganancia configurables por software
Resolución <sup>2</sup>	Diferencial	12 bits, sin códigos perdidos
	Modo simple	11 bits
Precisión CAL	CAL = 2.5 V	Típico ±0.05%, ±0.25% máx.
Error de Linealidad Integral		Típico ±1 LSB
Error de Linealidad Diferencial		Típico ±0.5 LSB

<sup>1</sup> La corriente de entrada es una función de un voltaje aplicado en los canales análogos de entrada. Para un voltaje de entrada dado, Vin, el voltaje de fuga es aproximadamente igual a (8.181\*Vin-12) µA.

<sup>2</sup> El convertidor AD7870 solamente retorna 11 bits (0 – 2047 códigos) en modo simple.

Repetibilidad		Tipo $\pm 1$ LSB
Corriente CAL	Fuente	5 mA máx.
	Drenaje	20 $\mu$ A min., 200 nA típico
Fuente de Disparo (trigger)	Seleccionable por software	Externo digital: TRIG_IN

### PRECISIÓN, MODO DIFERENCIAL

Rango	Precisión
$\pm 20$ V	5.1
$\pm 10$ V	6.1
$\pm 5$ V	8.1
$\pm 4$ V	9.1
$\pm 2.5$ V	12.1
$\pm 2$ V	14.1
$\pm 1.25$ V	20.1
$\pm 1$ V	24.1

### PRECISIÓN, MODO SIMPLE

Rango	Precisión (LSB)
$\pm 10$ V	4.0

### COMPONENTES DE PRECISIÓN MODO DIFERENCIAL – todos los valores son ( $\pm$ )

Rango	% de Lectura	Ganancia de error a FS (mV)	Offset (mV)	Precisión en FS (mV)
$\pm 20$ V	0.2	40	9.766	49.766
$\pm 10$ V	0.2	20	9.766	29.766
$\pm 5$ V	0.2	10	9.766	19.766
$\pm 4$ V	0.2	8	9.766	17.766
$\pm 2.5$ V	0.2	5	9.766	14.766
$\pm 2$ V	0.2	4	9.766	13.766
$\pm 1.25$ V	0.2	2.5	9.766	12.766
$\pm 1$ V	0.2	2	9.766	11.766

### COMPONENTES DE PRECISIÓN, MODO SIMPLE – todos los valores son ( $\pm$ )

Rango	% de Lectura	Ganancia de Error a FS (mV)	Offset (mV)	Precisión en FS (mV)
$\pm 10$	0.2	20	19.531	39.531

## SECCIÓN SALIDA ANÁLOGA

Parámetro	Condiciones	Especificación
Tipo de convertidor D/A		PWM
Resolución		10 bits, 1 en 1024
Rango máximo de salida		0-5 V
Número de Canales		2 salidas de voltaje
Throughput	Paso por software	100 S/s en modo canal simple 50 S/s modo canal dual
Voltaje de encendido y reset		Inicializa a código 000h
Voltaje máximo <sup>3</sup>	Sin carga	V <sub>s</sub>
	Carga de 1 mA	0.99*V <sub>s</sub>
	Carga de 5 mA	0.98*V <sub>s</sub>
Controlador de salida	Cada salida D/A	30 mA
Taza de Slew		0.14 V/mS típico

## ENTRADA/SALIDA DIGITAL

Tipo Digital	82C55
Numero de I/O	16 (Port A0 hasta A7, Port B0 hasta B7))
Configuración	2 bancos de 8
Configuración Pull up/Pull down	Todos los pines en alto a V <sub>s</sub> vía resistencias de 47 K (por defecto). Posiciones disponibles para poner en pull down a tierra. Seleccionable por hardware vía resistencias de cero ohms como opción de fábrica.
Voltaje alto de entrada	2.0 V min., 5.5 V máx. absoluto
Voltaje bajo de entrada	0.8 V máx., -0.5 V min. absoluto
Voltaje alto de salida (IOH=-2.5 mA)	3.0 V min.
Voltaje bajo de salida (IOL=2.5 mA)	0.4 V máx.

## DISPARO EXTERNO (TRIGGER)

Parámetro	Condiciones	Especificación
Fuente de Disparo (Trigger) <sup>4</sup>	Digital externa	TRIG_IN
Modo Disparo (Trigger)	Seleccionable por software	Susceptible a nivel: configurable por el usuario para entradas altas o bajas de nivel TTL.
Latencia de disparo	Entrecortado	25 µs min., 50 µs máx.

<sup>3</sup> V<sub>s</sub> es la energía del bus USB +5 V. El voltaje de salida análogo máximo es igual a V<sub>s</sub> sin carga. V es dependiente del sistema y puede ser menos de 5 V.

<sup>4</sup> TRIG\_IN está protegido con una resistencia en serie de 1.5 Kohm.



Ancho de pulso de disparo	Entrecortado	40 $\mu$ s min.
Voltaje alto de entrada		3.0 V min., 15.0 V máx. absoluto
Voltaje bajo de entrada		0.8 V máx.
Corriente de ruptura de entrada		$\pm 1.0 \mu$ A

## SECCIÓN CONTADOR

Tipo de Contador	Contador de eventos
Número de canales	1
Fuente de entrada	Terminal CTR
Resolución	32 bits
Histéresis de disparo Schmidt	20 mV a 100 mV
Corriente de ruptura de entrada	$\pm 1 \mu$ A
Frecuencia máxima de entrada	1 MHz
Ancho de pulso alto	500 ns min.
Ancho de pulso bajo	500 ns min.
Voltaje bajo de entrada	0 V min., 1.0 V máx.
Voltaje alto de entrada	4.0 V min., 15.0 V máx.

## MEMORIA NO VOLÁTIL

Tamaño de memoria	8192 bytes		
Configuración de Memoria	<b>Rango de dirección</b>	<b>Acceso</b>	<b>Descripción</b>
	0x0000 – 0x17FF	Lectura/Escritura	Datos A/D (muestreo 4K)
	0x1800 – 0x1EFF	Lectura/Escritura	Área de datos del usuario
	0x1F00 – 0x1FEF	Lectura/Escritura	Datos de calibración
	0x1FF0 – 0x1FFF	Lectura/Escritura	Datos del sistema

## ENERGÍA

Parámetro	Condiciones	Especificación
Suministro de Corriente <sup>5</sup>		20 mA
Energía disponible de +5 V USB <sup>6</sup>	Conectado a un hub auto-energizado	4.5 V min., 5.25 V máx.
	Conectado a un hub auto-energizado	4.1 V min., 5.25 V máx.
	Conectado a un hub auto-	450 mA min., 500 mA

<sup>5</sup> Este es el requisito total de corriente para la PMD-1208LS el cual incluye hasta 5 mA para el led de estado.

<sup>6</sup> Auto-energizados se refiere a hubs USB y PC con un suministro de energía propio. Energizados por bus se refiere a hubs USB y PC sin su propio suministro de energía.

Corriente de salida <sup>7</sup>	energizado	máx.
	Conectado a un hub auto-energizado	50 mA min., 100 mA máx.

## GENERAL

Parámetro	Condiciones	Especificación
Error de reloj de controlador USB	25° C	±30 ppm máx.
	0 a 70° C	±50 ppm máx.
	-40 a 85° C	±100 ppm máx.
Tipo de dispositivo		USB 1.1 baja velocidad
Compatibilidad de dispositivo		USB 1.1, USB 2.0

## AMBIENTE

Rango de Temperatura de Funcionamiento	-40 a 85° C
Rango de Temperatura de Almacenamiento	-40 a 85° C
Humedad	0 a 90% sin condensación

## MECÁNICO

Dimensiones	79 mm. (Largo) x 82 mm. (Ancho) x 25 mm. (Alto)
Longitud del cable USB	3 Metros máx.
Longitud de conexión del usuario	3 Metros máx.

## CONECTOR PRINCIPAL Y PINES DE SALIDA

Tipo Conector	Terminales tipo tornillo
Rango del Cable	16 AWG a 30 AWG

## MODO DIFERENCIAL, 4 CANALES

Pin	Nombre de la Señal	Pin	Nombre de la señal
1	CH0 IN HI	21	Port A0
2	CH0 IN LO	22	Port A1
3	GND	23	Port A2
4	CH1 IN HI	24	Port A3
5	CH1 IN LO	25	Port A4
6	GND	26	Port A5
7	CH2 IN HI	27	Port A6
8	CH2 IN LO	28	Port A7

<sup>7</sup> Esto se refiere a la cantidad total de corriente que puede ser entregada desde +5 V del USB, salidas análogas y digitales.

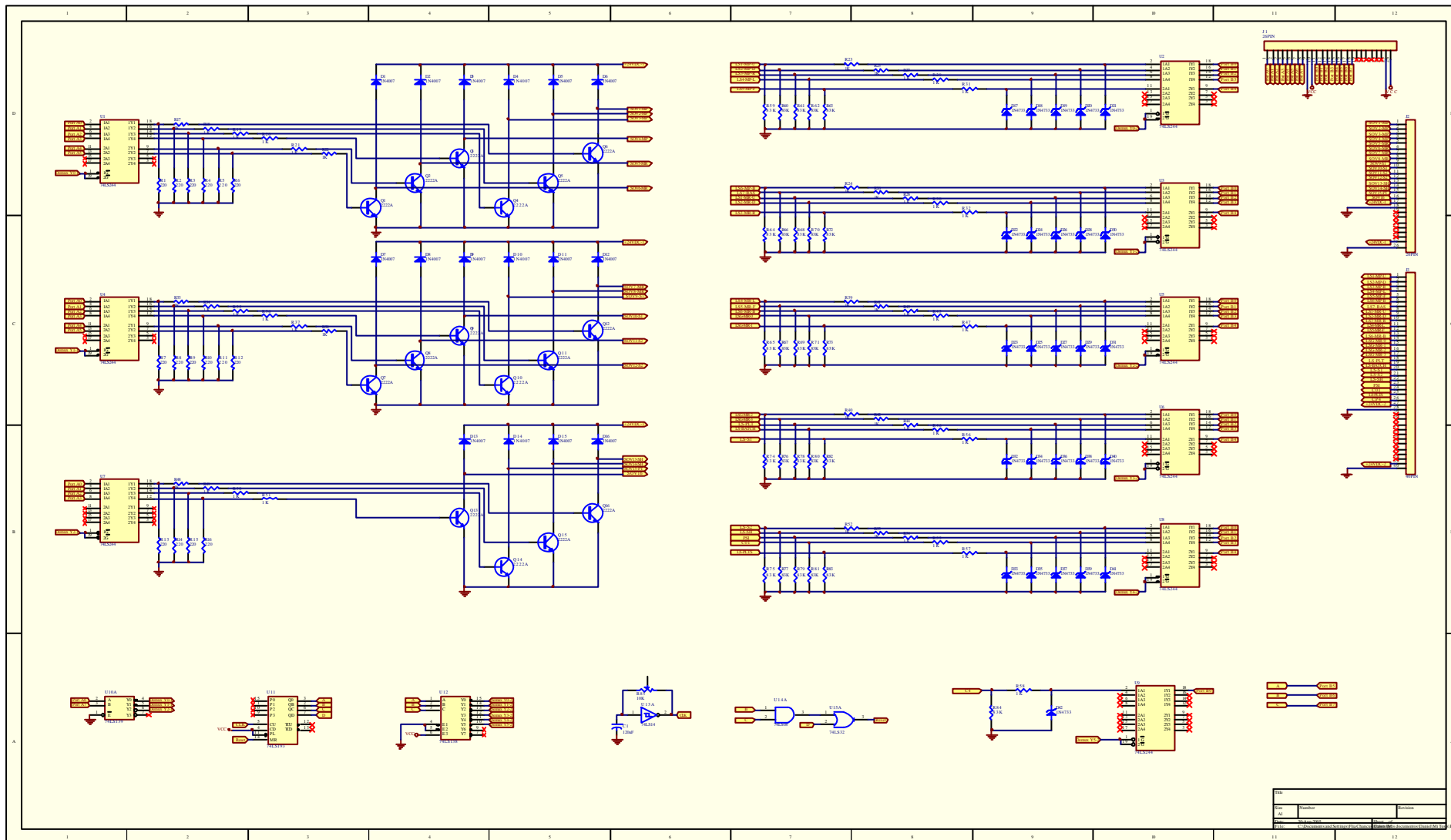
9	GND	29	GND
10	CH3 IN HI	30	PC +5 V
11	CH3 IN LO	31	GND
12	GND	32	Port B0
13	D/A OUT 0	33	Port B1
14	D/A OUT 1	34	Port B2
15	GND	35	Port B3
16	CAL	36	Port B4
17	GND	37	Port B5
18	TRIG_IN	38	Port B6
19	GND	39	Port B7
20	CTR	40	GND

### **MODO DIFERENCIAL, 8 CANALES**

<b>Pin</b>	<b>Nombre de la Señal</b>	<b>Pin</b>	<b>Nombre de la señal</b>
1	CH0 IN	21	Port A0
2	CH1 IN	22	Port A1
3	GND	23	Port A2
4	CH2 IN	24	Port A3
5	CH3 IN	25	Port A4
6	GND	26	Port A5
7	CH4 IN	27	Port A6
8	CH5 IN	28	Port A7
9	GND	29	GND
10	CH6 IN	30	PC +5 V
11	CH7 IN	31	GND
12	GND	32	Port B0
13	D/A OUT 0	33	Port B1
14	D/A OUT 1	34	Port B2
15	GND	35	Port B3
16	CAL	36	Port B4
17	GND	37	Port B5
18	TRIG_IN	38	Port B6
19	GND	39	Port B7
20	CTR	40	GND

## **ANEXO II**

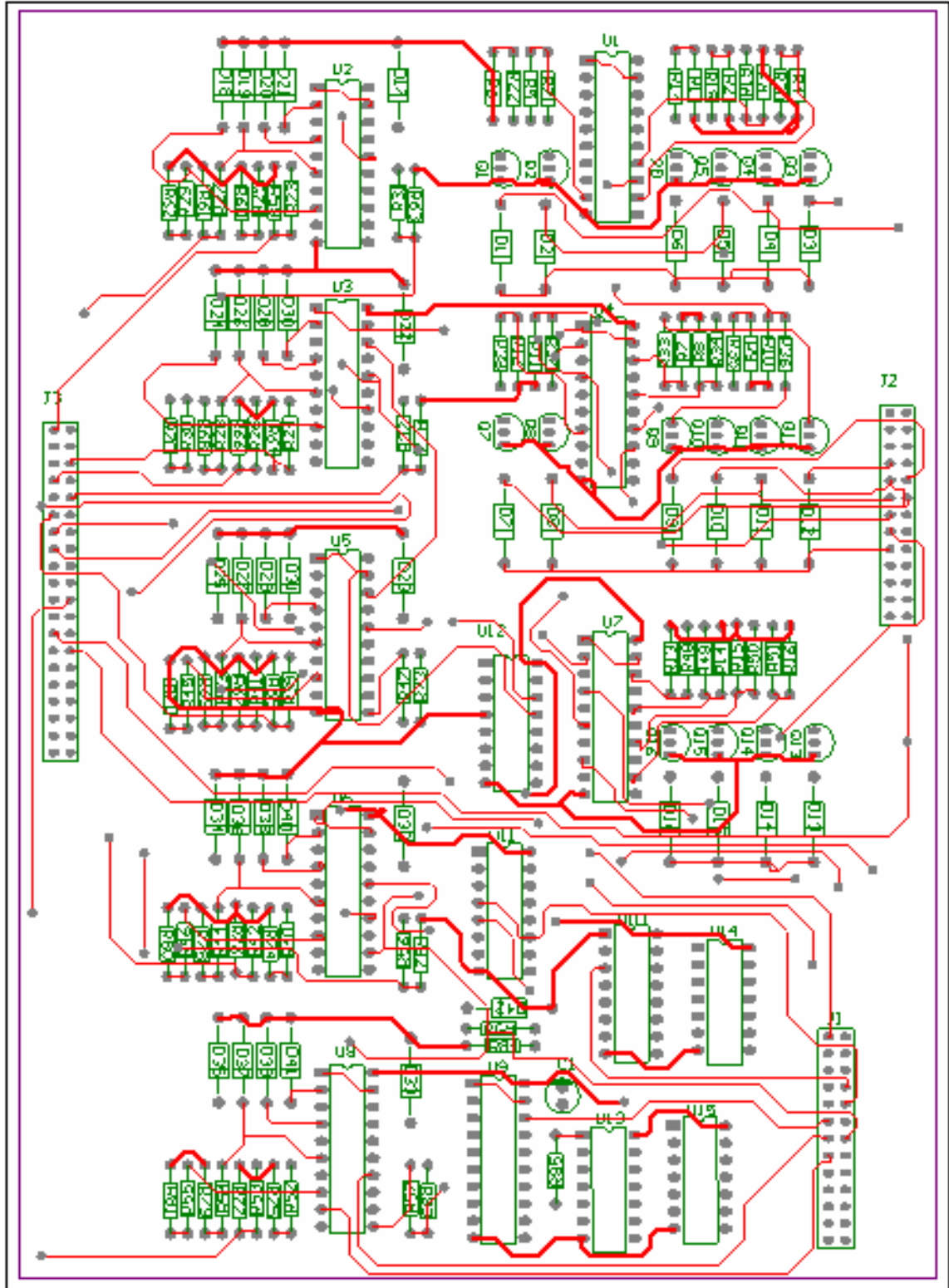
### **DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE ENTRADAS/SALIDAS**



## **ANEXO III**

### **DIAGRAMA DEL RUTEADO PARA LA PLACA DEL CIRCUITO DE ENTRADAS/SALIDA**

# CARA SUPERIOR







## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Figura. 2.1. Estación Neumática PN-2800.....	6
Figura. 2.2. Armario Eléctrico de la Estación PN-2800.....	8
Figura. 2.3. Representación esquemática de una Electroválvula.....	10
Figura. 2.4. Representación esquemática de un Actuador.....	10
Figura. 2.5. Manipulador de Cilindros.....	11
Figura. 2.6. Manipulador de Palets.....	12
Figura. 2.7. Almacén de Cilindros.....	14
Figura. 2.8. Almacén de Prismas.....	15
Figura. 2.9. Almacén de Paletas.....	16
Figura. 2.10. Logotipo del USB.....	19
Figura. 2.11. Tipos de conectores USB.....	20
Figura. 2.12. Conector USB tipo A.....	20
Figura. 2.13. Conector USB tipo B.....	20
Figura. 2.14. Colores y función de los hilos internos en un cable USB.....	22
Figura. 2.15. Topología del bus USB.....	23
Figura. 2.16. Dispositivo USB PMD-1208LS.....	25
Figura. 2.17. Diagrama de bloques funcional de la PMD-1208LS.....	25
Figura. 2.18. Tarjeta PMD-1208LS y Cable USB.....	28
Figura. 2.19. CD de software.....	28
Figura. 2.20. La Tarjeta USB PMD-1208LS.....	29
Figura. 2.21. Números de Pin de los terminales de la PMD-1208LS.....	30
Figura. 2.22. Diagrama de pines de la PMD-1208LS.....	32
Figura. 2.23. Conexión básica para una medición en modo de entrada individual.....	33
Figura. 2.24. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 0 V.....	35
Figura. 2.25. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 11 V.....	35
Figura. 2.26. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de -7 V.....	36
Figura. 2.27. Conexión digital en Port A0 detectando el estado de un interruptor.....	37
Figura. 2.28. Esquemático mostrando el estado del interruptor conectado al Port A0.....	37
Figura. 2.29. VI DBitIn.....	41

Figura. 2.30. VI DBitOut.....	42
Figura. 2.31. VI DCfgPort.....	43
Figura. 2.32. VI DIn.....	44
Figura. 2.33. VI DOut.....	45
Figura. 2.34. VI ErrMsg.....	46

### **CAPÍTULO III DISEÑO DEL HARDWARE**

Figura. 3.1. Configuración de pines del CI 74LS139.....	49
Figura. 3.2. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS139.....	50
Figura. 3.3. Configuración de pines del CI 74LS244.....	50
Figura. 3.4. Diagramas esquemáticos de conexiones de los CI 74LS244.....	53
Figura. 3.5. Configuración de resistencia para fijar en bajo.....	54
Figura. 3.6. a) Transistor tipo npn b) Transistor tipo pnp.....	55
Figura. 3.7. Funcionamiento básico del transistor.....	55
Figura. 3.8. Diagrama esquemático de conexiones del circuito de activación a 24V.....	56
Figura. 3.9. Diagrama esquemático del circuito controlador de salidas.....	58
Figura. 3.10. Simbología y dirección de conducción del diodo zener.....	59
Figura. 3.11. Diagrama esquemático del regulador de voltaje con diodo zener.....	60
Figura. 3.12. Configuración de pines del CI 74LS138.....	61
Figura. 3.13. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS138.....	62
Figura. 3.14. Configuración de pines del CI 74LS193.....	63
Figura. 3.15. Diagrama esquemático de conexiones del CI 74LS193.....	64
Figura. 3.16. Diagrama esquemático del circuito de reset.....	66
Figura. 3.17. Diagrama esquemático del circuito de reloj.....	67
Figura. 3.18. Diagrama esquemático del circuito selector de señales.....	69
Figura. 3.19. Diagrama esquemático del circuito para lectura de entradas.....	70
Figura. 3.20. Representación de la interfase entre la PC y la Estación Neumática.....	71
Figura. 3.21. Cable IDE-26 y sus conectores.....	73
Figura. 3.22. Espadines de conexión al cable IDE-26.....	73
Figura. 3.23. Conector IDE-26.....	74
Figura. 3.24. Cable IDE-40.....	76
Figura. 3.25. Conector IDE-40.....	77
Figura. 3.26. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Actuadores.....	80
Figura. 3.27. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Sensores – 1.....	82
Figura. 3.28. Conexiones Eléctricas en la Estación Neumática para Sensores – 2.....	83

Figura. 3.29. Esquema de la Placa con Borneras.....	84
Figura. 3.30. Cara superior e inferior de la Placa del Circuito de Entradas/Salidas.....	87

## **CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI**

Figura. 4.1. Software seleccionado para la interfaz HMI.....	92
Figura. 4.2. VIs usados en la programación de la PMD-1208LS.....	92
Figura. 4.3. Ventana Plug and Play Board Detection.....	93
Figura. 4.4. Ventana Principal de InstaCal.....	94
Figura. 4.5. Pantalla Principal del HMI.....	95
Figura. 4.6. Diagrama de Bloques de la Pantalla Principal.....	96
Figura. 4.7. Diagrama de Bloques de Nueva Pantalla.....	96
Figura. 4.8. Panel Frontal del Manipulador de Pallets.....	97
Figura. 4.9. Configuración de un puerto de la PMD-1208LS como salida.....	99
Figura. 4.10. Programación para relacionar botones con bits de la tarjeta USB.....	100
Figura. 4.11. Programación para la selección del bloque.....	101
Figura. 4.12. Programación para la activación del demultiplexador.....	102
Figura. 4.13. Configuración de un puerto de la PMD-1208LS como entrada.....	103
Figura. 4.14. Programación para la lectura de un puerto de la PMD-1208LS.....	104
Figura. 4.15. Programación para la lectura de señales de control.....	105
Figura. 4.16. Programación para la activación de bloques de lectura.....	105
Figura. 4.17. Programación para la lectura de sensores.....	106
Figura. 4.18. Panel Frontal del Manipulador de Cilindros.....	109
Figura. 4.19. Panel Frontal de Rampas.....	118

## **CAPÍTULO V SISTEMA DE SUPERVISIÓN**

Figura. 5.1. Ejemplo de una Cámara Web.....	121
Figura. 5.2. Cámara Web a usarse en la Estación PN-2800.....	123
Figura. 5.3. Logotipo de VideoOCX.....	124
Figura. 5.4. Panel Frontal del Sistema de Supervisión.....	126
Figura. 5.5. Programación básica para el funcionamiento de la cámara Web.....	127
Figura. 5.6. Programación para grabar una imagen con la cámara Web.....	128
Figura. 5.7. Programación para grabar un video con la cámara Web.....	128
Figura. 5.8. Programación para detener la grabación de video con la cámara Web.....	129

## CAPÍTULO VI PRÁCTICAS

Figura. 6.1. Esquema de vista superior de la Estación Neumática PN-2800.....	131
Figura. 6.2. Esquema de movimientos del Manipulador de Pallets.....	140
Figura. 6.3. Esquema de movimientos del Manipulador de Cilindros.....	141
Figura. 6.4. Esquema de un Pallet.....	142
Figura. 6.5. Panel Frontal de la Práctica 1.....	144
Figura. 6.6. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 1.....	145
Figura. 6.7. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 1.....	146
Figura. 6.8. Panel Frontal de la Práctica 2.....	150
Figura. 6.9. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 2.....	151
Figura. 6.10. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 2.....	152
Figura. 6.11. Panel Frontal de la Práctica 3.....	155
Figura. 6.12. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 3.....	156
Figura. 6.13. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 3.....	157
Figura. 6.14. Panel Frontal de la Práctica 4.....	162
Figura. 6.15. Programación para validar el inicio de la secuencia de la Práctica 4.....	163
Figura. 6.16. Programación para implementar la secuencia de la Práctica 4.....	164

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Tabla. 2.1. Nomenclatura de Actuadores y Manipuladores de la Estación PN-2800.....	13
Tabla. 2.2. Nomenclatura de Sensores de la Estación PN-2800.....	17
Tabla. 2.3. Colores de los hilos internos del cable USB.....	21
Tabla. 2.4. Iluminación del Led de la tarjeta PMD-1208LS.....	29
Tabla. 2.5. Ejemplos de Entrada y resultados diferenciales en la PMD-1208LS.....	36

### CAPITULO III DISEÑO DEL HARDWARE

Tabla. 3.1. Funcionamiento del CI 74LS139.....	49
Tabla. 3.2. Funcionamiento del CI 74LS244.....	51
Tabla. 3.3. Funcionamiento del CI 74LS138.....	62
Tabla. 3.4. Demostrativo de los estados no deseados para contar.....	65
Tabla. 3.5. Líneas usadas en el Cable IDE-26 de la PMD-1208LS y su propósito.....	74
Tabla. 3.6. Líneas usadas en el Cable IDE-26 para actuadores y su propósito.....	75
Tabla. 3.7. Líneas usadas en el Cable IDE-40 para sensores y su propósito.....	76
Tabla. 3.8. Conexiones entre Bornera 1 para sensores y espadín IDE-40.....	85
Tabla. 3.9. Conexiones entre Bornera 2 para sensores y espadín IDE-40.....	86
Tabla. 3.10. Conexiones entre Bornera para actuadores y espadín IDE-26.....	86

### CAPITULO IV DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI

Tabla. 4.1. Lenguajes soportados por Universal Library.....	90
Tabla. 4.2. Acción de los bits A6 y A7 de la PMD-1208LS.....	102

**Sangolquí, Septiembre del 2005**

**ELABORADO POR:**

---

Sr. Héctor Daniel Chancusi Calero

**AUTORIDADES:**

---

Sr. Ing. Xavier F. Martínez  
Tcn. de E. M.  
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

---

Sr. Ab. Jorge Carvajal  
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica