

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIDAD AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS POR PUERTO USB
PARA EL ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800”**

AUTOR:

NIKOLAI ALEXANDER BANDA POMA

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor Nikolai Alexander Banda Poma, como requisito parcial para la obtención del título en INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

Ing. Hugo Ortiz.
DIRECTOR

Ing. Paúl Ayala.
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios, Creador Supremo que ha hecho posible mi realización. A mis padres y hermanos por nunca dudar en apoyarme y seguir juntos adelante. A mis amigos, por ser el bálsamo que aliviana las duras tareas de la vida. A mis maestros, que con paciencia me enseñaron el camino a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme permitido gozar de salud, fortaleza y confianza para cumplir mis sueños; a mis queridos padres y hermanos, motivo de mi orgullo y superación que me supieron brindar el apoyo, cariño y comprensión durante el transcurso de mi formación y a todos mis familiares que de manera desinteresada me ayudaron para la feliz culminación de mi carrera.

PRÓLOGO

El presente proyecto de carácter científico y didáctico, titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Adquisición de Datos por puerto USB para el Robot Hidráulico HYD-2800” tiene por objetivo actualizar el hardware y software del Robot Hidráulico del Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército ESPE.

Mediante esta actualización se pretende reemplazar la tarjeta PCL-711PC-MultiLab Card por una tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS, que posee características como: interfaz USB, 8 entradas análogas en modo individual o 4 entradas análogas en modo diferencial, 16 conexiones digitales de entrada/salida y un contador de eventos. Bajo estas perspectivas, el proyecto reviste relevancia por considerar que la actualización del dispositivo tiene ventajas de fácil conexión, configuración y alta velocidad de transmisión de datos que coadyuvarán al desarrollo eficiente y eficaz del proyecto.

Proyectos como el presente, desempeñan un papel protagonista en el avance tecnológico y científico de nuestra facultad, universidad y por ende de nuestro país; constituyéndose en un aporte científico que permitirá optimizar el Robot Hidráulico HYD-2800 mediante la aplicación de conocimientos adquiridos por los estudiantes.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
PRÓLOGO	V
ÍNDICE	VI
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DESDESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.3.1 Objetivo Principal.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 ALCANCE.....	3
CAPÍTULO II ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800.....	5
2.1 ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800.....	5
2.1.1 Introducción.....	5
2.1.2 Grados Cinemáticos de Libertad.....	5
2.1.3 Sistema de Impulsión.....	7
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800.....	7
2.2.1 Unidad Hidráulica de Poder.....	7
2.2.2 Brazo Hidráulico.....	8
2.2.3 Válvulas.....	10
2.2.4 Panel de Control.....	10
2.2.5 Conectores.....	12
CAPÍTULO III TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PMD-1208LS.....	13
3.1 INTRODUCCIÓN.....	13
3.1.1 Diagrama de Bloques de la PMD-1208LS.....	14
3.1.2 Características del Software.....	15

3.1.2.1	InstaCal y Universal Library.....	15
3.1.2.2	Universal Library for LabVIEW.....	15
3.1.3	Dispositivo de Interfase Humana (HID).....	16
3.2	COMPONENTES DEL HARDWARE DE LA TARJETA PMD-1208LS.....	16
3.3	COMPONENTES DEL SOFTWARE DE LA TARJETA PMD-1208LS.....	17
3.4	COMPONENTES EXTERNOS.....	17
3.4.1	Conector USB.....	18
3.4.2	Led.....	18
3.4.3	Conexión de los Terminales.....	19
3.4.3.1	Pines 1 – 20.....	19
3.4.3.2	Pines 21 – 40.....	19
3.4.4	Conector Principal y Pines de Salida.....	20
3.4.5	Terminales de Entradas Análogas (CH0 IN – CH7 IN).....	21
3.4.5.1	Configuración Individual.....	21
3.4.5.2	Medidas en Modo Individual usando Canales Diferenciales.....	22
3.4.5.3	Configuración Diferencial.....	22
3.4.6	Terminales Digitales de Entrada/Salida (Port A0 a A7 y Port B0 a B7).....	25
3.4.7	Terminal de VCC.....	26
3.4.8	Terminales de Tierra.....	27
3.4.9	Terminal de Calibración.....	27
3.4.10	Terminal Contador.....	27
3.4.11	Precisión de la Tarjeta PMD-1208LS.....	28
3.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TARJETA PMD-1208LS.....	30
3.5.1	Entradas Analógicas.....	31
3.5.2	Salidas Analógicas.....	31
3.5.3	Entradas / Salidas Digitales.....	32
3.5.4	Lenguajes de Programación.....	32
CAPÍTULO IV	SOFTWARE DE LA INTERFAZ.....	33
4.1	DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI.....	33
4.1.1	Funciones Analógicas y Digitales de la Librería Universal para LabVIEW.....	35
4.1.1.1	DBitIn.VI.....	35
4.1.1.2	DBitOut.VI.....	36
4.1.1.3	DCfgPort.VI.....	36
4.1.1.4	DIn.VI.....	37
4.1.1.5	DOut.VI.....	37
4.1.1.6	ErrMsg.VI.....	38
4.1.1.7	Aln.VI.....	38
4.1.1.8	AOut.VI.....	39

4.1.1.9 ToEng.VI.....	40
4.1.2 Configuración de la Tarjeta para la Interfaz Hombre - Máquina (HMI).....	40
4.1.3 Pantalla Principal.....	42
4.1.4 Pantalla Modo Manual.....	43
4.1.5 Pantalla Control Proporcional.....	50
4.1.6 Pantalla Posición del Robot.....	51
4.2 SISTEMA DE MONITOREO.....	52
4.2.1 Cámara WEB de Video.....	52
4.2.2 Descripción del Sistema de Monitoreo.....	53
4.2.2.1 VideoOCX.....	54
4.2.2.2 Cámara Genius VideoCAM Express.....	54
CAPÍTULO V PRÁCTICAS.....	56
5.1 INTRODUCCIÓN.....	56
5.2 PRÁCTICA #1: REGULADOR DE FLUJO (VÁLVULA DE CONTROL PROPORCIONAL).	60
5.2.1 Objetivo.....	60
5.2.2 Equipos.....	61
5.2.3 Planteamiento.....	61
5.2.3.1 Regulación de flujo.....	61
5.2.3.2 Compensación de la presión.....	62
5.2.3.3 La velocidad como función del caudal.....	62
5.2.4 Procedimiento.....	63
5.2.5 Implementación.....	65
5.2.6 Programa.....	65
5.2.6.1 Pantalla Práctica 1.....	65
5.2.6.2 Diagrama de Bloques.....	67
5.3 PRÁCTICA #2: EFECTOS DE CARGA Y VELOCIDAD DEL REGULADOR DE FLUJO...	71
5.3.1 Objetivo.....	71
5.3.2 Equipos.....	71
5.3.3 Planteamiento.....	71
5.3.3.1 Limitaciones a la compensación de presión.....	71
5.3.3.2 Función de Carga – Presión.....	73
5.3.4 Procedimiento.....	74
5.3.5 Implementación.....	76
5.3.6 Programa.....	76
5.3.6.1 Pantalla Práctica 2.....	76
5.3.6.2 Diagrama de Bloques.....	78
5.4 PRÁCTICA #3: MANIPULADOR HIDRÁULICO DE TRAYECTORIA VERTICAL.....	81
5.4.1 Objetivo.....	81

5.4.2 Equipos.....	82
5.4.3 Planteamiento.....	82
5.4.3.1 Trayectoria vertical programada del manipulador.....	82
5.4.3.2 Calibración de las coordenadas angulares.....	83
5.4.4 Procedimiento.....	84
5.4.5 Implementación.....	86
5.4.6 Programa.....	87
5.4.6.1 Pantalla Práctica 3.....	87
5.4.6.2 Diagrama de Bloques.....	89
5.5 PRÁCTICA #4: MANIPULADOR HIDRÁULICO DE TRAYECTORIA HORIZONTAL.....	92
5.5.1 Objetivo.....	92
5.5.2 Equipos.....	92
5.5.3 Planteamiento.....	93
5.5.3.1 Trayectoria horizontal programada del manipulador.....	93
5.5.4 Procedimiento.....	93
5.5.5 Implementación.....	95
5.5.6 Programa.....	95
5.5.6.1 Pantalla Práctica 4.....	96
5.5.6.2 Diagrama de Bloques.....	97
5.6 PRÁCTICA #5: MOVIMIENTO DE UN OBJETO EN EL ESPACIO.....	101
5.6.1 Objetivo.....	101
5.6.2 Equipos.....	101
5.6.3 Planteamiento.....	101
5.6.3.1 Método gráfico de planificación de trayectoria y coordenadas de puntos...	101
5.6.4 Procedimiento.....	103
5.6.5 Implementación.....	104
5.6.6 Programa.....	105
5.6.6.1 Pantalla Práctica 5.....	105
5.6.6.2 Diagrama de Bloques.....	107
5.7 PRÁCTICA #6: CONSTRUCCIÓN DE PALLETS.....	111
5.7.1 Objetivo.....	111
5.7.2 Equipos.....	111
5.7.3 Planteamiento.....	112
5.7.4 Procedimiento.....	112
5.7.5 Implementación.....	112
5.7.6 Programa.....	115
5.7.6.1 Pantalla Práctica 6.....	115
5.7.6.2 Diagrama de Bloques.....	117
5.8 PRÁCTICA #7: SISTEMA DE MONITOREO.....	121
5.8.1 Objetivo.....	121

5.8.2 Equipos.....	121
5.8.3 Planteamiento.....	121
5.8.4 Procedimiento.....	121
5.8.5 Implementación.....	122
5.8.6 Programa.....	125
5.8.6.1 Pantalla Práctica 7.....	125
5.8.6.2 Diagrama de Bloques.....	127
CAPÍTULO VI PRUEBAS Y RESULTADOS.....	131
6.1 PRUEBAS.....	131
6.2 RESULTADOS.....	133
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
7.1 CONCLUSIONES.....	136
7.2 RECOMENDACIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
Anexo 1: Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS	
Anexo 2: Especificaciones Técnicas de la Tarjeta PMD-1208LS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Laboratorio de Robótica de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército se encuentra el Robot Hidráulico HYD-2800, sistema de entrenamiento fabricado por Degem Systems.

Las condiciones del robot en la actualidad no son las más óptimas, debido a que sus sistemas eléctrico e hidráulico se encuentran deteriorados en algunas etapas como es la unidad hidráulica de poder y su controlador.

El robot hidráulico utiliza una tarjeta PCL-711 PC-MultiLab Card la cual permite una limitada adquisición de datos. Este robot es controlado por medio de una interfaz HMI (Human Machine Interface) mediante PC-LabDAS que es un software de propósito general para adquisición de datos.

Las limitaciones principales de la tarjeta PCL-711 son: la velocidad de transmisión de datos es lenta comparada con las nuevas tarjetas que utilizan interfaz USB, la interrupción de procesos por varios minutos cuando se necesita reconfigurar la tarjeta ya que la conexión es en la parte interna del computador, esta expuesta a daños (por electrostática, humedad, etc.) porque no esta equipada con una cubierta para su protección, la conexión es posible únicamente en computadoras de escritorio.

Para su funcionamiento el robot hidráulico utiliza 3 tipos de alimentación que son eléctrica, hidráulica y neumática. La alimentación eléctrica proporciona los

niveles de tensión y corriente necesarios para el funcionamiento de los elementos eléctricos y electro-mecánicos del robot. La alimentación hidráulica se da a través de una bomba de aceite que proporciona una presión de 0-140 bar. Por último la alimentación neumática es necesaria únicamente para producir el movimiento y acción del gripper del robot.

El robot hidráulico utiliza 25 válvulas de control, las cuales junto a los potenciómetros ubicados en cada articulación, proporciona al computador la posición exacta de cada parte del brazo del robot mientras se mueve.

El Robot Hidráulico HYD-2800 es un sistema de entrenamiento en Hidráulica Industrial que permite al estudiante percibir una aplicación industrial real dentro de un ambiente de laboratorio ya que este robot es un manipulador de uso general controlado por un computador.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El aporte principal de este proyecto radica en la actualización del dispositivo empleado para el proceso de control y adquisición de datos del Robot Hidráulico HYD-2800, el dispositivo de interfaz por puerto USB se escogió debido a sus características principales como la fácil conexión, configuración y la alta velocidad de transmisión de datos.

El puerto USB ha llegado a ser una interfaz popular entre la PC y los dispositivos, además tiene una operación amigable con el usuario, lo que proporciona gran facilidad para instalar un dispositivo ya que el sistema operativo lo reconoce automáticamente.

La tarjeta de control y adquisición de datos por puerto USB seleccionada para el presente proyecto cumple con características importantes como tener 16 entradas/salidas, 8 entradas analógicas en modo single ended o 4 entradas analógicas en modo diferencial, una salida analógica, external trigger y contadores. Con estas ventajas que ofrece la tarjeta el estudiante podrá adquirir

mejores conocimientos y destrezas, ya que la instalación y programación es fácil de comprender y puede ser utilizada en trabajos de control en las materias como Instrumentación y Robótica.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo Principal

Realizar el diseño, implementación y documentación del Sistema de Control para el Robot Hidráulico HYD-2800.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual del Robot Hidráulico HYD-2800.
- Realizar los cambios necesarios para alcanzar el óptimo funcionamiento del Robot Hidráulico.
- Seleccionar una tarjeta de control y adquisición de datos por puerto USB que cumpla con los requerimientos necesarios para la manipulación del Robot Hidráulico y además analizar el costo-beneficio de la tarjeta.
- Estudiar las principales características de funcionamiento de la tarjeta de control y adquisición de datos seleccionada.
- Implementar una interfaz HMI (Human Machine Interface) en un ambiente agradable y comprensible para el estudiante.
- Implementar un Sistema de Monitoreo con una cámara web de video para monitorear los movimientos del Robot Hidráulico.
- Desarrollar prácticas de laboratorio orientadas a la comprensión del nuevo sistema de control y adquisición de datos.
- Documentar adecuadamente el proyecto.

1.4 ALCANCE

En el presente proyecto se desea optimizar el robot hidráulico que actualmente se encuentra desactualizado en su funcionamiento.

Se realizará una necesaria actualización de hardware y software al robot hidráulico. Con este objetivo se usará una tarjeta de control y adquisición de datos por puerto USB en reemplazo de la tarjeta PCL-711 PC-MultiLab Card que actualmente se encuentra instalada y con problemas de funcionamiento.

Se colocará en la estación del robot hidráulico una cámara Web de Video para realizar un control visual de las trayectorias efectuadas con la misión de monitorear y corregir las mismas.

Se desarrollarán prácticas de laboratorio con el objetivo de que el estudiante pueda demostrar que es posible coordinar dispositivos comunes de computadoras ordinarios con aplicaciones industriales reales más sofisticadas.

Para finalizar se realizará la documentación necesaria del funcionamiento del Sistema de Monitoreo, la integración de la tarjeta de adquisición de datos por puerto USB al robot hidráulico HYD-2800 y la programación utilizada para la Interfaz Hombre-Máquina (HMI).

CAPÍTULO II

ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800

2.1 ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800

2.1.1 Introducción

El Robot Hidráulico HYD-2800 es un sistema de entrenamiento que ayuda a los estudiantes a comprender las aplicaciones reales en una industria dentro de un ambiente de laboratorio. Estos robots utilizan un sistema de impulsión hidráulica debido a que son robots grandes y sofisticados.¹

El sistema de impulsión hidráulica facilita al robot tener mayor velocidad y resistencia mecánica por ser muy flexibles y compactos. Pueden diseñarse para actuar en articulaciones lineales o rotacionales. La desventaja de estos sistemas es que requieren mayor espacio y es propenso a fugas de aceite. Estos sistemas son requeridos cuando el robot necesita energía, precisión y resistencia al entorno.

La velocidad del robot es controlada por válvulas proporcionales lo que facilita un movimiento preciso y flexible.

2.1.2 Grados Cinemáticos de Libertad

El Robot HYD-2800 tiene 4 grados de libertad, esto permite que sus movimientos sean independientes entre ellos (figura 2.1). El diseño cinemático del robot hidráulico impide redundancias en los movimientos de sus partes.

¹ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo I, 1996

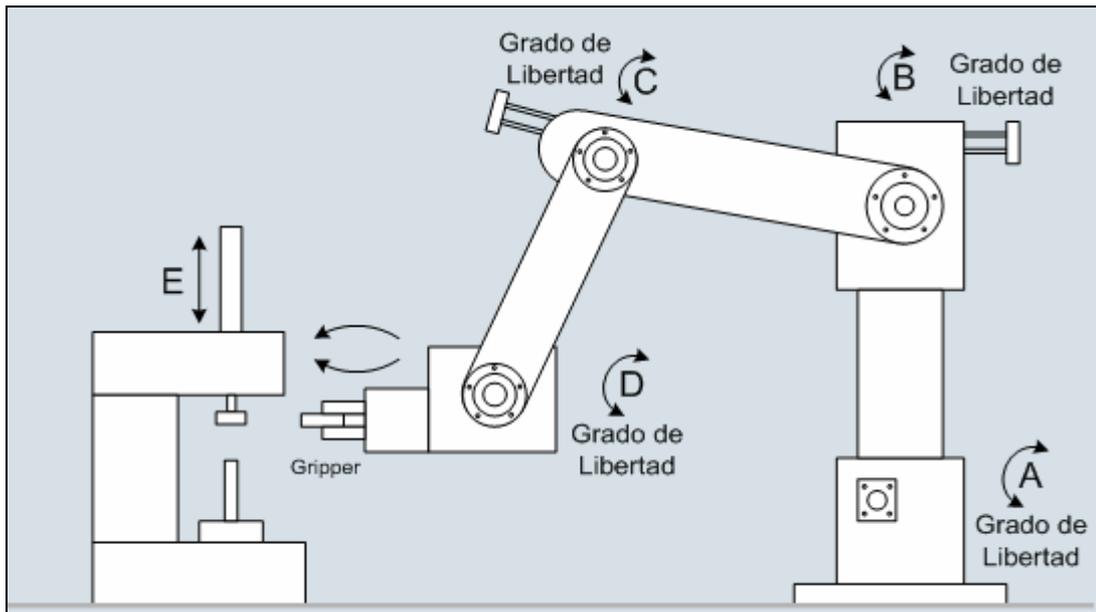


Figura. 2.1. Grados de Libertad del Robot Hidráulico HYD-2800

Cada uno de los ejes del Robot Hidráulico tiene un rango fijo de grados debido a que el volumen de trabajo no es completo como los robots de 6 grados de libertad (figura 2.2).

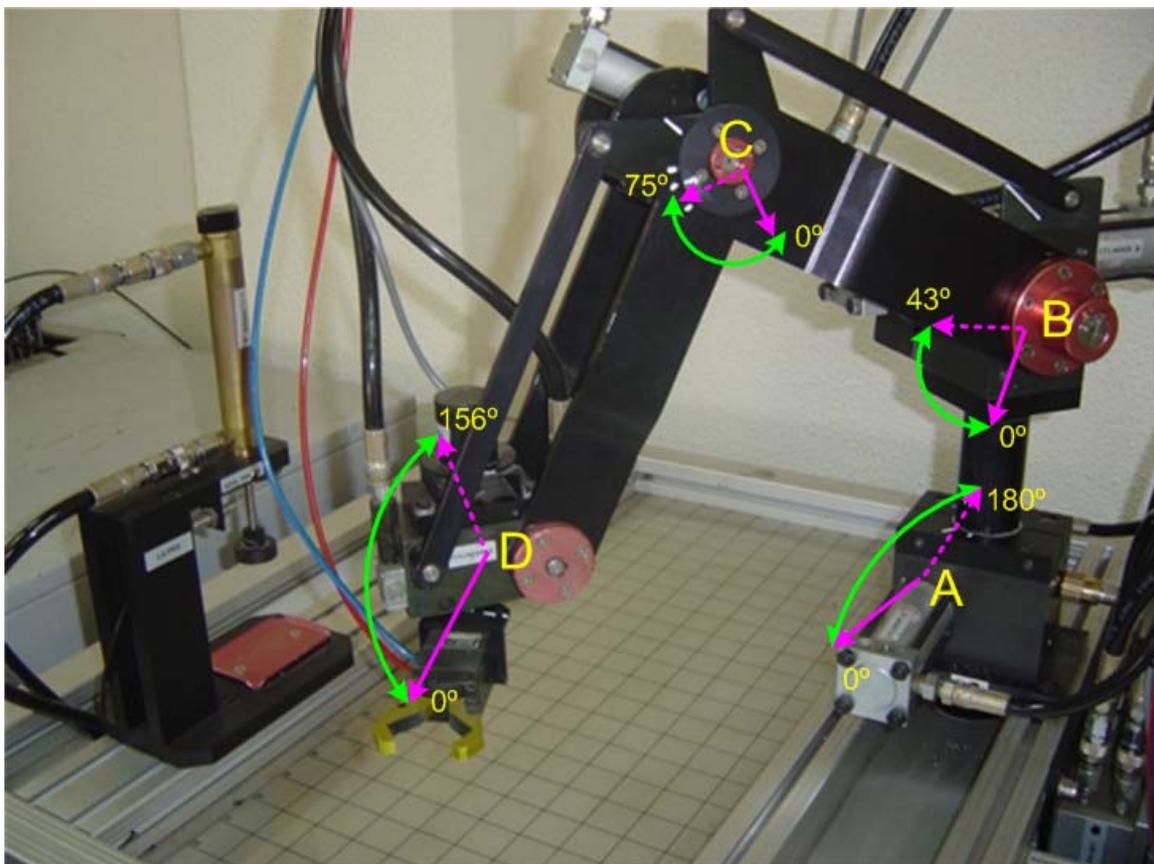


Figura. 2.2. Rango de los Ejes del Robot Hidráulico HYD-2800

2.1.3 Sistema de Impulsión

Los movimientos de las articulaciones del brazo se producen mediante cilindros metálicos de giro limitado con un sistema piñón - cremallera que desplaza al cilindro en una de las dos direcciones.

Para realizar los diferentes movimientos, el robot utiliza aceite hidráulico en su sistema de impulsión con las siguientes propiedades: densidad relativa 0.870:20C, viscosidad CST 7.0:100C, viscosidad brookfield 50.000 CP:40C max, índice de viscosidad mínimo 150, punto de fluidez -39 C max y punto de destalle 160 C min. La velocidad del robot depende de la válvula proporcional, la cual transforma los niveles de voltaje en variaciones de flujo, esto es interpretado como señales eléctricas lo que permite un control por el computador.

Los potenciómetros que se encuentran en cada articulación y las 25 válvulas de control, facilitan la información necesaria al computador para dar la posición exacta de los ejes del robot hidráulico.

El robot HYD-2800 tiene una bomba de aceite que trabaja con una presión de 20, 40 o 100 bar.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800

Las especificaciones técnicas que el usuario debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento de la Estación Hidráulica, se indican a continuación.

2.2.1 Unidad Hidráulica de Poder

El Robot Hidráulico HYD-2800 cuenta con una unidad hidráulica de poder (figura 2.3) que tiene como características principales las siguientes:

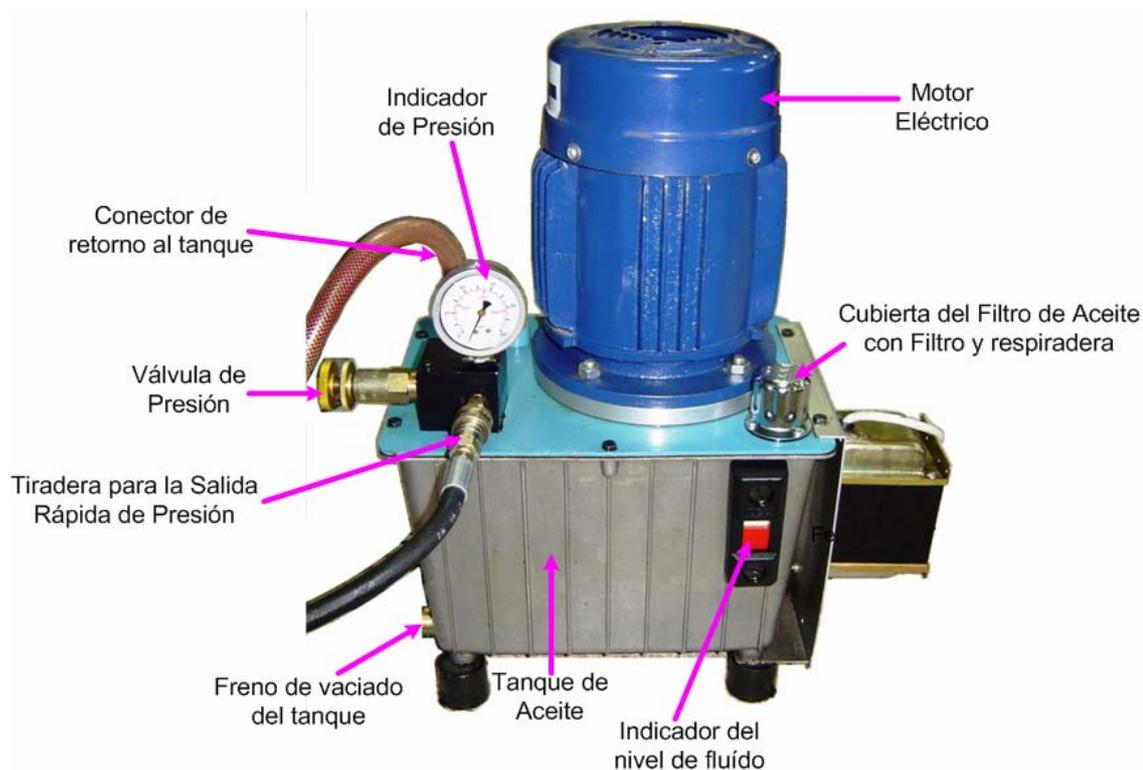


Figura. 2.3. Unidad hidráulica de poder

- Indicador de presión de 100 bar.
- Conector de retorno al tanque para la retroalimentación del aceite hidráulico.
- Válvula de Presión.
- Tiradera para la salida rápida de presión.
- Freno de vaciado del tanque.
- Tanque de Aceite, capacidad de 10 litros.
- Indicador del nivel de fluido, debe indicar $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad del tanque para su correcto funcionamiento.
- Cubierta del Filtro de Aceite con filtro y respiradora.
- Motor Eléctrico, monofásico de 115V, 1HP, capacitor permanente y 1500 RPM.

2.2.2 Brazo Hidráulico

El brazo hidráulico está conformado por 5 cilindros y un gripper, como se muestra en la figura 2.4.

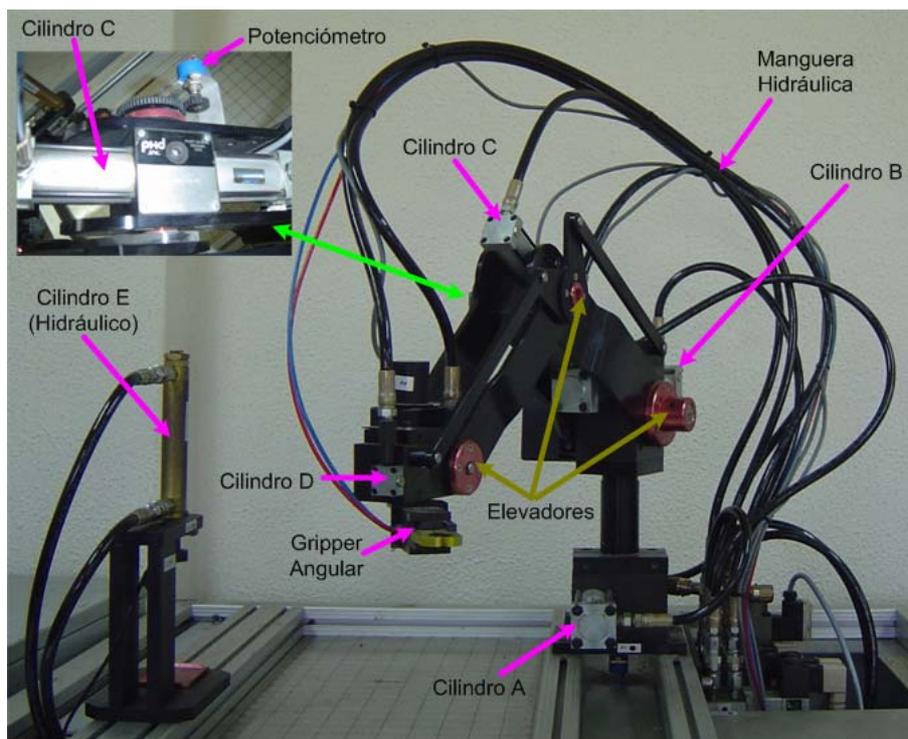


Figura. 2.4. Brazo Hidráulico

- Los cilindros A, B, C y D son de eje giratorio debido a que las articulaciones describen trayectorias polares desde un punto fijo. El funcionamiento del cilindro se da inyectando aceite en un extremo, de manera que la presión que se ejerce produzca movimiento en el sistema piñón – cremallera que se encuentra en su interior, para desplazar al otro sentido solo se le inyecta presión al extremo contrario del cilindro.
- El gripper funciona con alimentación neumática, sus movimientos son de abierto (5 V_{DC}) y cerrado (0V) según la señal digital de salida.
- El cilindro hidráulico E tiene la función de prensa y su desplazamiento de arriba se da inyectando aceite a uno de sus extremos y el desplazamiento hacia abajo se da inyectando aceite en sentido contrario.
- Las mangueras hidráulicas permite que fluya aceite hidráulico hacia los cilindros.
- Los potenciómetros que se encuentran en cada articulación del brazo hidráulico, facilitan la información necesaria al computador para conocer la posición exacta de los ejes.
- Los elevadores tienen la función de subir y bajar las articulaciones, con ayuda de los cilindros B y C.

2.2.3 Válvulas

Las válvulas que se muestra en la figura 2.5 permiten regular el flujo de aceite en el sistema, a continuación se explica la función de cada válvula:

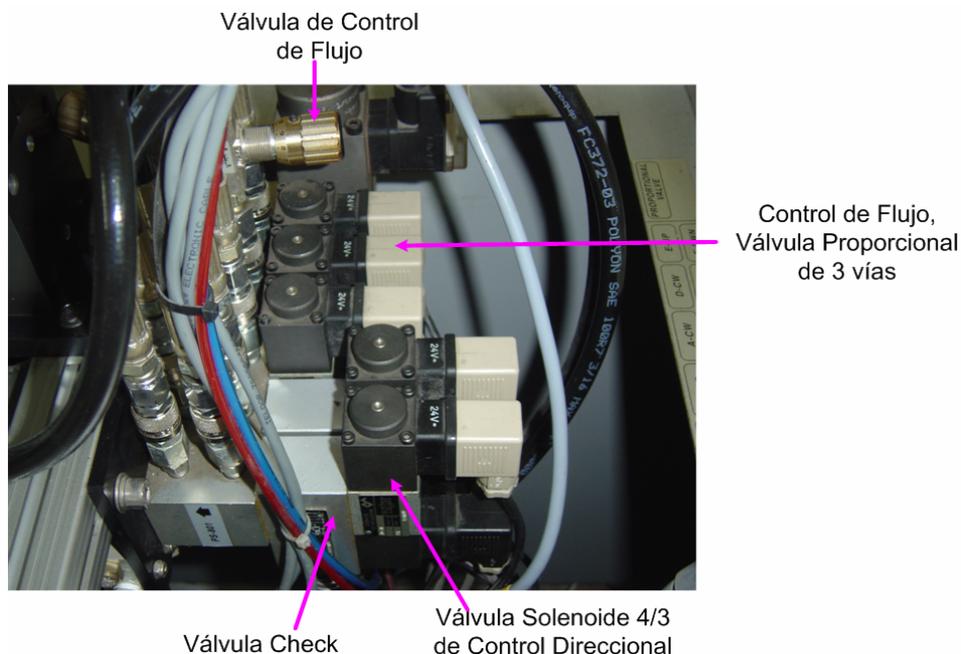


Figura. 2.5. Válvulas en el Robot Hidráulico

- Válvula de control de flujo, su función es para controlar el cilindro D. Existen 2 válvulas, una para cada dirección de movimiento.
- Válvula proporcional de 3 vías, cumple el objetivo de regular la velocidad del caudal del aceite por medio de una variación de voltaje de 0 – 5 V_{DC} que da el potenciómetro de control.
- La válvula solenoide 4/3 de control direccional controla la posición de los elementos de presión de aceite.
- Válvula check es la encargada de impedir una inversión en la circulación del aceite hidráulico. La función de la válvula es mantener al brazo hidráulico en alto.

2.2.4 Panel de Control

En la figura 2.6 se muestra el panel de control, sus componentes se explican a continuación:

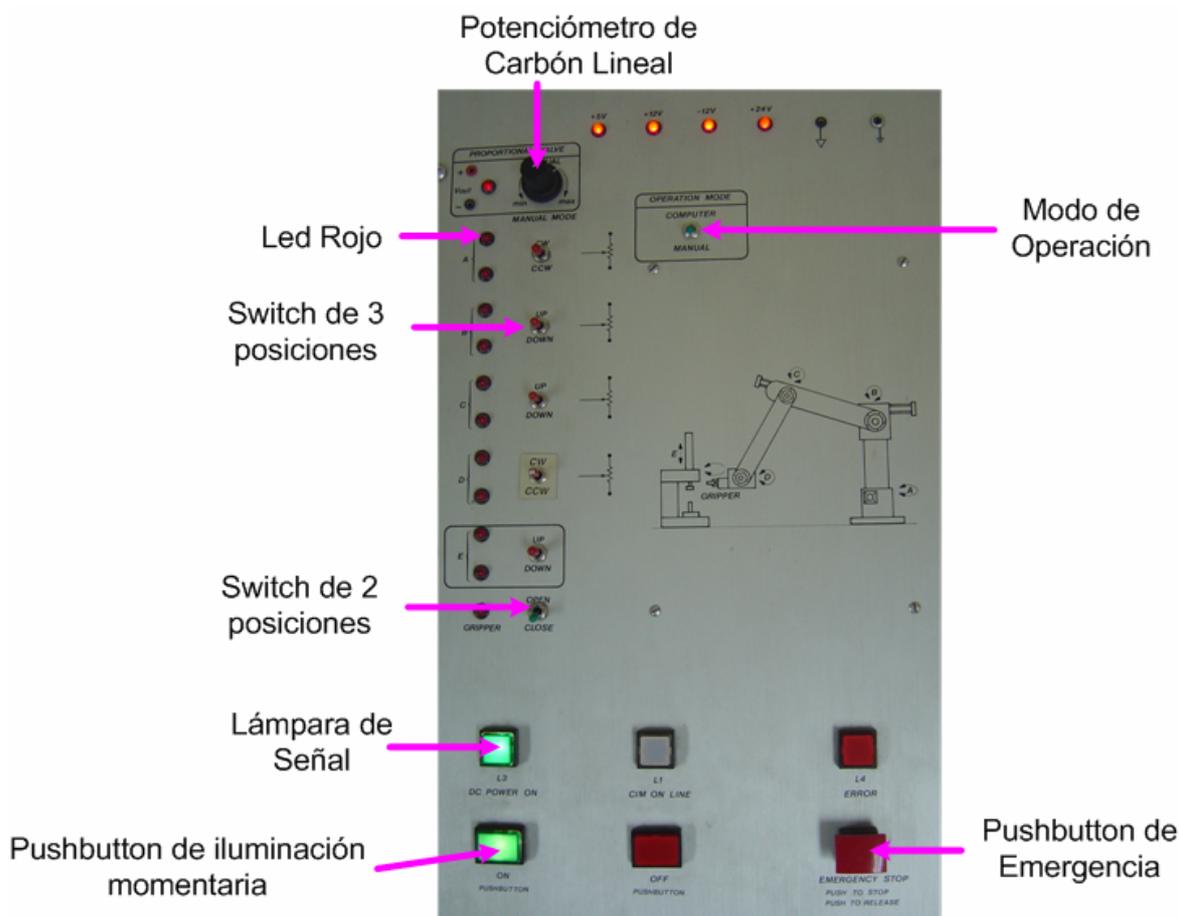


Figura. 2.6. Panel de Control del Robot Hidráulico

- El potenciómetro de carbón lineal cumple la función de regular la velocidad.
- Los leds rojos indican cual de los cilindros se están desplazando.
- Los switches de 3 posiciones ON-OFF-ON se encargan de accionar los cilindros según la posición ON.
- El switch de 2 posiciones activa y desactiva el gripper.
- La lámpara de señal indica que el robot hidráulico esta conectado a la fuente de alimentación eléctrica de 115 V_{AC}.
- Los pushbuttons de iluminación tienen la función de encendido y apagado de la unidad hidráulica de poder (bomba hidráulica).
- El modo de operación permite controlar la estación hidráulica de forma manual o por computador.
- El pushbutton de emergencia apaga la unidad de poder hidráulico en caso de que el robot hidráulico sea difícil de controlar.

2.2.5 Conectores

El robot hidráulico cuenta con tres conectores de 20 pines, cuya función es: para el conector J1 entrada y salida de señales analógicas, el conector J3 entrada de señales digitales y el conector J4 salida de señales digitales (figura 2.7).

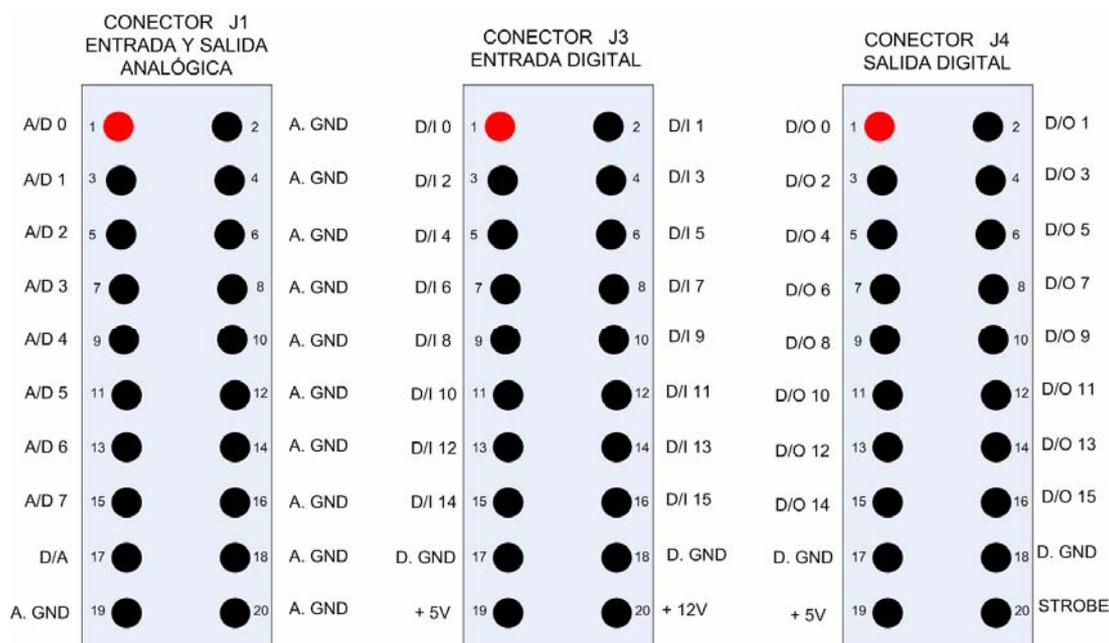


Figura. 2.7. Conectores J1, J2 y J3 del Robot Hidráulico

A continuación en la tabla 2.1 se explica la leyenda de los pines.

Tabla. 2.1. Descripción de los pines

A/D	Entrada Analógica
A. GND	Tierra Analógica
D/A	Salida Analógica
D/O	Salida Digital
D/I	Entrada Digital
D. GND	Tierra Digital
STROBE	Señal externa para mantener los datos D/I

CAPÍTULO III

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PMD-1208LS

3.1 INTRODUCCIÓN

La tarjeta PMD-1208LS (Personal Measuring Device) de la Measurement Computing es un dispositivo que tiene compatibilidad con ambos puertos: el USB 1.1 y el USB 2.0 de baja velocidad que es usada para control y adquisición de datos (figura 3.1). La tarjeta PMD-1208LS trabaja con los sistemas operativos Windows 98 Segunda Edición, Windows Millenium Edition, Windows 2000 y Windows XP.²



Figura. 3.1. Dispositivo USB PMD-1208LS

² MEASUREMENT COMPUTING, PMD-1208LS Personal Measurement Device for Analog and Digital I/O User's Guide, 2004

Las características 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 V_{DC} 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 sea para entrada o para salida.

3.1.1 Diagrama de Bloques de la PMD-1208LS

La figura 3.2 muestra un diagrama de bloques funcional de la PMD-1208LS.

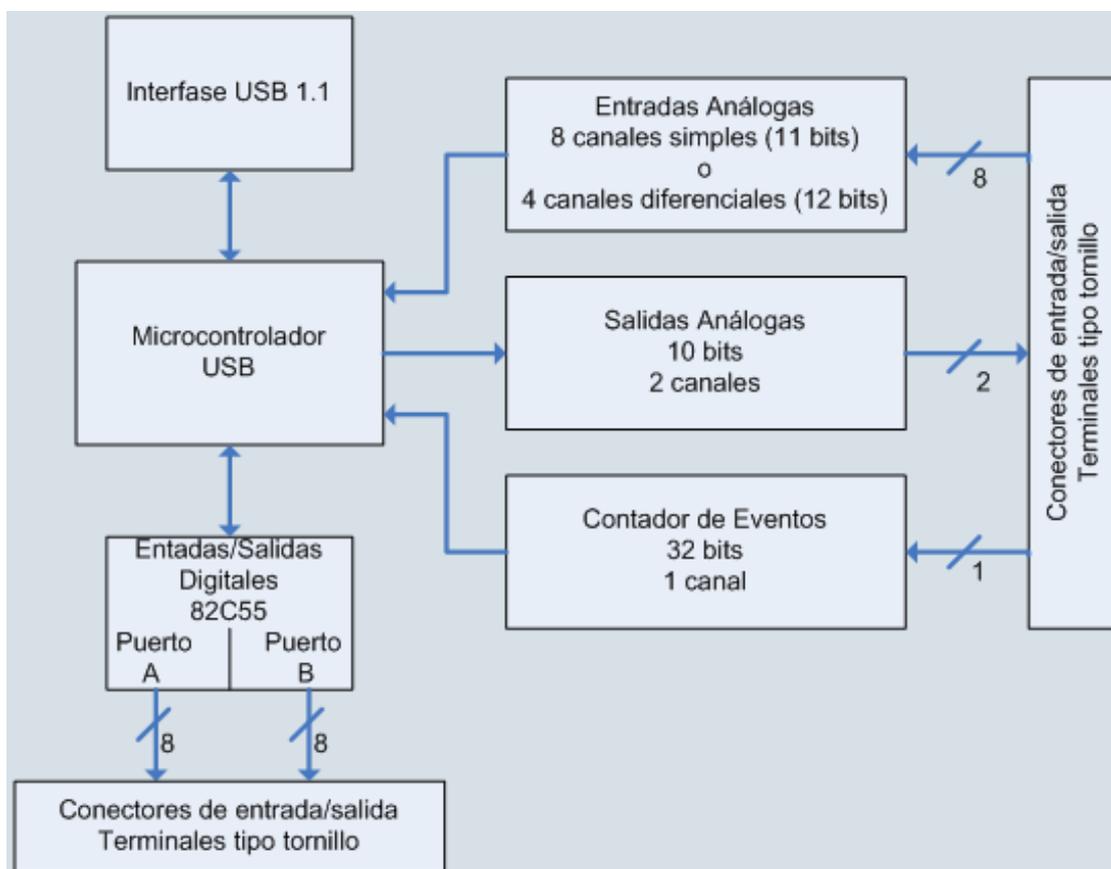


Figura. 3.2. Diagrama de bloques funcional de la PMD-1208LS

3.1.2 Características del Software

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

3.1.2.1 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.

3.1.2.2 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.

3.1.3 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.

3.2 COMPONENTES DEL HARDWARE DE LA TARJETA PMD-1208LS

En el paquete de la tarjeta PMD-1208LS se incluyen los siguientes aditamentos (figura 3.3):

- El dispositivo PMD-1208LS
- Cable USB

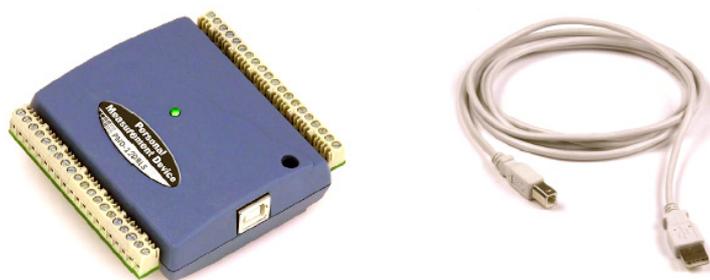


Figura. 3.3. Tarjeta PMD-1208LS y Cable USB

3.3 COMPONENTES DEL SOFTWARE DE LA TARJETA PMD-1208LS

La tarjeta PMD-1208LS viene con un CD de instalación (figura 3.4), 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. 3.4. CD de software

La instalación, configuración y verificación de la tarjeta se lo realiza por medio del CD de software con el programa InstaCal que viene en la tarjeta PMD-1208LS, para realizar una correcta instalación ver anexo 1.

3.4 COMPONENTES EXTERNOS

La tarjeta PMD-1208LS tiene los siguientes componentes externos, como se muestra en la figura 3.5.

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

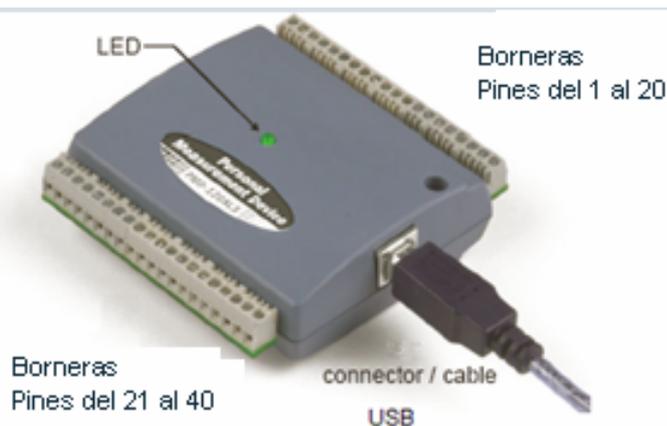


Figura. 3.5. La Tarjeta USB PMD-1208LS

3.4.1 Conector USB

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

3.4.2 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 tabla 3.1 define la función del led del dispositivo PMD-1208LS.

Tabla. 3.1. Iluminación del LED de la tarjeta PMD-1208LS

ILUMINACIÓN DEL LED	INDICACIÓN
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 analógica 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.

3.4.3 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 3.6:



Figura. 3.6. Números de Pin de los terminales de la PMD-1208LS

3.4.3.1 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)

3.4.3.2 Pines 21 – 40

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

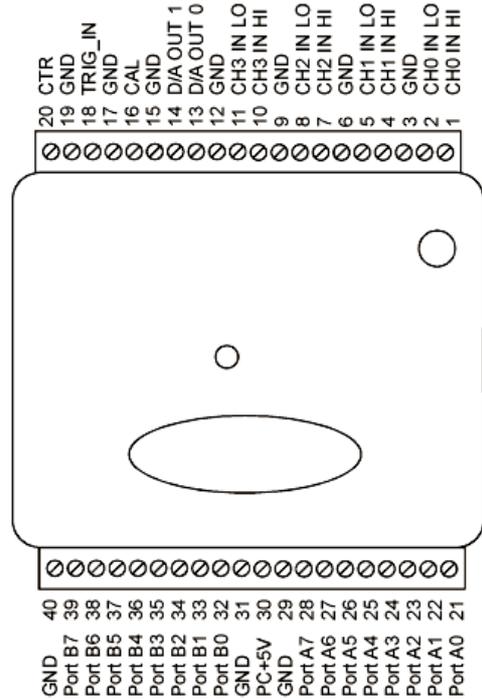
- 16 conexiones de entrada/salida digital (PortA0 a PortA7, y PortB0 a PortB7).
- Una conexión de voltaje (PC+5 V)
- Tres conexiones de tierra (GND)

3.4.4 Conector Principal y Pines de Salida

- Tipo de Conector: Bornera.
- Rango de Indicación del cable: 16 AWG a 30 AWG.

Los pines de salida son en modo individual y diferencial (figura 3.7).

Pines de Salida en modo 4 Canales Diferenciales



Pines de Salida en modo 8 Canales Individuales

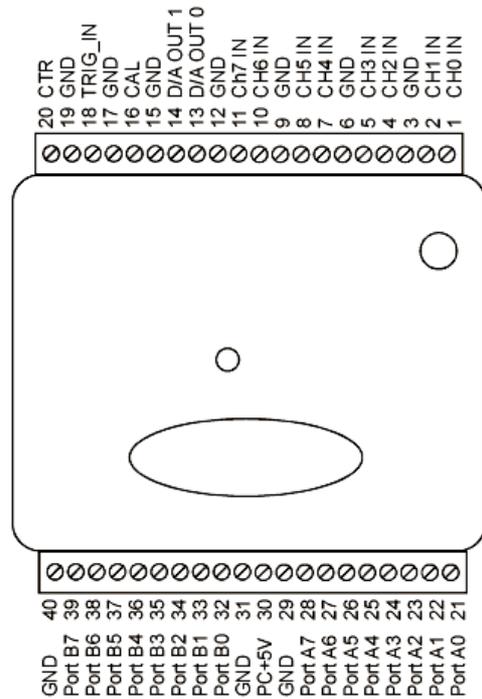


Figura. 3.7. Diagrama de Pines de la PMD-1208LS

3.4.5 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 3.7 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.

3.4.5.1 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 $\pm 10 V_{DC}$. No existen otros rangos con que la tarjeta pueda trabajar en modo individual. La figura 3.8 ilustra una conexión para una medición en modo individual.

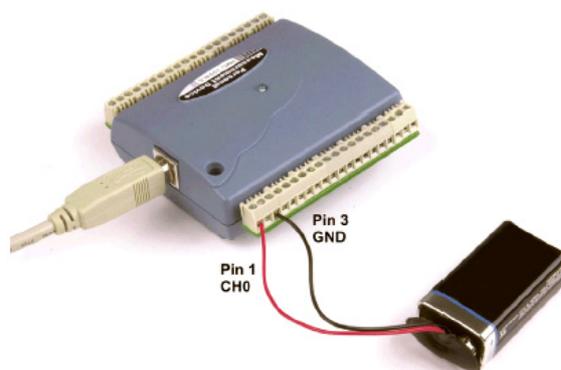


Figura. 3.8. Conexión básica para una medición en modo de entrada individual

3.4.5.2 Medidas en Modo Individual usando Canales Diferenciales

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

3.4.5.3 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, la señal de entrada es medida con respecto a la 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 veces, y un rango dinámico de hasta 16 bits. Los rangos de voltaje de entrada en modo diferencial son ± 20 V, ± 10 V, ± 5 V, ± 4 V, ± 2.5 V, ± 2.0 V, ± 1.25 V y ± 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 V a +20 V con el fin de proporcionar un resultado útil.

Por ejemplo, se ingresa una onda senoidal de 4 Vpp a CH HI y se aplica la misma señal senoidal 180° desfasada a CH LO (figura 3.9). El voltaje en modo común es 0 V. El voltaje diferencial de entrada oscila desde 4 V – (-4 V) = 8 V. Ambas entradas satisfacen el requisito de rango de entrada de -10 V a +20 V, y el voltaje diferencial está hecho para el rango de entrada de ± 10 V.

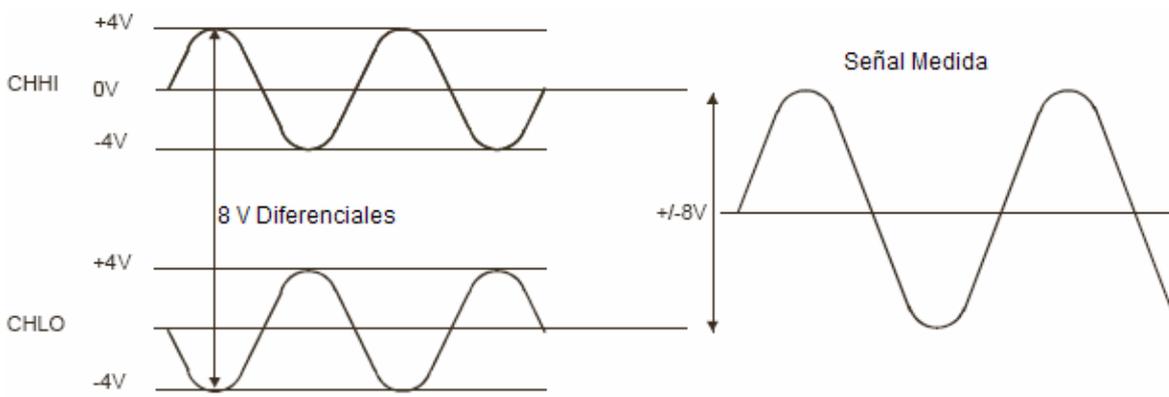


Figura. 3.9. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 0 V

Si se incrementa el voltaje en modo común a 11V (figura 3.10), el diferencial permanece en ± 8 V. Aunque el [voltaje en modo común + señal] en cada entrada ahora tiene un rango de +7 V a +15 V, ambas entradas aún satisfacen el requisito de entrada de -10 V a +20V.

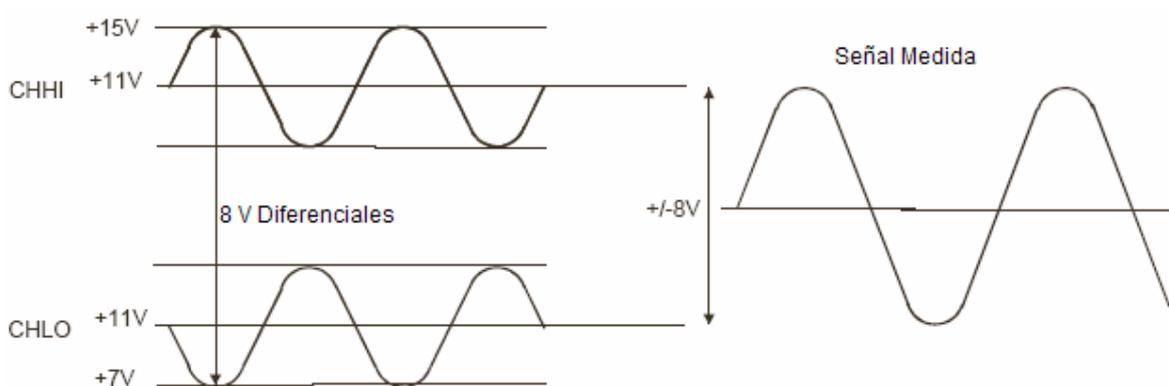


Figura. 3.10. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 11 V

Si se reduce el voltaje en modo común a -7 V (figura 3.11), el diferencial permanece en ± 8 V. Sin embargo, la solución ahora infringe la condición de rango de entrada de -10 V a +20 V. El voltaje en cada entrada análoga ahora oscila de -3 V a -11 V. Los voltajes entre -10 V y -3 V cumplen, pero aquellos por debajo -10V están cortados.

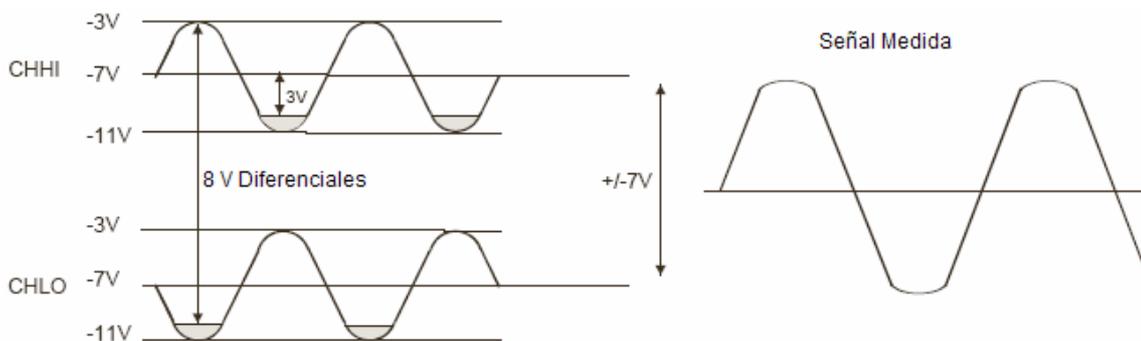


Figura. 3.11. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de -7 V

Ya que las entradas análogas están restringidas a una oscilación desde -10 V a + 20 V con respecto a tierra, todos los rangos, *excepto* ± 20 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 ± 20 V es la excepción. No es posible poner -20 V en CH HI y 0 V en CH LO ya que esto infringe el criterio de rangos de entrada.

La tabla 3.2 muestra algunas entradas posibles y el resultado esperado.

Tabla. 3.2. Ejemplos de entrada y resultados diferenciales en la PMD-1208LS

CH HI	CH LO	Resultado
-20 V	0 V	No válido
-15 V	+5 V	No válido
-10 V	0 V	-10 V
-10 V	+10 V	-20 V
0 V	+10 V	-10 V
0 V	+20 V	-20 V
+10 V	-10 V	+20 V
+10 V	0 V	+10 V
+15 V	-5 V	+20 V
+20 V	0 V	+20 V

3.4.6 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 3.7 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 switch de la figura 3.12. Si el switch está colocado en la entrada de +5 V, el Port A0 lee VERDADERO (1). Si se mueve el switch a GND, el Port A0 lee FALSO (0).

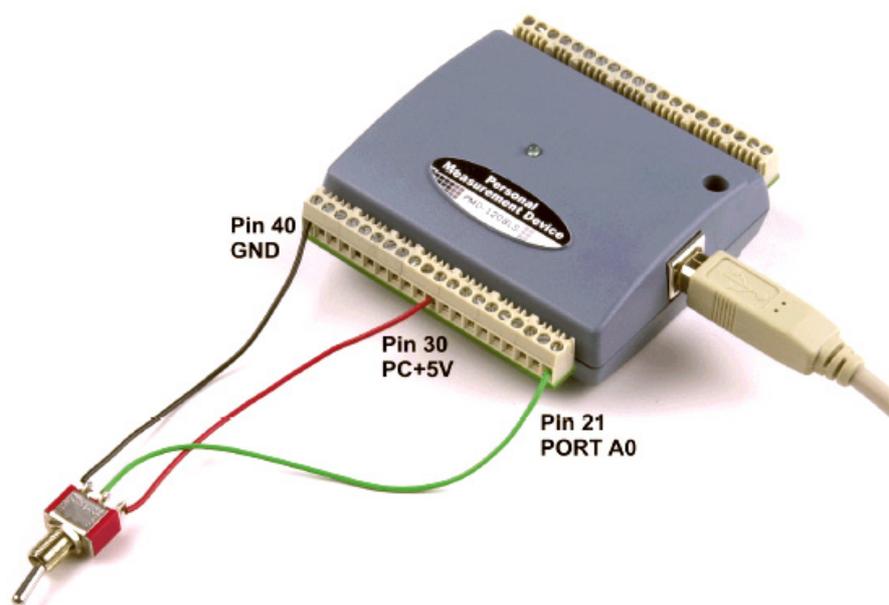


Figura. 3.12. Conexión digital en Port A0 detectando el estado de un switch

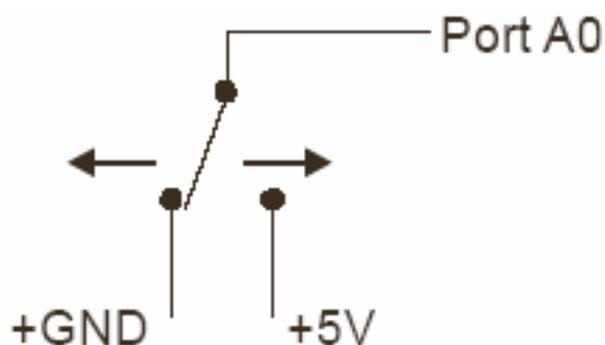


Figura. 3.13. Esquemático mostrando el estado del switch conectado al Port A0

3.4.7 Terminal de VCC

La conexión PC +5 V está localizada en el pin 30 de las borneras (refiérase a la figura 3.7 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, no se debe conectar una fuente externa de poder al terminal porque puede dañar el dispositivo y posiblemente el puerto de la computadora.

La corriente total máxima que puede ser suministrado 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 puerto USB como se indica:

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

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 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.

3.4.8 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 3.7 para la ubicación de estos pines).

3.4.9 Terminal de Calibración

La conexión CAL está localizada en el pin 16 de las borneras (refiérase a la figura 3.7 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*.

3.4.10 Terminal Contador

La entrada del contador de eventos externo es por medio del pin 20 CTR en las borneras (refiérase a la figura 3.7 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.

3.4.11 Precisión de la Tarjeta PMD-1208LS

La precisión en general de cualquier instrumento está limitada por el error de los componentes dentro de un sistema. Muy a menudo, la resolución es incorrectamente usada para cuantificar el rendimiento de un equipo de medición. Mientras que “12 bits” o “1 parte en 4096” no indica qué puede ser determinado, este provee una pequeña indicación acerca de la calidad de la medición absoluta. Las especificaciones de precisión describen los resultados actuales que pueden ser realizados por un dispositivo de medición.

Existen tres clases de tipos de error, los cuales afectan la precisión de un sistema de medición:

- Offset
- Ganancia
- No linealidad

Las fuentes primordiales de error en la PMD-1208LS son el offset y la ganancia. La no linealidad es pequeña en la PMD-1208LS y no es una fuente significativa de error comparada con el offset y la ganancia.

La figura 3.14 muestra una función de transferencia ideal, sin errores, de la PMD-1208LS. La precisión de la calibración de la PMD-1208LS es dependiente del rango. Se usa un rango de $\pm 10V_{DC}$ como ejemplo de que se puede esperar cuando se realiza una medición en este rango.

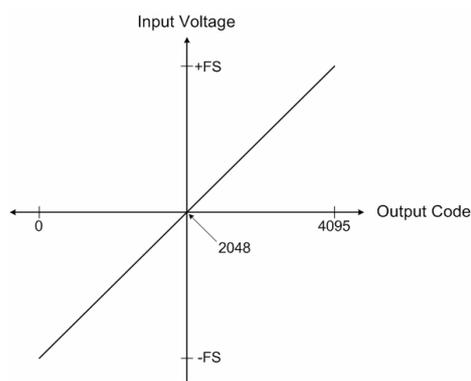


Figura. 3.14. Función de transferencia ideal del ADC

El error de offset en la PMD-1208LS es medida a media escala. Idealmente, una entrada de cero voltios debería producir un código de salida de 2048. Cualquier desviación de esto es un error de offset. La figura 3.15 muestra la función de transferencia de la PMD-1208LS con un error de offset. Un típico error de offset en el rango de $\pm 10V_{DC}$ va en el orden de $\pm 9.77 mV_{DC}$. El error de offset afecta todos los códigos por igual al desviar toda la función de transferencia hacia arriba o abajo a lo largo del eje de entrada de voltaje.

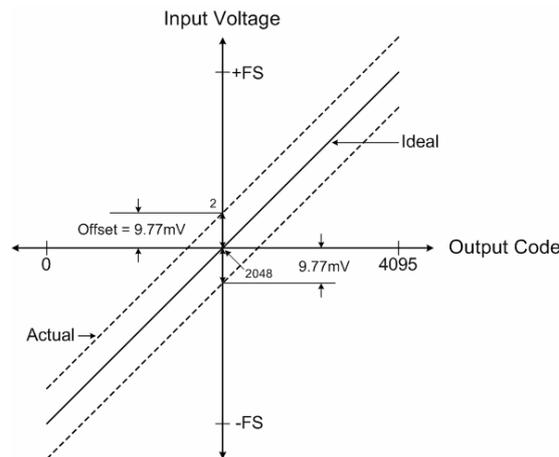


Figura. 3.15. Función de transferencia del ADC con error de offset

El error de ganancia es un cambio en la pendiente de la función de transferencia desde lo ideal y es típicamente expresado como un porcentaje de toda la escala. La figura 3.16 muestra una función de transferencia de la PMD-1208LS con un error de ganancia. El error de ganancia es fácilmente convertido a voltaje al multiplicar la escala total de entrada por el error.

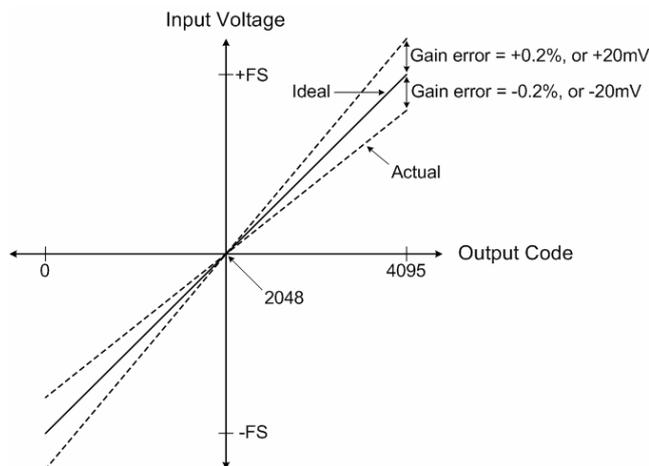


Figura. 3.16. Función de transferencia del ADC con error de ganancia

Por ejemplo, la PMD-1208LS exhibe un típico error de ganancia de $\pm 0.2\%$ en todos sus rangos. Para el rango de $\pm 10V_{DC}$, esto resultaría en $10V_{DC} \times \pm 0.002 = \pm 20mV_{DC}$. Esto significa que, a escala total, olvidando el efecto de offset por el momento, la medición sería de hasta $20mV_{DC}$ del valor actual. Nótese que el error de ganancia es expresado como una proporción. Los valores cercanos a \pm la escala total son más afectados desde un voltaje absoluto que lo que son los valores cercanos a media escala, los cuales tienen poco o nada de error de voltaje.

Combinando estas dos fuentes de error, en la figura 3.17 abajo, se tiene un gráfico de la banda de error de la PMD-1208LS para el rango de $\pm 10V_{DC}$. Esta es una versión gráfica de la típica precisión de este producto.

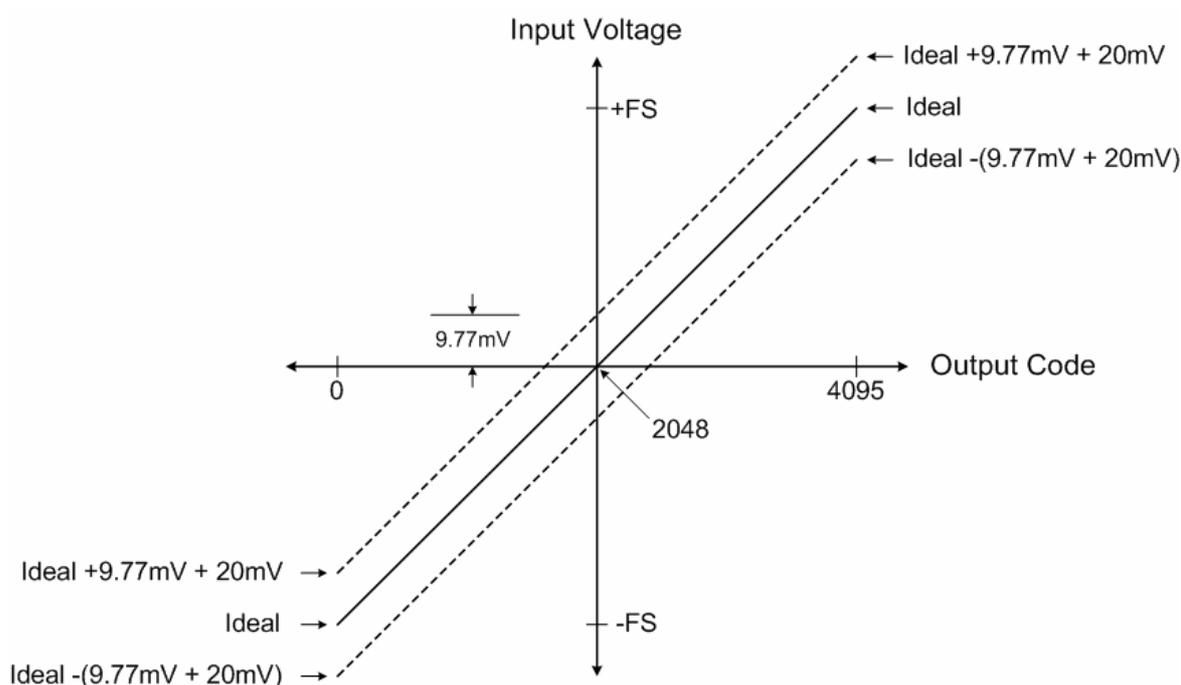


Figura. 3.17. Gráfico de la banda de error

3.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TARJETA PMD-1208LS

Las especificaciones de las señales de entrada/salida tanto digitales como analógicas de la Tarjeta PMD-1208LS son las siguientes:

3.5.1 Entradas Analógicas

Tabla. 3.3. Especificaciones Técnicas de las entradas analógicas

Parámetro	Condición	Especificación
Tipo de conversión A/D		Tipo de Aproximación Sucesiva
Rango de voltaje de entrada para operación lineal, en Modo Single Ended	CHx a GND	±10V max
Rango de voltaje de entrada para operación lineal, en Modo Diferencial	CHx a GND	-10V min, +20V max.
Entrada de voltaje máxima absoluta	CHx a GND	±40V max
Corriente de entrada	Vin = +10V	70Ma
	Vin = 0V	-12µA
	Vin = -10V	-94µA
Número de entradas		Por software se selecciona 8 simples / 4 diferenciales
Rango de entrada, Modo Single Ended		±10V, G = 2
Rango de entrada, Modo Diferencial		Por selección de software ±20V, G = 1 ±10V, G = 2 ±5V, G = 4 ±4V, G = 5 ±2.5V, G = 8 ±2.0V, G = 10 ±1.25V, G = 16 ±1.0V, G = 20
Resolución	Diferencial	12 bits, ningún código perdido
	Simple	11 bits.
Exactitud CAL	CAL = 2.5V	±0.05% typ, ±0.25% max

3.5.2 Salidas Analógicas

Tabla. 3.4. Especificaciones Técnicas de las salidas analógicas

Parámetro	Condición	Especificaciones
Tipo de conversión D/A		PWM
Resolución		10 bits, de 1 a 1024
Rango de salida máxima		0 – 5 Volts
Número de canales		2 Salidas de Voltaje
Encendido y voltaje de reset		Inicializado a código 000h
Voltaje máximo	No cargado	Vs
	1mA cargado	0.99*Vs
	5mA cargado	0.98*Vs
Rendimiento	Cada salida D/A	30Ma
Rate		0.14V/mS typ

3.5.3 Entradas / Salidas Digitales

Tabla. 3.5. Especificaciones Técnicas de las entradas/salidas digitales

Tipo Digital:	82C55
Número de I/O:	16 (Puerto A de A0 a A7, Puerto B de B0 a B7).
Configuración:	2 bancos de 8.
Voltaje de Entrada Alta:	2.0V min, 5.5V max absoluto.
Voltaje de Entrada Baja:	0.8V max, -0.5V min absoluto.
Voltaje de Salida Alta:	3.0V min.
Voltaje de Salida Baja:	0.4V max.

3.5.4 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación que soporta el software Universal Library para facilitar el acceso a las funciones de la tarjeta PMD-1208LS deben ser de 32 bits bajo Windows. Entre los principales tenemos:

- LabVIEW
- Visual Basic
- Visual C/C++
- Borland C++
- Microsoft C
- Quick C
- Delphi

CAPÍTULO IV

SOFTWARE DE LA INTERFAZ

4.1 DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI

La interfaz hombre-máquina (HMI) es un canal de comunicación entre el usuario y el computador. El objetivo del diseño del HMI es interactuar el hardware y software de una forma sencilla para el operador (figura 4.1).

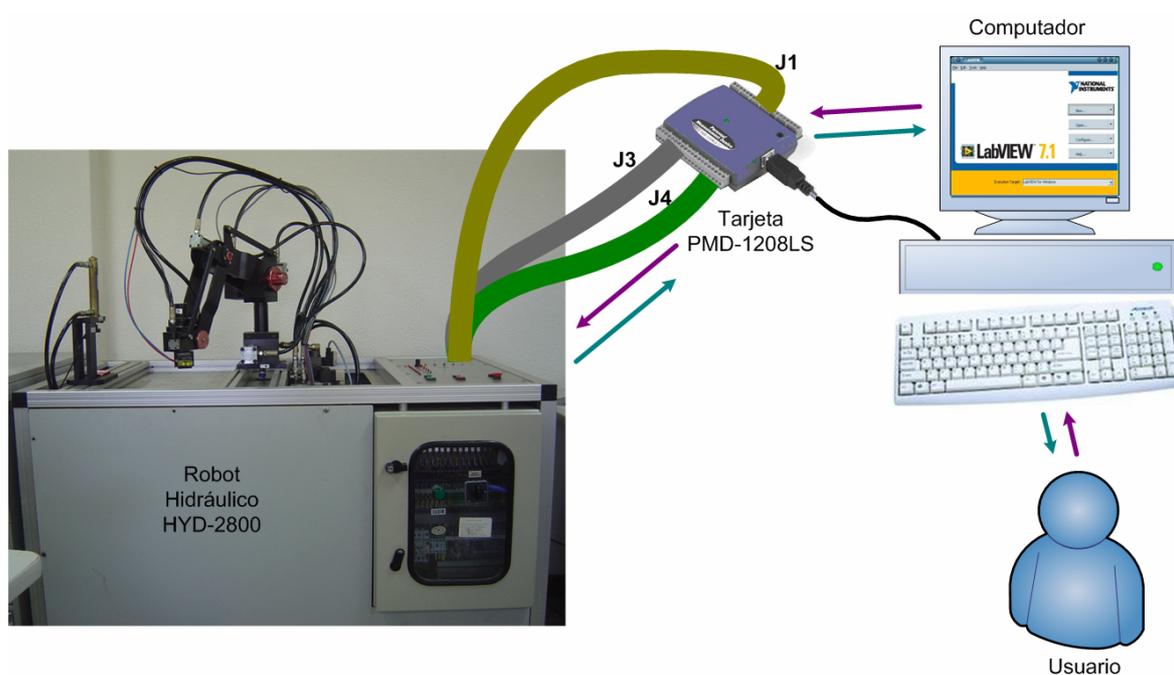


Figura. 4.1. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

El software utilizado para el HMI es la LabVIEW 7.1 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) que es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con

hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

LabVIEW se aplica en sistemas de medición, monitoreo de procesos y aplicaciones de control. Un ejemplo de esto pueden ser: sistemas de monitoreo en transportación, laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial.

Al diseñar programas con LabVIEW se trabaja bajo la denominación VI, es decir, un instrumento virtual. Caracterizándose los VI's por tener como símbolo un cuadrado relacionado con su funcionalidad, una interfaz con el usuario, entradas con colores de identificación de datos, una o varias salidas; y además serán utilizados cada vez que el operador lo requiera.

Un programa en LabVIEW se divide en *Panel Frontal* y *Diagrama de bloques*. El *Panel Frontal* es la interfaz con el usuario, en él se definen los *controles* e *indicadores* que se muestran en pantalla. El *Diagrama de Bloques* es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan iconos que realizan una determinada función.

El HMI creado por el software LabVIEW 7.1 permite al usuario:

- Tener un ambiente agradable para el control de la Estación Hidráulica, ya que la pantalla se visualiza con gráficos de control.
- Tener un dispositivo apuntador, típicamente un mouse.
- Dar una respuesta visual a las acciones de la Estación Hidráulica.
- Manipular los botones On/Off del Robot Hidráulico y del gripper.
- Regular la velocidad con el control proporcional.
- Manipular los cilindros A,B,C,D y E para realizar una tarea.
- Conocer su posición exacta y los límites de desplazamiento de las articulaciones.
- Corregir errores de configuración.
- Realizar múltiples aplicaciones.

4.1.1 Funciones Analógicas y Digitales de la Librería Universal para LabVIEW

El software LabView 7.1 se lo escogió debido a que la tarjeta PMD-1208LS viene con una Librería Universal para dicho programa que consiste en un conjunto de VIs de bajo nivel que se conectan entre sí para formar una aplicación.

Para una mejor comprensión de los VIs, cuando se refiera a un **bit**, se entenderá como un solo pin digital cualquiera en la tarjeta. Cuando se refiera a un **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 tanto digitales como analógicos son:

4.1.1.1 DBitIn.VI

Lee el estado de un bit simple digital de entrada. Esta VI trabaja con todos los puertos digitales de entrada/salida (figura 4.2). Primero se debe usar DCfgPort.VI para configurar el puerto sea como entrada o salida.

Conexión:

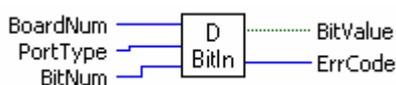


Figura. 4.2. VI DBitIn

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.

4.1.1.2 DBitOut.VI

Establece el estado de un bit simple digital de salida. Esta VI trabaja con todos los puertos digitales de entrada/salida (figura 4.3). Primero se debe usar DCfgPort.VI para configurar el puerto sea como entrada o salida.

Conexión:

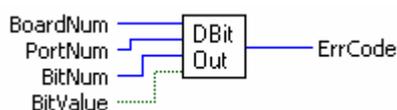


Figura. 4.3. VI DBitOut

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.

4.1.1.3 DCfgPort.VI

Configura un puerto digital como entrada o salida (figura 4.4).

Conexión:

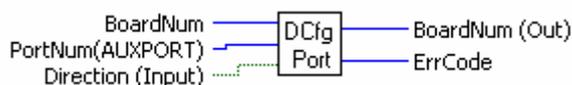


Figura. 4.4. VI DCfgPort

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.

4.1.1.4 DIn.VI

Lee un puerto digital de entrada (figura 4.5).

Conexión:



Figura. 4.5. 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.

4.1.1.5 DOut.VI

Escribe un byte a un puerto digital de salida (figura 4.6).

Conexión:

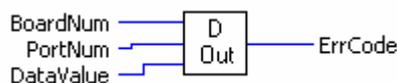


Figura. 4.6. VI DOut

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.

4.1.1.6 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 (figura 4.7).

Conexión:

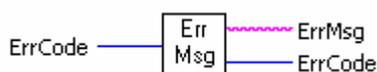


Figura. 4.7. VI ErrMsg

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.

4.1.1.7 AIn.VI

Lee los canales de entrada A/D (figura 4.8). Estas lecturas VIs de los canales A/D son especificados en la tarjeta. Si la tarjeta A/D tiene ganancia programable, se coloca la ganancia al rango especificado. El valor de A/D en unidades crudas se convierte a un valor de A/D y retorna un DataValue.

Conexión:

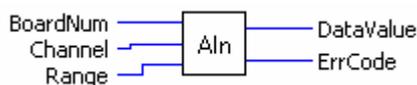


Figura. 4.8. VI AIn

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

Channel: Número de canal A/D.

Range: Rango de A/D.

Salida: **DataValue:** Valor A/D de entrada.

ErrCode: Código de error.

4.1.1.8 AOut.VI

Envía un valor a la salida D/A (figura 4.9).

Conexión:

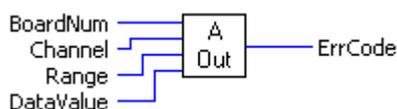


Figura. 4.9. VI AOut

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

Channel: Número de canal D/A.

Range: Rango del código D/A.

DataValue: Valor del D/A que se ingresa aquí.

Salida **ErrCode:** Código de error.

4.1.1.9 ToEng.VI

Convierte una muestra de la entrada analógica de unidades crudas a su equivalente en voltaje (figura 4.10).

Conexión:

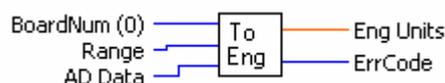


Figura. 4.10. VI ToEng

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

Range: Rango A/D a utilizar en la conversión.

AD Data: Valor crudo de entrada retornado por la tarjeta a ser transformado.

Salida EngUnits: Valor de salida equivalente en voltaje. El valor estará en el rango especificado.

ErrCode: Error de código.

4.1.2 Configuración de la Tarjeta para la Interfaz Hombre - Máquina (HMI)

Para el correcto funcionamiento del HMI se debe realizar primero la configuración de la tarjeta PMD-1208LS de la siguiente manera:

- Conectar la tarjeta PMD-1208LS al computador por puerto USB.
- Ejecutar el acceso directo al Instacal (figura 4.11).



Figura. 4.11. Acceso directo al Instacal

- Verificar si el número de board es cero (figura 4.12).

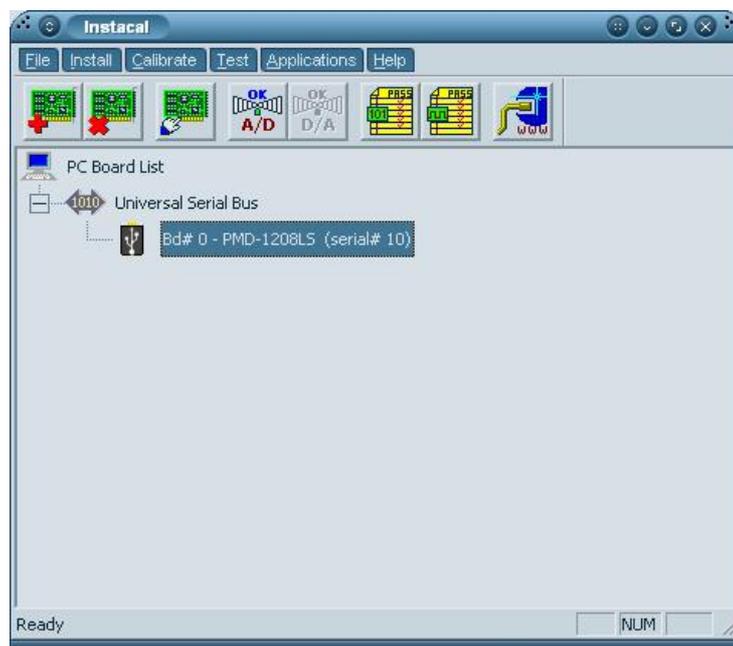


Figura. 4.12. Número de board de la tarjeta

- Configurar el número de canales analógicos a 8 Single Ended (figura 4.13).

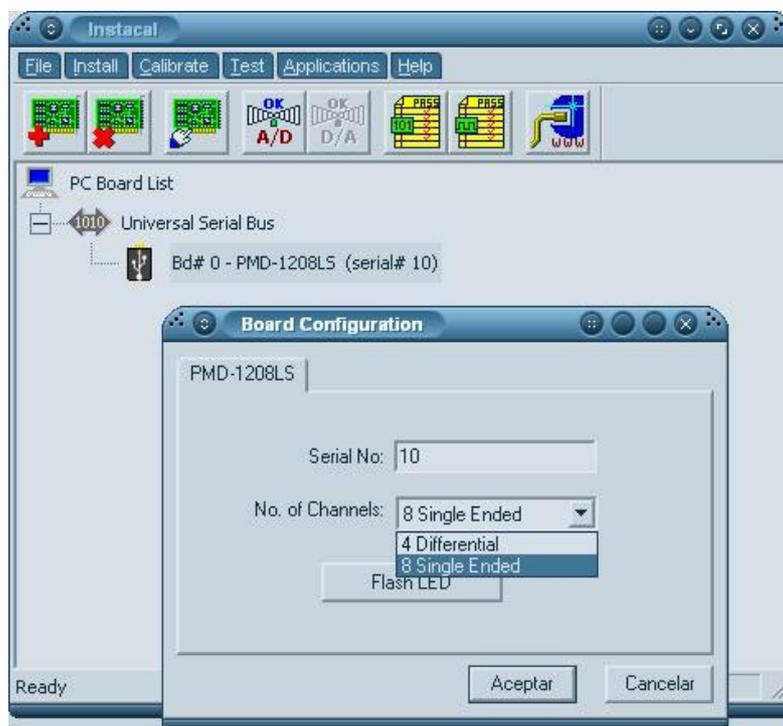


Figura. 4.13. Configuración de los canales analógicos de la tarjeta

- Cerrar la ventana del Instacal.

4.1.3 Pantalla Principal

El funcionamiento de la pantalla que el usuario debe conocer para controlar de una forma correcta el Robot Hidráulico HYD-2800 se muestra en la figura 4.14.



Figura. 4.14. Pantalla Principal

La pantalla principal cuenta con dos opciones de acceso: Modo Manual y Prácticas.

El acceso a otras pantallas se lo realiza con el programa cambio VI, el diagrama de bloques se ilustra en la figura 4.15. El funcionamiento del programa se explica a continuación: el path es la dirección del programa al cual se quiere acceder y el botón Ok permite acceder al programa.

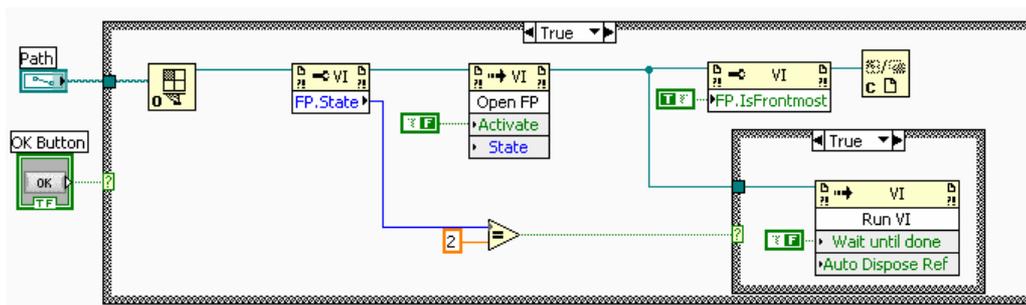


Figura. 4.15. Programa Cambio VI (Diagrama de bloques)

El diagrama de bloques de la pantalla principal se muestra en la figura 4.16.

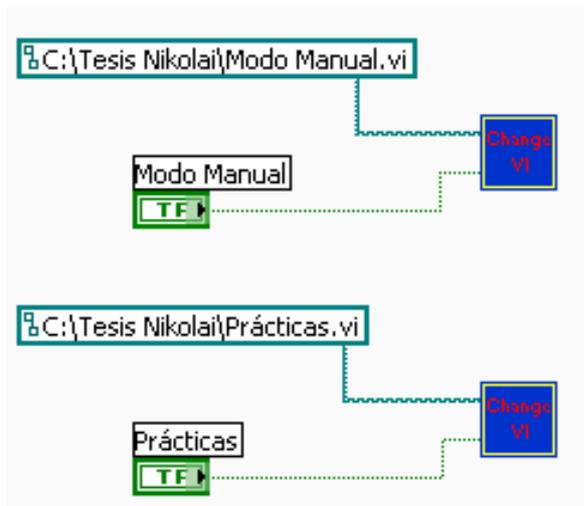


Figura. 4.16. Pantalla Principal (Diagrama de Bloques)

4.1.4 Pantalla Modo Manual

Para el acceso al Modo Manual el usuario debe dar un clic en el botón de dicho nombre (figura 4.17), en seguida aparecerá la pantalla (figura 4.18).



Figura. 4.17. Acceso al Modo Manual

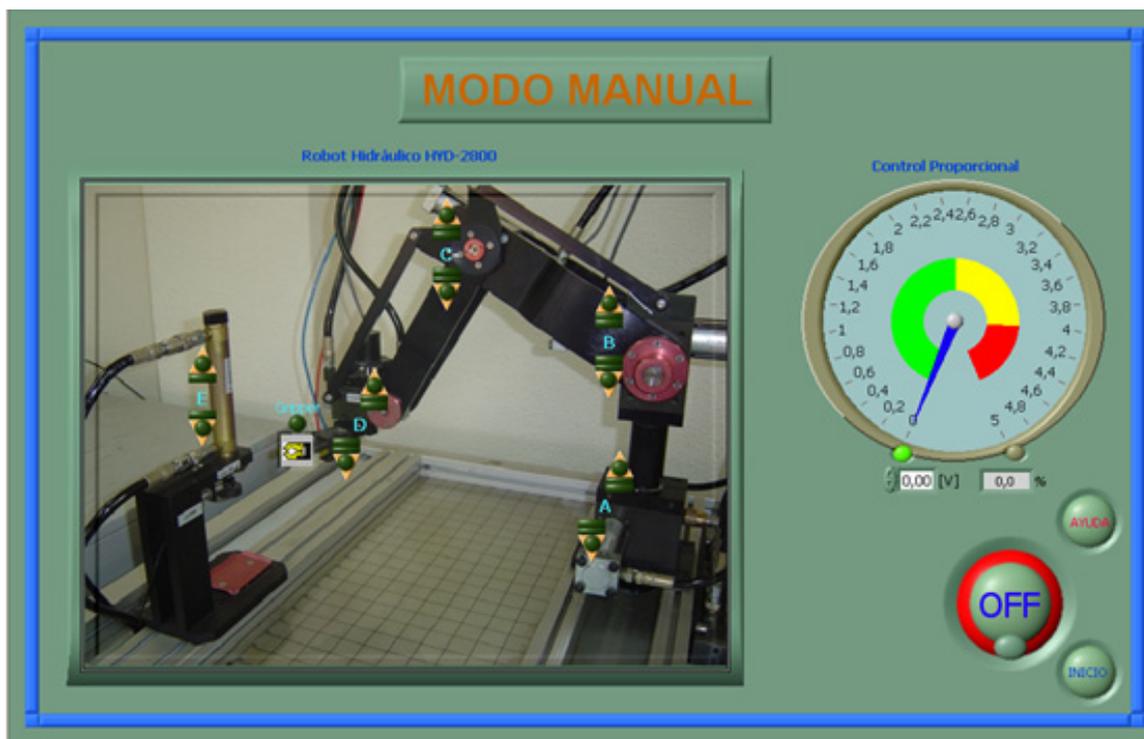


Figura. 4.18. Pantalla Modo Manual

La pantalla de modo manual consta de cinco partes:

1. El botón ON/OFF activa la unidad de poder hidráulica (bomba de aceite), se la realiza de forma virtual o presionando la tecla return del teclado del computador, cuando el indicador esta de color rojo como se ilustra en la figura 4.19, y para desactivar cuando el indicador este de color verde oscuro como se observa en la figura 4.20.

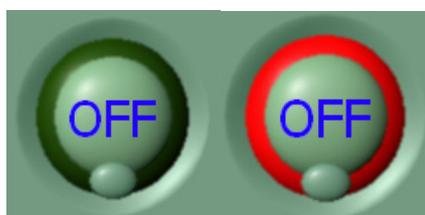


Figura. 4.19. Activación de la unidad de poder hidráulica



Figura. 4.20. Desactivación de la unidad de poder hidráulica

2. El botón ayuda indica las teclas configuradas (figura 4.21) para realizar una función específica (tabla 4.1).

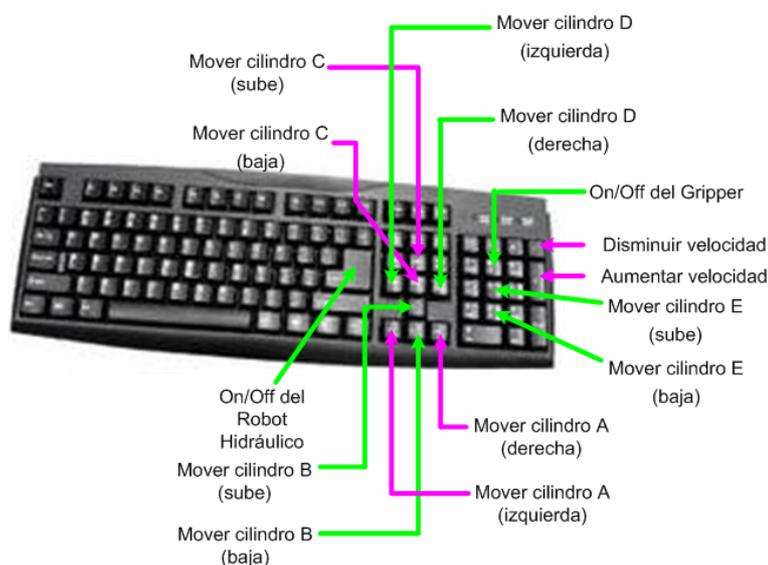


Figura. 4.21. Posición de teclas de computador utilizadas para manipular el robot

Tabla. 4.1. Función de las teclas del computador

TECLA	FUNCIÓN
RETURN	On/Off del Robot Hidráulico
RIGHT	Mover cilindro A (derecha)
LEFT	Mover cilindro A (izquierda)
UP	Mover cilindro B (sube)
DOWN	Mover cilindro B (baja)
HOME	Mover cilindro C (sube)
END	Mover cilindro C (baja)
NEXT	Mover cilindro D (derecha)
DELETE	Mover cilindro D (izquierda)
NUMPAD_2	Mover cilindro E (sube)
NUMPAD_5	Mover cilindro E (baja)
NUMPAD_8	On/Off del Gripper
ADD	Aumentar velocidad
SUBTRACT	Disminuir velocidad

3. El botón Inicio permite al operador retornar a la pantalla principal.
4. Los indicadores (figura 4.22) cumplen una tarea específica que se explica a continuación:

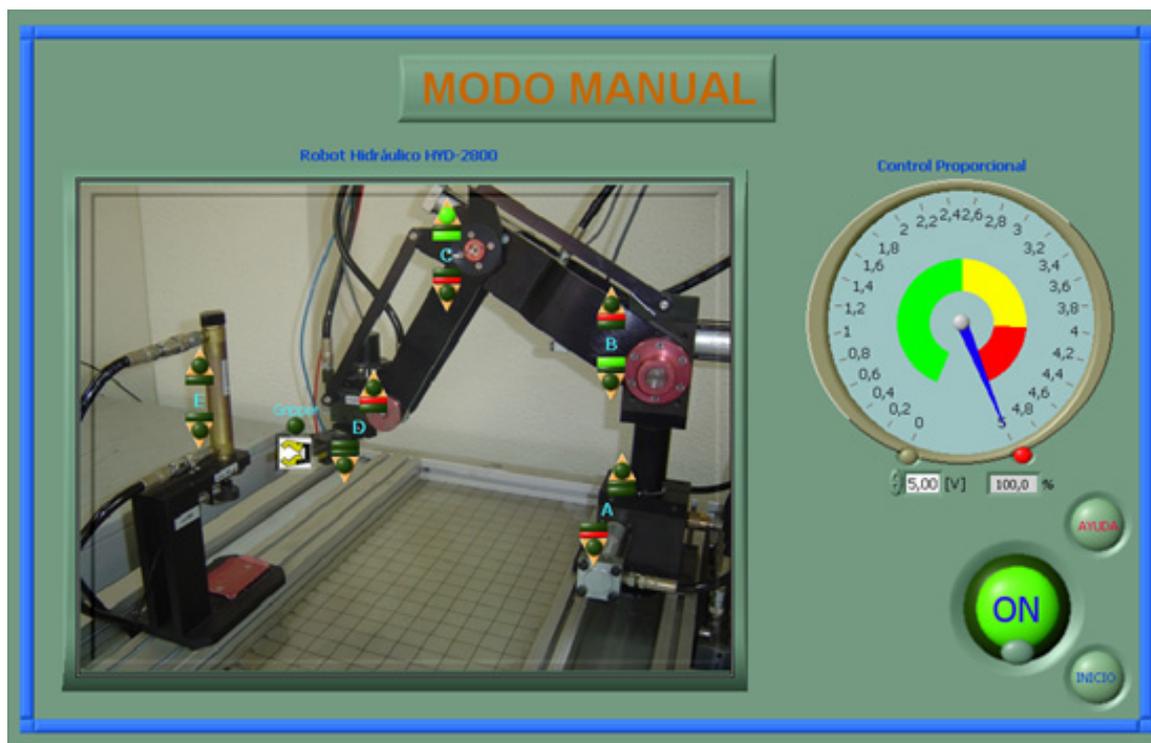


Figura. 4.22. Indicadores de los movimientos del robot



Indica que el accionador A, B, C o D se activó de forma virtual, dando un clic con en botón izquierdo del mouse en el círculo.



Indica que el accionador A, B, C o D se activó con el teclado del computador.



Indica que el accionador A, B, C o D esta fuera del rango de desplazamiento permitido.



Indica que el accionador E se activó de forma virtual, dando un clic con en botón izquierdo del mouse en el círculo.



Indica que el accionador E se activó con el teclado del computador.



Indica que el gripper esta activado.

5. El control proporcional permite regular la velocidad del robot (figura 4.23). Este control se puede manipular de forma virtual.

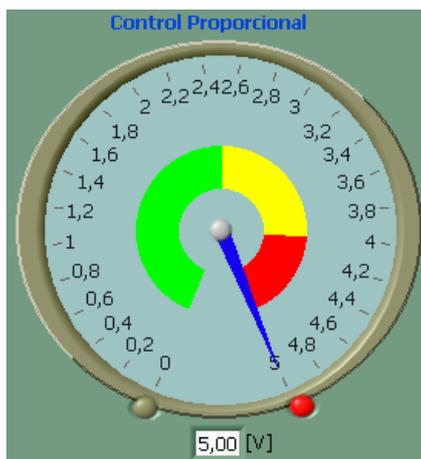


Figura. 4.23. Control proporcional del robot

El diagrama de bloques del modo manual se lo realiza en un ciclo While, a continuación se explica las tareas:

- En la figura 4.24 se muestra como se inicializa y configura el teclado. La configuración se la realiza comparando la tecla que el operador presiona con una constante (nombre de una tecla). La Or Exclusive permite tener el control de la señal digital de dos maneras que son: teclado y mouse.

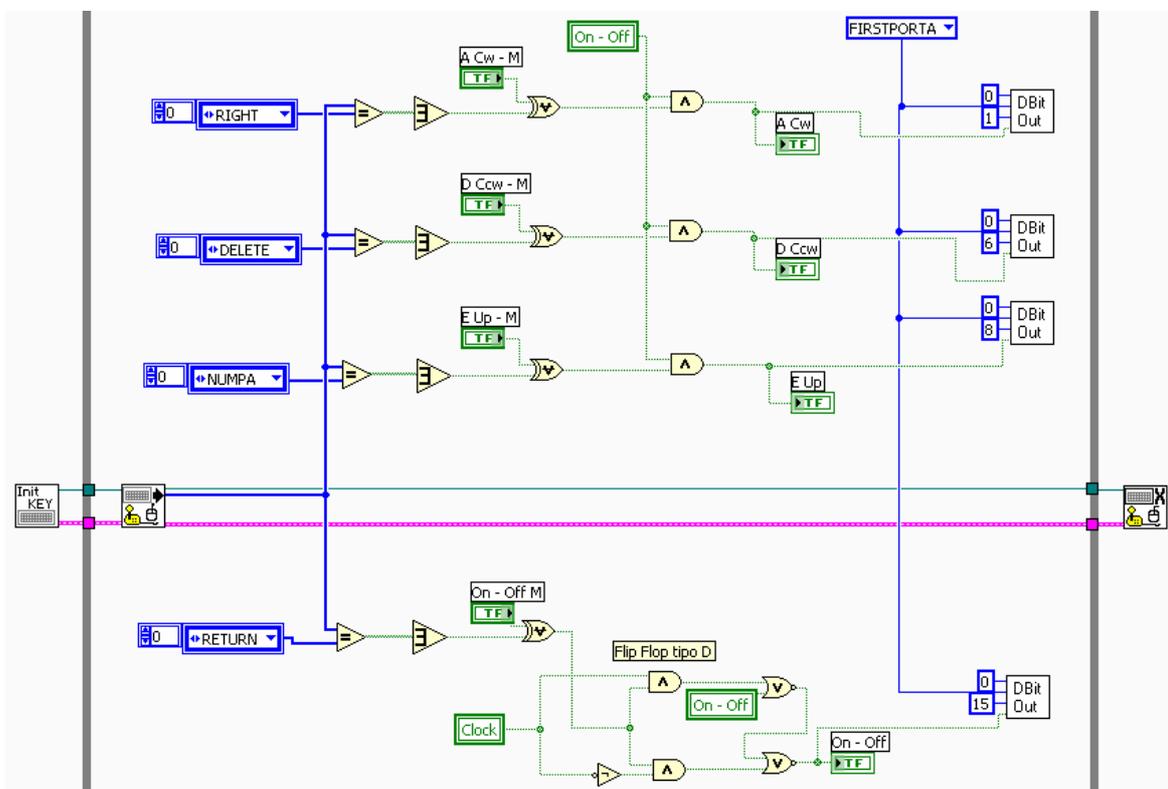


Figura. 4.24. Inicialización y configuración del teclado del computador

- Para configurar la señal digital como salida (figura 4.25) se utiliza el comando DCfgPort.VI analizado en la sección 4.1.1.3. El valor de cero (BoardNum) indica el número de puerto asignado a la tarjeta cuando se instala con InstaCal, FirstPortA (PortNum) especifica el puerto digital y el valor True (Direction) indica que la señal es de salida. Este comando se debe colocar fuera del ciclo While para su correcto funcionamiento.

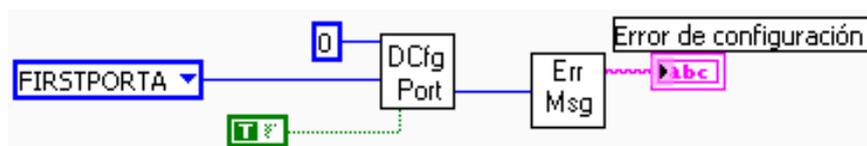


Figura. 4.25. Configuración de la señal digital como salida

- El comando DBitOut.vi analizado en la sección 4.1.1.2 establece el estado de un bit simple digital de salida cuando la comparación es verdadera. Los bits utilizados para la señal digital de salida se muestran en la tabla 4.2.

Tabla. 4.2. Asignación de Bits para la señal digital de salida

Bit	Ubicación en la Tarjeta PMD 1208LS	Función en el Robot Hidráulico HYD-2800
0	Port A0	Mover cilindro A (izquierda)
1	Port A1	Mover cilindro A (derecha)
2	Port A2	Mover cilindro B (sube)
3	Port A3	Mover cilindro B (baja)
4	Port A4	Mover cilindro C (sube)
5	Port A5	Mover cilindro C (baja)
6	Port A6	Mover cilindro D (izquierda)
7	Port A7	Mover cilindro D (derecha)
8	Port B0	Mover cilindro E (sube)
9	Port B1	Mover cilindro E (baja)
10	Port B2	On/Off del Gripper
15	Port B7	On/Off del Robot Hidráulico

- Los switches virtuales On/Off y gripper se activan por medio de un flip flop tipo D (figura 4.26) y una señal de reloj (figura 4.27). La función del flip flop tipo D es de mantener el estado de la señal digital en alto (+5V) o en bajo (0V) con el cambio de la señal de reloj.

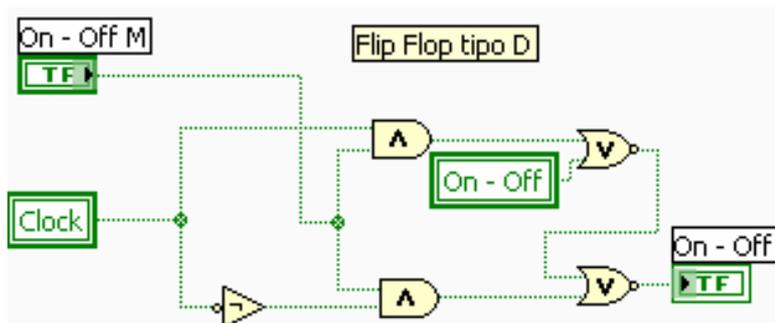


Figura. 4.26. Flip Flop Tipo D

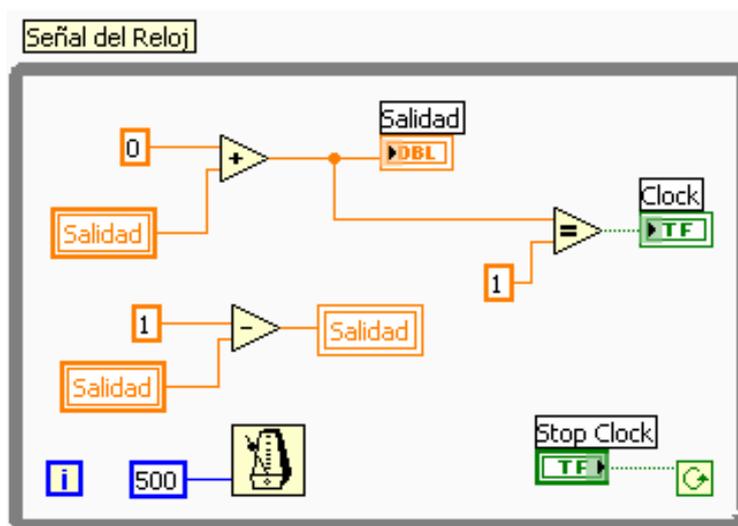


Figura. 4.27. Señal de reloj

- Para controlar la velocidad del robot se debe crear variables globales (figura 4.28) para manipular el valor del programa control proporcional y saber si está en el límite máximo o mínimo de velocidad. Esto se realiza porque no se puede trabajar con la señal analógica de salida en la misma pantalla.

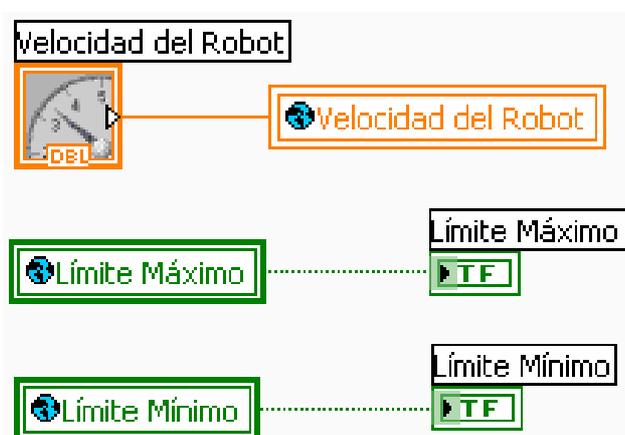


Figura. 4.28. Variables globales para el control proporcional

- Para controlar el rango de desplazamiento permitido se debe crear variables globales (figura 4.29). Esto se realiza para controlar todas las señales digitales y analógicas en la misma pantalla.

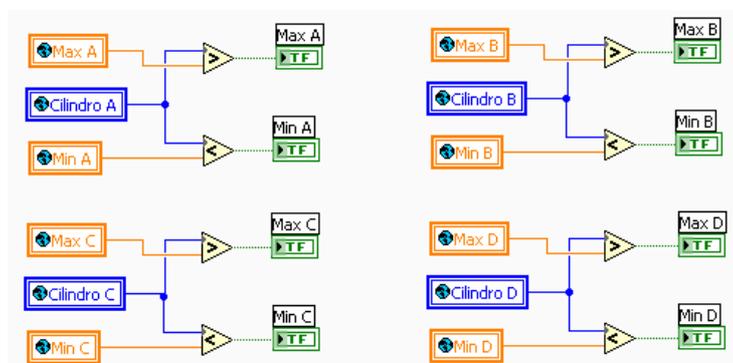


Figura. 4.29. Variables globales para controlar el rango de desplazamiento permitido

Con la finalidad de trabajar con las señales digitales y analógicas en la pantalla Modo Manual se deben ejecutar los programas: control proporcional y posición del robot.

4.1.5 Pantalla Control Proporcional

El control proporcional (refiérase a la figura 4.23), permite regular la velocidad de robot de 0 a 5 V_{DC} con el comando AOut.vi analizado en la sección 4.1.1.8, el diagrama de bloques se ilustra en la figura 4.30.

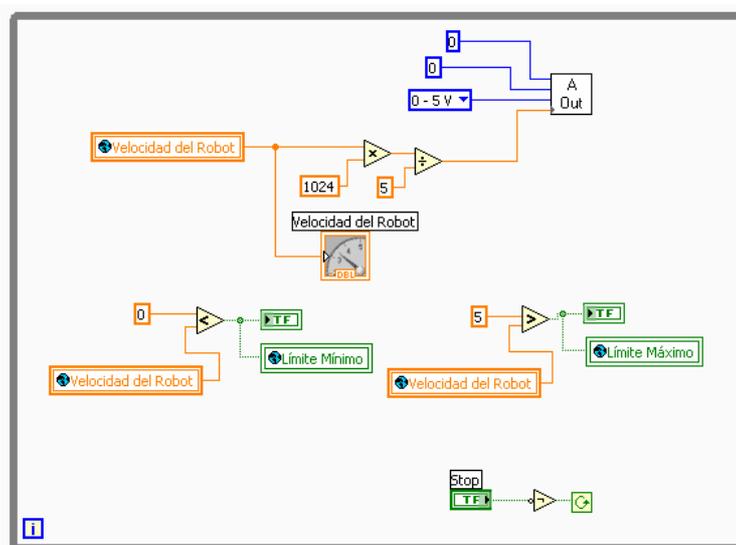


Figura. 4.30. Control proporcional (Diagrama de bloques)

4.1.6 Pantalla Posición del Robot

El programa posición del robot (figura 4.31), permite conocer la posición exacta de las articulaciones A, B, C y D con el comando AOut.vi explicado en la sección 4.1.1.7. El rango de desplazamiento de las articulaciones se lo realiza colocando un valor constante a las variables globales, estos valores se los conoce cuando se realiza los desplazamientos máximos y mínimos de cada articulación. El diagrama de bloques se muestra en la figura 4.32.

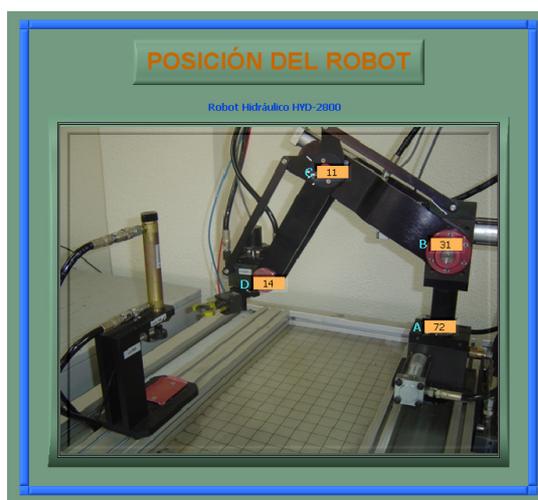


Figura. 4.31. Pantalla Posición del robot

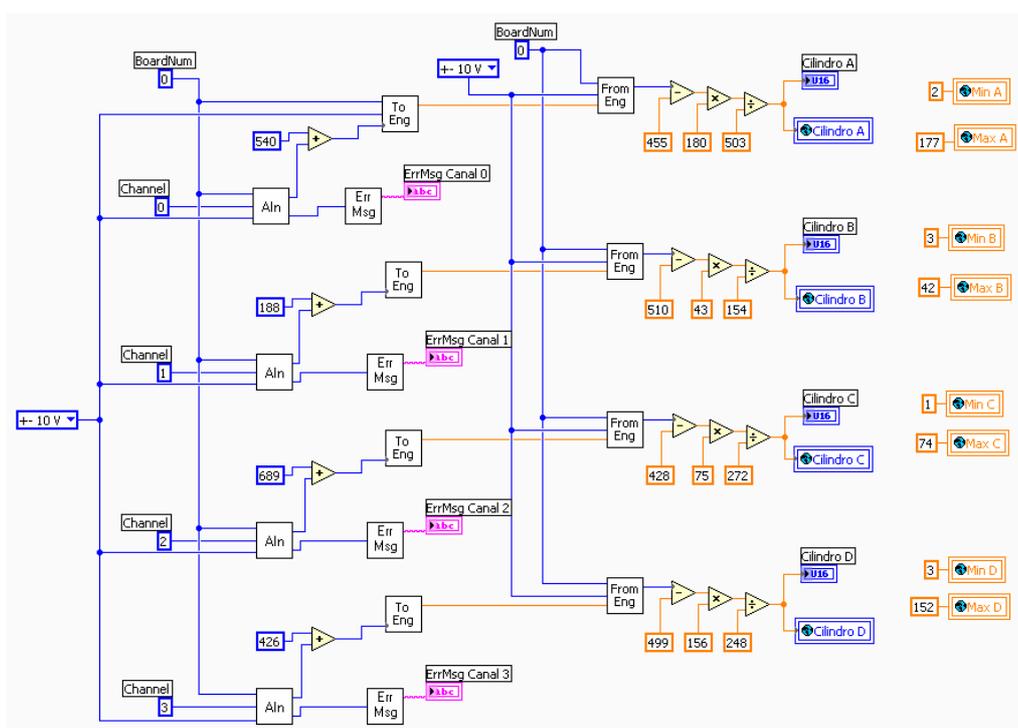


Figura. 4.32. Posición del robot (Diagrama de bloques)

4.2 SISTEMA DE MONITOREO

Cuando se trabaja con entorno remoto con un robot que realiza diverso tipo de trabajos, a menudo es necesario realizar un sistema de monitoreo de las trayectorias efectuadas por este, con el objetivo de corregir las mismas e integrar éstas para poder desarrollar las tareas encomendadas.

El robot actúa de forma coordinada para realizar tareas de manipulación de objetos en las que es necesario corregir los movimientos del robot en función de la información aportada por el sistema de monitoreo.

En la mayor parte de las tareas realizadas por el robot es necesario que siga lo más fielmente posible una determinada trayectoria para poder manipular o transportar de forma coordinada un objeto.

4.2.1 Cámara WEB de Video

Internet ha intentado desde su aparición mantener informados a sus navegantes de lo que ocurre en otros lugares del mundo. Existen en la Red unos dispositivos llamados "**webcams**" -cámaras de la Red- que ofrecen imágenes en directo.

Una webcam tiene como objetivo principal ofrecerle al visitante una imagen única. La adquisición de estas cámaras webs es fácil para las personas, debido que su precio es económico. Por esto, todo el que quiera, podrá observar lo que pasa en el mundo y a millones de kilómetros desde su casa.

La forma de conectar una cámara web de video al sistema informático depende del tipo de cámara. Algunas cámaras pueden conectarse a cualquier tarjeta de captura de vídeo, mientras que otras requieren el uso de una tarjeta concreta para que la cámara funcione.

Hay distintos tipos de cámaras Web. Algunas se conectan al puerto serial de la computadora, otras al puerto paralelo, pero las más modernas se conectan al puerto USB (figura 4.33).

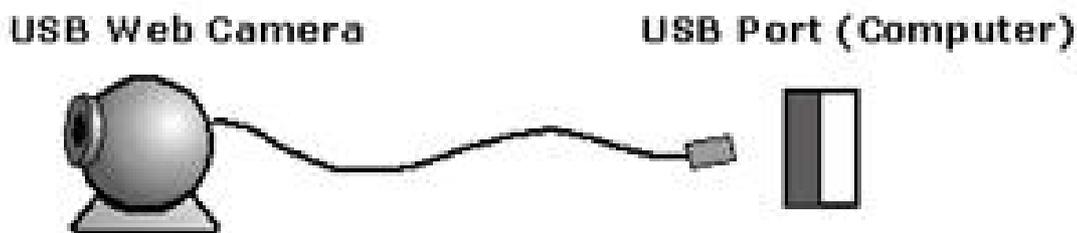


Figura. 4.33. WebCam por puerto USB

Las principales aplicaciones de las WebCam son:

- Videoconferencias o videochat en línea
- Sistema de monitoreo o vigilancia
- Procesamiento de imágenes

4.2.2 Descripción del Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo permite al usuario tener una visión clara en tiempo real en una red interna de los movimientos del robot hidráulico con el objetivo de corregir la trayectoria, si el usuario así lo requiere para realizar la tarea encomendada.

Este sistema permite capturar imágenes y videos con la finalidad de tener un historial de las diversas tareas que realiza el robot hidráulico.

Para la implementación de este sistema de monitoreo se requiere que estén instalados todos los drivers de LabVIEW 7.1 en especial Vision e IMAQ Vision, un ActiveX capaz de trabajar bajo un ambiente de programación gráfica, y una Webcam. A continuación se explica los requisitos mínimos del ActiveX y Webcam.

4.2.2.1 VideoOCX

El VideoOCX es un ActiveX compatible con la mayoría de dispositivos de video para Windows como lo son las cámaras digitales, cámaras de video y cámaras web USB. Trabaja con lenguajes de programación que funcionan con ActiveX como Visual Basic, Visual C++, Borland C++, LabVIEW, entre otros.³

Las características principales son:

- La programación es fácil, debido a que se necesita de pocas líneas para capturar imagen y video.
- Tiene la opción de guardar imagen y video, incluyendo audio.
- Es compatible con la mayoría de cámaras web.

Los requerimientos mínimos son:

- Windows 95/98/ME/NT/2000/XP.
- Lenguajes de programación que soporten la tecnología ActiveX.
- Dispositivo de imagen y video compatible con Video para Windows.

4.2.2.2 Cámara Genius VideoCAM Express

La cámara Genius VideoCAM Express⁴ (figura. 4.34) permite realizar un control visual de los movimientos de las articulaciones del Robot Hidráulico HYD-2800 con la finalidad de verificar que la tarea asignada sea correcta.



Figura. 4.34. Cámara Genius VideoCAM Express

³ <http://www.videocx.de/>

⁴ www.geniusnet.com.tw

Las características principales son:

- Plataforma: PC.
- Interfaz: USB 1.1
- Resolución de Video: 352x288, exactamente 100K pixels.
- Taza de transmisión: 30 marcos/seg.
- Balance en blanco: automático.
- Tipo de lente: enfoque manual.
- Máximo color de profundidad: 32 bits.
- Formato de las imágenes: BMP, JPG.
- Máxima Taza de captura de marcos AVI: 30 marcos/seg.
- Compresión AVI: Si.
- Dimensiones: 60x62x70 (ancho X alto X profundidad)

Los requerimientos mínimos del sistema son:

- PC Pentium II 400
- Mínimo 64 MB de RAM.
- Mínimo 25 MB de espacio en el disco duro.
- Windows XP/Me/2000/98.
- Tenga habilitado el puerto USB.
- CD del Software de instalación.

CAPÍTULO V

PRÁCTICAS

5.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de diseñar prácticas es el de afianzar los conocimientos y razonamientos lógicos sobre los sistemas de control, monitoreo y mecánico. Para ello se debe considerar las especificaciones técnicas del Robot Hidráulico HYD-2800 y la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS, referidos en las secciones 2.2 y 3.5 respectivamente.

El Robot Hidráulico HYD-2800 está diseñado para posicionar y orientar piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de diversos trabajos ya sea en una posición fija o móvil.

Para diseñar la interfaz de usuario se utiliza el software LabVIEW, el cual permite al usuario controlar el Robot Hidráulico HYD-2800 con facilidad en un entorno amigable desde un computador a través de la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS.

Con la finalidad de implementar las prácticas se debe tener un conocimiento previo del funcionamiento del Robot Hidráulico, la tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS y del software LabVIEW para evitar posibles fallas.

A continuación se explica como está implementado el Robot Hidráulico, la tarjeta PMD-1208LS y la interfaz de usuario.

El Robot está implementado con 4 accionadores para los movimientos (figura 5.1), descritos a continuación:

- Accionador A, mueve la base.
- Accionador B, mueve el hombro.
- Accionador C, mueve el codo.
- Accionador D, mueve la rótula.

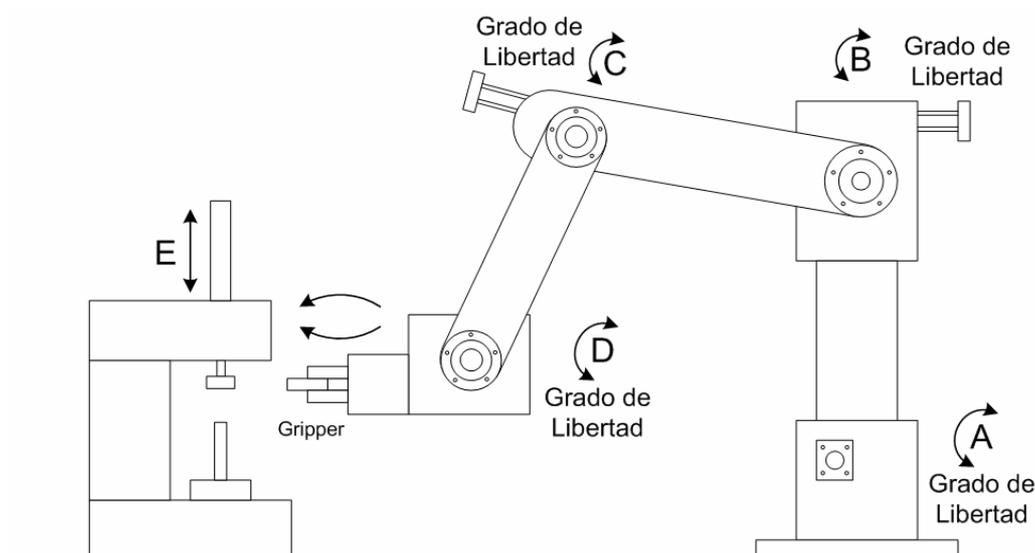


Figura. 5.1. Descripción de los accionadores

Los rangos de operación de cada accionador que se muestran en la tabla 5.1, se deben tener en cuenta para evitar que los potenciómetros que se encuentran en cada accionador se descalibren por sobrepasar los límites permitidos.

Tabla. 5.1. Rango de Operación en grados (°) de los accionadores

	Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba
Accionador A (Base)	0°	180°	-	-
Accionador B (Hombro)	-	-	0°	43°
Accionador C (Codo)	-	-	0°	75°
Accionador D (Rótula)	0°	156°	-	-

El cálculo se realiza en grados, debido que la base, hombro, codo y rótula tienen movimiento radial. El potenciómetro de $5\text{ K}\Omega \pm 15\%$ y lineal de $\pm 2\%$ que se encuentra incorporado en cada accionador permite medir el ángulo de giro.

Para calcular el valor máximo y mínimo angular (en grados) que permite cada accionador, se debe realizar un desplazamiento desde el valor mínimo hasta el valor máximo de cada accionador. Los datos se los obtiene por la señal analógica de entrada y están en unidades crudas. Estas unidades se deben convertir en unidades de ingeniería, su equivalente en grados, para tener una mejor precisión.

Los datos obtenidos para la base, hombro, codo y rótula se muestran en la tabla 5.2.

Tabla. 5.2. Datos de los accionadores en unidades crudas (equivalente en voltaje)

	Valor Mínimo Unidades Crudas (Equivalente en voltaje)	Valor Máximo Unidades Crudas (Equivalente en voltaje)			
	$\alpha_o = 0^\circ$	$\alpha_f = 43^\circ$	$\alpha_f = 75^\circ$	$\alpha_f = 156^\circ$	$\alpha_f = 180^\circ$
Accionador A (Base)	455	-	-	-	958
Accionador B (Hombro)	510	664	-	-	-
Accionador C (Codo)	428	-	700	-	-
Accionador D (Rótula)	499	-	-	747	-

El desplazamiento de un ángulo $\alpha = 1^\circ$ en cada accionador se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de conversión} = \alpha * \left(\frac{\text{ValorMáximo} - \text{ValoMínimo}}{\alpha_f} \right)$$

Cálculo para el accionador A (Base):

$$\text{Factor de conversión} = 1^\circ * \left(\frac{958 - 455}{180^\circ} \right)$$

$$\text{Factor de conversión} = 2,794 \text{ [unidades crudas]}$$

Cálculo para el accionador B (Hombro):

$$\text{Factor de conversión} = 1^{\circ} * \left(\frac{664 - 510}{180^{\circ}} \right)$$

Factor de conversión = 3,581 [unidades crudas]

Cálculo para el accionador C (Codo):

$$\text{Factor de conversión} = 1^{\circ} * \left(\frac{700 - 428}{180^{\circ}} \right)$$

Factor de conversión = 3,627 [unidades crudas]

Cálculo para el accionador D (Rótula):

$$\text{Factor de conversión} = 1^{\circ} * \left(\frac{747 - 499}{180^{\circ}} \right)$$

Factor de conversión = 1,590 [unidades crudas]

En la tabla 5.3 se muestran los resultados de los accionadores cuando su desplazamiento angular es $\alpha = 1^{\circ}$.

Tabla. 5.3. Resultados de la conversión de 1° a unidades crudas (equivalente en voltaje)

	Unidades crudas (equivalente en voltaje) cuando $\alpha = 1^{\circ}$
Accionador A (Base)	2,794
Accionador B (Hombro)	3,581
Accionador C (Codo)	3,627
Accionador A (Rótula)	1,590

El control del Robot Hidráulico se lo realiza desde un computador a través de una tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS que posee las siguientes características: interfaz USB, 8 entradas analógicas en modo individual o 4 entradas analógicas en modo diferencial, 16 conexiones digitales de entrada/salida, y un contador de eventos. Los pines que se utilizan en la tarjeta y su función se ilustran en la tabla 5.4.

Tabla. 5.4. Pines utilizados en la Tarjeta PMD-1208LS

Pin	Ubicación en la Tarjeta PMD-1208LS	Función en el Robot Hidráulico HYD-2800
1	Ch0 In	Lee la posición del cilindro A
2	Ch1 In	Lee la posición del cilindro B
4	Ch2 In	Lee la posición del cilindro C
5	Ch3 In	Lee la posición del cilindro D
9	Gnd	Tierra
13	D/A Out 0	Controla la velocidad
21	Port A0	Mover cilindro A (izquierda)
22	Port A1	Mover cilindro A (derecha)
23	Port A2	Mover cilindro B (sube)
24	Port A3	Mover cilindro B (baja)
25	Port A4	Mover cilindro C (sube)
26	Port A5	Mover cilindro C (baja)
27	Port A6	Mover cilindro D (izquierda)
28	Port A7	Mover cilindro D (derecha)
30	Pc +5V	Polarización
31	Gnd	Tierra
32	Port B0	Mover cilindro E (sube)
33	Port B1	Mover cilindro E (baja)
34	Port B2	On/Off del Gripper
39	Port B7	On/Off del Robot Hidráulico

Para completa la implementación se realiza la interfaz de usuario con el software LabVIEW, que permite al usuario tener el control del Robot Hidráulico desde un computador.

5.2 PRÁCTICA #1: REGULADOR DE FLUJO (VÁLVULA DE CONTROL PROPORCIONAL)⁵

5.2.1 Objetivo

- Conocer la operación del regulador de flujo.
- Ajustar la velocidad de los accionadores mediante regulación continua de flujo.

⁵ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo II, 1996

5.2.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800.
- Panel de operación manual.
- Fuente de alimentación eléctrica, neumática e hidráulica.
- Una computadora de escritorio o portátil.
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS.
- Cronómetro.

5.2.3 Planteamiento

5.2.3.1 Regulación de flujo

A fin de regular el flujo se debe usar un restrictor. Si el área del restrictor se modifica manual, hidráulica o eléctricamente, el caudal se altera de modo proporcional al área, siempre que la diferencia de presión a través del restrictor permanezca constante (suministro de presión y carga constantes).

La geometría del orificio debe ser muy precisa, con bordes afilados, escasa longitud del paso de aceite y un mínimo de filtración. Los bordes afilados son necesarios para definir un coeficiente de orificio constante de valor uno. El paso corto es esencial para eliminar la influencia de la viscosidad del aceite en el flujo y la filtración mínima constituye una gran ventaja porque el aceite que se fuga se agrega al flujo total y no se puede controlar.

La figura 5.2 muestra la construcción típica del regulador de flujo proporcional.

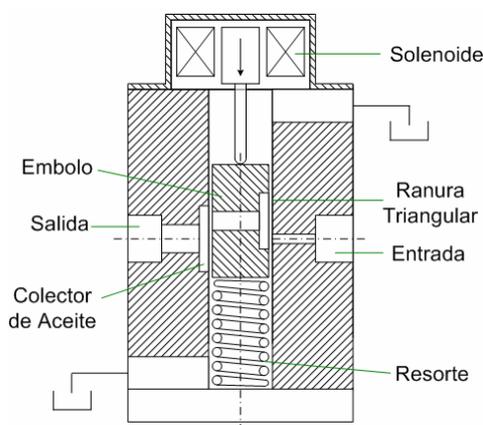


Figura. 5.2. Regulador de flujo proporcional

5.2.3.2 Compensación de la presión

Si la caída de presión a través del regulador de flujo es variable, el caudal se verá afectado por $\sqrt{\Delta p}$, donde Δp equivale a la diferencia de presión en el regulador.

A fin de compensar este fenómeno, se debe definir una caída constante de presión sobre el restrictor. Esto se logra con otra válvula que se cierra si Δp aumenta y se abre si Δp disminuye, en serie con el orificio de regulador de flujo.

Por ejemplo, si Δp se duplica, el cambio en el caudal es de 40%. Con una compensación parcial, puede variar entre 10 a 15 por ciento. La compensación parcial se logra conectando la presión de entrada al lado del resorte del émbolo y la presión de salida al lado opuesto.

Se puede obtener el caudal mediante la siguiente relación:

$$Q = \left(\frac{F}{A} - \Delta p \right) \sqrt{\Delta p}$$

Donde:

F	Fuerza proporcional del solenoide
A	Área del émbolo
Δp	Caída de presión a través de la válvula
Q	Caudal

5.2.3.3 La velocidad como función del caudal

Si el regulador de flujo está plenamente autocompensado, se puede considerar al valor del caudal como constante, sin tomar en cuenta la carga.

En este caso, la velocidad lineal del pistón es:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V	Velocidad (cm/seg)
Q	Caudal (cm ³ /seg)
A	Área del pistón (cm ²)

Cuando el pistón mueve un mecanismo de cremallera y piñón, la velocidad angular es:

$$\omega = \frac{V}{2\pi.r}$$

Donde:

V	Velocidad lineal (cm/seg)
r	Radio del piñón (cm)
ω	Velocidad angular (rev/seg)

5.2.4 Procedimiento

1. Activar la bomba y esperar aproximadamente un minuto para que se establezca la presión
2. Poner el interruptor (Manual/Computador) en la posición Computador.
3. Girar el botón de control de flujo al mínimo (en sentido opuesto a las agujas del reloj).
4. Operar el interruptor de palanca para rotación de base en el sentido de las agujas del reloj o en sentido opuesto (una u otra opción) y aumentar el flujo ajustando el botón hasta lograr una rotación lenta (aproximadamente 1 ó 2 grados/segundo).
5. Colocar un objeto cilíndrico con punta afilada (como un lápiz) de 22 mm, de diámetro en el sujetador.

6. Mover los accionadores B, C, D, cuidadosamente, hasta que la punta del objeto esté aproximadamente a 4 mm, sobre la superficie.
7. Girar el accionador A de base del manipulador a uno de los extremos del espacio de trabajo sobre la mesa del sistema. Marcar el punto bajo el extremo con un marcador borrable sobre la tabla plástica de coordenadas.
8. Girar la base del manipulador a 90° de la posición inicial, hacia el otro extremo del tablero. Marcar también ese punto sobre la tabla.
9. Girar a la derecha y, con la ayuda de un cronómetro, medir el tiempo necesario para trasladarse al segundo punto marcado.
10. Girar a la izquierda y anotar nuevamente el tiempo.
11. Medir el voltaje (tensión) en el panel correspondiente a la tensión de suministro del regulador de flujo.
12. Aumentar el caudal haciendo girar el botón en el sentido de las agujas del reloj y repetir los pasos 9, 10 y 11.
13. Aumentar otra vez el caudal: repetir el paso 12.
14. Registrar otros dos ajustes de caudal (en total 5 mediciones), siendo el último el punto máximo.
15. Resumir los resultados en una tabla. Calcule la inversa del tiempo (correspondiente al caudal).

Tensión (V)	1 V	2 V	3 V	4 V	5 V
Tiempo (seg)					
Derecha					
Izquierda					
Promedio (der/izq)					
1 / Tiempo					

16. Trazar un gráfico de calibración.

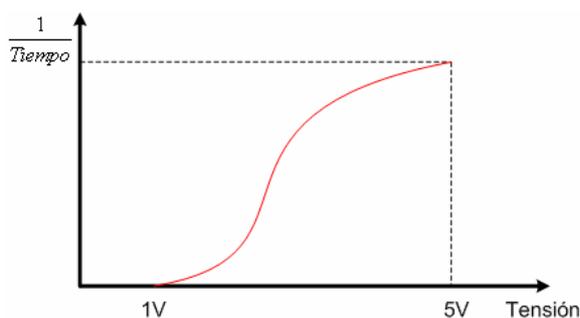


Figura. 5.3. Gráfico de Calibración

5.2.5 Implementación

La implementación de la Práctica 1 se la realiza con las debidas consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

5.2.6 Programa

La Práctica 1 esta conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.2.6.1 Pantalla Práctica 1

Para el acceso a la Práctica 1 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (figura 5.4), seguidamente en la Pantalla Prácticas (figura 5.5) dar un clic en el botón Práctica 1 (figura 5.6), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.7).



Figura. 5.4. Acceso a la Pantalla de Prácticas



Figura. 5.5. Pantalla Prácticas



Figura. 5.6. Acceso a Práctica 1

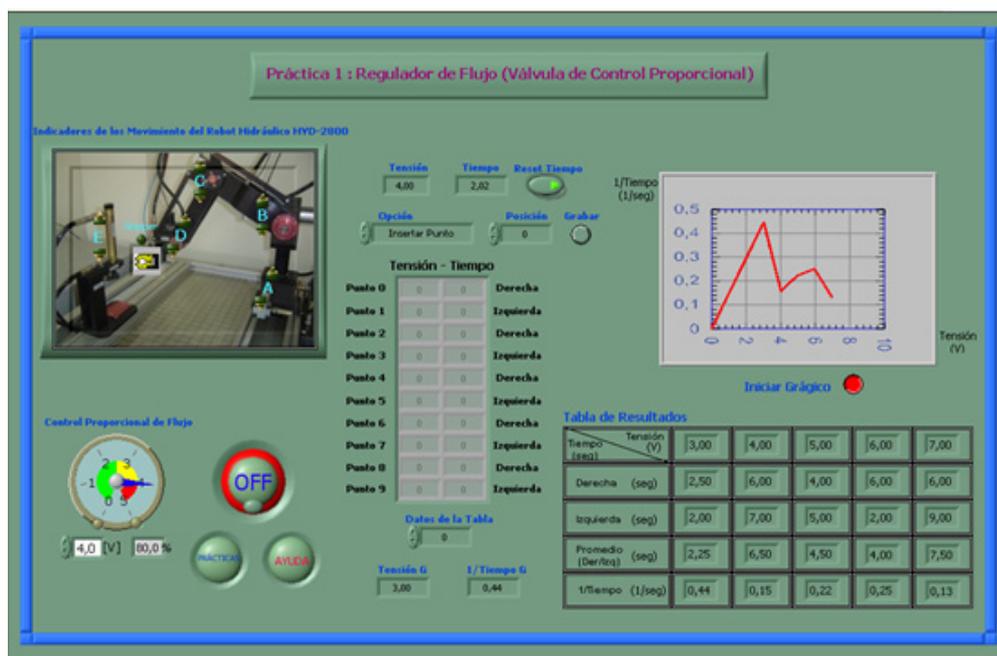


Figura. 5.7. Pantalla Práctica 1

En la Pantalla Práctica 1 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.
- El botón Reset Tiempo es el encargado de encerrar el cronómetro a cero.
- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 1.txt.
- El botón Datos de la Tabla visualiza los datos guardados de la Tención y Tiempo.
- El botón Iniciar Gráfico indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.2.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

La figura 5.8 indica la programación del cronómetro, en la cual se recibe la señal de verdad para Resetear o no el tiempo. Además, se coloca un indicador en la Pantalla Práctica 1 donde el operador puede visualizar el tiempo.

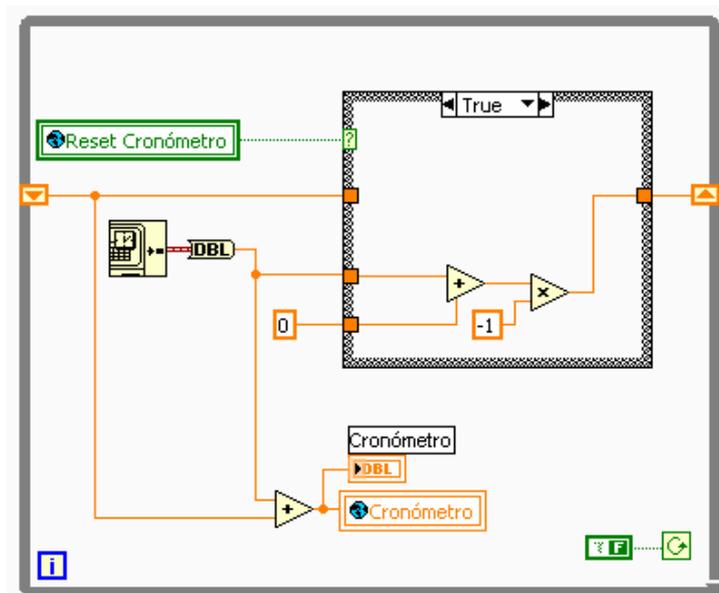


Figura. 5.8. Programación del cronómetro

Las variables globales que se muestran en la figura 5.9, facilita el intercambio de información entre diferentes Instrumentos Virtuales de la LabVIEW que se utiliza en esta práctica.

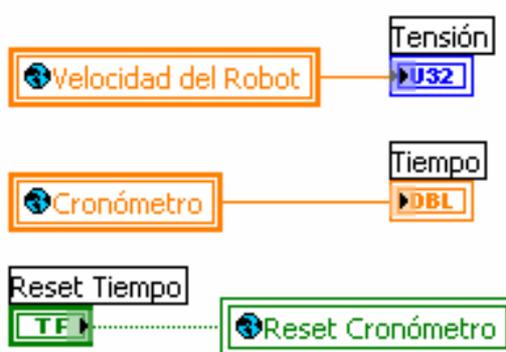


Figura. 5.9. Variables Globales de la Práctica 1

Con el objetivo de grabar los datos de la tensión y el tiempo (figura 5.10), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos según la posición que el operador crea conveniente. Este array es grabado en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero.

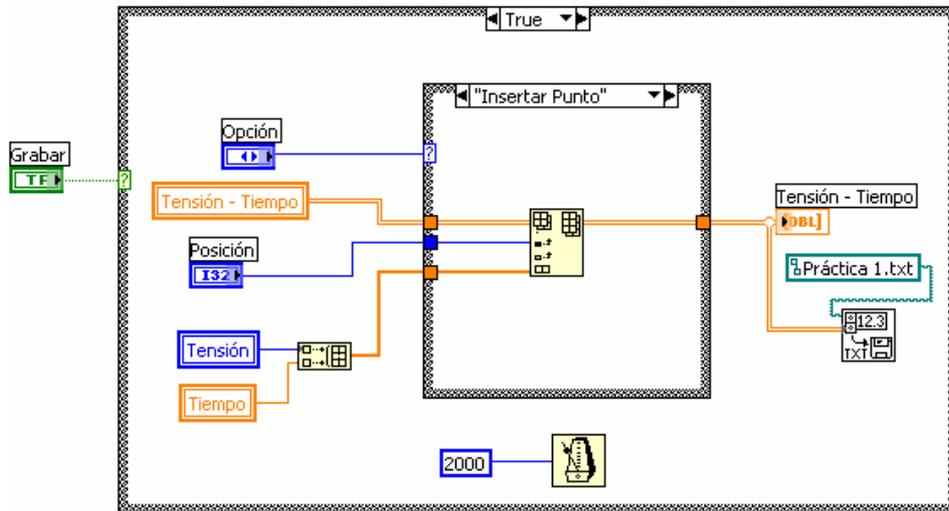


Figura. 5.10. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar todos los datos guardados en la Tabla de Resultados, se deberá separar cada dato (figura 5.10) con la finalidad de realizar los cálculos correspondientes (figura 5.11). Seguidamente se observa los cálculos realizados (figura 5.12) y los resultados en un gráfico (figura 5.13) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

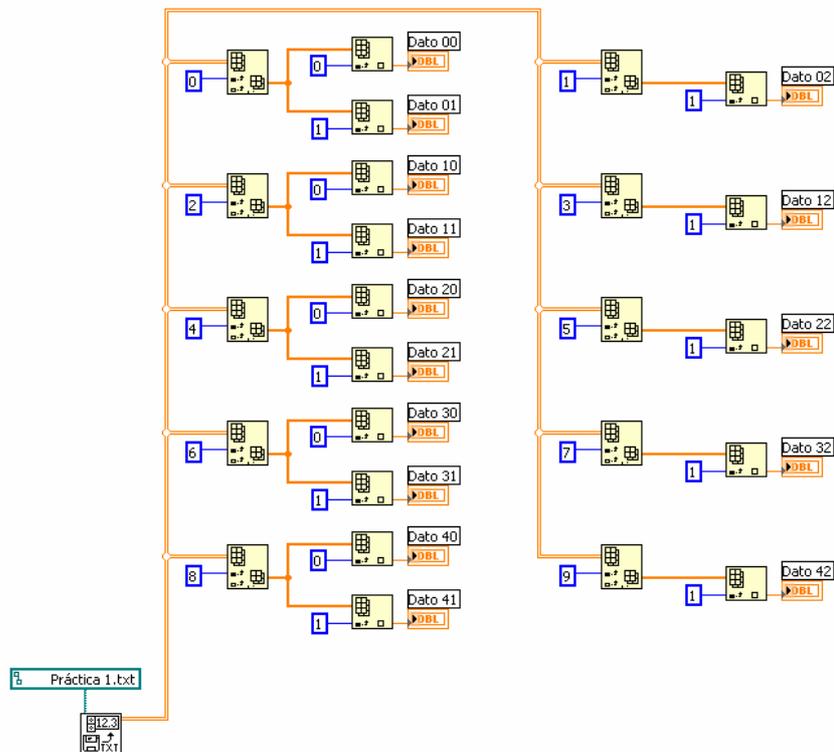


Figura. 5.11. Visualizar los datos grabados

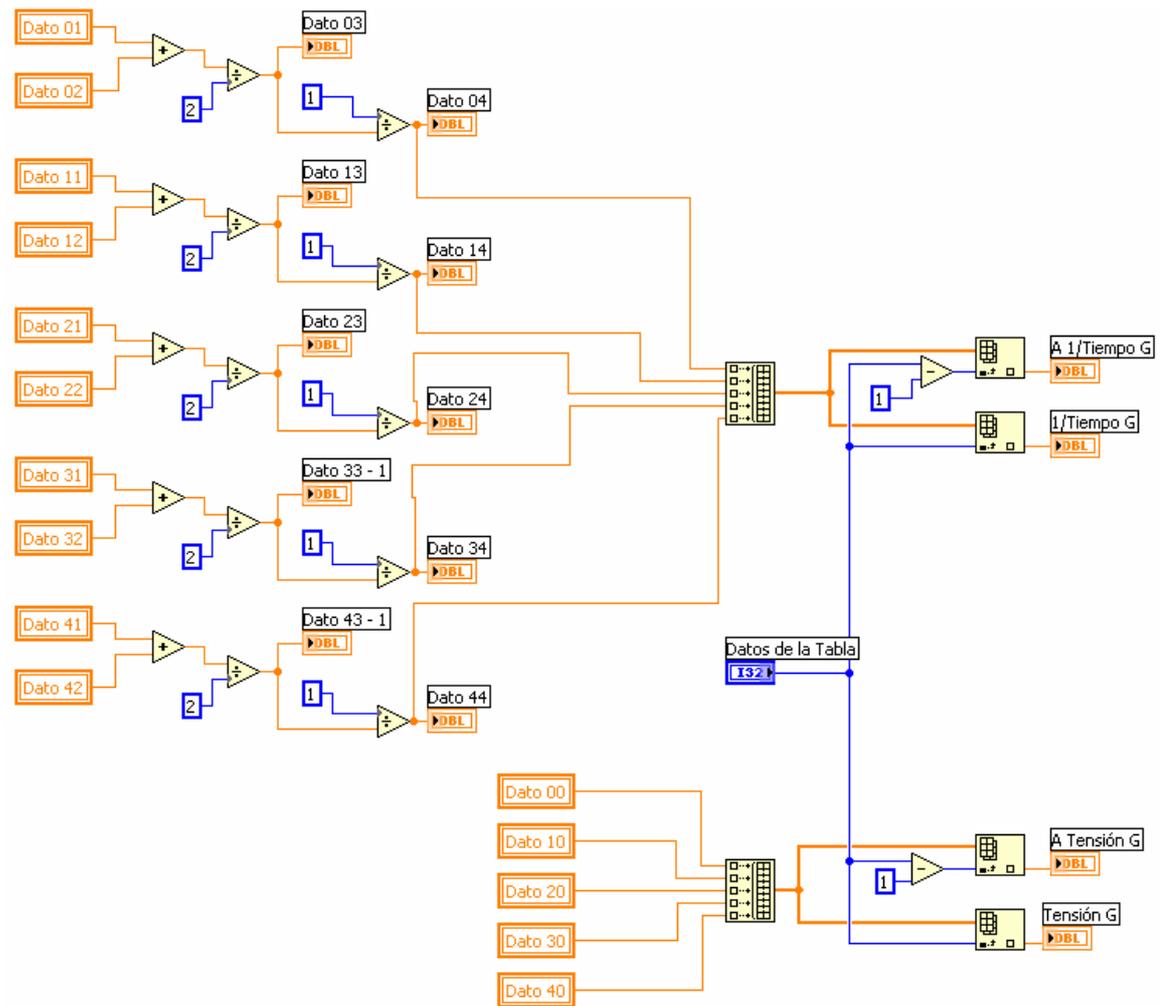


Figura. 5.12. Cálculo del Promedio y 1/Tiempo

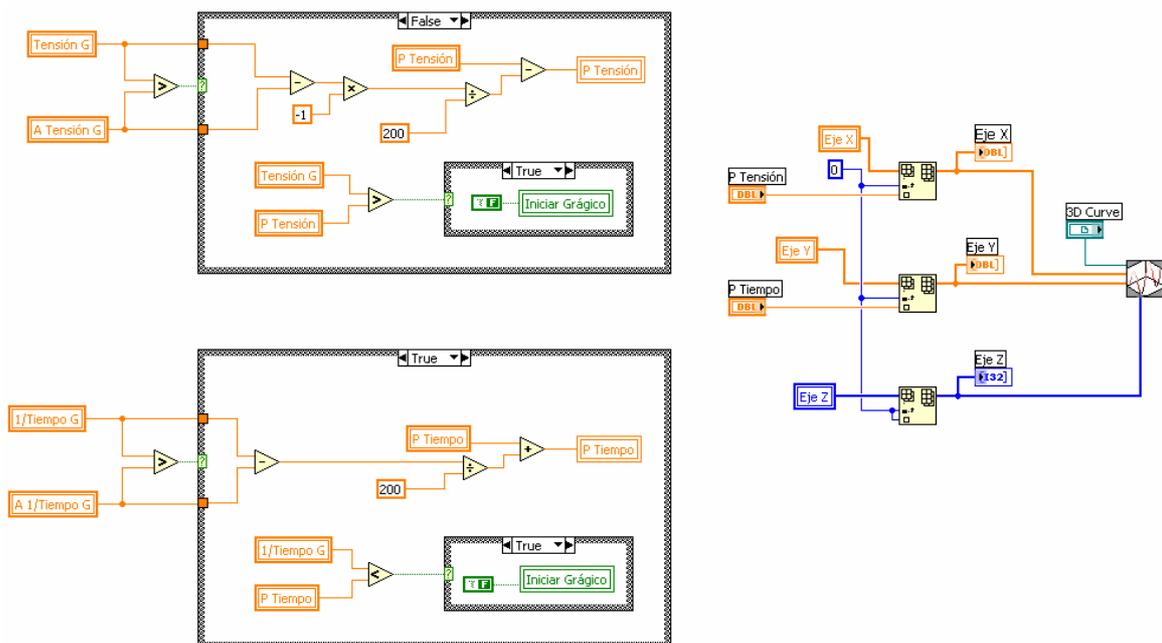


Figura. 5.13. Gráfico de los resultados obtenidos

Los diagramas de bloques que se explicaron en ésta sección, deben estar dentro de un ciclo While, el cual ejecuta constantemente la actualización de datos.

5.3 PRÁCTICA #2: EFECTOS DE CARGA Y VELOCIDAD DEL REGULADOR DE FLUJO ⁶

5.3.1 Objetivo

- Conocer el efecto de la compensación de presión.
- Calibrar el regulador bajo diferentes cargas.

5.3.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800.
- Panel de operación manual.
- Fuente de alimentación eléctrica, neumática e hidráulica.
- Una computadora de escritorio o portátil.
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS.
- Pesas de 500 gr, 1 Kg, 2 Kg, 4 Kg, con cuerpos cilíndricos de 22 mm de diámetro.

5.3.3 Planteamiento

5.3.3.1 Limitaciones a la compensación de presión

Como se expusiera en la Práctica 1, existen diversos modos de compensar el caudal ante variaciones en la carga o en la presión. La fórmula en la Práctica 1 conduce a una compensación parcial, en la que las alteraciones en la presión afectan al caudal:

⁶ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo II, 1996

$$Q = \left(\frac{F_{sol} - F_{resorte}}{A} - \Delta p \right) \sqrt{\Delta p}$$

Donde:

F_{sol} Fuerza magnética del solenoide

$F_{resorte}$ Fuerza de precarga del resorte

Δp Caída de presión de la válvula

Q Caudal

Por ejemplo: si $6 \leq \Delta p \leq 12$ bar, se obtiene

Q a 6 bar es proporcional a $(20-6)\sqrt{6} = 34$

Q a 12 bar es proporcional a $(20-12)\sqrt{12} = 28$

media = 31

$$\frac{\Delta Q}{Q} = 10\%$$

Sin la compensación parcial, las variaciones en el caudal serán proporcionales a $\sqrt{\Delta p}$, o sea:

$$\frac{Q(12)}{Q(6)} = \sqrt{\frac{12}{6}} = 1,4$$

En otros tipos de compensadores, la caída de presión en el restrictor es una constante determinada por medio de una válvula de resorte y carrete separada. Esta combinación produce un caudal más preciso y uniforme, debiéndose sus limitaciones a la filtración interna (especialmente para bajo caudal), la fricción y resortes que modifican la fuerza de referencia según la posición del carrete.

5.3.3.2 Función de Carga - Presión

En un accionador giratorio, la torsión es proporcional a la presión del accionador (figura 5.14):

$$F = pA$$

Donde:

F	Fuerza del pistón
p	Pistón
A	Área del pistón

$$T = Fr = pAr$$

Donde:

T	Torsión
r	Radio del piñón

$$T = pAr = Gl \cos \alpha + G_1 l_1 \cos \alpha_1$$

Donde:

G	Carga del sujetador al final, perpendicular al brazo del manipulador
G_1	Propio peso del brazo
l	Longitud del brazo del manipulador
l_1	Centro de gravedad del brazo
α, α_1	Ángulos de elevación del brazo

Por ello (para accionador "C")

$$p = \frac{Gl \cos \alpha + G_1 l_1 \cos \alpha_1}{Ar}$$

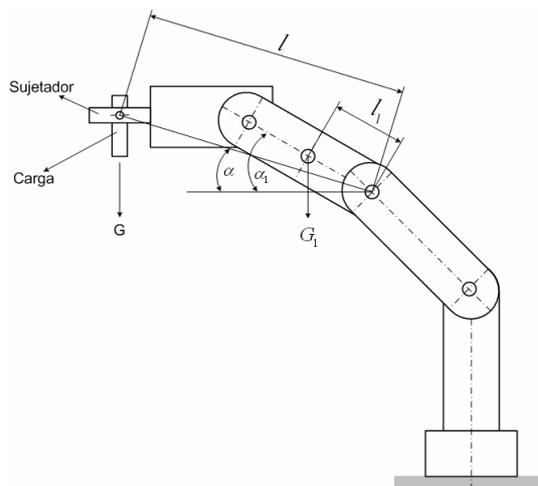


Figura. 5.14. Manipulador Hidráulico

Ejemplo:

$$G = 4 \text{ Kg}$$

$$l = 32 \text{ cm}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$G_1 = 5 \text{ Kg}$$

$$l_1 = 15 \text{ cm}$$

$$\alpha_1 = 20^\circ$$

$$A = 10 \text{ cm}^2$$

$$r = 2 \text{ cm}$$

$$p = \frac{4 * 32 * \cos(30) + 5 * 15 * \cos(20)}{10 * 2}$$

$$p = 9,3 \text{ bar}$$

En la mayoría de los casos, se debe aumentar esta presión por medio de un 5% adicional, para compensar la fricción.

5.3.4 Procedimiento

1. Poner el modo de operación (Manual/Computador) en Computador.
2. Colocar el botón de control de flujo a 20% de la escala total.

3. Usando el teclado, poner al manipulador en una posición con el 1er. brazo a unos 30° sobre el nivel y el 2do. brazo a 120° en relación al primero (figura 5.15).
4. Ejecutar el programa Práctica 2 en la computadora. Fijar el caudal en 20%.
5. Registrar la lectura del accionador C.
6. Utilizando el teclado, mover el accionador C a unos 30° por encima del nivel.
7. Registrar nuevamente la lectura del ángulo del accionador C.
8. Usando el modo semiautomático, hacer volver el brazo al punto inicial y registrar el tiempo de movimiento.
9. Usando el modo semiautomático, hacer volver el brazo al punto final y registrar el tiempo de movimiento.
10. Colocar una pesa de 0,5 Kg en el sujetador y repetir los puntos 8 y 9.
11. Repetir el paso 10 con pesas de 1 Kg, 2 Kg y 4 kg.
12. Ordenar los resultados en la siguiente tabla:

Carga del sujetador		0 Kg	0,5 Kg	1 Kg	2 Kg	4 Kg
Arriba	Tiempo (seg)					
	Velocidad ($^\circ$ /seg)					
Abajo	Tiempo (seg)					
	Velocidad ($^\circ$ /seg)					

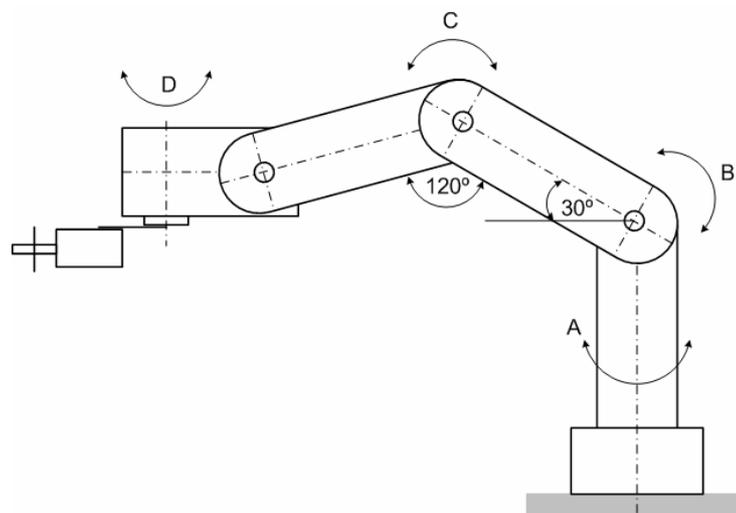


Figura. 5.15. Detalle de accionadores

13. Trazar un gráfico de la velocidad en relación con la carga.



Figura. 5.16. Gráfico Velocidad-Carga

14. Repetir los pasos 10, 11, 12 Y 13 para otro caudal (40%).

5.3.5 Implementación

La implementación de la Práctica 2 se la realiza con las debidas consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

5.3.6 Programa

La Práctica 2 esta conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.3.6.1 Pantalla Práctica 2

Para el acceso a la Práctica 2 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 2 (figura 5.17), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.18).



Figura. 5.17. Acceso a Práctica 2

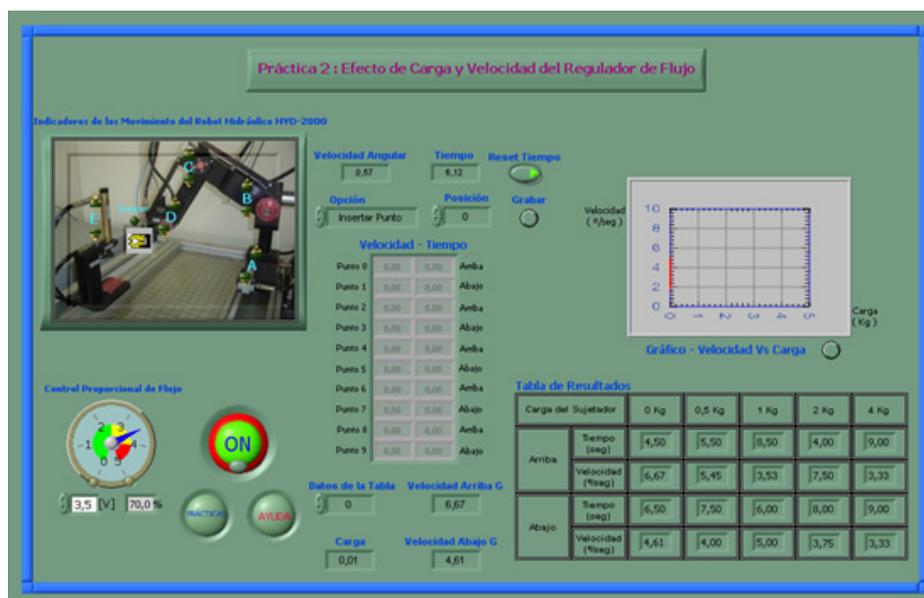


Figura. 5.18. Pantalla Práctica 2

En la Pantalla Práctica 2 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.
- El botón Reset Tiempo es el encargado de encerrar el cronómetro a cero.

- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 2.txt.
- El botón Datos de la Tabla visualiza los datos guardados de la carga y Velocidad.
- El botón Gráfico – Velocidad vs Carga indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.3.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

La figura 5.8 (refiérase a la sección 5.2.6.2) indica la programación del cronómetro, en la cual se recibe la señal de verdad para Resetear o no el tiempo. Además, se coloca un indicador en la Pantalla Práctica 2 donde el operador puede visualizar el tiempo.

Las variables globales que se muestran en la figura 5.19, facilita el intercambio de información entre diferentes Instrumentos Virtuales de la LabVIEW que se utiliza en esta práctica. Aquí se muestra el cálculo de la velocidad angular.

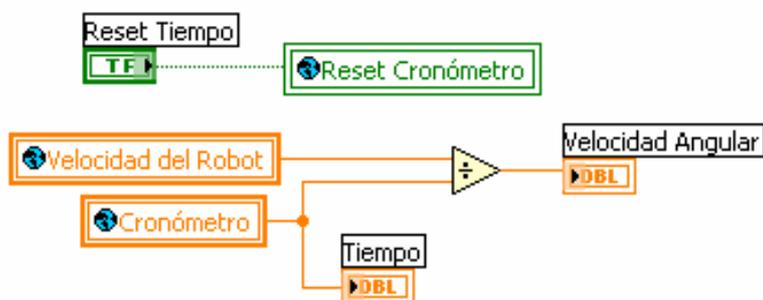


Figura. 5.19. Variables Globales de la Práctica 2

Con el objetivo de grabar los datos de la velocidad angular y el tiempo (figura 5.20), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos

según la posición que el operador crea conveniente. Este array se graba en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero.

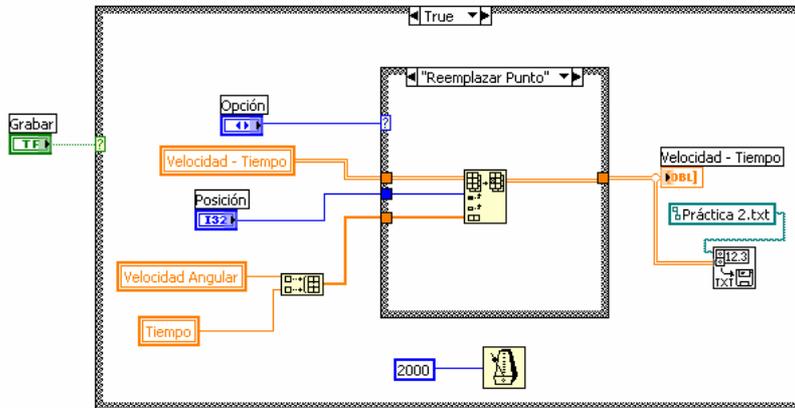


Figura. 5.20. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar todos los datos guardados en la Tabla de Resultados, se deberá separar cada dato (figura 5.21) con la finalidad de organizar la información en la tabla. Además, se observa los resultados en un gráfico (figura 5.22) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

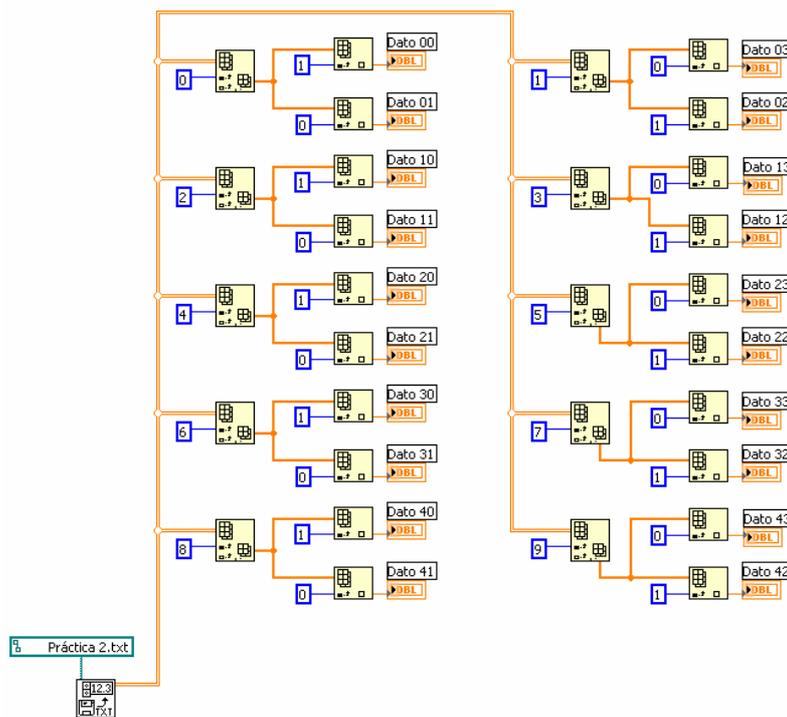


Figura. 5.21. Visualizar los datos grabados

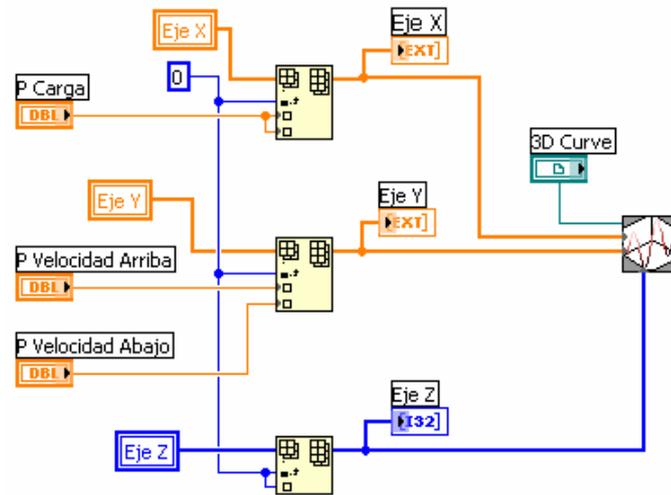


Figura. 5.22. Gráfico de los resultados obtenidos

Para que el brazo hidráulico realice un movimiento de forma semiautomática (figura 5.23) se debe en primer lugar comparar los datos actuales y guardados, después por medio de contadores habilitar la variable de verdad Punto C.

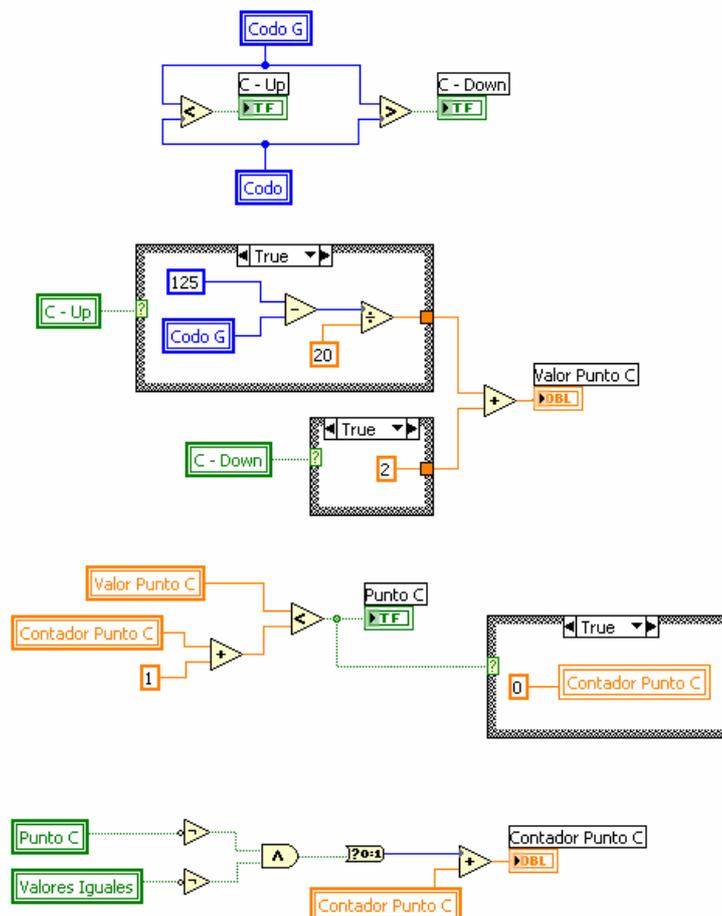


Figura. 5.23. Comparación de datos y habilitación del accionador C

Con el resultado de verdad de la variable Punto C se realiza la operación lógica AND con las variables que se muestran en la figura 5.24. La figura 5.25 indica como los resultados de verdad de la operación lógica habilitan el comando DBitOut.vi (analizado en la sección 4.1.1.2), para que el Robot Hidráulico funcione de forma semiautomática.

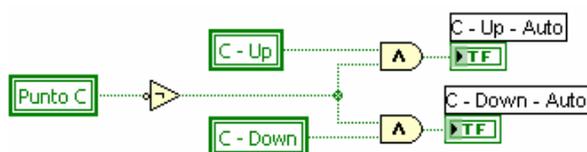


Figura 5.24. Variables de la Operación Lógica AND

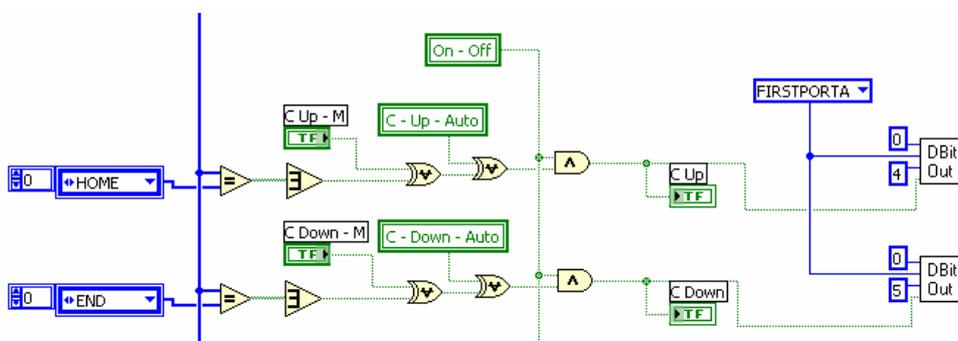


Figura 5.25. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático

Los diagramas de bloques que se explicaron en ésta sección, deben estar dentro de un ciclo While, el cual ejecuta constantemente la actualización de datos.

5.4 PRÁCTICA #3: MANIPULADOR HIDRÁULICO DE TRAYECTORIA VERTICAL ⁷

5.4.1 Objetivo

- Diseñar una trayectoria para el manipulador.
- Correlacionar el output del potenciómetro con los ángulos de giro reales.
- Utilizar métodos gráficos de simulación cinemática.
- Operar el manipulador en la trayectoria programada.

⁷ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo II, 1996

5.4.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800.
- Panel de operación manual.
- Fuente de alimentación eléctrica, neumática e hidráulica.
- Una computadora de escritorio o portátil.
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS.
- Un portaplumas con un marcador borrable, para señalar puntos en la pizarra (figura 5.26).

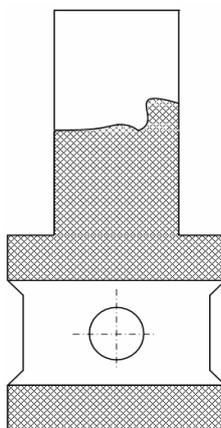


Figura. 5.26. Portaplumas

- Un instrumento para medir ángulos con graduaciones de 0° a 360° .
- Un compás con apertura de 250 mm.
- Una pizarra.
- Papel de dibujo.

5.4.3 Planteamiento

5.4.3.1 Trayectoria vertical programada del manipulador

El modo más sencillo para programar los movimientos angulares de los accionadores es usar una solución gráfica (figura 5.27).

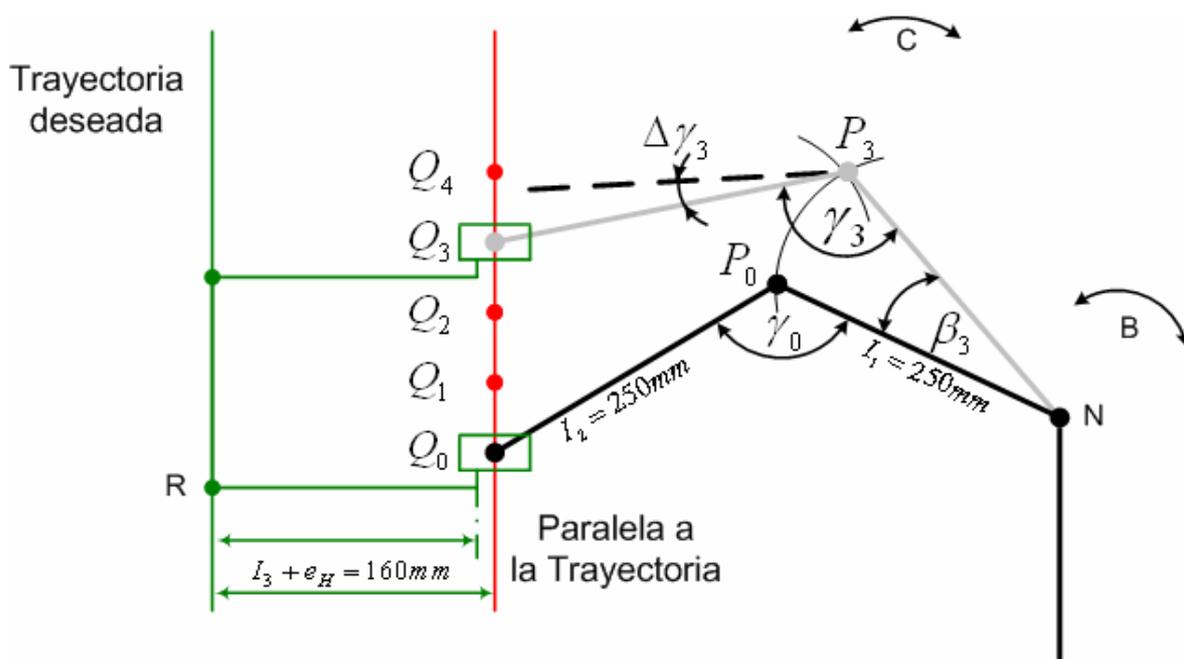


Figura. 5.27. Solución Gráfica

Dibuje un arco con un radio l_1 alrededor de N. Cuando l_2 interseca, se obtiene el punto P. Por ejemplo, para alcanzar el punto Q3 se debe hacer girar el accionador B en el ángulo β_3 y el accionador C en el ángulo $\Delta\gamma_3$.

5.4.3.2 Calibración de las coordenadas angulares

A fin de correlacionar las coordenadas angulares se ejecuta el programa práctica 3 en la computadora, con el objetivo de observar los ángulos reales y calibrar las escalas. Esto se hace girando cada manipulador separadamente a un ángulo predeterminado (30°) y leyendo la diferencia en la tabla de coordenadas. Por ejemplo, si la lectura inicial es 440 y tras un giro de 30° se lee 800, el factor de calibración (FC) es;

$$FC = \frac{800 - 440}{30} = \frac{360}{30} = 12 \left[\frac{\text{unidades}}{\%} \right]$$

Las mediciones se efectúan con transportador o mediante mediciones lineales y cálculos trigonométricos.

5.4.4 Procedimiento

1. Calibración de la escala para el accionador A.
 - a. Instalar el programa de movimiento del brazo hidráulico en la computadora.
 - b. Mover manualmente el sujetador a unos 20 mm por encima de la base.
 - c. Colocar un marcador borrable en el portaplumas.
 - d. Llevar al accionador A al centro aproximado de su movimiento y registrar las coordenadas numéricas que da la computadora.
 - e. Marcar un punto en el plano horizontal con el marcador.
 - f. Mover el accionador A usando el programa Práctica 3 a otro punto a unos 30° del punto original y registre nuevamente las coordenadas.
 - g. Marcar el punto usando el marcador.
 - h. Medir la distancia entre los dos puntos.
 - i. Calcular el ángulo:

$$\operatorname{tg} = \frac{\alpha}{2} = \frac{F}{2d}$$

Donde:

- d Es la distancia más corta desde la base al segmento entre los puntos.
- j. Calcular FC por diferencia de las lecturas divididas por a (figura 5.28).

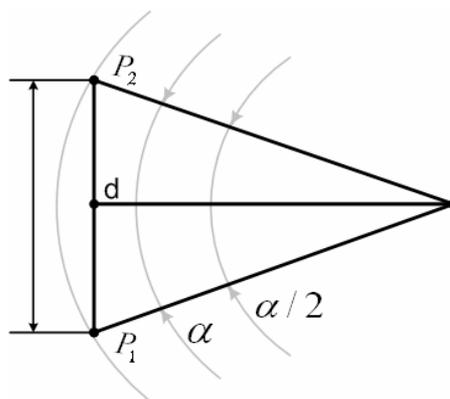


Figura. 5.28. Calibración de la escala para el accionador A

2. Calibración de la escala para el accionador B:
 - a. Colocar el brazo en la posición inicial aproximadamente en el centro del radio de acción.
 - b. Registrar en la computadora el valor numérico de las coordenadas para B.
 - c. Dar al brazo un giro de 30° , mida el ángulo.
 - d. Registrar el nuevo valor de las coordenadas.
 - e. Calcular el FC como la diferencia de entre las lecturas divididas por 30.
3. Determinar los factores de calibración para los accionadores C y D usando el procedimiento 2.
4. Colocar el portaplumas en el sujetador.
5. Instalar la pizarra vertical, paralela al manipulador.
6. Trazar una línea vertical sobre la pizarra.
7. Fijar la velocidad al 20% en la operación manual de la computadora.
8. En el modo de operación Computador, mover los accionadores B y C hasta que se encuentren con el marcador en cierto punto inicial sobre la línea.
9. Registrar las coordenadas del punto para B, C y D. Estos son los valores iniciales.
10. Medir las distancias entre la vertical y el eje de la base del manipulador, medir la diferencia de altura entre el punto N (accionador B) y Q_0 (punto inicial de la trayectoria).
11. Trazar la configuración cinemática en el papel de dibujo (figura 5.29).

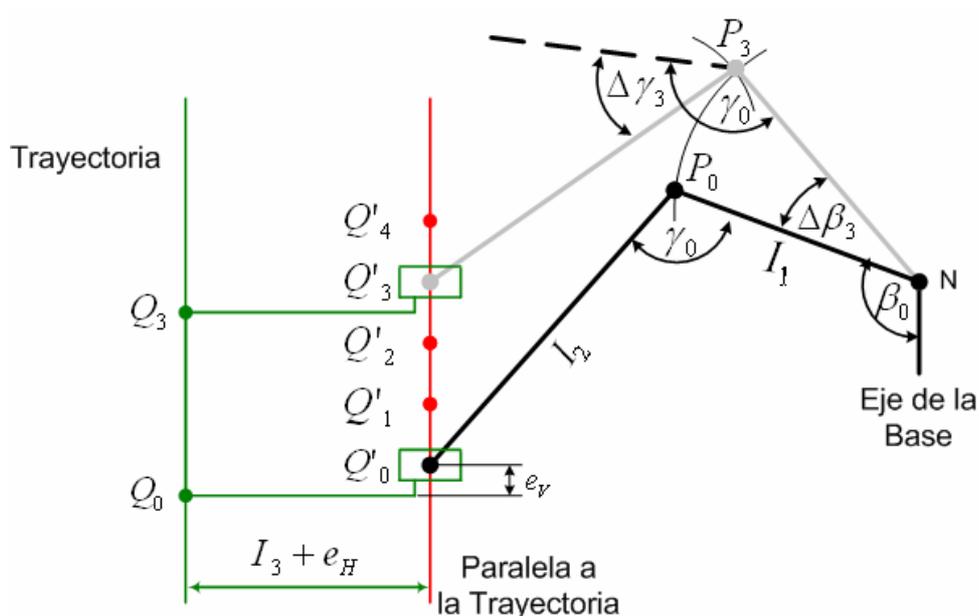


Figura. 5.29. Configuración cinemática

12. Dibujar dos arcos de Q_0 y de N con radios $l_1 = l_2 = 250$ mm, hasta intersectar en P_0 .
13. Ubicar 3 puntos adicionales a intervalos iguales sobre la trayectoria.
14. Repetir el paso 13 para todos los puntos, de Q_1 a Q_3 .
15. Medir los ángulos $\Delta\beta$ y $\Delta\gamma$ para cada punto por separado.
16. Anotar los resultados en la tabla siguiente:

Punto	$\Delta\beta$	(FC) $\Delta\beta$	$\Delta\gamma$	(FC) $\Delta\gamma$
Q_0				
Q_1				
Q_2				
Q_3				
Q_4				

17. Calcular la diferencia en las coordenadas para cada ángulo multiplicando el FC por el ángulo

Por ejemplo: Si el factor para B es $12 \left[\frac{\text{unidades}}{\%} \right]$ y $\Delta\beta = 2^\circ$, entonces $(FC)\Delta\beta = 12 \times 2 = 24$.

18. Programar la computadora con todas las coordenadas.

El orden de las operaciones debe ser: accionador B y luego C. Tras estos movimientos se llega a un nuevo punto en la trayectoria.

19. Ejecutar el programa en semiautomático y comparar la trayectoria real con la programada.

5.4.5 Implementación

La implementación de la Práctica 3 se la realiza con las debidas

consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

Con el objetivo de realizar una trayectoria vertical (figura 5.30) se mueve el hombro (accionador B) y el codo (accionador C), manteniendo constante la posición de la base (accionador A) y de la rótula (accionador D).

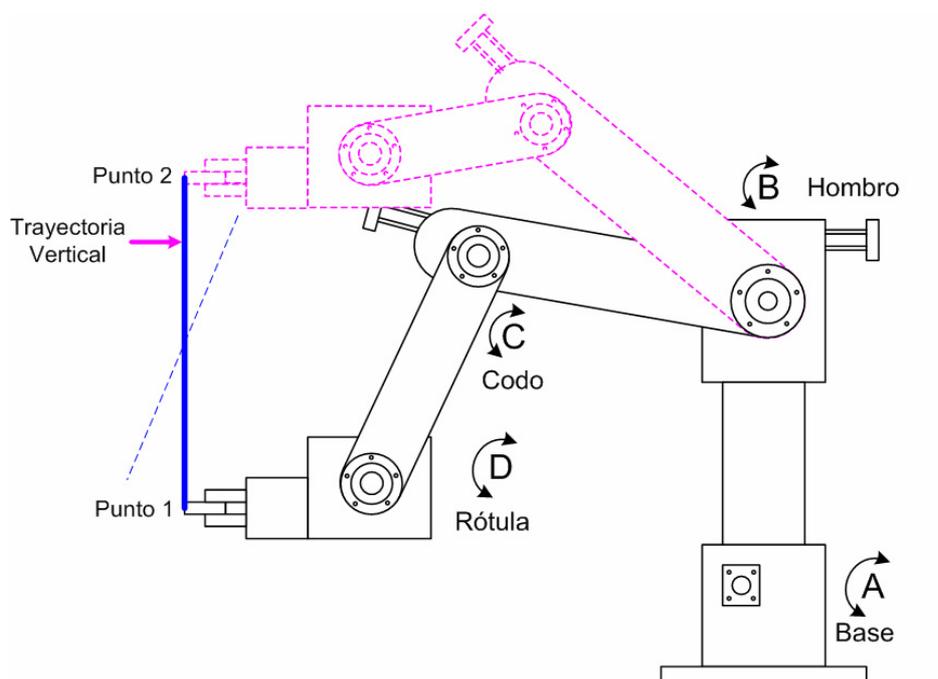


Figura. 5.30. Trayectoria vertical del robot

5.4.6 Programa

La Práctica 3 está conformada por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.4.6.1 Pantalla Práctica 3

Para el acceso a la Práctica 3 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 3 (figura 5.31), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.32).



Figura. 5.31. Acceso a Práctica 3

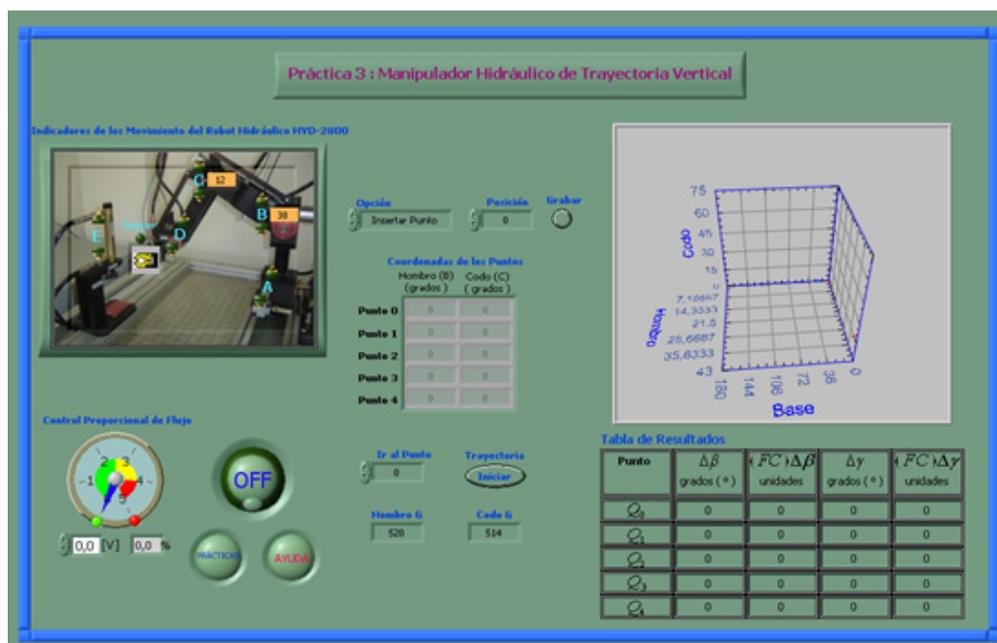


Figura. 5.32. Pantalla Práctica 3

En la Pantalla Práctica 3 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.

- El indicador de posición (en color naranja), muestra el valor en grados (°) de los accionadores B y C.
- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 3.txt.
- El botón Ir al Punto, visualiza los datos guardados del hombro (accionador B) y el codo (accionador C).
- El botón Trayectoria indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.4.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

Con el objetivo de grabar los datos de la posición del hombro y codo del Brazo Hidráulico (figura 5.33), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos según la posición que el operador crea conveniente. Este array se graba en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero. Las variables globales Cilindro y U Crudas dan el valor de la posición de los accionadores en grados (°) y en unidades crudas (equivalente en voltaje) respectivamente.

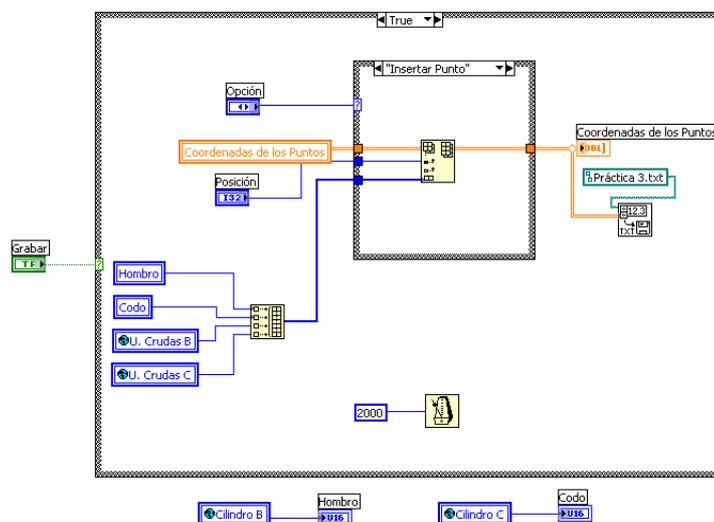


Figura. 5.33. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar todos los datos calculados en base a las coordenadas de los accionadores guardados, se deberá separar cada dato (figura 5.34) con la finalidad de organizar la información en la Tabla de Resultados. Además, se observa los resultados en un gráfico (figura 5.35) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

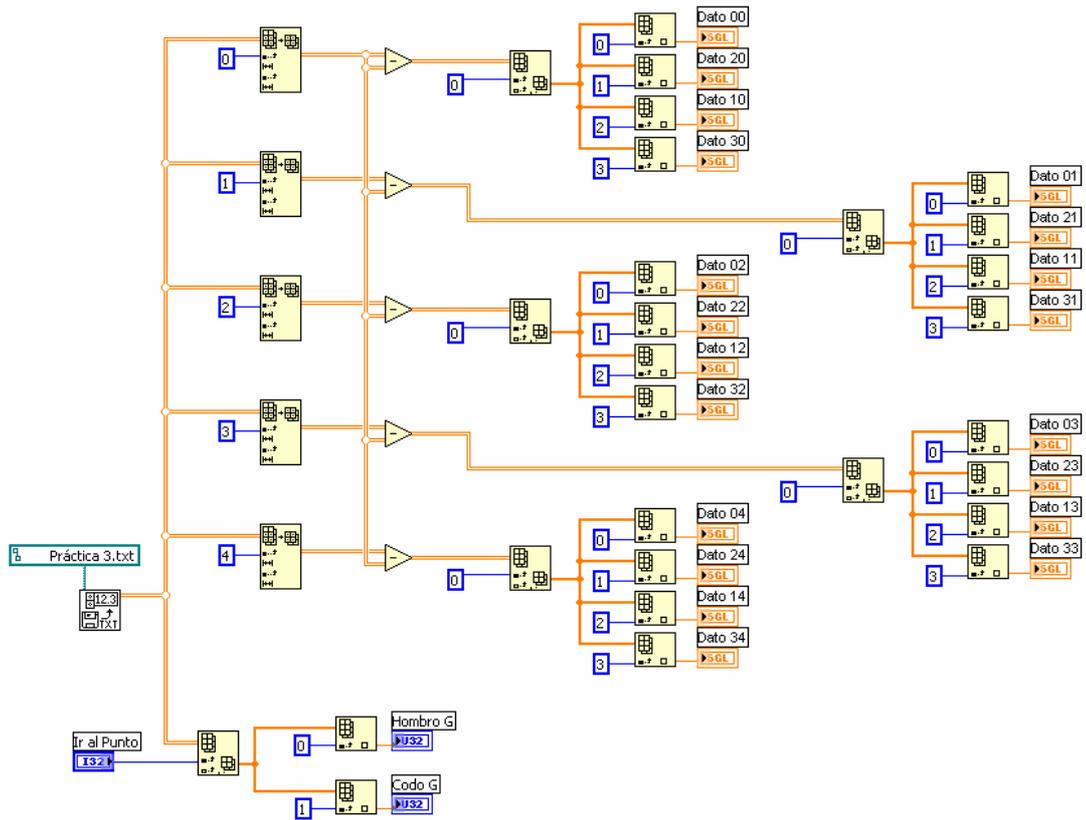


Figura. 5.34. Visualizar los datos grabados

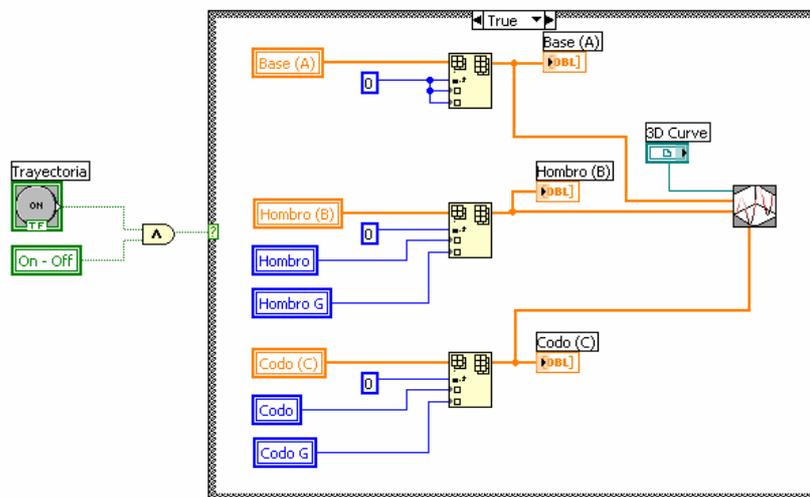


Figura. 5.35. Gráfico de los resultados obtenidos

Para que el brazo hidráulico realice un movimiento de forma semiautomática (figura 5.36) se debe en primer lugar comparar los datos actuales y guardados, después por medio de contadores habilitar la variables de verdad Punto B y C.

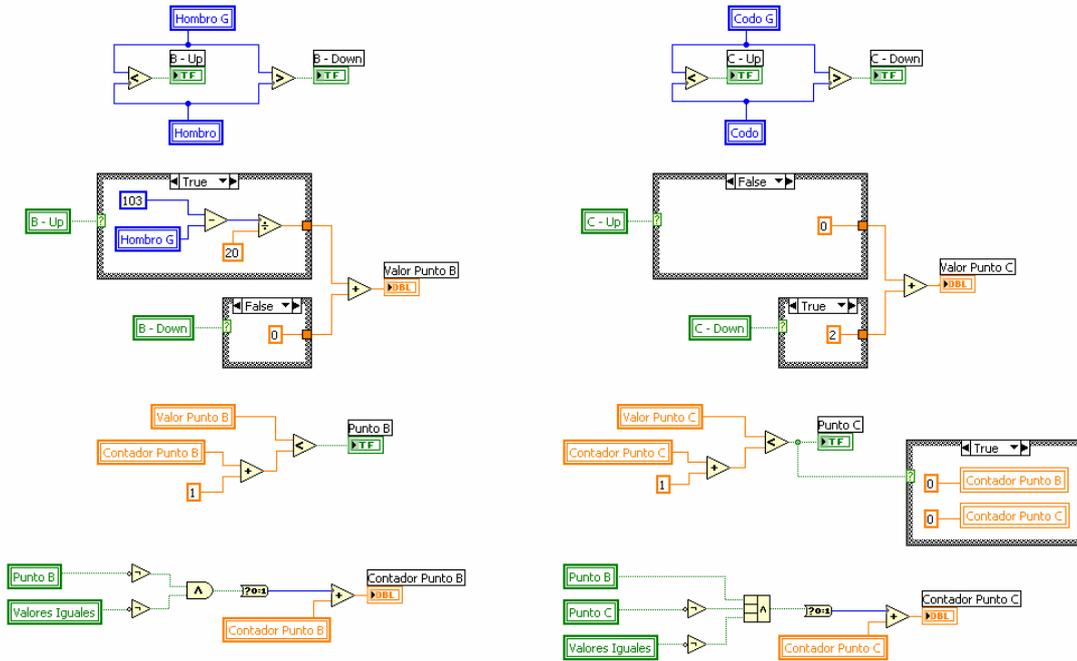


Figura. 5.36. Comparación de datos y habilitación de los accionadores B y C

Con el resultado de verdad de las variables Punto B y C se realiza la operación lógica AND con las variables que se muestran en la figura 5.37. La figura 5.38 indica como los resultados de verdad de la operación lógica habilitan el comando DBitOut.vi (analizado en la sección 4.1.1.2), para que el Robot Hidráulico funcione de forma semiautomática.

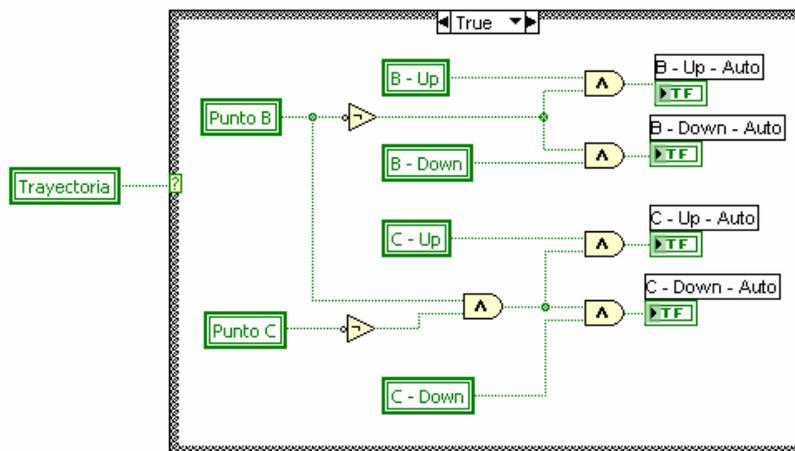


Figura. 5.37. Variables de la Operación Lógica AND

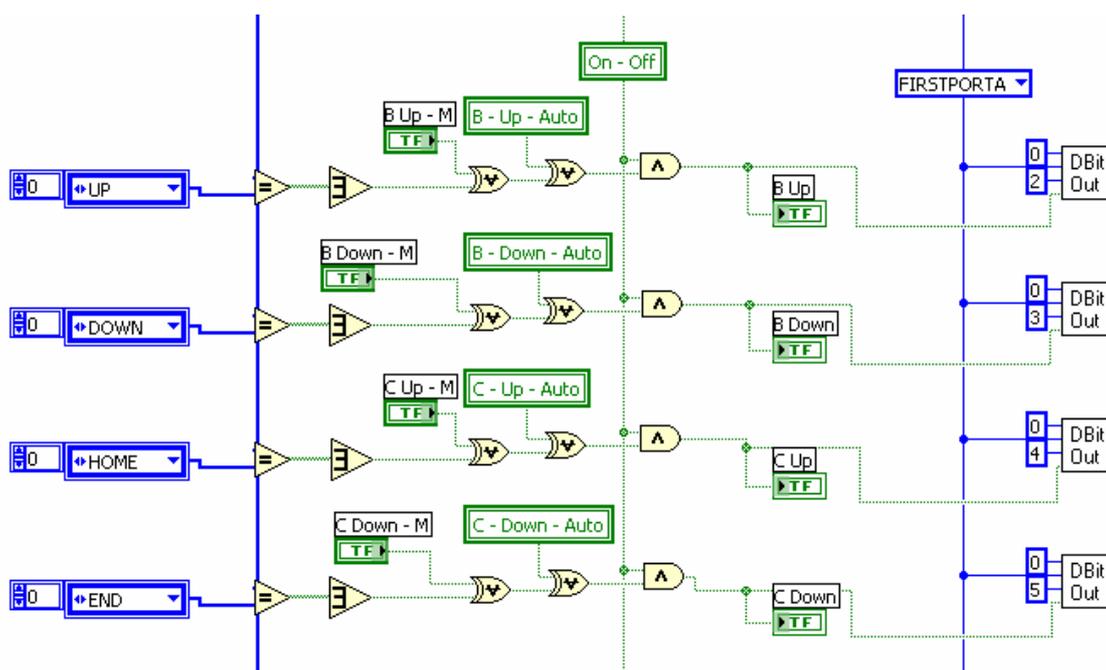


Figura. 5.38. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático

Los diagramas de bloques que se explicaron en ésta sección, deben estar dentro de un ciclo While, el cual ejecuta constantemente la actualización de datos.

5.5 PRÁCTICA #4: MANIPULADOR HIDRÁULICO DE TRAYECTORIA HORIZONTAL ⁸

5.5.1 Objetivo

- Diseñar una trayectoria del manipulador en el plano horizontal.
- Usar métodos gráficos de simulación cinemática.
- Operar el manipulador en la trayectoria programada.

5.5.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800.
- Panel de operación manual.

⁸ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo I, 1996

- Fuente de alimentación eléctrica, neumática e hidráulica.
- Una computadora de escritorio o portátil.
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS.
- Un portaplumas con un marcador borrable, para señalar puntos en la pizarra (figura 5.26).
- Un instrumento para medir ángulos con graduaciones de 0° a 360° .
- Un compás con apertura de 250 mm.
- Una pizarra.
- Papel de dibujo.

5.5.3 Planteamiento

5.5.3.1 Trayectoria horizontal programada del manipulador

El modo más sencillo para programar el movimiento angular de los accionadores A, B, C y D es aplicar una solución gráfica.

Para definir los ángulos de movimiento, se debe hacer dos dibujos: uno para el plano vertical y otro para el horizontal, a fin de hallar el ángulo de los accionadores A y D.

5.5.4 Procedimiento

1. Bajo el manipulador colocar la mesa horizontal y extender una hoja de papel.
2. Instalar el marcador en el sujetador y tocar con él la mesa.
3. Trazar una línea (no radial) en el centro de la mesa. Marcar en ella 5 puntos.
4. Medir las distancias del centro de la base a los puntos extremos de la trayectoria y las diferencias de altura entre el centro del sujetador y la mesa H_g ; medir también la distancia entre el punto N y la mesa H_n .
5. En dos hojas de dibujo, trazar las vistas vertical y horizontal del manipulador y de la trayectoria, como en las vistas de la figura 5.39.

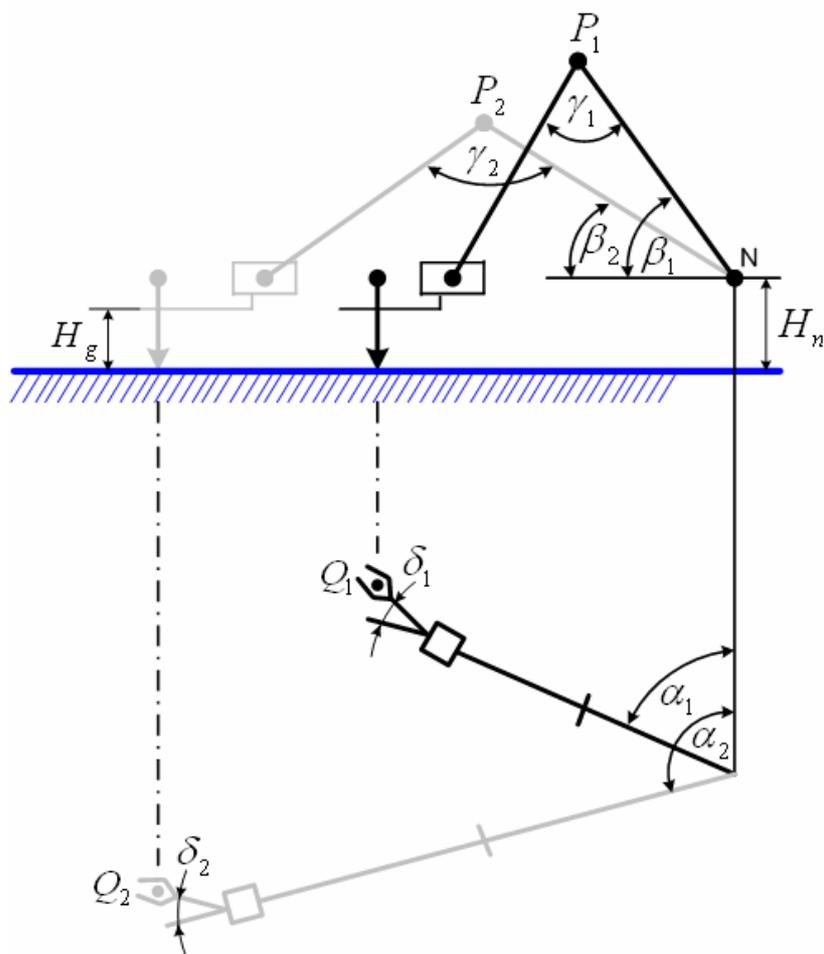


Figura. 5.39. Trayectoria general programada

6. Dibujar la cinemática del manipulador para todos los 5 puntos y medir los ángulos α , β , γ y δ para cada punto.
7. Resumir los datos en la siguiente tabla:

Punto	$\Delta\alpha$	(FC) $\Delta\alpha$	$\Delta\beta$	(FC) $\Delta\beta$	$\Delta\gamma$	(FC) $\Delta\gamma$
Q_0						
Q_1						
Q_2						
Q_3						
Q_4						

8. Instalar el programa Práctica 4 en el computador e introducir todas las coordenadas. Mantener la secuencia de operación de los accionadores en el

orden BCD para los radios del mayor al menor y en el orden DCB para los radios en aumento.

9. Colocar el programa en semiautomático y el caudal al 20%. Activar el manipulador
10. Verificar la precisión del movimiento.

5.5.5 Implementación

La implementación de la Práctica 4 se la realiza con las debidas consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

Con el objetivo de realizar una trayectoria horizontal (figura 5.40) se mueve la base (accionador A), manteniendo la altura constante con los movimientos del hombro (accionador B) y del codo (accionador C).

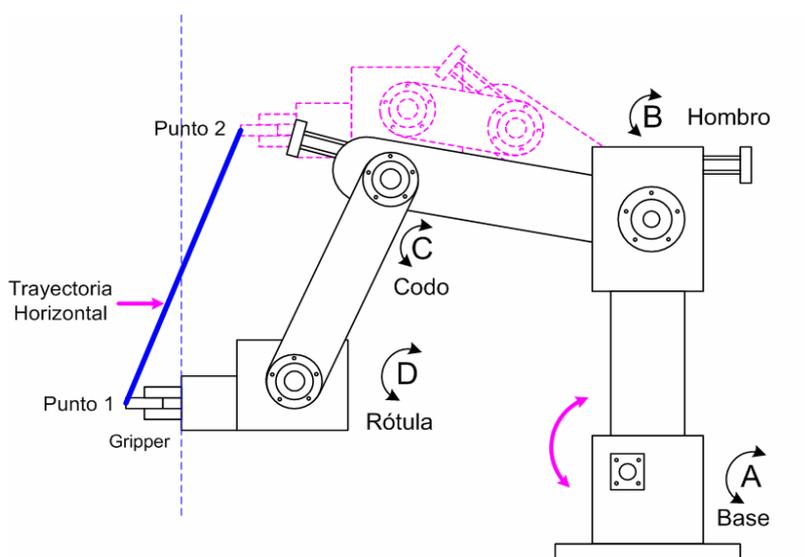


Figura. 5.40. Trayectoria horizontal del robot

5.5.6 Programa

La Práctica 4 está conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.5.6.1 Pantalla Práctica 4

Para el acceso a la Práctica 4 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 4 (figura 5.41), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.42).



Figura. 5.41. Acceso a Práctica 4

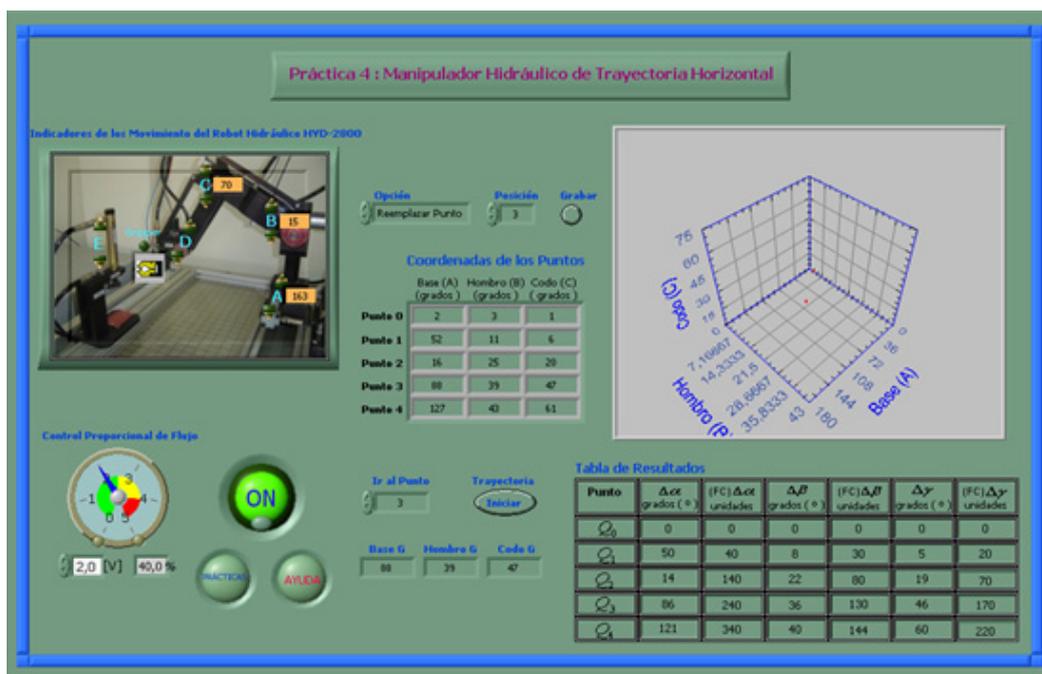


Figura. 5.42. Pantalla Práctica 4

En la Pantalla Práctica 4 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.
- El indicador de posición (en color naranja), muestra el valor en grados (°) de los accionadores A, B y C.
- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 3.txt.
- El botón Ir al Punto, visualiza los datos guardados de la base (accionador A), hombro (accionador B) y el codo (accionador C).
- El botón Trayectoria indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.5.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

Con el objetivo de grabar los datos de la posición de la base, hombro y codo del Brazo Hidráulico (figura 5.43), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos según la posición que el operador crea conveniente. Este array se graba en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero. Las variables globales Cilindro y U Crudas dan el valor de la posición de los accionadores en grados (°) y en unidades crudas (equivalente en voltaje) respectivamente.

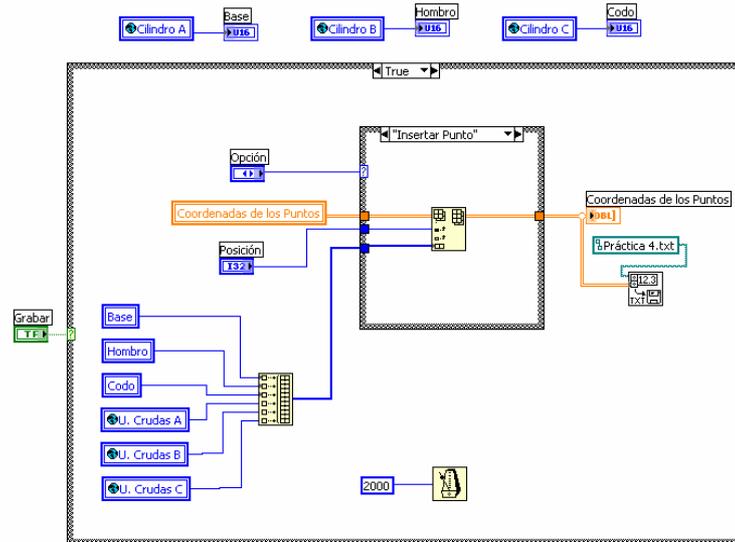


Figura. 5.43. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar todos los datos calculados en base a las coordenadas de los accionadores guardados, se deberá separar cada dato (figura 5.44) con la finalidad de organizar la información en la Tabla de Resultados. Además, se observa los resultados en un gráfico (figura 5.45) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

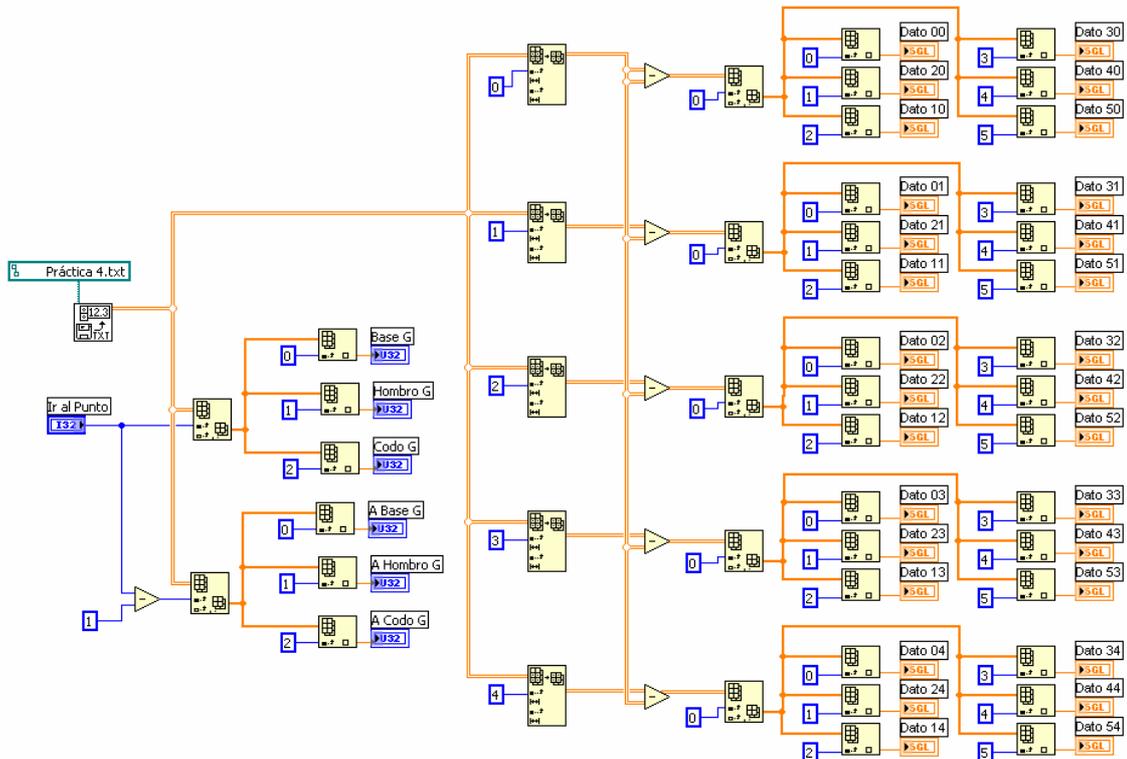


Figura. 5.44. Visualizar los datos grabados

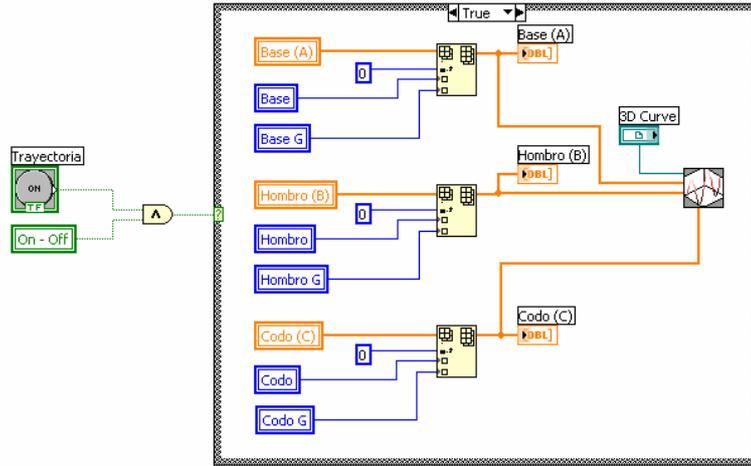


Figura. 5.45. Gráfico de los resultados obtenidos

Para que el brazo hidráulico realice un movimiento de forma semiautomática (figura 5.46) se debe en primer lugar comparar los datos actuales y guardados, después por medio de contadores habilitar las variables de verdad Punto A, B y C.

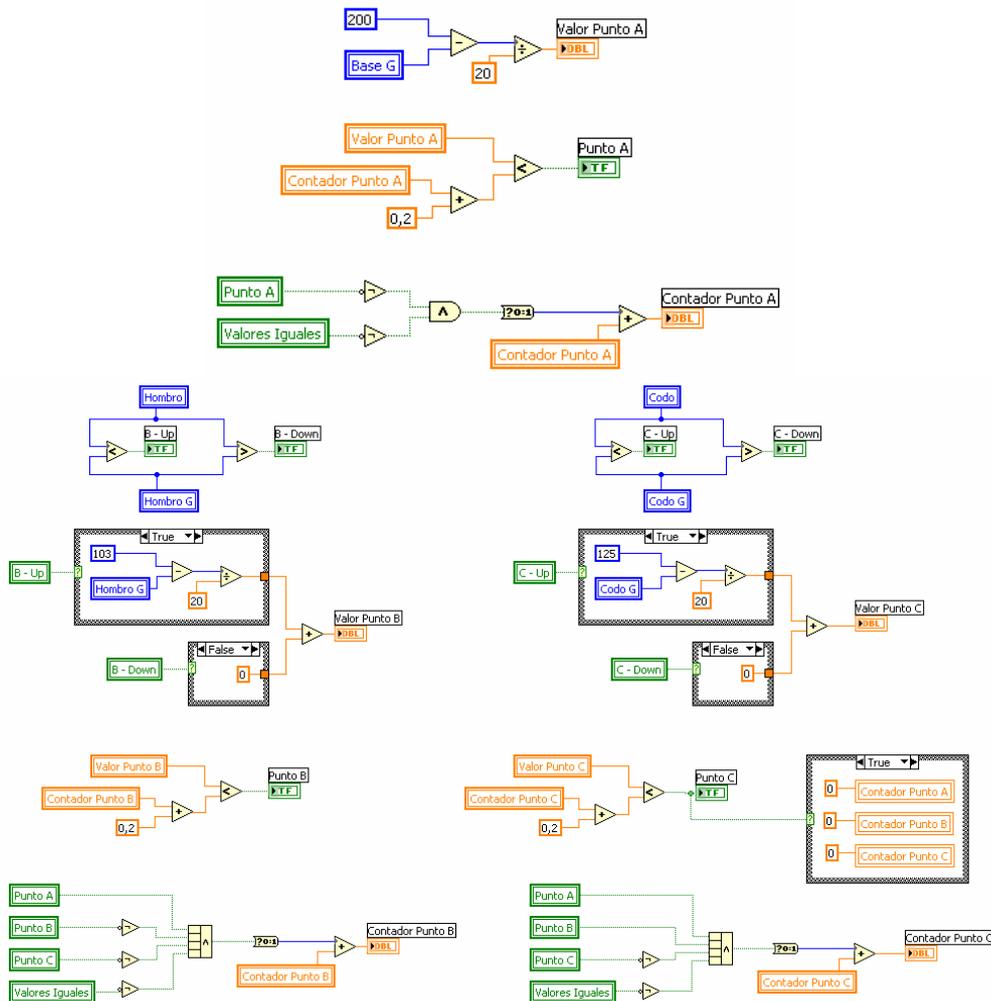


Figura. 5.46. Comparación de datos y habilitación de los accionadores A, B y C

Con el resultado de verdad de las variables Punto A, B y C se realiza la operación lógica AND con las variables que se muestran en la figura 5.47. La figura 5.48 indica como los resultados de verdad de la operación lógica habilitan el comando DBitOut.vi (analizado en la sección 4.1.1.2), para que el Robot Hidráulico funcione de forma semiautomática.

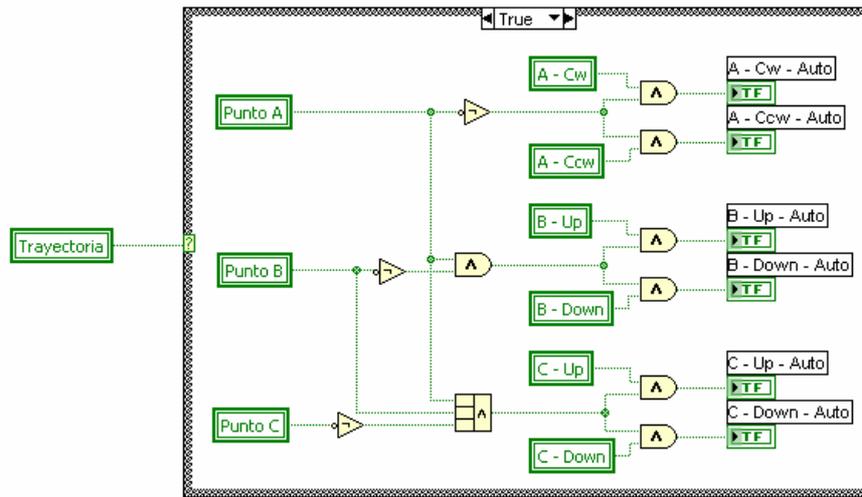


Figura. 5.47. Variables de la Operación Lógica AND

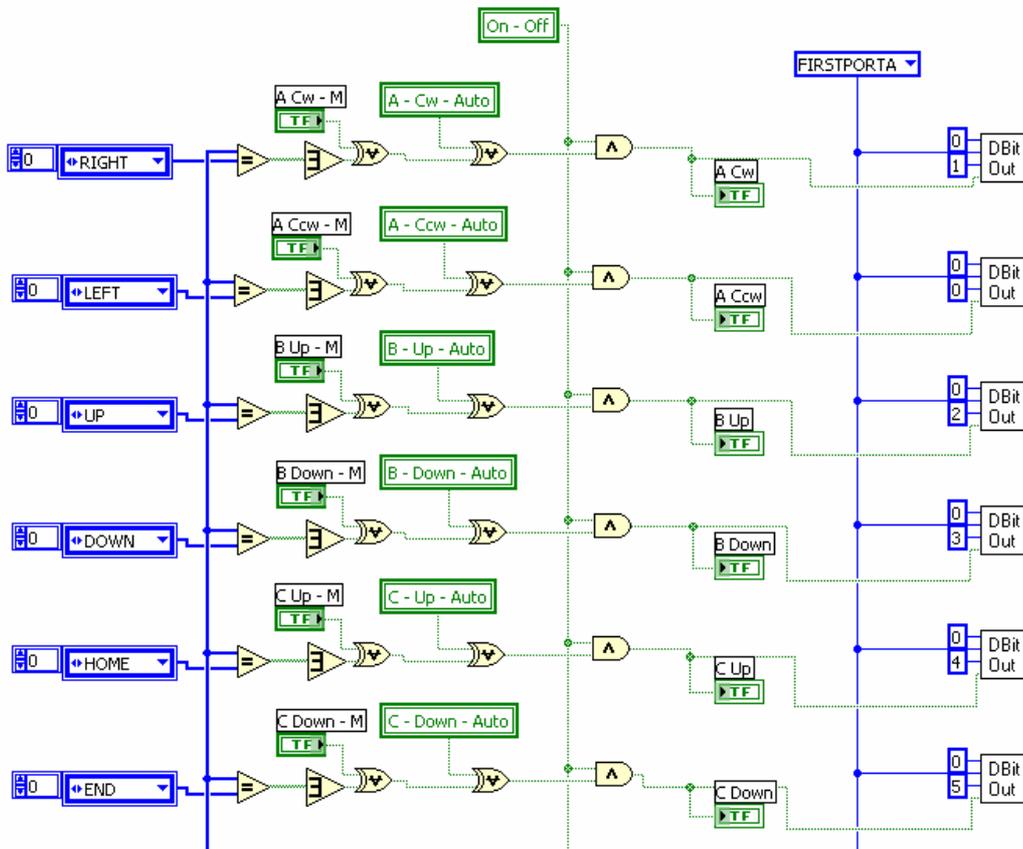


Figura. 5.48. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático

Los diagramas de bloques que se explicaron en ésta sección, deben estar dentro de un ciclo While, el cual ejecuta constantemente la actualización de datos.

5.6 PRÁCTICA #5: MOVIMIENTO DE UN OBJETO EN EL ESPACIO ⁹

5.6.1 Objetivo

- Programar gráficamente la trayectoria y las coordenadas de los puntos extremos del manipulador.
- Operar el manipulador para ejecutar una trayectoria definida.

5.6.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800.
- Panel de operación manual.
- Fuente de alimentación eléctrica, neumática e hidráulica.
- Una computadora de escritorio o portátil.
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS.
- Un objeto cilíndrico metálico.
- Un instrumento para medir ángulos con graduaciones de 0° a 360°.
- Un compás con apertura de 250 mm.
- Una pizarra.
- Papel de dibujo.

5.6.3 Planteamiento

5.6.3.1 Método gráfico de planificación de trayectoria y coordenadas de puntos

⁹ PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS), Tomo II, 1996

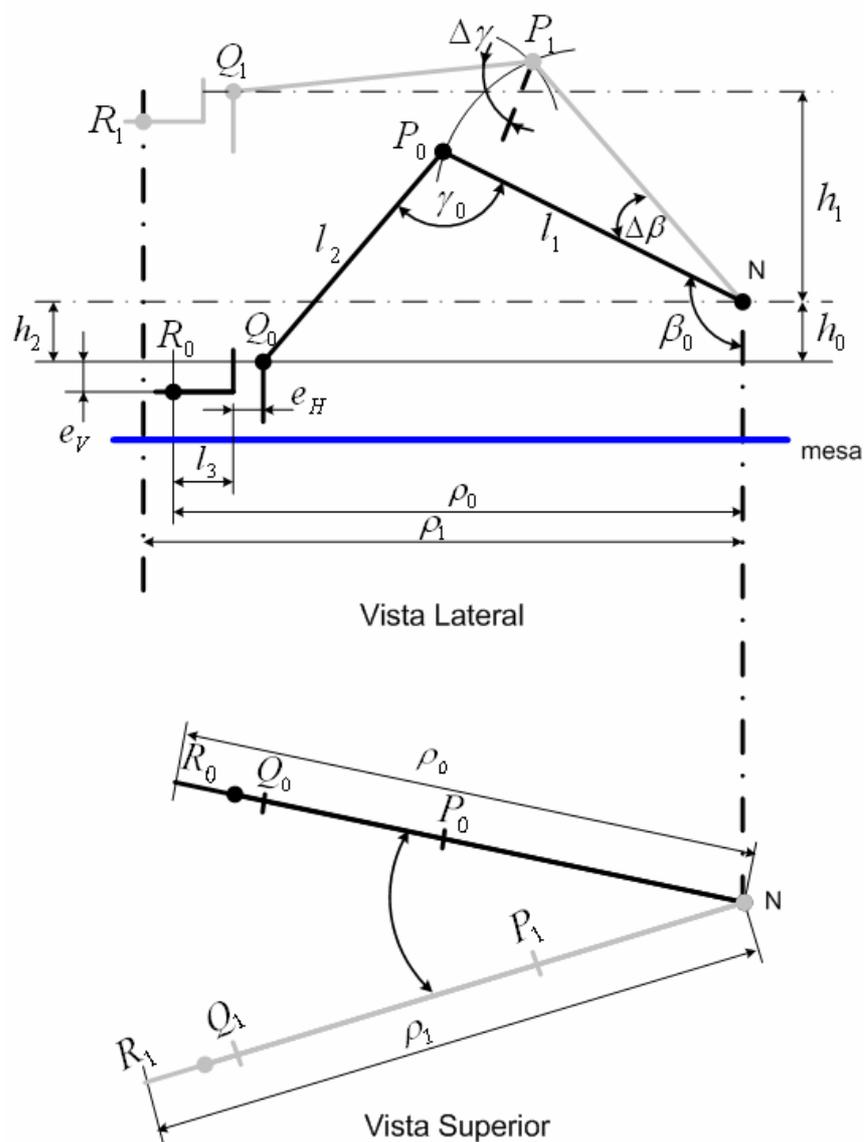


Figura. 5.49. Planificación de trayectoria

El procedimiento para programar trayectoria y puntos es el siguiente:

- Dibujar una vista superior del volumen de servicio, localice el centro de la base (N), la ubicación inicial del objeto (R_0) y la ubicación final (R_1).

Mida los radios ρ_0, ρ_1

- Dibujar una vista lateral del manipulador.
Marcar los puntos con los radios correctos y las elevaciones de N.
- Marcar los puntos Q_0, Q_1 , usando las medidas l_3, e_H, e_V .
- Dibujar los arcos l_1, l_2 e N y Q_0 , hasta intersectar en ρ_0, ρ_1

- Dibujar los brazos del manipulador.

9. Operar el manipulador en semiautomático y verificar la precisión de posición.
10. Programar la computadora para mover el objeto hacia atrás de R_1 a R_0 y ejecutar el programa.

5.6.5 Implementación

La implementación de la Práctica 5 se la realiza con las debidas consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

Con el propósito de mover un objeto en el espacio, se debe conocer los rangos de los accionadores (refiérase a la tabla 5.1) para diseñar la trayectoria del Brazo Hidráulico. La secuencia que se realiza en esta práctica se muestra en las figuras 5.50 y 5.51.

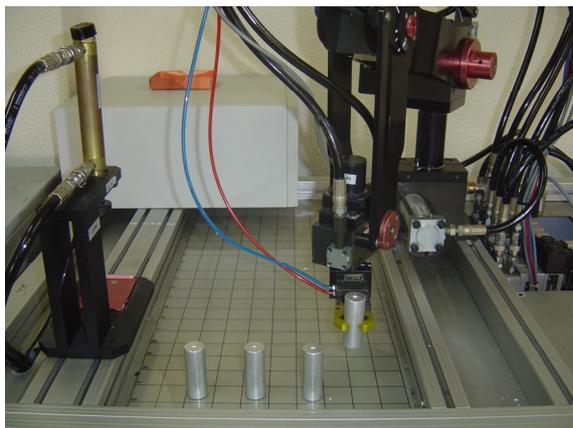


Figura. 5.50. Recoger el Objeto

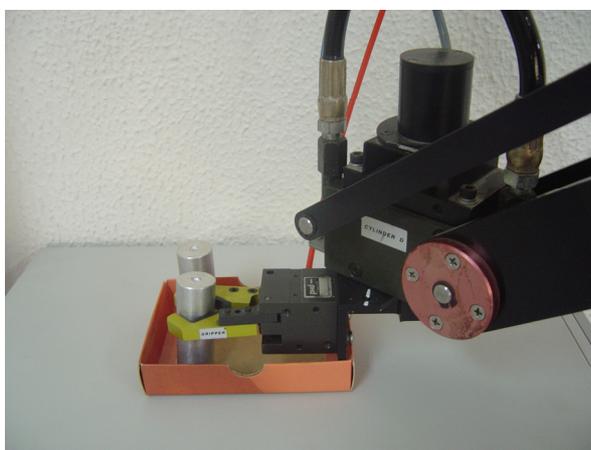


Figura. 5.51. Dejar el Objeto en un recipiente

5.6.6 Programa

La Práctica 5 está conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.6.6.1 Pantalla Práctica 5

Para el acceso a la Práctica 5 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 5 (figura 5.52), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.53).



Figura. 5.52. Acceso a Práctica 5



Figura. 5.53. Pantalla Práctica 5

En la Pantalla Práctica 5 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El gráfico del gripper tiene la opción de activarse o desactivarse.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.
- El indicador de posición (en color naranja), muestra el valor en grados (°) de los accionadores A, B, C y D.
- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 3.txt.
- El botón Ir al Punto, visualiza los datos guardados de la base (accionador A), hombro (accionador B), el codo (accionador C) y la rótula (accionador D).
- El botón Trayectoria indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.6.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

Con el objetivo de grabar los datos de la posición de la base, hombro, codo y rótula del Brazo hidráulico (figura 5.54), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos según la posición que el operador crea conveniente. Este array se graba en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero. Las variables globales Cilindro y U. Crudas dan el valor de la posición de los accionadores en grados (°) y en unidades crudas (equivalente en voltaje) respectivamente.

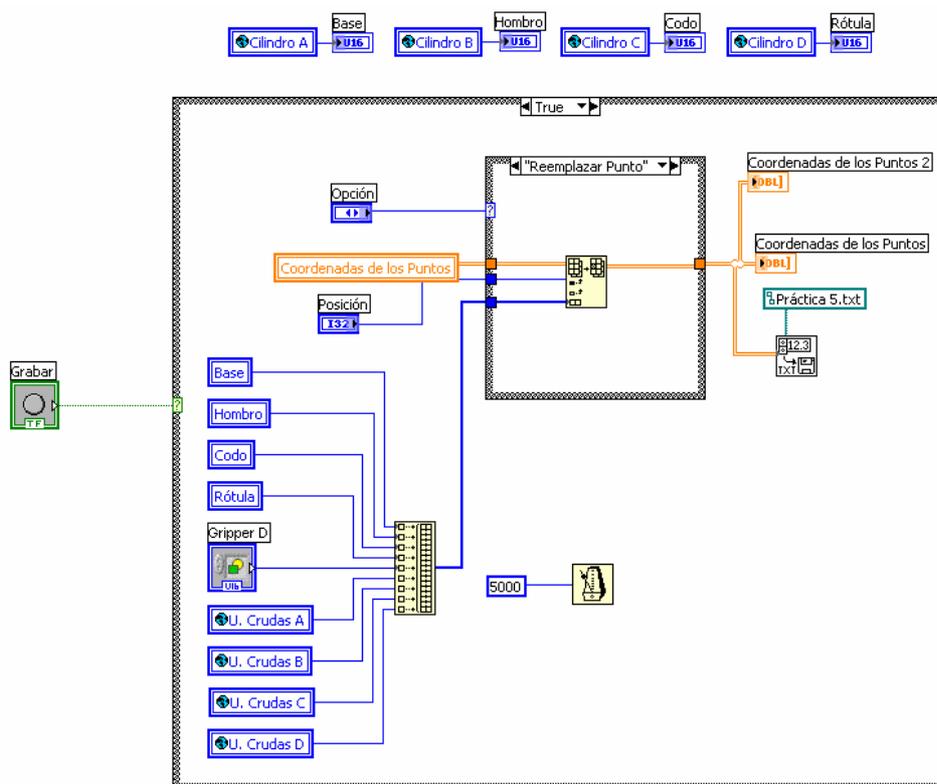


Figura. 5.54. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar todos los datos calculados en base a las coordenadas de los accionadotes guardados, se deberá separar cada dato

(figura 5.55) con la finalidad de organizar la información en la Tabla de Resultados. Además, se observa los resultados en un gráfico (figura 5.56) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

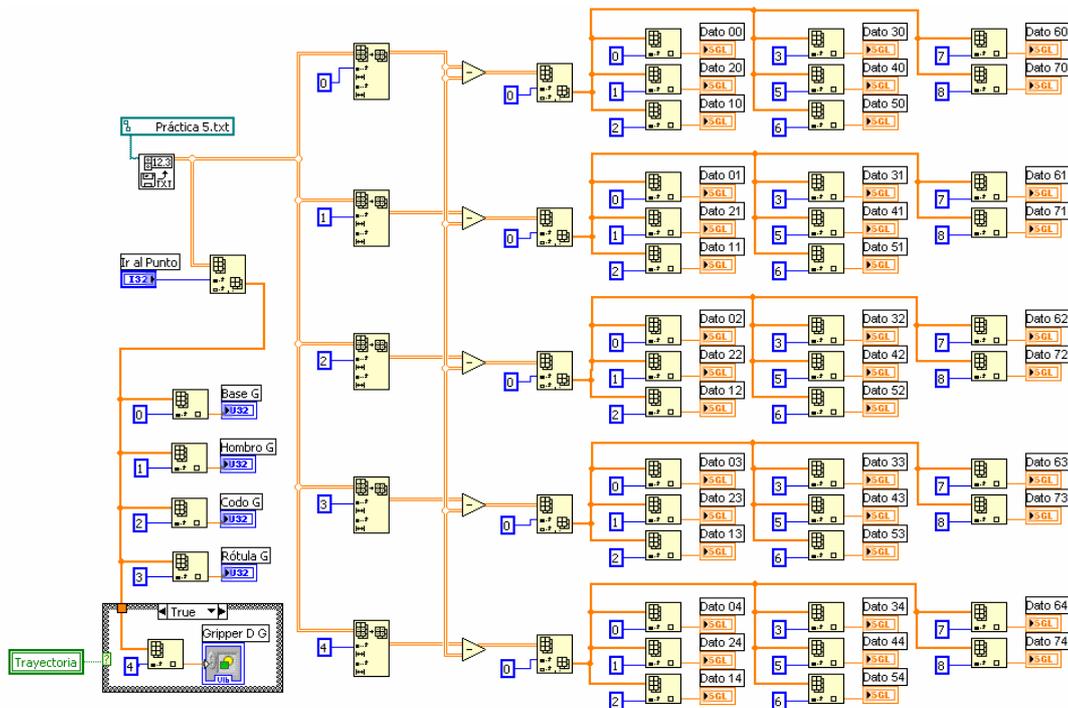


Figura. 5.55. Visualizar los datos grabados

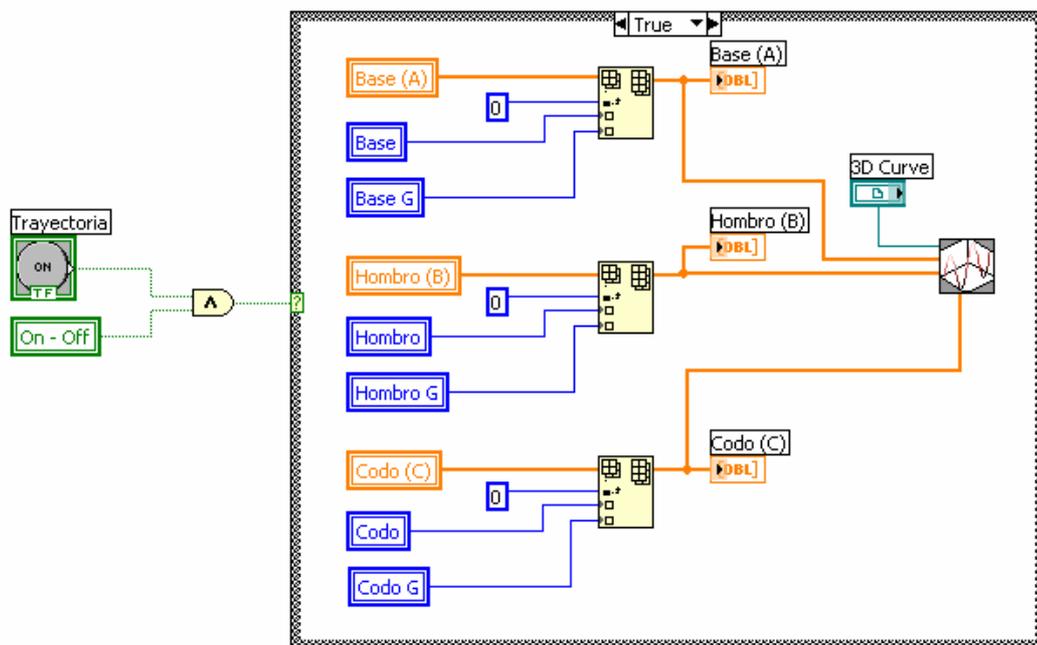


Figura. 5.56. Gráfico de los resultados obtenidos

Para que el brazo hidráulico realice un movimiento de forma semiautomática (figura 5.57) se debe en primer lugar comparar los datos actuales y guardados, después por medio de contadores habilitar la variables de verdad Punto A, B, C y D.

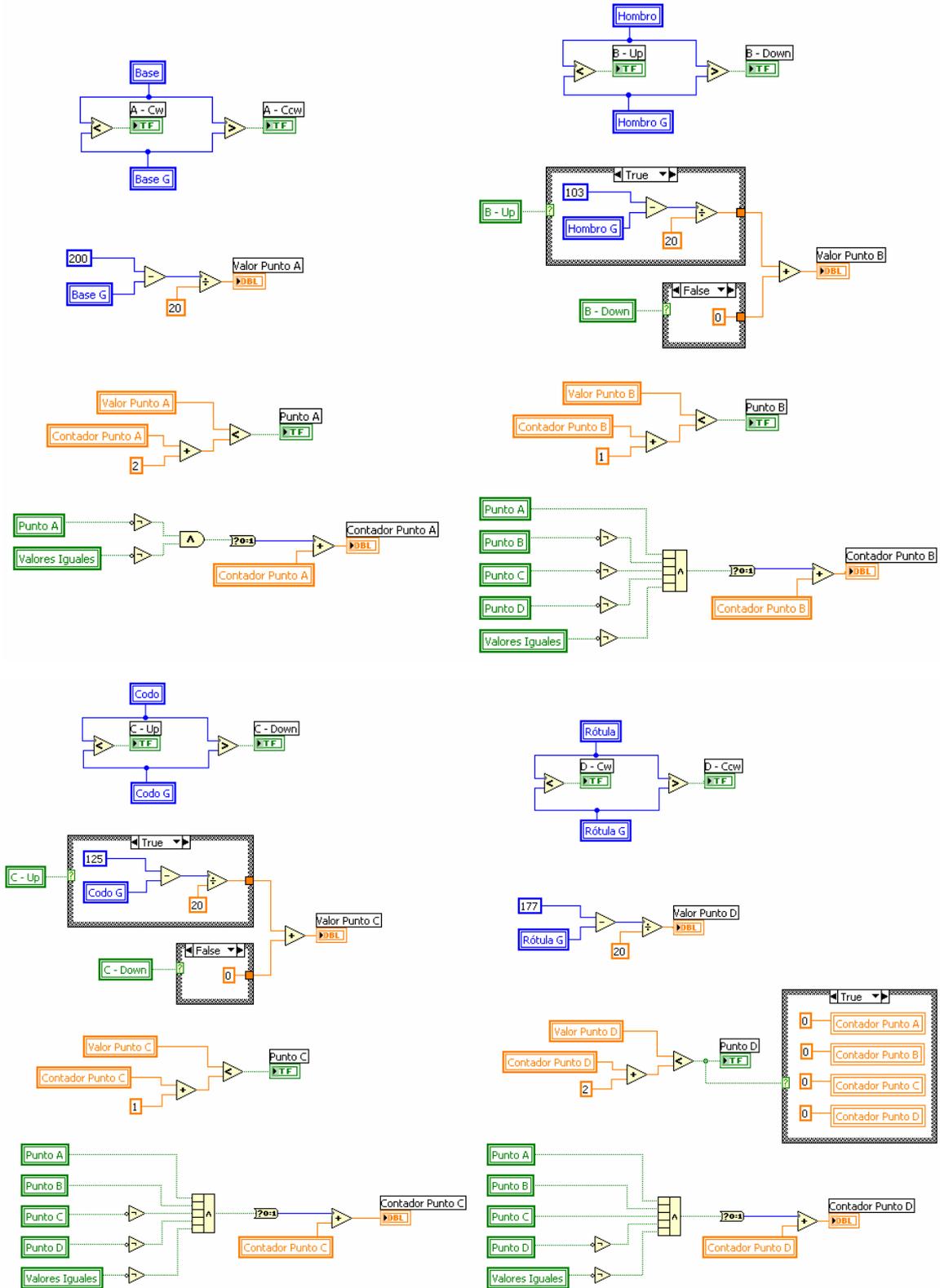


Figura. 5.57. Comparación de datos y habilitación de los accionadores A, B, C y D

Con el resultado de verdad de las variables Punto A, B, C y D se realiza la operación lógica AND con las variables que se muestran en la figura 5.58. La figura 5.59 indica como los resultados de verdad de la operación lógica habilitan el comando DBitOut.vi (analizado en la sección 4.1.1.2), para que el Robot Hidráulico funcione de forma semiautomática.

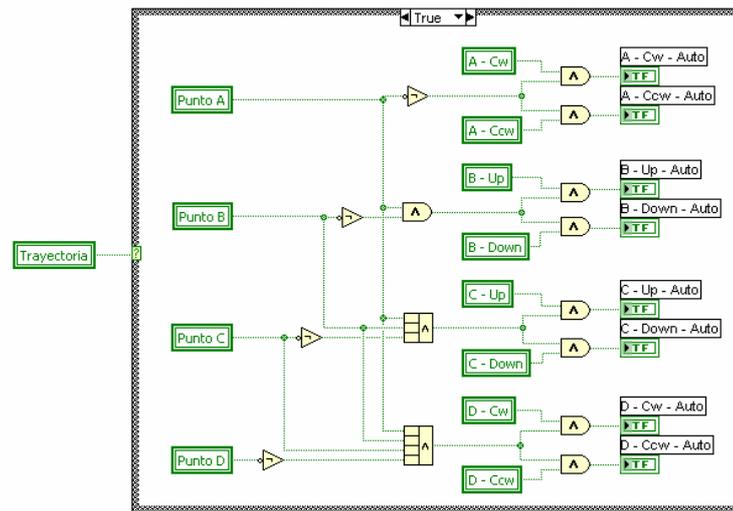


Figura 5.58. Variables de la Operación Lógica AND

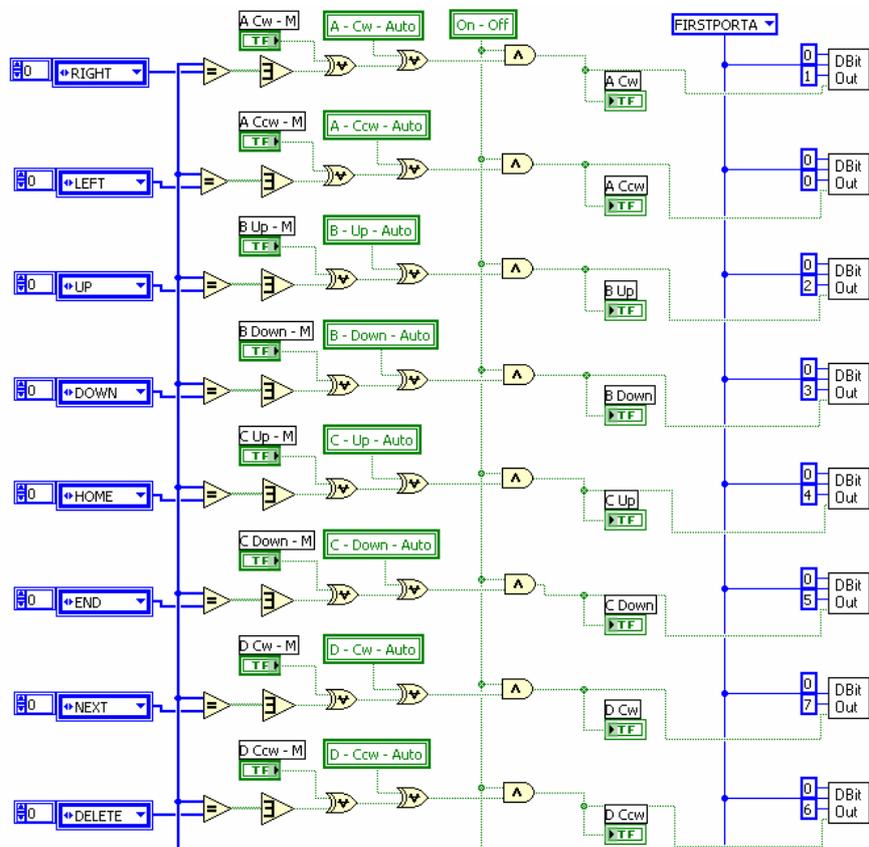


Figura 5.59. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático

5.7.3 Planteamiento

El modo más sencillo para programar los movimientos angulares de los accionadores A, B, C y D es usar una solución gráfica, estas soluciones se explican en los planteamientos de las prácticas 3, 4 y 5 (secciones 5.4.3, 5.5.3 y 5.6.3 respectivamente).

En la programación de las trayectorias vertical y horizontal para la construcción de pallets se debe tener en cuenta la calibración de los accionadores, con la finalidad de realizar la trayectoria con precisión.

5.7.4 Procedimiento

1. Conectar la tarjeta PMD 1208LS al computador.
2. Configurar la tarjeta con el programa Instacal para que las señales analógicas sean de tipo individual (8 Single Ended).
4. Ejecutar el programa Pantalla Principal.vi (refiérase a la sección 4.1.3).
5. Acceder a la Pantalla Prácticas y después a la Pantalla Práctica 6.
6. Presionar el botón ayuda para conocer como esta configurado el teclado.
7. Activar el botón On/Off de la unidad de poder hidráulica.
8. Regular la velocidad con el control proporcional.
9. Manipular las articulaciones del robot para construir los pallets.
10. Grabar las coordenadas de cada punto.
11. Presionar el botón Trayectoria para que el Brazo Hidráulico funcione de forma automática.
12. Repetir el pasos 11 cada vez que termine de construir un pallet.

5.7.5 Implementación

La implementación de la Práctica 6 se la realiza con las debidas consideraciones de funcionamiento de los equipos y cumpliendo con los objetivos planteados.

Con el propósito de construir pallets, se debe conocer los rangos de los accionadores (refiérase a la tabla 5.1) para diseñar la trayectoria del Brazo Hidráulico. La secuencia que se realiza en esta práctica se muestra en las figuras 5.61, 5.62, 5.63, 5.64 y 5.65.

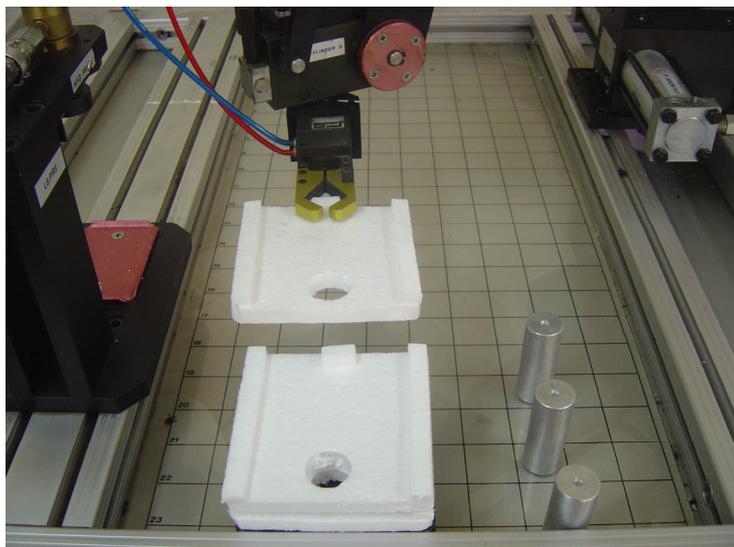


Figura. 5.61. Recoger la base del pallet

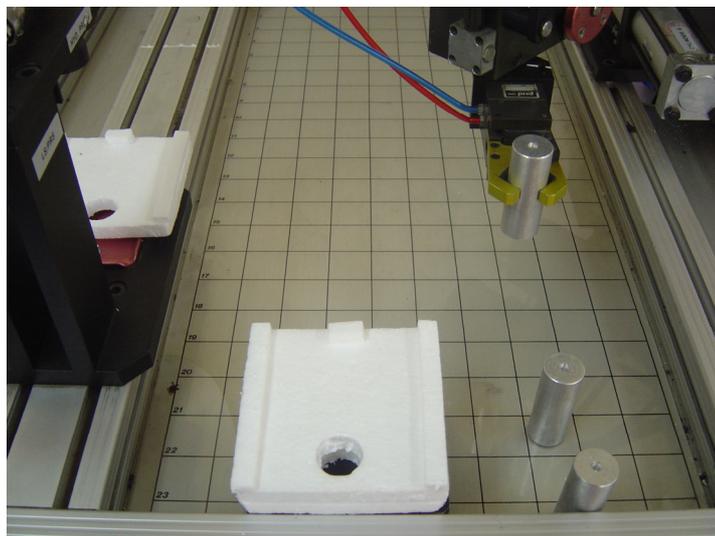


Figura. 5.62. Recoger la clavija del pallet



Figura. 5.63. Colocar la clavija en el agujero de la base

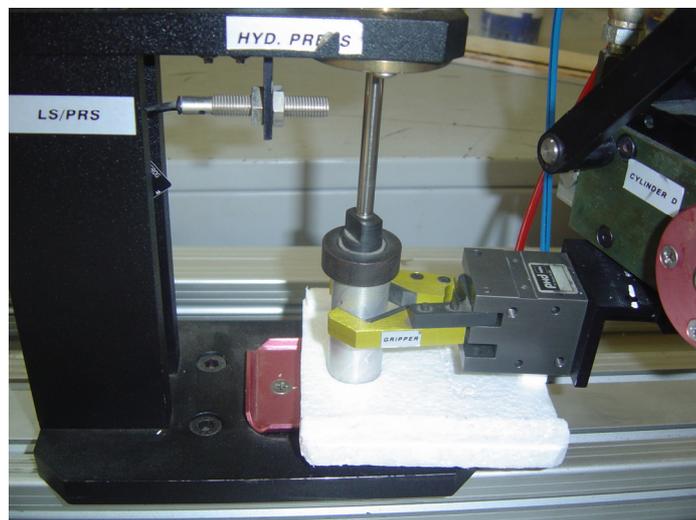


Figura. 5.64. Presionar con la prensa hidráulica la clavija



Figura. 5.65. Colocar el pallet construido en un recipiente

5.7.6 Programa

La Práctica 6 está conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta PMD-1208LS y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.7.6.1 Pantalla Práctica 6

Para el acceso a la Práctica 6 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 6 (figura 5.66), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.67).



Figura. 5.66. Acceso a Práctica 6



Figura. 5.67. Pantalla Práctica 6

En la Pantalla Práctica 6 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y los botones (ON/FF y Ayuda) son explicados en la sección 4.1.4.
- El gráfico del gripper tiene la opción de activarse o desactivarse.
- El gráfico de la prensa hidráulica tiene la opción de activarse o desactivarse.
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).
- El botón Opción permite al operador insertar y reemplazar datos en la posición que se indica.
- El indicador de posición (en color naranja), muestra el valor en grados (°) de los accionadores A, B, C y D.
- El botón Grabar autoriza al operador guardar los datos de la Tensión y Tiempo en un archivo de nombre Práctica 3.txt.
- El botón Ir al Punto, visualiza los datos guardados de la base (accionador A), hombro (accionador B), el codo (accionador C) y la rótula (accionador D).
- El botón Trayectoria indica gráficamente los resultados de la práctica.
- La tabla muestra los resultados obtenidos.

5.7.6.2 Diagrama de Bloques

En la sección 4.1.4 se explica como se configura el teclado con la finalidad de enviar y recibir señales sean estas analógicas o digitales, para manipular la Estación Hidráulica. Además, como se configura para manipula de forma virtual.

Con el objetivo de grabar los datos de la posición de la base, hombro, codo y rótula del Brazo hidráulico (figura 5.68), se crea un array en el cual se puede insertar o reemplazar los datos según la posición que el operador crea conveniente. Este array se graba en un archivo txt cuando el valor de verdad del botón grabar es verdadero. Las variables globales Cilindro dan el valor de la posición de los accionadores en grados ($^{\circ}$).

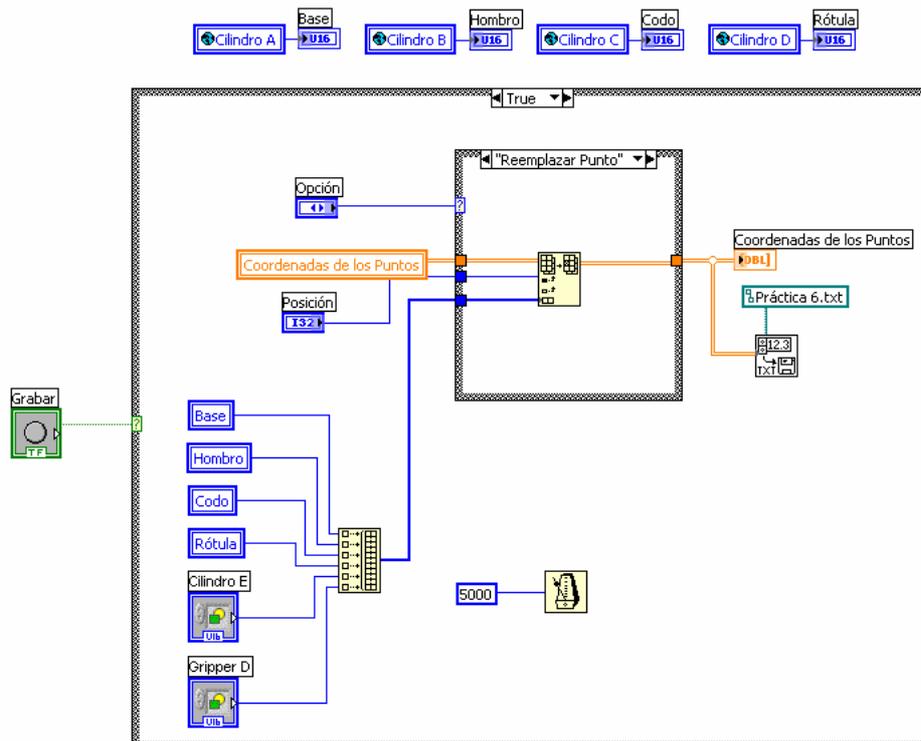


Figura. 5.68. Grabar datos en un archivo

Con el propósito de visualizar los datos de las coordenadas de los accionadores guardados, se deberá separar cada dato (figura 5.69) con la finalidad de organizar la información. Además, se observa los resultados en un gráfico (figura 5.70) que se activa mediante un ActiveX CWGraph3D Control que se encuentra en las librerías del software LabVIEW.

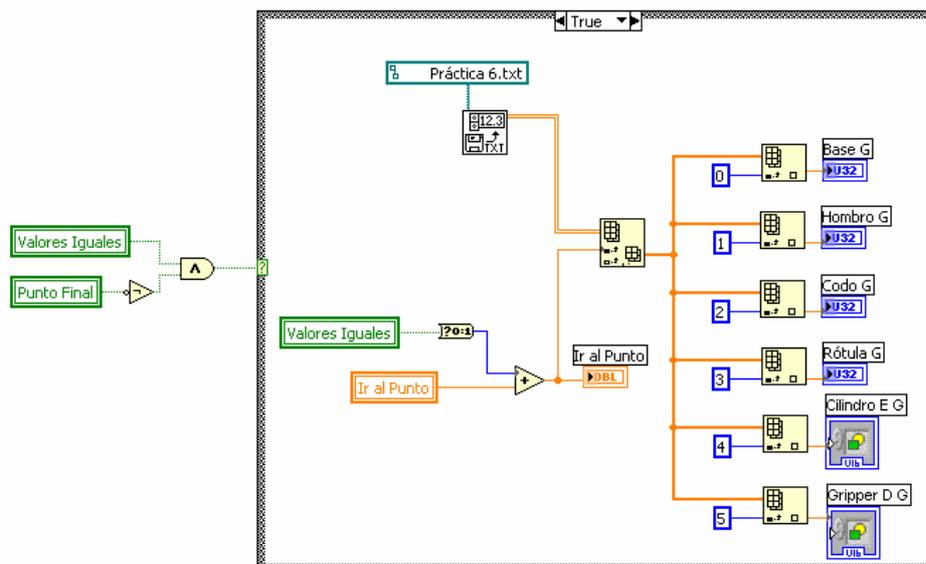


Figura. 5.69. Visualizar los datos grabados

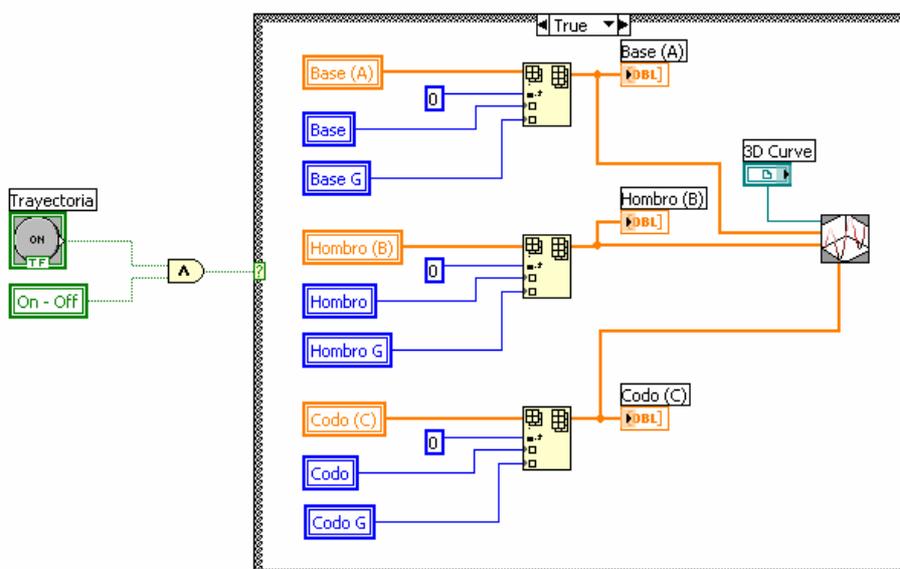


Figura. 5.70. Gráfico de los resultados obtenidos

Para que el brazo hidráulico realice un movimiento de forma semiautomática (refiérase a la figura 5.57) se debe en primer lugar comparar los datos actuales y guardados, después por medio de contadores habilitar las variables de verdad Punto A, B, C y D.

Con el resultado de verdad de las variables Punto A, B, C y D se realiza la operación lógica AND con las variables que se muestran en la figura 5.71. La figura 5.72 indica como los resultados de verdad de la operación lógica habilitan el

comando DBitOut.vi (analizado en la sección 4.1.1.2), para que el Robot Hidráulico funcione de forma semiautomática.

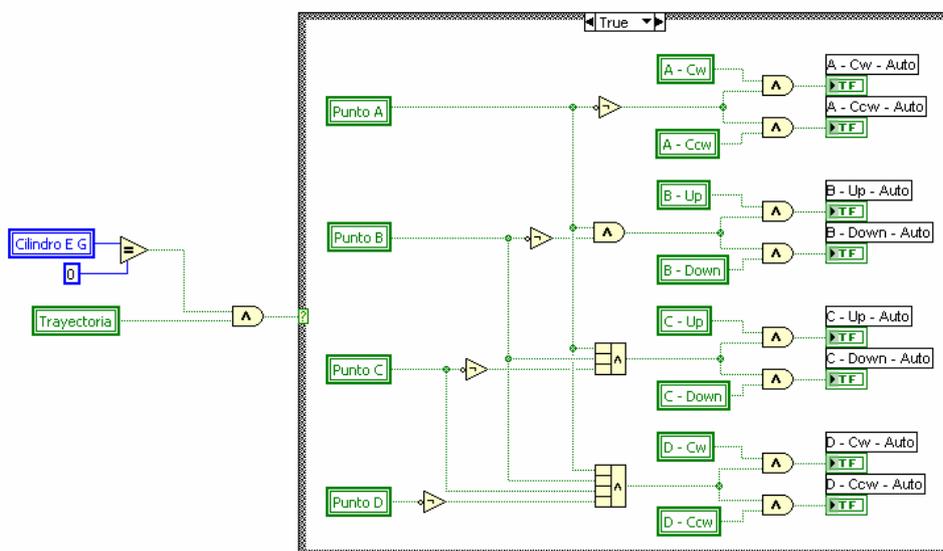


Figura. 5.71. Variables de la Operación Lógica AND

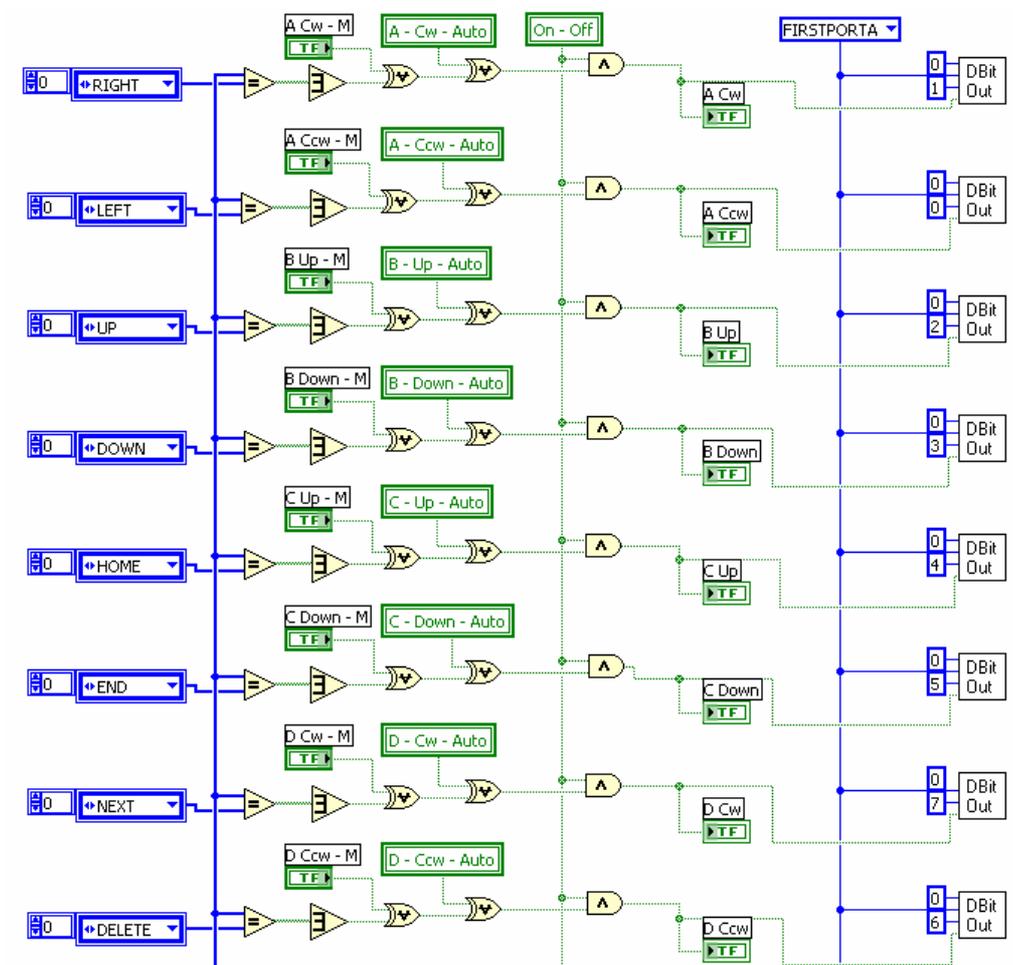


Figura. 5.72. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático

La activación del gripper en semiautomático (figura 5.73) se la realiza comparando el valor grabado con una constante (en este caso 1).

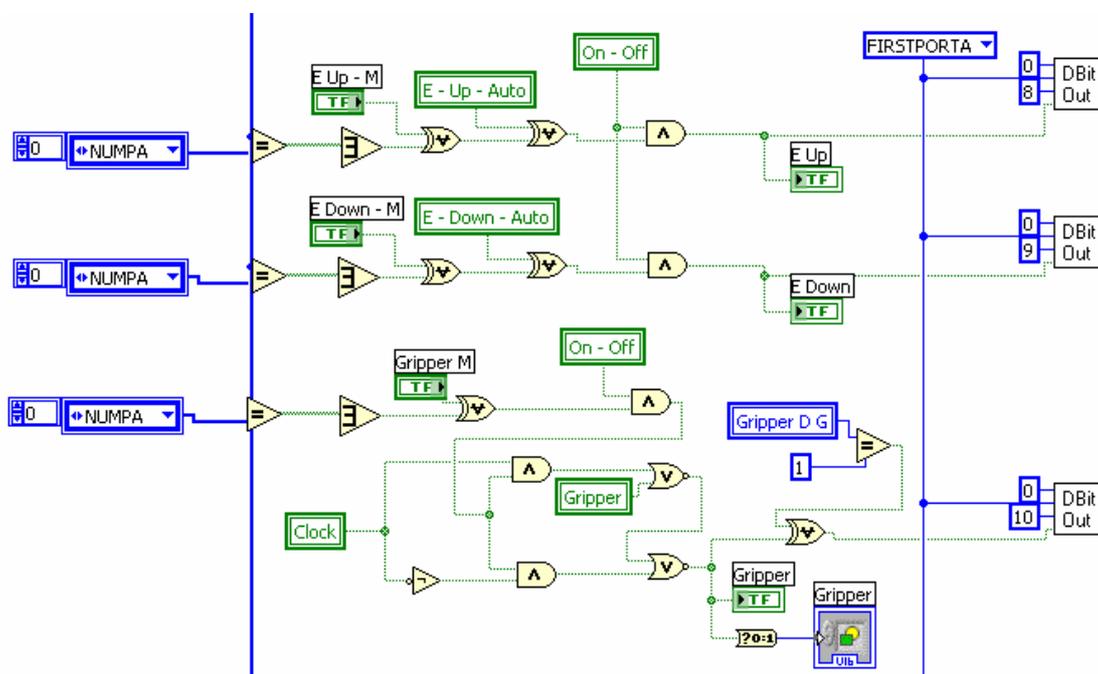


Figura. 5.73. Activación del Gripper en semiautomático

La activación de la prensa hidráulica en semiautomático (figura 5.74) se la realiza con un contador, el cual activa la señal del cilindro D para que se desplace para abajo y luego para arriba. Una vez que se cumple la condición de verdad de la estructura case se encera todos los valores con el propósito de volver realizar la activación.

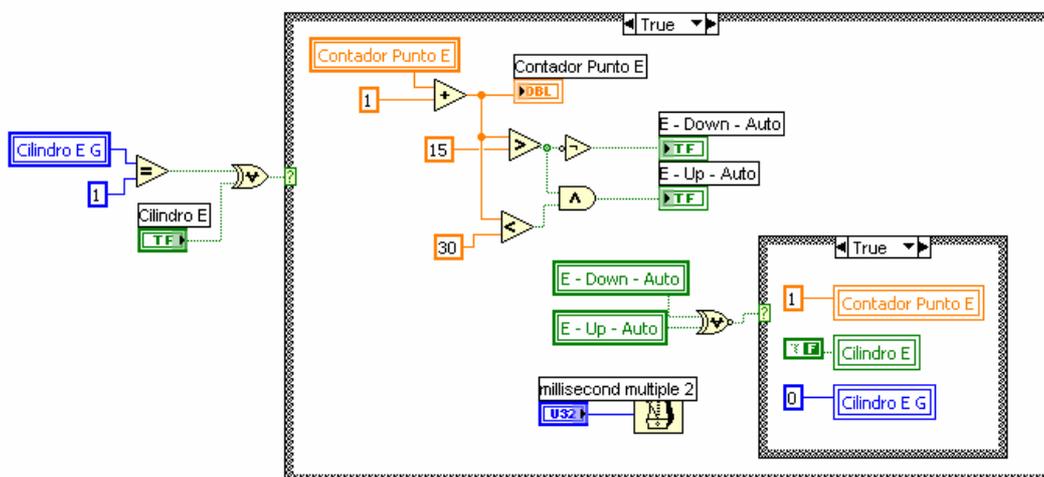


Figura. 5.74. Activación de la Prensa Hidráulica en semiautomático

Los diagramas de bloques que se explicaron en ésta sección, deben estar dentro de un ciclo While, el cual ejecuta constantemente la actualización de datos.

5.8 PRÁCTICA #7: SISTEMA DE MONITOREO

5.8.1 Objetivo

- Realizar un sistema de monitoreo con webcam.
- Manipular el Robot Hidráulico de forma virtual y por medio de un joystick.
- Simulación de un proceso industrial de almacenamiento de materia prima.

5.8.2 Equipos

- Robot Hidráulico HYD-2800
- Panel de operación manual
- Fuente de aire comprimido
- Unidad Hidráulica de Poder
- Una computadora de escritorio o portátil que tenga mínimo 3 puertos USB
- Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS
- Una Webcam
- Un Joystick
- 3 Pallets
- 3 Cilindros

5.8.3 Planteamiento

La presencia de una webcam permite al usuario controlar y monitorear en tiempo real al Robot Hidráulico HYD-2800 cuando realiza una determinada tarea. Además, permite tener un historial de imágenes con el objetivo de corregir posibles fallas de funcionamiento.

5.8.4 Procedimiento

1. Instalar los drivers de LabVIEW 7.1, la webcam y el videoOCX.
2. Conectar la tarjeta PMD-1208LS, la webcam y el joystick al computador.

3. Configurar la tarjeta con el programa Instacal para que las señales analógicas sean de tipo individual (8 Single Ended).
4. Ejecutar el programa Pantalla Principal.vi (refiérase a la sección 4.1.3).
5. Acceder a la Pantalla Práctica 7.
6. Presionar el botón de ayuda para conocer como esta configurado el joystick.
7. Activar el botón On/Off de la unidad de poder hidráulica.
8. Regular la velocidad con el control proporcional.
9. Manipular las articulaciones del robot para recoger los pallets con cilindros.
10. Colocar los pallets con cilindros en el depósito de almacenamiento.
11. Repetir los pasos 9 y 10 hasta almacenar todos los pallets con cilindros.
12. Desactivar el botón On/Off de la unidad de poder hidráulica.

5.8.5 Implementación

En la figura 5.75 se observa la implementación de cada elemento en el sistema de monitoreo, la misma que se debe realizar con mucho cuidado teniendo en cuenta los datos técnicos de los elementos y el lenguaje de programación para evitar posibles fallas en la aplicación.

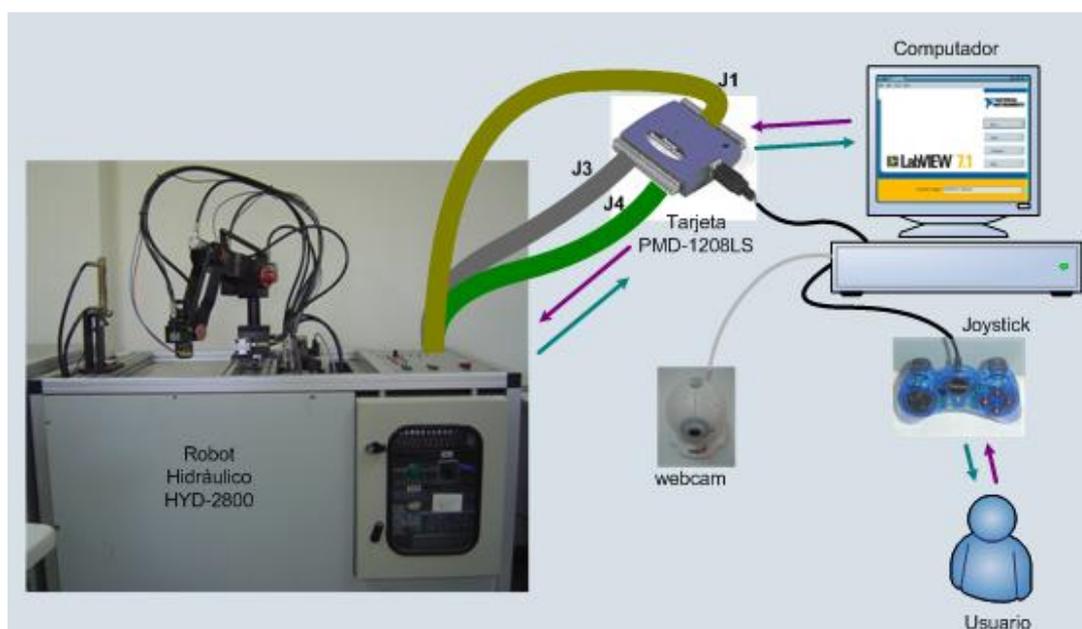


Figura. 5.75. Interfaz Hombre-Máquina (HMI) del Sistema de Monitoreo

Para controlar el robot hidráulico desde el computador se utiliza el software LabVIEW 7.1 explicado en la sección 4.1, la que permite que la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD 1208LS pueda:

- Enviar señales digitales para manipular las articulaciones del robot, el botón On/Off de la unidad de poder hidráulica y el botón On/Off del gripper.
- Recibir señales analógicas para conocer la posición exacta de cada articulación del robot.
- Enviar una señal analógica para controlar la velocidad del robot.

El joystick (figura 5.76) es el medio de comunicación entre el usuario y el computador, permite manipular todas las funciones del robot de una forma entretenida. La función que cumple cada botón del joystick se explica en la tabla 5.5.

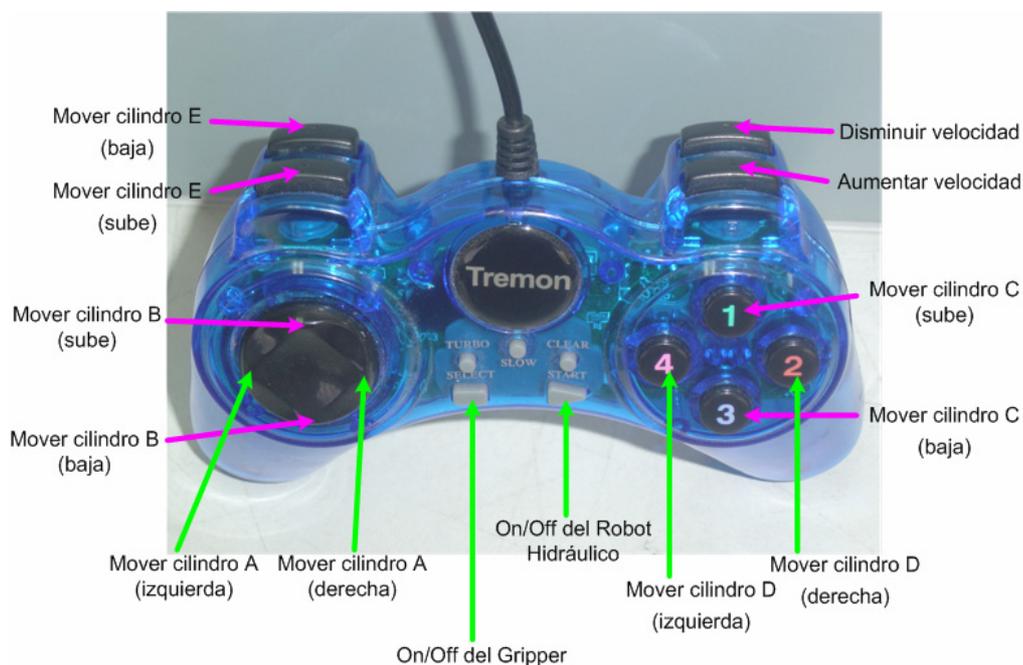


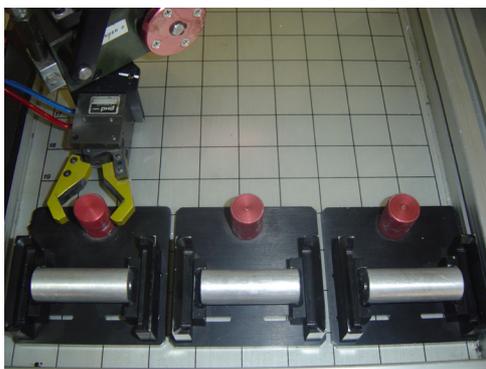
Figura. 5.76. Joystick

Tabla. 5.5. Función de los botones del joystick

BOTÓN	FUNCIÓN
START	On/Off del Robot Hidráulico
RIGHT	Mover cilindro A (derecha)
LEFT	Mover cilindro A (izquierda)
UP	Mover cilindro B (sube)
DOWN	Mover cilindro B (baja)
BUTTON 1	Mover cilindro C (sube)
BUTTON 3	Mover cilindro C (baja)
BUTTON 2	Mover cilindro D (derecha)
BUTTON 4	Mover cilindro D (izquierda)
BUTTON 1 (L)	Mover cilindro E (sube)
BUTTON 2 (L)	Mover cilindro E (baja)
BUTTON 1 (R)	Aumentar velocidad
BUTTON 2 (R)	Disminuir velocidad
SELECT	On/Off del Gripper

La webcam permite al usuario tener un monitoreo del proceso que este realizando el robot hidráulico en tiempo real en una red interna, este sistema es conveniente debido que se puede prevenir una anomalía en el proceso o corregir errores en su funcionamiento.

La aplicación que tiene este sistema es la recolección de materia prima, en este caso es de cilindros metálicos. El proceso comienza cuando el usuario ejecuta el programa Práctica 7 y con la ayuda del joystick o de forma virtual controla los desplazamientos de los accionadores para en primer lugar recoger un pallet con cilindro (figura 5.77), en segundo lugar trasladarlo para su almacenamiento (figura 5.78).

**Figura. 5.77. Recoger un pallet con cilindro**

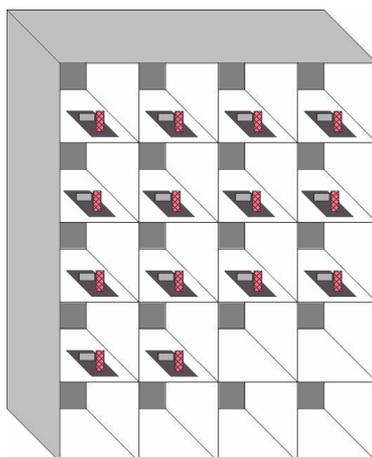


Figura. 5.78. Almacenamiento de pallets

5.8.6 Programa

La Práctica 7 está conformado por dos partes, el panel frontal que en este caso es la pantalla de interfaz con el usuario y el diagrama de bloques que es la pantalla donde se programa. Los pines que se utilizan en la tarjeta y su función se ilustran en la tabla 5.4.

5.8.6.1 Pantalla Práctica 7

Para el acceso a la Práctica 7 el usuario debe dar un clic en primer lugar en la opción Prácticas de la Pantalla Principal (refiérase a la figura 5.4), seguidamente en el botón Práctica 7 (figura 5.79), donde saldrá la pantalla deseada (figura 5.80).



Figura. 5.79. Acceso a la Práctica 7



Figura. 5.80. Pantalla Práctica 7

En la Pantalla Práctica 7 se encuentran las siguientes funciones:

- Los indicadores de movimiento, Control Proporcional y el botón ON/FF, son manipulados por el joystick (figura 5.81). El funcionamiento de estas opciones se indicó en la sección 4.1.4.

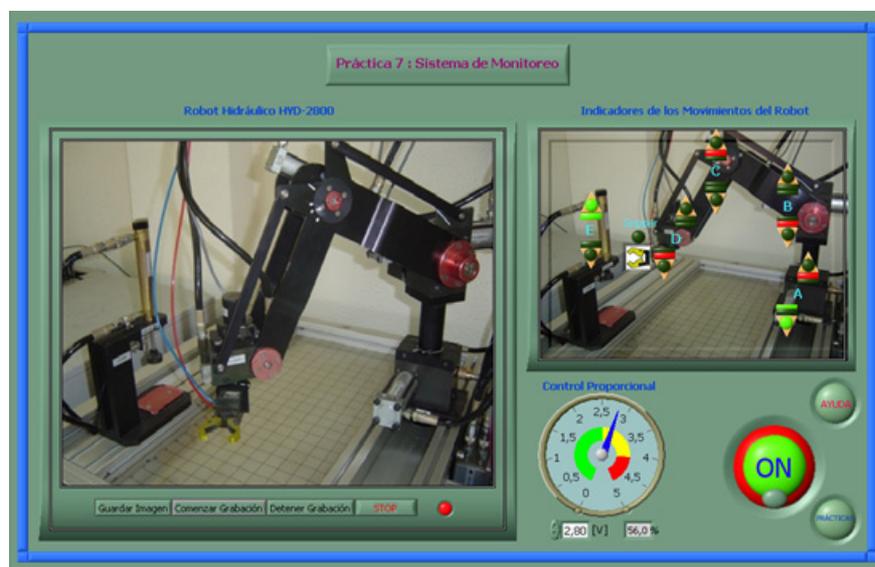


Figura. 5.81. Indicadores de los movimientos del robot

- El botón ayuda indica los botones configurados del joystick para realizar una función específica (refiérase a la figura 5.76 y tabla 5.5).
- El botón Prácticas retorna a Pantalla Prácticas (refiérase a la figura 5.5).

- Una pantalla donde se monitorea el robot hidráulico de posibles anomalías o fallas en su funcionamiento. Las opciones que tiene esta pantalla son: guardar imagen, comenzar grabación, detener grabación y stop. Estas opciones permite al usuario tener un historial ya sea en imagen o video de las diferentes actividades que el robot hidráulico realiza.

5.8.6.2 Diagrama de Bloques

En la figura 5.82 se muestra la inicialización y configuración del joystick. La ubicación y función de cada botón del joystick se indican en la figura 5.76 y tabla 5.5 respectivamente.

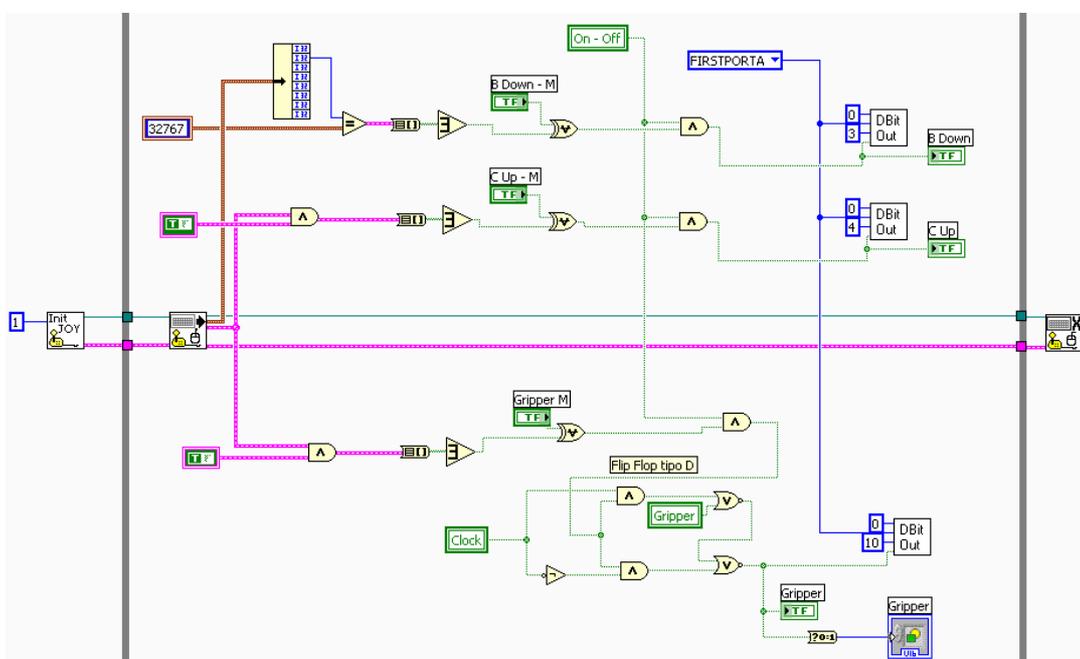


Figura. 5.82. Inicialización y configuración del joystick

El diagrama de bloques de la Práctica 7 tiene una similitud al de Modo Manual en la configuración de la tarjeta y los comandos utilizados, explicado en la sección 4.1.4. Como se explicó anteriormente la tarjeta no puede trabajar con señales analógicas y digitales en el mismo diagrama de bloques, este inconveniente se soluciona creando variables globales.

Para que el programa funcione correctamente se debe ejecutar los programas control proporcional y posición del robot, explicados en las secciones 4.1.5 y 4.1.6 respectivamente. Las señales de estos programas son visualizadas y controladas

por las variables globales de lectura y escritura que se encuentran en el programa.

En la visualización del robot, lo primero que se debe realizar es la instalación del VideoOCX. El comando Automation Open que se ilustra en la figura 5.83 tiene la función de abrir automáticamente el ActiveX que en este caso es el VideoOCX para realizar mediante el comando Invoke Node (invocar al nodo) la inicialización. Los siguientes nodos invocan las funciones de obtener la imagen a color y comenzar la visualización.

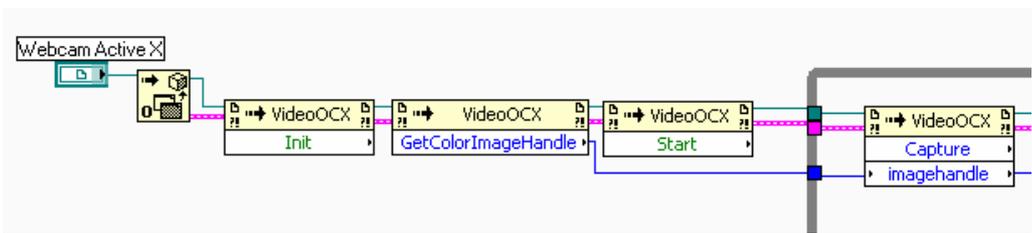


Figura. 5.83. Inicialización del ActiveX (VideoOCX)

En la figura 5.84 se muestra que hay dos nodos que invocan la captura de la imagen y mostrar imagen respectivamente. Estos nodos se conectan a una estructura de eventos, en este caso como no se presionó ninguna opción como guardar, grabar y/o detener imagen, se tiene un tiempo fuera o espera hasta que el usuario presione una opción.

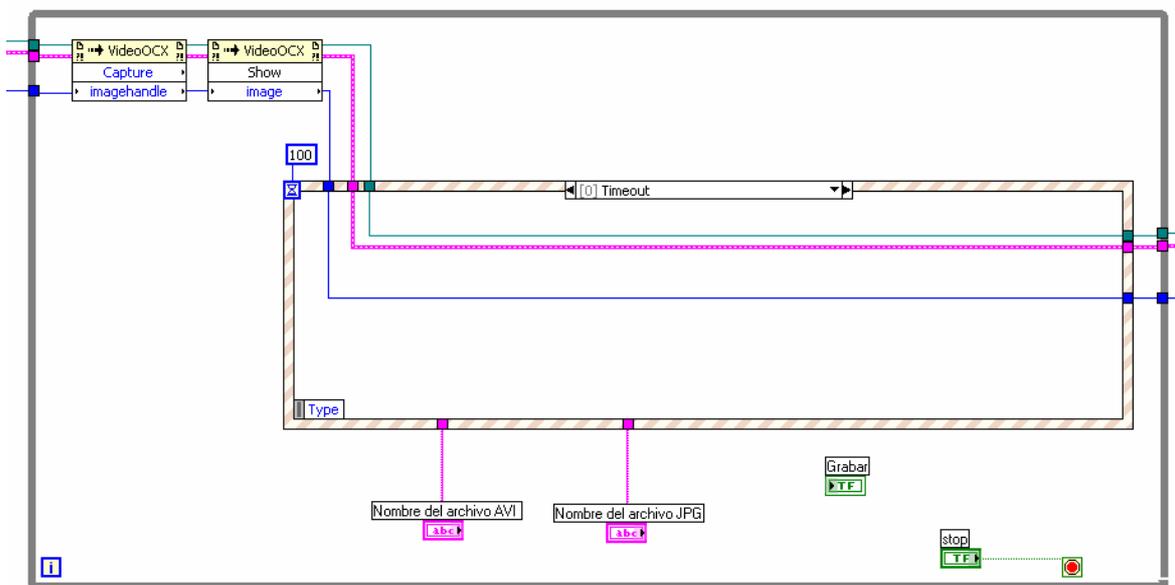


Figura. 5.84. Nodos configurados para visualizar la imagen

La opción capturar imagen se ilustra en la figura 5.85, en la estructura de eventos se muestra un nodo en el cual se le configura para que guarde la imagen como un archivo JPEG.

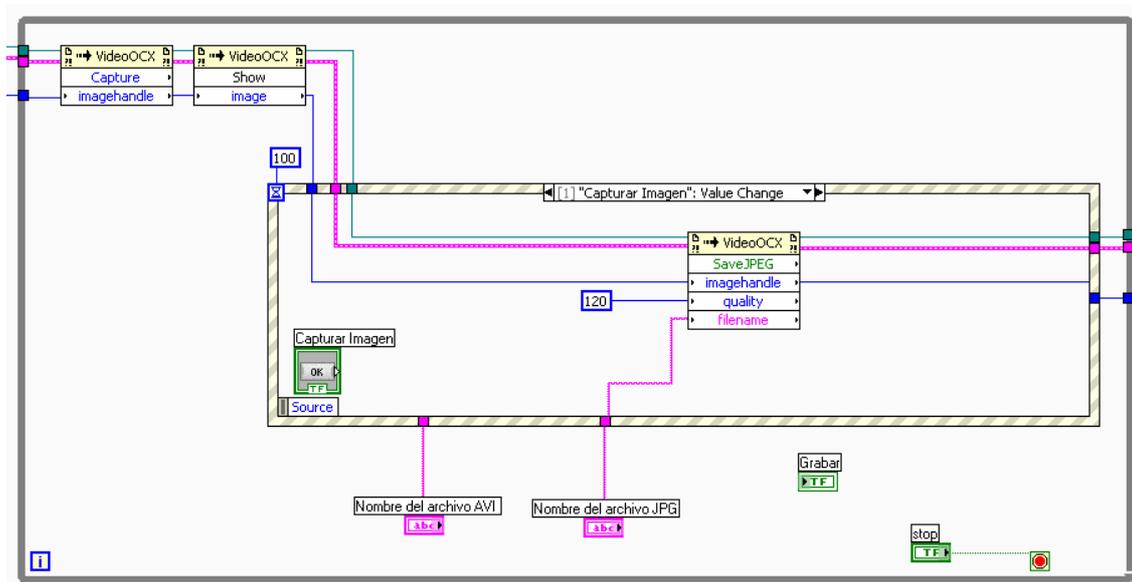


Figura. 5.85. Evento de la estructura capturar imagen

La opción grabar imagen se ilustra en la figura 5.86, en la estructura de eventos se muestra 5 nodos en los cuales se configura el VideoOCX para que en primer lugar detenga el evento anterior, después inicialice, guarde el archivo con extensión .avi y comience la grabación del video.

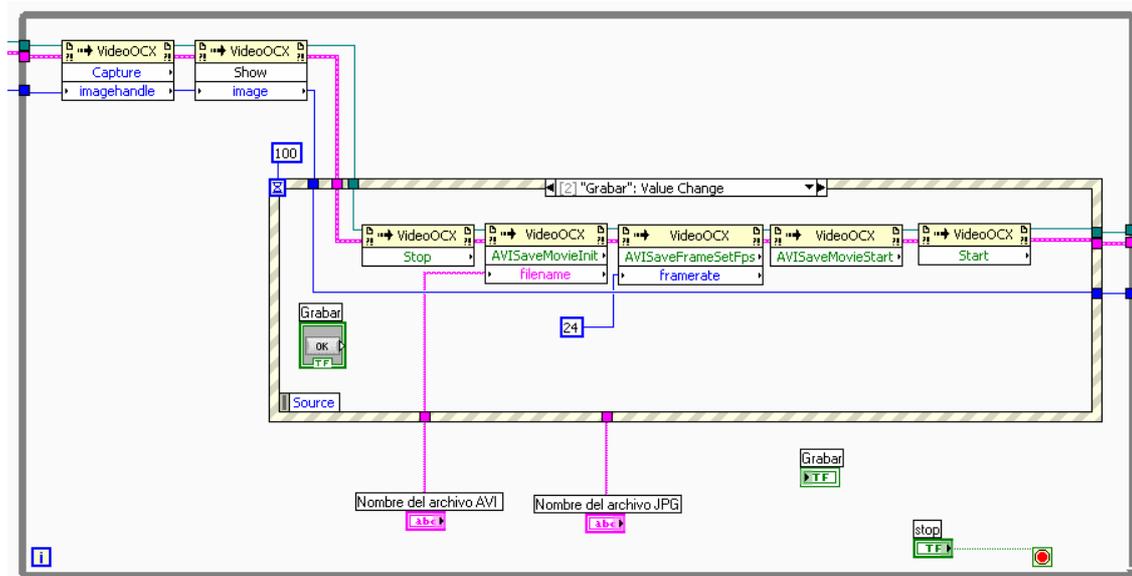


Figura. 5.86. Evento de la estructura grabar

La opción detener grabación se ilustra en la figura 5.87, en la estructura de eventos se muestra un nodo en el cual se le configura para que detenga la grabación del video.

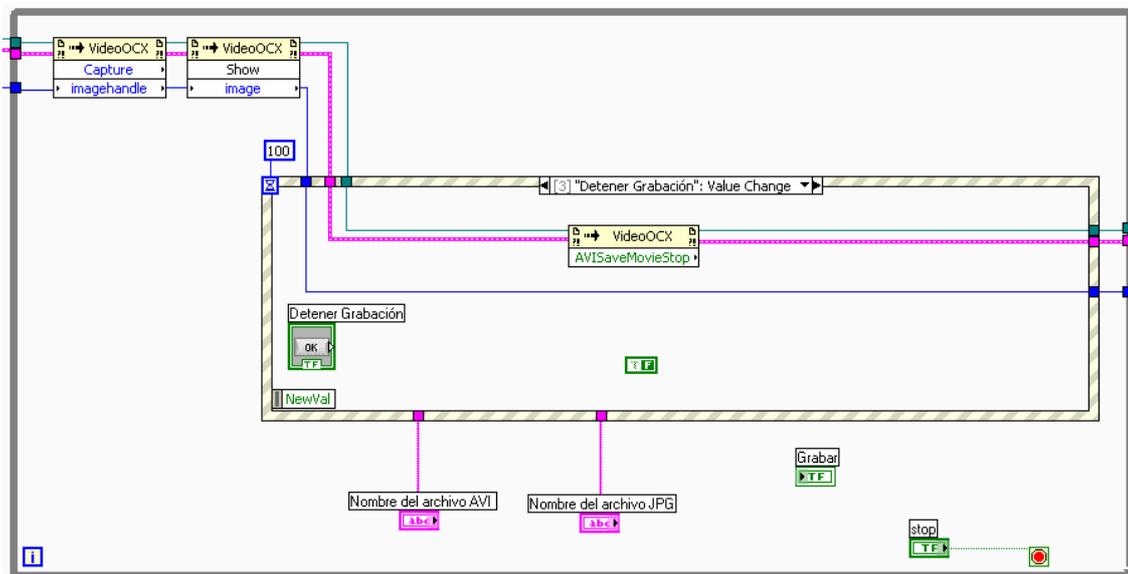


Figura. 5.87. Evento de la estructura detener grabación

En la figura 5.88 se muestra 3 nodos que son configurados para cerrar la sección del VideoOCX.

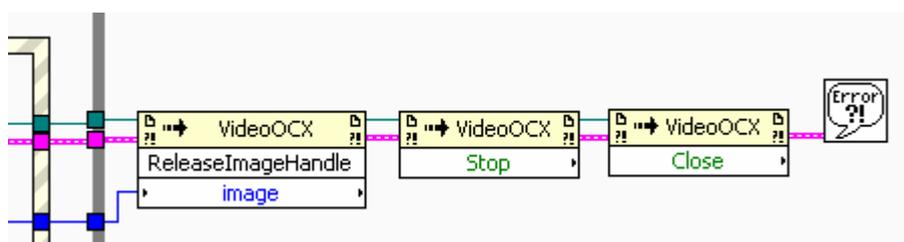


Figura. 5.88. Cerrar sección del ActiveX (VideoOCX)

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 PRUEBAS

Previamente al desarrollo del presente proyecto se realizó un estudio minucioso de los diferentes elementos que forman parte del Robot Hidráulico HYD-2800, aplicando las pruebas a cada práctica.

En la Práctica #1: Regulador de Flujo (Válvula de Control Proporcional), se realizó pruebas de encendido/apagado del motor eléctrico, funcionamiento de la válvula de control proporcional, activación del switch de 2 posiciones (Manual/ Computador), activación de los switch de 3 posiciones de los accionadores (A,B,C y D).

En la Práctica #2: Efectos de Carga y Velocidad del Regulador de Flujo, se realizó pruebas de calibración en el regulador de flujo colocando diferentes cargas.

En la Práctica #3: Manipulador Hidráulico de Trayectoria Vertical, se realizó pruebas de desplazamiento sobre una trayectoria vertical (trazada en la pizarra) de los accionadores (B y C) ajustando la velocidad mediante la válvula de control proporcional.

En la Práctica #4: Manipulador Hidráulico de Trayectoria Horizontal, se realizó pruebas de desplazamiento sobre una trayectoria horizontal (trazada en la

pizarra) de los accionadores (A, B y C) ajustando la velocidad mediante la válvula de control proporcional.

En la Práctica #5: Movimiento de un Objeto en el Espacio, se realizó pruebas de desplazamiento de los accionadores (A, B, C y D) y activación del gripper para trasladar un objeto de un lugar a otro.

En la Práctica #6: Construcción de Pallets, se realizó pruebas de desplazamiento de los accionadores (A, B, C y D), activación del gripper y prensa hidráulica (cilindro E) para armar cada pieza del pallet.

En la Práctica #7: Sistema de Monitoreo, se realizó pruebas de activación de la webcam, resolución de imagen y funcionamiento de cada botón del joystick.

Una vez revisado el funcionamiento de la Estación Hidráulica para cada práctica se ejecutaron las pruebas con la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS de la siguiente manera:

1. La verificación de las señales digitales de salida se las realizó armando un circuito básico de leds y programando en LabVIEW un diagrama de bloques básico para activar cada una de las 16 señales que posee la tarjeta.
2. La lectura de las señales analógicas de entrada se las llevó a cabo armando un circuito de cuatro potenciómetros y programado en LabVIEW un diagrama de bloques sencillo para habilitar los cuatro primeros canales.
3. El voltaje que envía la señal analógica de salida de la tarjeta se la simuló conectando un led en el pin 13 (D/A OUT 0) y programando en LabVIEW un diagrama de bloques en el cual se manipula el valor del voltaje de 0 a 5 V_{DC} .

6.2 RESULTADOS

El análisis y estudio de la Estación Hidráulica permitió realizar un diagnóstico técnico, puntualizando inconvenientes como:

1. En la unidad de poder hidráulica se evidenció que el indicador de presión no esta en funcionamiento, debido a una falla interna que dificulta el normal funcionamiento.
2. La regulación de presión de los accionadores no era la correcta. Inconveniente que se solucionó girando la perilla de control proporcional a mínimo para regular la presión mediante la válvula de presión a una velocidad de 2 [°/seg].

La Tarjeta de Adquisición de datos no presentó ningún problema en su funcionamiento, por este motivo se empezó a realizar la interfaz de usuario con el software LabVIEW.

En el diseño de la interfaz usuario se encontró inconvenientes en el control de las señales digitales y analógicas. Para solucionar este problema se programó en LabVIEW la señal digital de salida, la señal analógica de entrada y la señal analógica de salida en diferentes Instrumentos Virtuales (VIs). Para obtener todos los datos de las señales en una misma pantalla, se creó las variables globales.

Solucionados todos los inconvenientes se diseña la interfaz de usuario para cada práctica obteniendo los siguientes resultados:

En la Práctica #1: Regulador de Flujo (Válvula de Control Proporcional), se obtuvo resultados favorables que permitieron realizar: lectura de la tensión, lectura del tiempo, opción de grabar los datos, visualización de los cálculos y la gráfica de resultados en la interfaz (refiérase a la figura 5.11).

En la Práctica #2: Efectos de Carga y Velocidad del Regulador de Flujo, los datos recabados proveyeron de información para realizar la interfaz (refiérase a la figura 5.18) que muestra: lectura de la velocidad, lectura del tiempo, opción de grabar los datos, visualización de los cálculos y la gráfica de resultados.

En la Práctica #3: Manipulador Hidráulico de Trayectoria Vertical, la información obtenida permitió la elaboración de la interfaz (refiérase a la figura 5.32) en la que se puede observar: lectura de la posición de los accionadores (B y C), opción para grabar las coordenadas, visualización de los cálculos, movimiento de los accionadores (B y C) en semiautomático y la gráfica de la trayectoria.

En la Práctica #4: Manipulador Hidráulico de Trayectoria Horizontal, se consiguieron resultados óptimos que facilitaron la realización de la interfaz (refiérase a la figura 5.42) en la que se incluye: lectura de la posición de los accionadores (A, B y C), opción para grabar las coordenadas, visualización de los cálculos, movimiento de los accionadores (A, B y C) en semiautomático y la gráfica de la trayectoria.

En la Práctica #5: Movimiento de un Objeto en el Espacio, los datos recopilados permitieron el diseño de la interfaz (refiérase a la figura 5.53) en la que se puede observar: lectura de la posición de los accionadores (A, B, C y D), activación del gripper, opción para grabar las coordenadas, visualización de los cálculos, movimiento de los accionadores (A, B, C y D) en semiautomático y la gráfica de la trayectoria.

En la Práctica #6: Construcción de Pallets, los criterios finales deducidos se constituyeron en los elementos para la elaboración de la interfaz (refiérase a la figura 5.67) misma que presenta: lectura de la posición de los accionadores (A, B, C y D), activación del gripper, activación de la prensa hidráulica (cilindro E), opción para grabar las coordenadas, visualización de los cálculos, movimiento de los accionadores (A, B, C y D) en semiautomático y la gráfica de la trayectoria.

En la Práctica #7: Sistema de Monitoreo, los datos favorables recabados permitieron la estructuración de la interfaz (refiérase a la figura 5.80) en la cual se presentan: indicadores de desplazamiento de los cilindros, indicadores del rango de desplazamiento permitido para cada accionador, visualización del Brazo Hidráulico en tiempo real a través de una red interna y opción de grabar (imagen y video).

El diseño de la Práctica 6, es la prueba más amplia y completa para controlar todos los accionadores, prensa hidráulica y gripper de manera automática. Por último los resultados obtenidos para el Sistema de Control y Adquisición de Datos por puerto USB fueron satisfactorios pues todos los inconvenientes fueron corregidos por el software.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- El presente proyecto permitió cumplir satisfactoriamente los objetivos planteados, los mismos que fueron viables y factibles de realización, consolidando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera universitaria que fueron empleados en la ejecución del diseño, implantación y documentación del Sistema de Control para el Robot HYD-2800;
- La implementación del sistema de control se realizó por medio de la tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS, misma que está sustentada teórica y prácticamente para su comprensión.
- Con la realización del proyecto se actualizó el hardware y software para el control del Robot Hidráulico HYD-2800. Esta actualización brinda al estudiante un conocimiento claro sobre las aplicaciones de nuevas tecnologías en los procesos industriales.
- La presencia de nuevas tecnologías en el laboratorio de robótica, busca proveer ambientes de aprendizaje interdisciplinarios donde los estudiantes adquieran habilidades para estructurar investigaciones y resolver problemas concretos.

- La Tarjeta de Control y Adquisición de Datos PMD-1208LS cumplió con todas las expectativas requeridas para el funcionamiento del Robot Hidráulico. Cuando se utiliza la tarjeta PMD-1208LS que se conecta por puerto USB se tiene ventajas como fácil conexión, configuración de tarjeta, alta velocidad de transmisión de datos y configuración de las señales (analógicas y digitales) mediante software, lo que ofrece al usuario adquirir mejores conocimientos y destrezas para implementar y desarrollar nuevas aplicaciones.

- El uso del software LabVIEW 7.1 para el desarrollo de las interfaces HMI fue una decisión acertada por cuanto admite una fácil integración con la Tarjeta PMD-1208LS. Cabe señalar que el software Instacal que viene con el dispositivo PMD-1208LS incluye un paquete de Librerías Universales para LabVIEW.

- El diseño de la interfaz de usuario se lo realiza reuniendo y analizando la información del usuario, es decir: qué tipo de usuarios van a utilizar el programa, qué tareas van a realizar los usuarios, cómo las van a realizar, y qué exigen los usuarios del programa. Es importante dedicar tiempo a la fase de diseño antes de realizar la codificación en forma manual y la posterior refinación, el programa básico permite visualizar todos los datos requeridos por el usuario antes de la codificación definitiva.

- La implementación de un Sistema de Monitoreo con una webcam es una solución confiable para necesidades de seguridad y vigilancia. Este sistema permite controlar, grabar (imágenes y videos) y monitorear remotamente en tiempo real el Robot Hidráulico HYD-2800, con la finalidad de corregir posibles fallas en el proceso. Adicionalmente la webcam puede ser fácilmente instalada en cualquier lugar y esto hace posible al operador de procesos resolver problemas en forma inmediata sin tener que dirigirse a la sala donde se encuentra la Estación Hidráulica.

7.2 RECOMENDACIONES

- El usuario debe tener un conocimiento previo del funcionamiento del Robot Hidráulico HYD-2800 y de la Tarjeta de control y adquisición de datos PMD-1208LS con la finalidad de no tener daños irremediables o mal funcionamiento en las tareas asignadas.
- La unidad de poder hidráulica debe tener las $\frac{3}{4}$ partes de aceite hidráulico en el tanque como mínimo para su correcto funcionamiento.
- La tarjeta PMD-1208LS tiene la limitación de trabajar con señales analógicas y digitales al mismo tiempo, por éste motivo se debe realizar programas individuales para evitar conflictos con las señales.
- La calibración de la Tarjeta PMD-1208LS se la debe realizar cada 6 meses para evitar posibles fallas en el futuro.
- Cuando se ejecute los programas de éste proyecto, realizados en LabVIEW, se necesita comprobar que el Board Number determinado por el programa Instacal sea cero.
- Las señales digitales de entrada/salida de la tarjeta PMD-1208LS se las pueda controlar en un mismo Instrumento Virtual, siempre que se utilice sólo el puerto A para entrada digital y puerto B para salida digital o viceversa.
- Cada vez que requiera controlar la Estación Hidráulica desde un computador, se recomienda verificar las conexiones respectivas y ejecutar el programa antes de encender la Estación.
- Se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas de la Estación Hidráulica y de la Tarjeta de Adquisición de Datos PMD-1208LS con la finalidad de no deteriorar los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- ORTIZ, Hugo R., **Instrumentación y Sistemas de Control**, 1998.
- PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, **Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS)**, Tomo I, 1996.
- PACHECO Matilde, FERNÁNDEZ Martín y PATIÑO Oswaldo, **Documentación para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Robots: Neumático (PN-2800), Hidráulico (HYD-2800) y Eléctrico (CRS)**, Tomo II, 1996.
- MEASUREMENT COMPUTING, **PMD-1208LS Personal Measurement Device for Analog and Digital I/O User's Guide**, 2004.
- MEASUREMENT COMPUTING, **Universal Library for LabVIEW User's Guide**, 2003.
- MANDADO, Enrique, **Sistemas Electrónicos Digitales**, 7ma. Edición, 1998.
- MANO, M. Morris, **Diseño Digital**, 3era. Edición, 2003.
- www.ni.com
- www.gte.us.es/~galvan/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

ANEXO 1

**TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
PMD-1208LS**

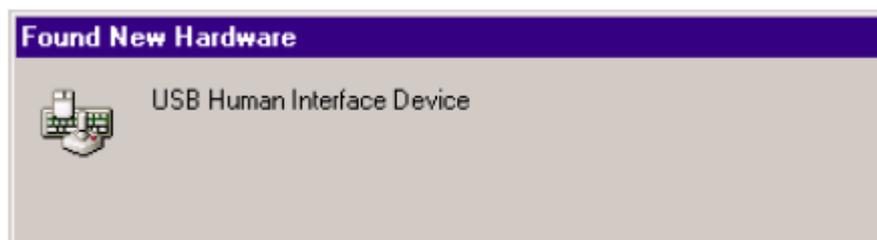
INSTALACIÓN DE HARDWARE

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 se esté comunicando con la PMD-1208LS. Se corre el riesgo de perder datos y/o la capacidad de comunicación con el dispositivo.

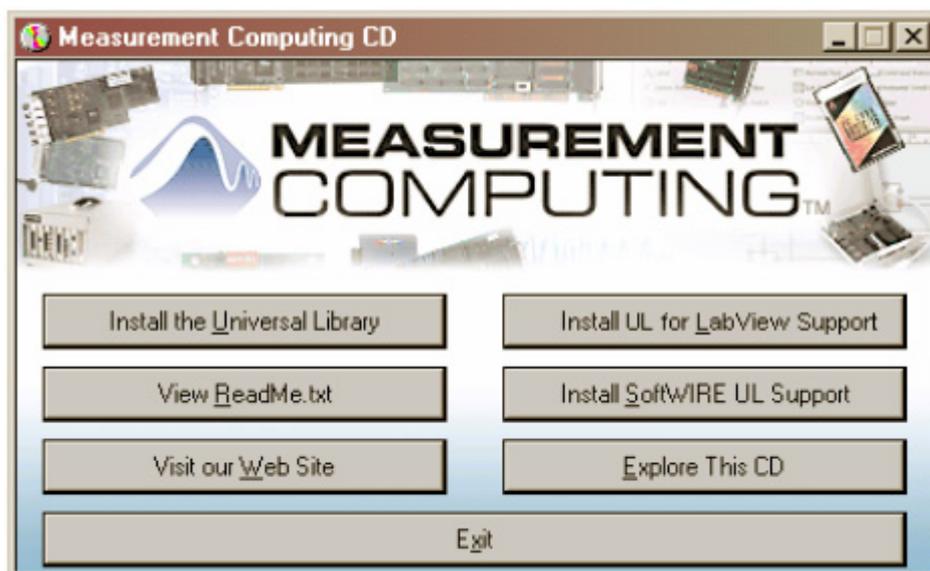
Si el led se apaga

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

Para instalar el software de Librería Universal y el InstaCal, se debe 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.

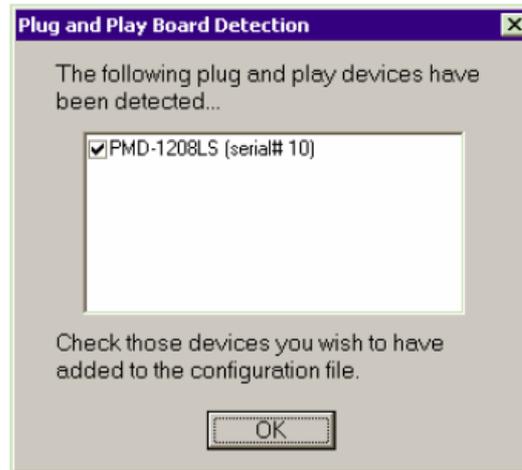
- SoftWIRE Controles de MCC DAQ para VB6.- Para usar el dispositivo PMD-1208LS con los controles de adquisición de datos SoftWIRE 3.1, hay que hacer clic en el botón **Install SoftWIRE UL Support** y seguir las instrucciones que se indican. SoftWIRE 3.1 debe estar instalado antes de instalar el software 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.

CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA

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:

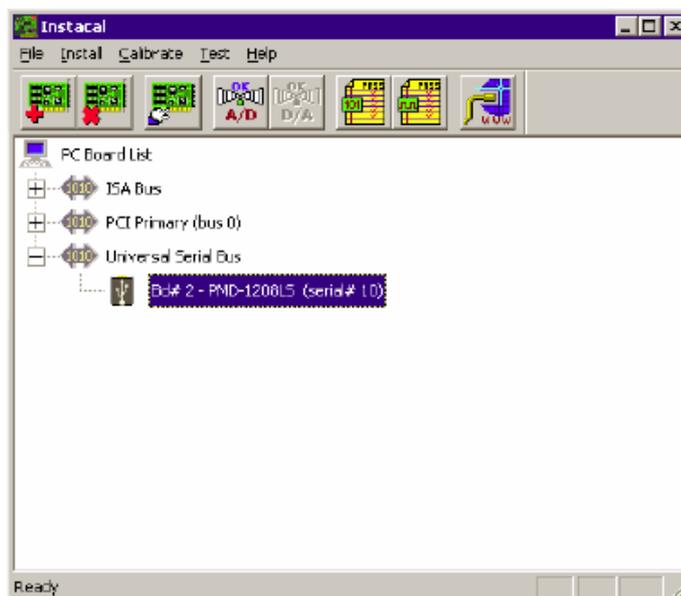
1. Hacer clic en Inicio > Measurement Computing > InstaCal para iniciar el software InstaCal.

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.

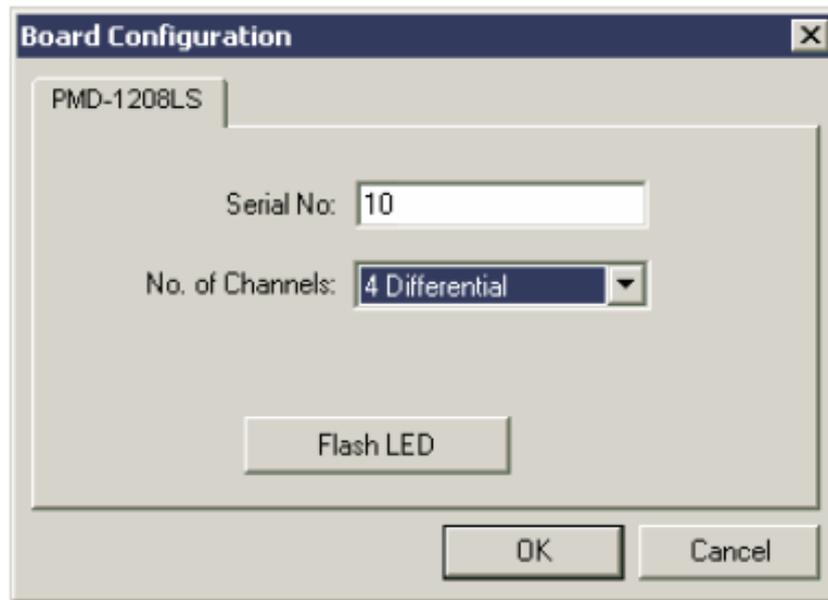


2. Hay que dejar la opción de PMD-1208LS activada y hacer clic en el botón **OK** para cerrar la ventana de diálogo.

La ventana de diálogo se cierra y la PMD-1208LS es añadida a **PC Board List** en la ventana principal del InstaCal.



3. 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.

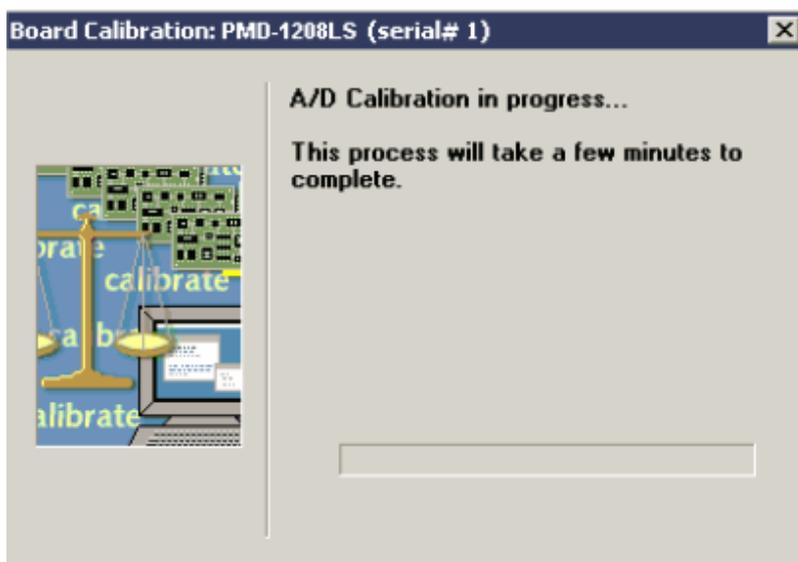
5. Hacer clic en el botón **OK** para cerrar esta ventana.
6. Si ya acabó de usar InstaCal, seleccionar **Exit** del menú **File** para cerrar InstaCal.

CALIBRACIÓN DE LA TARJETA

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.



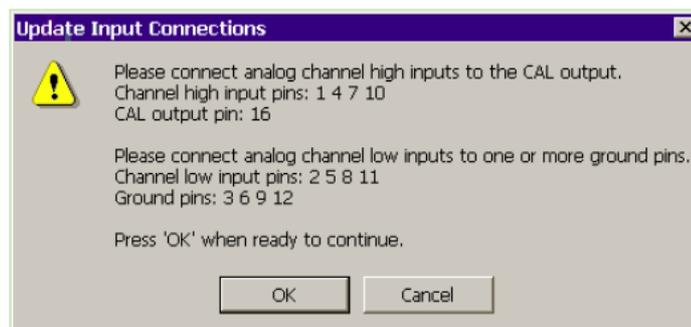
- Conectar cada canal de entrada analógica (pines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10 y 11) a un terminal GND y presionar OK.

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 análogas al terminal CAL. Este procedimiento calibra las correcciones de ganancia para las entradas en modo individual.



- Conectar cada canal de entrada análogo (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.

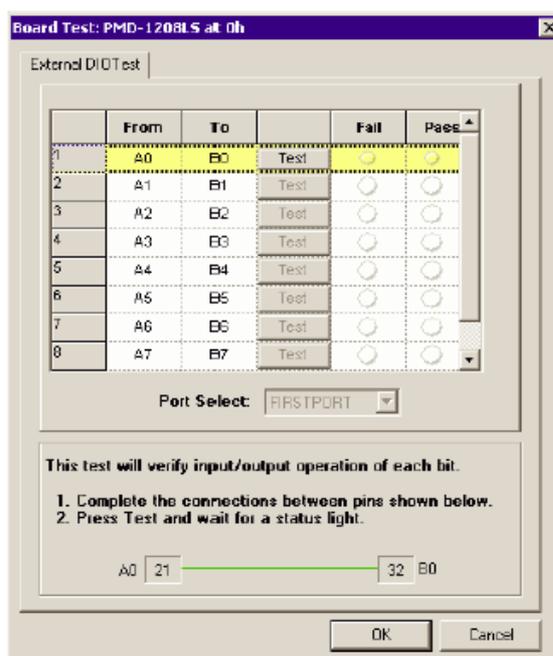
PRUEBAS DE LA TARJETA

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.

Probando 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.

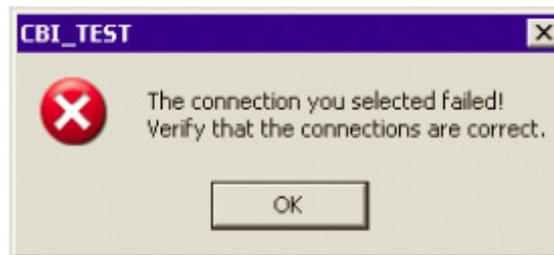
- Conectar las señales como se indica en la fila 1 de la ventana de diálogo. Los números de pin están especificados en la ilustración en la parte inferior de la ventana.

Por ejemplo, conectar la señal A0 (pin 21) a la señal 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.

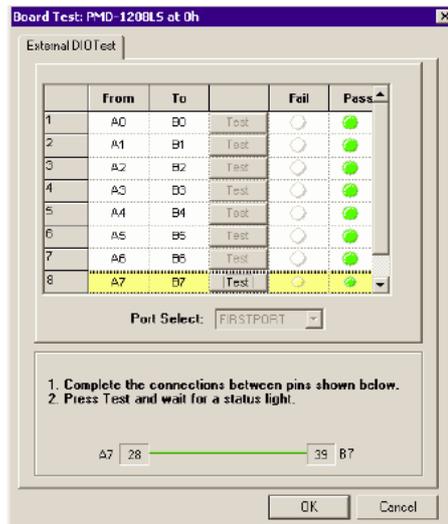
	From	To		Fail	Pass
1	A0	B0	Test	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	A1	B1	Test	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si el led de estado **Fail** se enciende en rojo, la prueba en 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 señales 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.

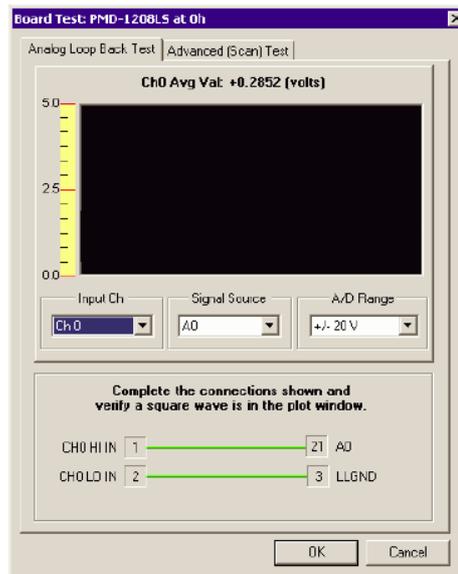
Probando las Funciones Análogas

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.

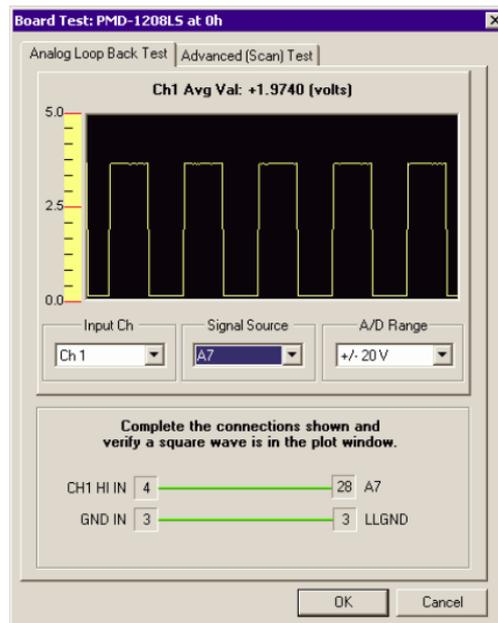
Prueba de Lazo Cerrado

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 las señales, 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.

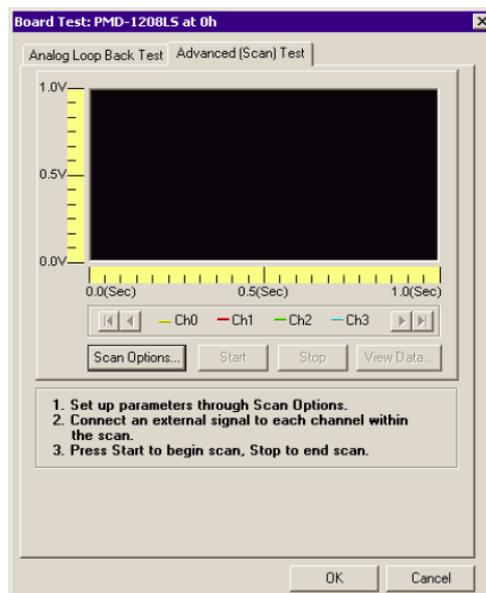
Por ejemplo, en la ventana siguiente, el pin 4 (señal CH0 IN HI) está conectado al pin 28 (señal A7). Esta conexión genera una onda cuadrada en la ventana de gráfico.



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.

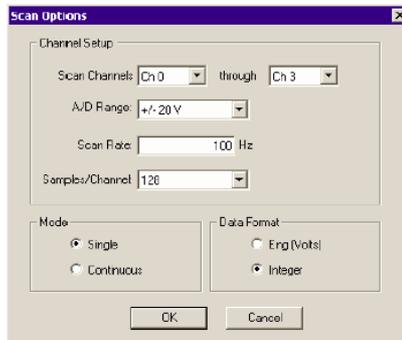
Prueba Avanzada (Escaneo)

Hacer clic en la pestaña **Advanced (Scan) Test** para escanear canales determinados. La ventana de diálogo **Advanced (Scan) Test** se muestra en la figura siguiente, configurada con sus valores por defecto.



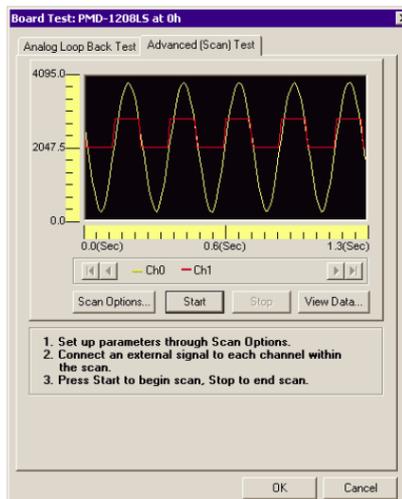
- Hacer clic en el botón **Scan Options**.

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 tasa que desea realizar en 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.

The screenshot shows the ScanView application window titled "Scan1". The main area displays a table with the following data:

	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		0.0600	1247.000	2059.000
8		0.0700	1170.000	2059.000
9		0.0800	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

The bottom of the window shows a navigation bar with "Instacal - Scan Data" and "Instacal - Scan Plots" tabs, and a scroll bar on the right.

Se puede navegar hasta la parte inferior de la hoja de cálculo para ver un resumen de los datos.

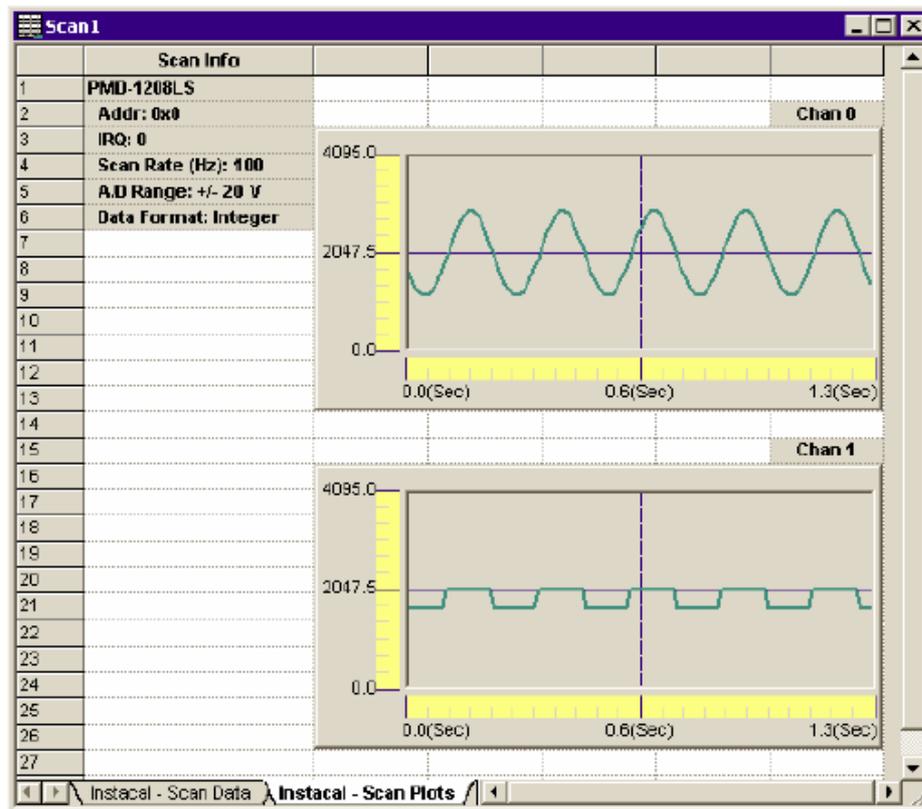
The screenshot shows the ScanView application window titled "Scan1" with the table scrolled down to show rows 121 through 135. The data is as follows:

	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		2004.172	1843.844
131	Var		393302.600	39199.830
132	Std Dev		627.138	197.989
133	Avg Dev		560.636	197.190
134				
135				

The bottom of the window shows the same navigation bar as the previous screenshot.

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

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.

Verificando la Instalación en Windows 98 o Windows ME

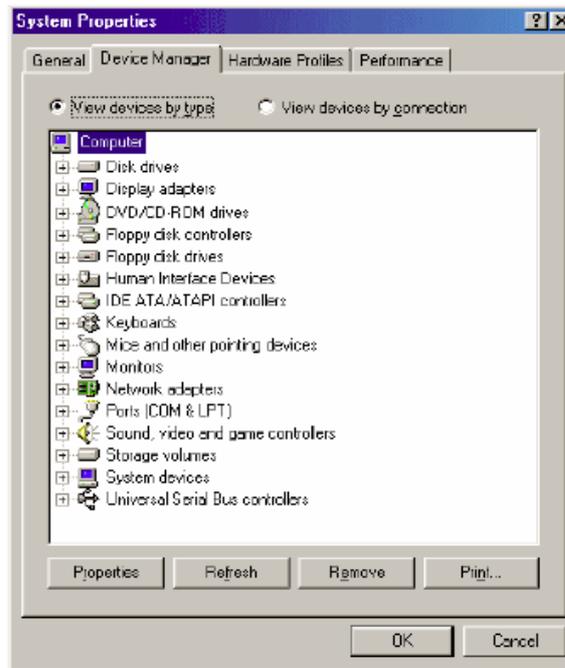
Para verificar la instalación de la tarjeta en Windows 98 o ME, se deben realizar los siguientes pasos:

- 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.

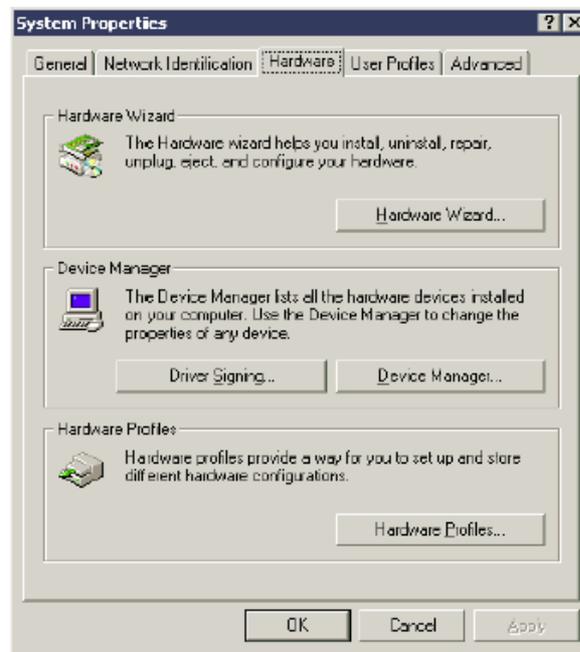
- Hacer doble clic en el elemento **USB Human Interface Device** (Dispositivo de Interfase Humana). La ventana **USB Human Interface Device Properties** (Propiedades del Dispositivo de Interfase Humana) aparece.
- Verificar que **Location** (Locación) especifique a la PMD-1208LS, y que en **Status Device** (Estado del Dispositivo) se lea **This device works properly** (Este dispositivo funciona correctamente).

Verificando 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.

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TARJETA PMD-1208LS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TARJETA PMD-1208LS

Especificaciones

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 ¹	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
	Seleccionables por Software	
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 ²	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
Repetibilidad		Tipo ±1 LSB
Corriente CAL	Fuente	5 mA máx.
	Drenaje	20 µA min., 200 nA típico
Fuente de Disparo (trigger)	Seleccionable por software	Externo digital: TRIG_IN

¹ 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.

² El convertidor AD7870 solamente retorna 11 bits (0 – 2047 códigos) en modo simple.

Precisión, Modo Diferencial

Rango	Precisión
±20 V	5.1
±10 V	6.1
±5 V	8.1
±4 V	9.1
±2.5 V	12.1
±2 V	14.1
±1.25 V	20.1
±1 V	24.1

Precisión, Modo Simple

Rango	Precisión (LSB)
±10 V	4.0

Componentes de precisión Modo Diferencial – todos los valores son (±)

Rango	% de Lectura	Ganancia de error a FS (mV)	Offset (mV)	Precisión en FS (mV)
±20 V	0.2	40	9.766	49.766
±10 V	0.2	20	9.766	29.766
±5 V	0.2	10	9.766	19.766
±4 V	0.2	8	9.766	17.766
±2.5 V	0.2	5	9.766	14.766
±2 V	0.2	4	9.766	13.766
±1.25 V	0.2	2.5	9.766	12.766
±1 V	0.2	2	9.766	11.766

Componentes de precisión, Modo Simple – todos los valores son (±)

Rango	% de Lectura	Ganancia de Error a FS (mV)	Offset (mV)	Precisión en FS (mV)
±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 ³	Sin carga	V _s
	Carga de 1 mA	0.99*V _s
	Carga de 5 mA	0.98*V _s
Controlador de salida	Cada salida D/A	30 mA
Taza de Slew		0.14 V/mS típico

³ V_s es la energía del bus USB +5 V. El voltaje de salida análogo máximo es igual a V_s sin carga. V es dependiente del sistema y puede ser menos de 5 V.

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 Vs 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) ⁴	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 μ s min., 50 μ s máx.
Ancho de pulso de disparo	Entrecortado	40 μ 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.

⁴ TRIG_IN está protegido con una resistencia en serie de 1.5 Kohm.

Memoria no volátil

Tamaño de memoria	8192 bytes		
Configuración de Memoria	Rango de dirección	Acceso	Descripción
	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 ⁵		20 mA
Energía disponible de +5 V USB ⁶	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.
Corriente de salida ⁷	Conectado a un hub auto-energizado	450 mA min., 500 mA 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.

⁵ Este es el requisito total de corriente para la PMD-1208LS el cual incluye hasta 5 mA para el led de estado.

⁶ 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.

⁷ Esto se refiere a la cantidad total de corriente que puede ser entregada desde +5 V del USB, salidas análogas y digitales.

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
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 Simple, 8 Canales

Pin	Nombre de la Señal	Pin	Nombre de la señal
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

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800

Figura. 2.1. Grados de Libertad del Robot Hidráulico HYD-2800.....	6
Figura. 2.2. Rango de los Ejes del Robot Hidráulico HYD-2800.....	6
Figura. 2.3. Unidad hidráulica de poder.....	8
Figura. 2.4. Brazo Hidráulico.....	9
Figura. 2.5. Válvulas en el Robot Hidráulico.....	10
Figura. 2.6. Panel de Control del Robot Hidráulico.....	11
Figura. 2.7. Conectores J1, J2 y J3 del Robot Hidráulico.....	12

CAPÍTULO III TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PMD-1208LS

Figura. 3.1. Dispositivo USB PMD-1208LS.....	13
Figura. 3.2. Diagrama de bloques funcional de la PMD-1208LS.....	14
Figura. 3.3. Tarjeta PMD-1208LS y Cable USB.....	17
Figura. 3.4. CD de software.....	17
Figura. 3.5. La Tarjeta USB PMD-1208LS.....	18
Figura. 3.6. Números de Pin de los terminales de la PMD-1208LS.....	19
Figura. 3.7. Diagrama de Pines de la PMD-1208LS.....	20
Figura. 3.8. Conexión básica para una medición en modo de entrada individual.....	21
Figura. 3.9. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 0 V.....	23
Figura. 3.10. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de 11 V.....	23
Figura. 3.11. Ejemplo de Voltaje Diferencial: Voltaje en modo común de -7 V.....	24
Figura. 3.12. Conexión digital en Port A0 detectando el estado de un switch.....	25
Figura. 3.13. Esquemático mostrando el estado del switch conectado al Port A0.....	25
Figura. 3.14. Función de transferencia ideal del ADC.....	28
Figura. 3.15. Función de transferencia del ADC con error de offset.....	29
Figura. 3.16. Función de transferencia del ADC con error de ganancia.....	29
Figura. 3.17. Gráfico de la banda de error.....	30

CAPÍTULO IV SOFTWARE DE LA INTERFAZ

Figura. 4.1. Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	33
---	----

Figura. 4.2. VI DBitIn.....	35
Figura. 4.3. VI DBitOut.....	36
Figura. 4.4. VI DCfgPort.....	36
Figura. 4.5. VI DIn.....	37
Figura. 4.6. VI DOut.....	37
Figura. 4.7. VI ErrMsg.....	38
Figura. 4.8. VI AIn.....	39
Figura. 4.9. VI AOut.....	39
Figura. 4.10. VI ToEng.....	40
Figura. 4.11. Acceso directo al Instacal.....	40
Figura. 4.12. Número de board de la tarjeta.....	41
Figura. 4.13. Configuración de los canales analógicos de la tarjeta.....	41
Figura. 4.14. Pantalla Principal.....	42
Figura. 4.15. Programa Cambio VI (Diagrama de bloques).....	42
Figura. 4.16. Pantalla Principal (Diagrama de Bloques).....	43
Figura. 4.17. Acceso al Modo Manual.....	43
Figura. 4.18. Pantalla Modo Manual.....	44
Figura. 4.19. Activación de la unidad de poder hidráulica.....	44
Figura. 4.20. Desactivación de la unidad de poder hidráulica.....	44
Figura. 4.21. Posición de teclas de computador utilizadas para manipular el robot.....	45
Figura. 4.22. Indicadores de los movimientos del robot.....	46
Figura. 4.23. Control proporcional del robot.....	47
Figura. 4.24. Inicialización y configuración del teclado del computador.....	47
Figura. 4.25. Configuración de la señal digital como salida.....	48
Figura. 4.26. Flip Flop Tipo D.....	49
Figura. 4.27. Señal de reloj.....	49
Figura. 4.28. Variables globales para el control proporcional.....	49
Figura. 4.29. Variables globales para controlar el rango de desplazamiento permitido.....	50
Figura. 4.30. Control proporcional (Diagrama de bloques).....	50
Figura. 4.31. Pantalla Posición del robot.....	51
Figura. 4.32. Posición del robot (Diagrama de bloques).....	51
Figura. 4.33. WebCam por puerto USB.....	53
Figura. 4.34. Cámara Genius VideoCAM Express.....	54

CAPÍTULO V PRÁCTICAS

Figura. 5.1. Descripción de los accionadores.....	57
Figura. 5.2. Regulador de flujo proporcional.....	61
Figura. 5.3. Gráfico de Calibración.....	64
Figura. 5.4. Acceso a la Pantalla de Prácticas.....	65

Figura. 5.5. Pantalla Prácticas.....	66
Figura. 5.6. Acceso a Práctica 1.....	66
Figura. 5.7. Pantalla Práctica 1.....	67
Figura. 5.8. Programación del cronómetro.....	68
Figura. 5.9. Variables Globales de la Práctica 1.....	68
Figura. 5.10. Grabar datos en un archivo.....	69
Figura. 5.11. Visualizar los datos grabados.....	69
Figura. 5.12. Cálculo del Promedio y 1/Tiempo.....	70
Figura. 5.13. Gráfico de los resultados obtenidos.....	70
Figura. 5.14. Manipulador Hidráulico.....	74
Figura. 5.15. Detalle de accionadores.....	75
Figura. 5.16. Gráfico Velocidad-Carga.....	76
Figura. 5.17. Acceso a Práctica 2.....	77
Figura. 5.18. Pantalla Práctica 2.....	77
Figura. 5.19. Variables Globales de la Práctica 2.....	78
Figura. 5.20. Grabar datos en un archivo.....	79
Figura. 5.21. Visualizar los datos grabados.....	79
Figura. 5.22. Gráfico de los resultados obtenidos.....	80
Figura. 5.23. Comparación de datos y habilitación del accionador C.....	80
Figura. 5.24. Variables de la Operación Lógica AND.....	81
Figura. 5.25. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático.....	81
Figura. 5.26. Portaplumas.....	82
Figura. 5.27. Solución Gráfica.....	83
Figura. 5.28. Calibración de la escala para el accionador A.....	84
Figura. 5.29. Configuración cinemática.....	85
Figura. 5.30. Trayectoria vertical del robot.....	87
Figura. 5.31. Acceso a Práctica 3.....	88
Figura. 5.32. Pantalla Práctica 3.....	88
Figura. 5.33. Grabar datos en un archivo.....	89
Figura. 5.34. Visualizar los datos grabados.....	90
Figura. 5.35. Gráfico de los resultados obtenidos.....	90
Figura. 5.36. Comparación de datos y habilitación de los accionadores B y C.....	91
Figura. 5.37. Variables de la Operación Lógica AND.....	91
Figura. 5.38. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático.....	92
Figura. 5.39. Trayectoria general programada.....	94
Figura. 5.40. Trayectoria horizontal del robot.....	95
Figura. 5.41. Acceso a Práctica 4.....	96
Figura. 5.42. Pantalla Práctica 4.....	96
Figura. 5.43. Grabar datos en un archivo.....	98
Figura. 5.44. Visualizar los datos grabados.....	98

Figura. 5.45. Gráfico de los resultados obtenidos.....	99
Figura. 5.46. Comparación de datos y habilitación de los accionadores A, B y C.....	99
Figura. 5.47. Variables de la Operación Lógica AND.....	100
Figura. 5.48. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático.....	100
Figura. 5.49. Planificación de trayectoria.....	102
Figura. 5.50. Recoger el Objeto.....	104
Figura. 5.51. Dejar el Objeto en un recipiente.....	104
Figura. 5.52. Acceso a Práctica 5.....	105
Figura. 5.53. Pantalla Práctica 5.....	106
Figura. 5.54. Grabar datos en un archivo.....	107
Figura. 5.55. Visualizar los datos grabados.....	108
Figura. 5.56. Gráfico de los resultados obtenidos.....	108
Figura. 5.57. Comparación de datos y habilitación de los accionadores A, B, C y D.....	109
Figura. 5.58. Variables de la Operación Lógica AND.....	110
Figura. 5.59. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático.....	110
Figura. 5.60. Activación del Gripper en semiautomático.....	111
Figura. 5.61. Recoger la base del pallet.....	113
Figura. 5.62. Recoger la clavija del pallet.....	113
Figura. 5.63. Colocar la clavija en el agujero de la base.....	114
Figura. 5.64. Presionar con la prensa hidráulica la clavija.....	114
Figura. 5.65. Colocar el pallet construido en un recipiente.....	114
Figura. 5.66. Acceso a Práctica 6.....	115
Figura. 5.67. Pantalla Práctica 6.....	116
Figura. 5.68. Grabar datos en un archivo.....	117
Figura. 5.69. Visualizar los datos grabados.....	118
Figura. 5.70. Gráfico de los resultados obtenidos.....	118
Figura. 5.71. Variables de la Operación Lógica AND.....	119
Figura. 5.72. Manipulación del Brazo Hidráulico en semiautomático.....	119
Figura. 5.73. Activación del Gripper en semiautomático.....	120
Figura. 5.74. Activación de la Prensa Hidráulica en semiautomático.....	120
Figura. 5.75. Interfaz Hombre-Máquina (HMI) del Sistema de Monitoreo.....	122
Figura. 5.76. Joystick.....	123
Figura. 5.77. Recoger un pallet con cilindro.....	124
Figura. 5.78. Almacenamiento de pallets.....	125
Figura. 5.79. Acceso a la Práctica 7.....	125
Figura. 5.80. Pantalla Práctica 7.....	126
Figura. 5.81. Indicadores de los movimientos del robot.....	126
Figura. 5.82. Inicialización y configuración del joystick.....	127
Figura. 5.83. Inicialización del ActiveX (VideoOCX).....	128
Figura. 5.84. Nodos configurados para visualizar la imagen.....	128

Figura. 5.85. Evento de la estructura capturar imagen.....	129
Figura. 5.86. Evento de la estructura grabar.....	129
Figura. 5.87. Evento de la estructura detener grabación.....	130
Figura. 5.88. Cerrar sección del ActiveX (VideoOCX).....	130

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II ROBOT HIDRÁULICO HYD-2800

Tabla. 2.1. Descripción de los pines.....	12
---	----

CAPÍTULO III TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PMD-1208LS

Tabla. 3.1. Iluminación del LED de la tarjeta PMD-1208LS.....	18
Tabla. 3.2. Ejemplos de entrada y resultados diferenciales en la PMD-1208LS.....	24
Tabla. 3.3. Especificaciones Técnicas de las entradas analógicas.....	31
Tabla. 3.4. Especificaciones Técnicas de las salidas analógicas.....	31
Tabla. 3.5. Especificaciones Técnicas de las entradas/salidas digitales.....	32

CAPÍTULO IV SOFTWARE DE LA INTERFAZ

Tabla. 4.1. Función de las teclas del computador.....	45
Tabla. 4.2. Asignación de Bits para la señal digital de salida.....	48

CAPÍTULO V PRÁCTICAS

Tabla. 5.1. Rango de Operación en grados (°) de los accionadores.....	57
Tabla. 5.2. Datos de los accionadores en unidades crudas (equivalente en voltaje).....	58
Tabla. 5.3. Resultados de la conversión de 1° a unidades crudas (equivalente en voltaje).....	59
Tabla. 5.4. Pines utilizados en la Tarjeta PMD-1208LS.....	60
Tabla. 5.5. Función de los botones del joystick.....	124

Sangolquí, Enero del 2006

ELABORADO POR:

Sr. Nikolai Alexander Banda Poma

AUTORIDADES:

Sr. Ing. Xavier Martínez
Tcrn. Estado Mayor
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Sr. Ab. Jorge Carvajal
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica