

Facultad: Ingeniería  
Escuela: Electrónica  
Asignatura: Autómatas Programables  
Lugar de ejecución: Instrumentación y Control  
(Edificio 3, 2da planta)

## Tema: Control Proporcional con PLC OMRON

### Objetivo General

- Resolver un problema de control que involucre señales analógicas con un PLC CP1H.

### Objetivos Específicos

- Programar el PLC CP1H como controlador proporcional, por medio de sus entradas y salidas analógicas integradas.
- Aplicar las instrucciones de escalado BCD
- Programar funciones adicionales como el potenciómetro y los display de 7 segmentos integrados en el autómata.

### Material y Equipo

- 1 Computadora con puerto USB y CX- Programmer V9.0 instalado
- 1 Cable de interfaz USB
- 1 PLC OMRON CP1H XA
- 1 Fuente de 24VDC
- 1 Fuente de +/- 15VDC
- 1 Módulo de Voltaje de Referencia
- 1 Módulo de temperatura o motor generador
- 1 Módulo Amplificador de Potencia
- 1 Voltímetro
- 12 puentes
- 10 cables de conexión

### Introducción Teórica

El Autómata CP1H posee 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas configurables de voltaje o corriente. El direccionamiento de dichas entradas y salidas se resume en la siguiente tabla, con sus respectivos datos de rango.

#### **E/S Analógicas en CPUs XA**

**Entradas Analógicas:** CIO 200 a CIO 203 (4 canales)

**Salidas Analógicas:** CIO 210 a CIO 211 (2 canales)

| Datos                                   | Canal   | Descripción      |                                  |                                  |
|---|---------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|   |         | Datos            | Resolución 1/6000                | Resolución 1/12000               |
| Conversión A/D<br>(Entradas Analógicas) | CIO 200 | Ent. Analógica 0 | -10 a 10 V:<br>F448 a 0BBB hex   | -10 a 10 V:<br>E890 a 1770 hex   |
|   | CIO 201 | Ent. Analógica 1 | Otros rangos:<br>0000 a 1770 hex | Otros rangos:<br>0000 a 2EE0 hex |
|   | CIO 202 | Ent. Analógica 2 |                                  |                                  |
|   | CIO 203 | Ent. Analógica 3 |                                  |                                  |
| Conversión D/A<br>(Salidas Analógicas)  | CIO 210 | Sal. Analógica 0 |                                  |                                  |
|   | CIO 211 | Sal. Analógica 1 |                                  |                                  |

Tabla 1. Direccionamiento de las entradas y salidas analógicas.

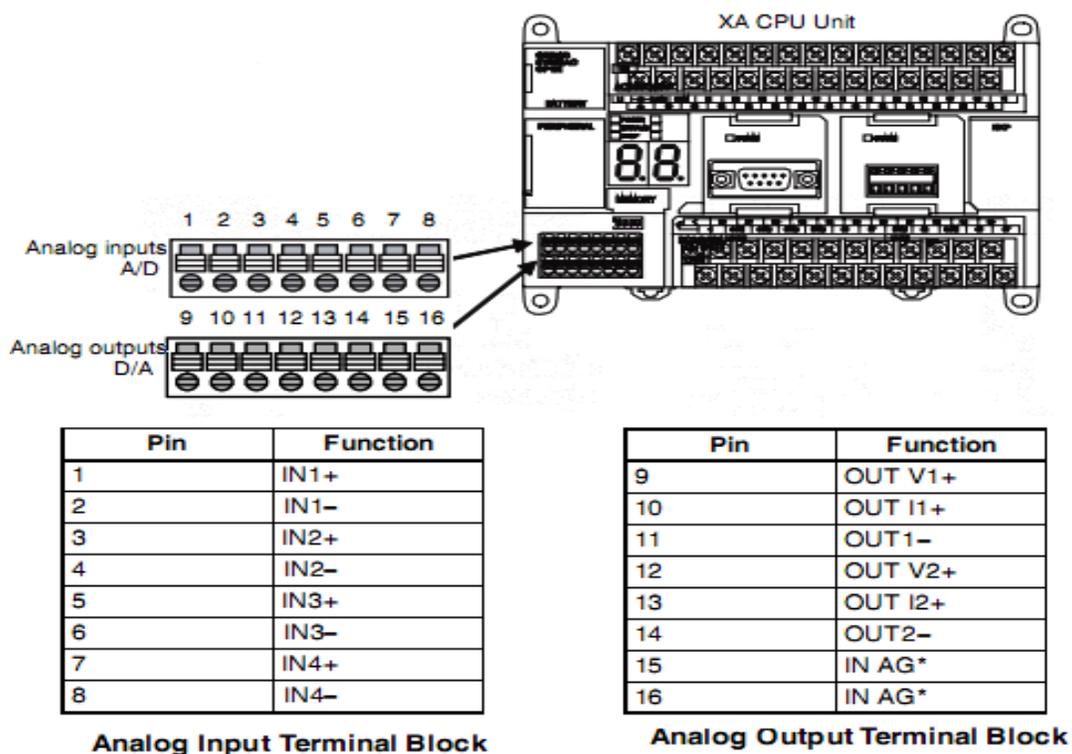


Figura 1. Entradas y salidas analógicas en el PLC

### Función de Escalado BINARIO a BCD – SCL

A diferencia de la función BCD que convierte un valor Hexadecimal de 4 dígitos a su valor BCD, la función SCALING SCL permite hacer la conversión usando una relación lineal. Esta

línea de conversión está definida por 2 puntos configurados en el área de parámetros.

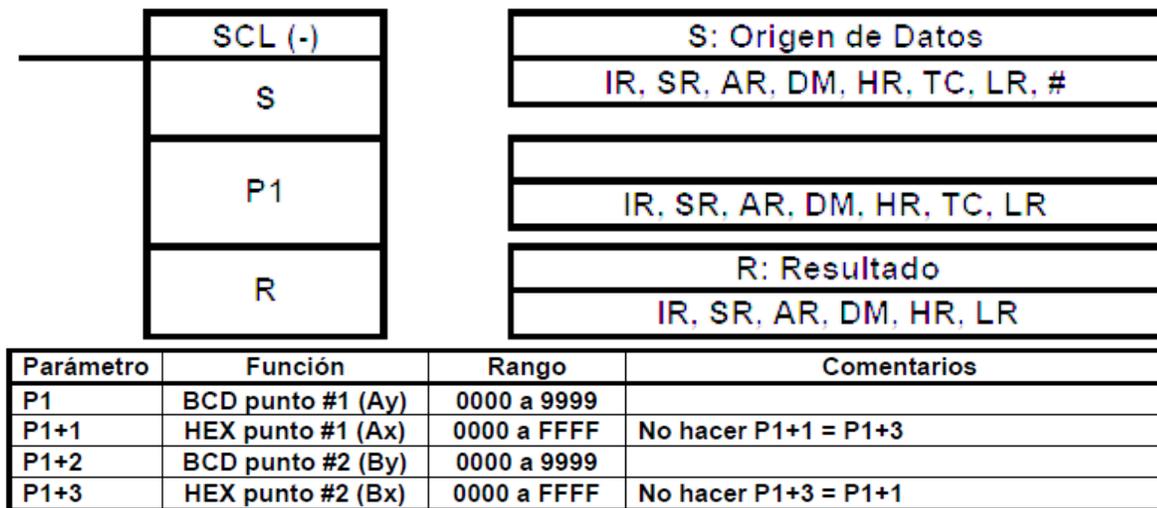


Figura 2. Función SCL

En el siguiente diagrama se muestra el dato de origen, S, convertido a R de acuerdo a la línea definida por los puntos (Ax, Ay) y (By, Bx).

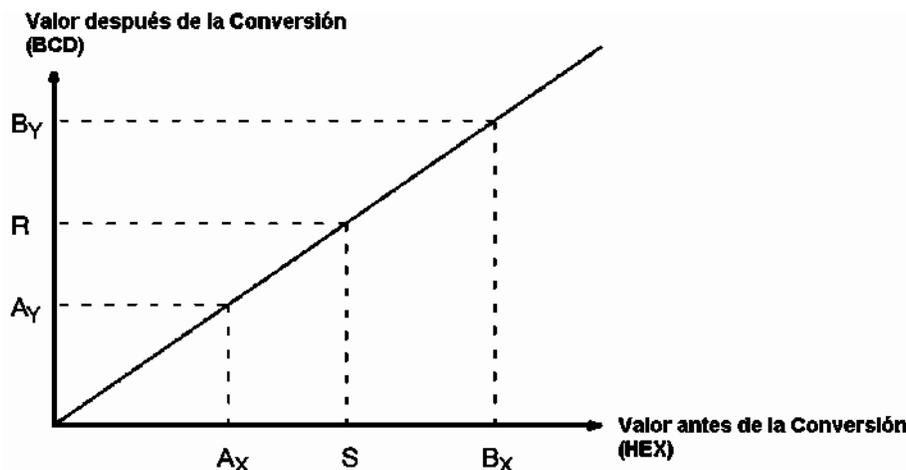


Figura 3. Escalado con SCL

$$\text{Resultado } R = By - [(By - Ay)/(Bx - Ax) \times (Bx - S)]$$

El resultado se convierte al valor entero más cercano. Si el valor es menor que 0, se escribe 0000 en R. Si el valor es mayor que 9999, se escribe 9999 en R.

Como ejemplo,

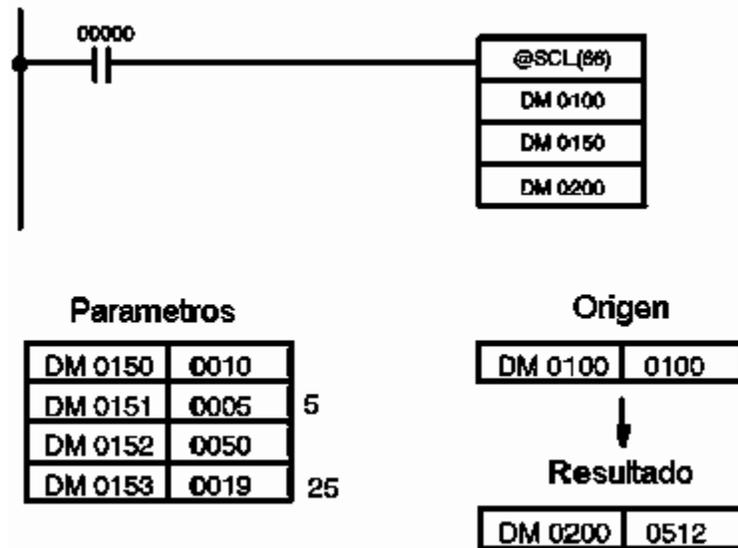
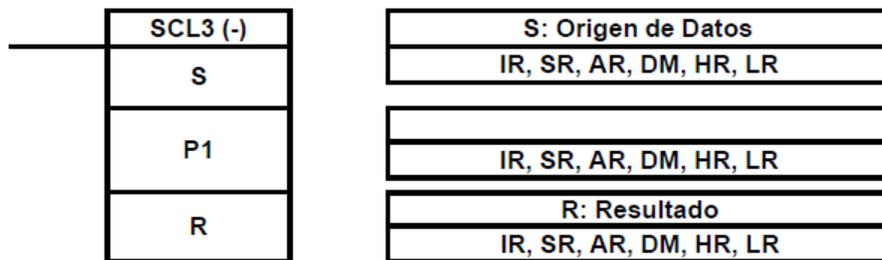


Figura 4. Ejemplo SCL

$$=50-(((50-10)/(25-5))*(25-100)) = 200 = 0512_{16}$$

### Función de Escalado BCD a BINARIO CON SIGNO – SCL3

La función SCL3 permite hacer la conversión de un valor BCD a un valor Hexadecimal con signo usando una relación lineal.



| Parámetro | Función                             | Rango                          |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------|
| P1        | Intercepc. de Eje Y (HEX con signo) | 8000 a 7FFF (-32.768 a 32.767) |
| P1+1      | ΔX (BCD)                            | 0000 a 9999                    |
| P1+2      | ΔY (HEX con signo)                  | 8000 a 7FFF (-32.768 a 32.767) |
| P1+3      | Límte Superior (HEX con signo)      | 8000 a 7FFF (-32.768 a 32.767) |
| P1+4      | Límte Inferior (HEX con signo)      | 8000 a 7FFF (-32.768 a 32.767) |

Figura 5. Función SCL3

El registro S puede ser de 0000 a 9999. Pero se puede tratar como número negativo usando STC-Set Carry o CLC-Clear Carry, por lo que el rango efectivo es de -9999 a 9999. Los parámetros P1+3 y P1+4 definen los límites de salida, ya que pueden usarse módulos de distinta resolución. Por ejemplo, en un modulo de salida de 12 bits se tiene como límites 07FF y F800. En el siguiente diagrama se muestra el dato de origen, S, convertido a R de acuerdo a la línea definida por el punto (0, P1) y la pendiente (ΔY/ΔX).

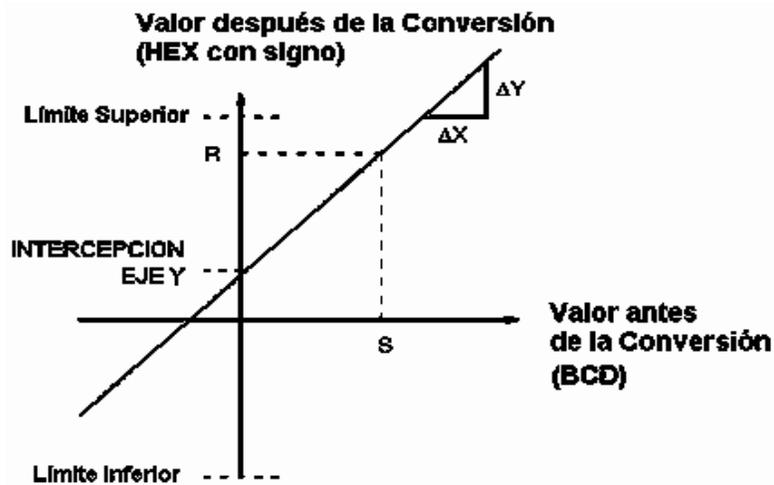


Figura 6. Escalado con SCL3

$$\text{Resultado } R = (\Delta Y / \Delta X \times S) + P1$$

Como ejemplo,

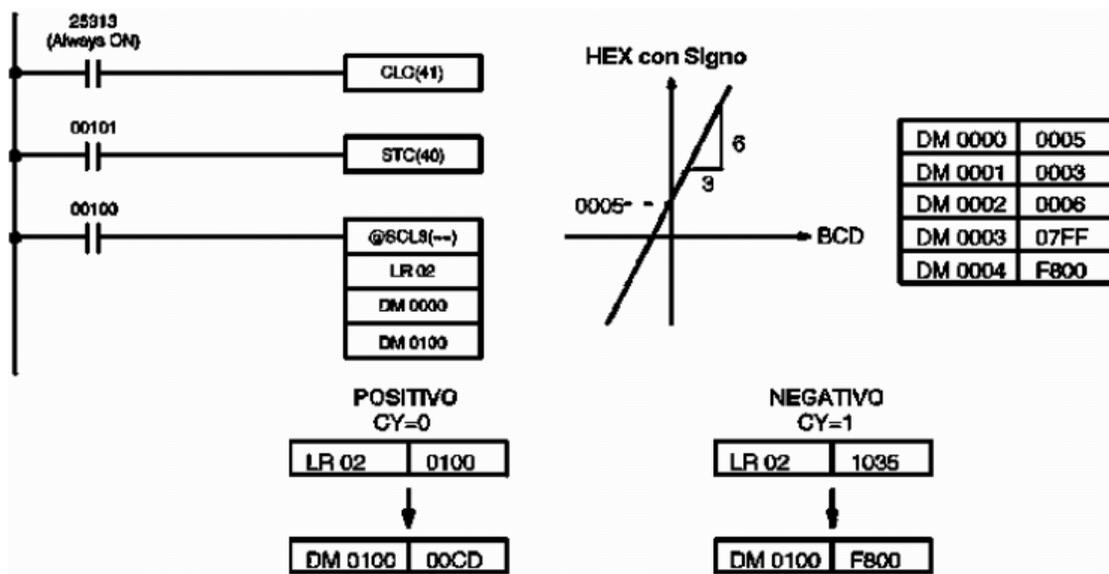


Figura 7. Ejemplo SCL3

### Potenciómetro Analógico

Dando vueltas al potenciómetro de ajuste analógico en el CPU CP1H con un destornillador Phillips, el PV en el área auxiliar A642 puede ser cambiado a cualquier valor dentro de un rango de 0 a 255. Durante el ajuste, el valor es desplegado desde 00 hasta FF en los leds del display de 7 segmentos en cualquier modo de operación del CP1H.

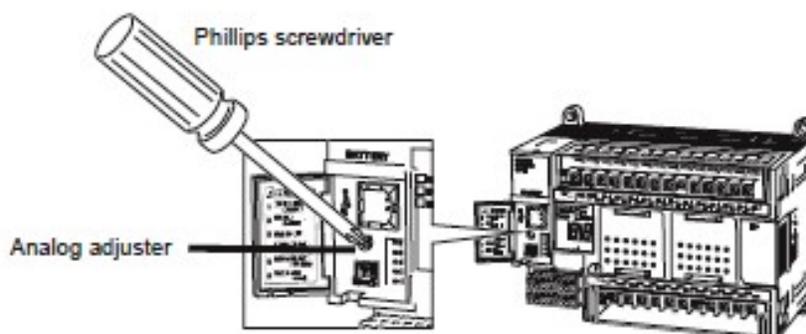


Figura 8. Potenciómetro analógico

### Display de LEDs de 7 segmentos

Un display de dos dígitos de 7 segmentos hace fácil monitorear el estado del PLC. Esto mejora la interfaz humano-máquina para mantenimiento, haciendo más fácil detectar problemas que pueden ocurrir durante la operación de la máquina. Los siguientes mensajes que se detallan después pueden ser desplegados

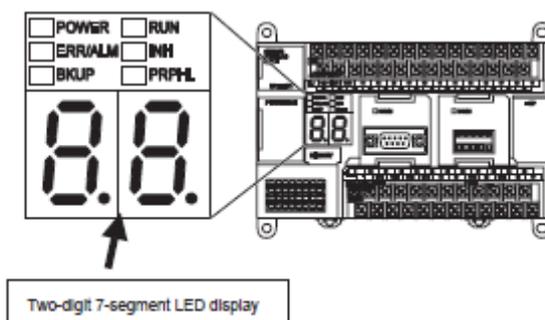


Figura 9. Display de 7 segmentos

#### Contenidos del Display

1. Versión de la unidad (sólo cuando la fuente de alimentación se enciende)
2. Códigos de Error para errores que pueden ocurrir durante la operación del CPU
3. Progreso de transferencias entre el CPU y el cartucho de memoria
4. Cambios en valores cuando se usa el potenciómetro analógico
5. Códigos definidos por el usuario desde instrucciones especiales en el programa de escalera.

#### Versión de la unidad

La versión de la unidad CPU es desplegada por aproximadamente 1 segundo cuando la fuente de alimentación se enciende



Figura 10. Versión de la unidad

### Despliegue de errores en la unidad CPU

Cuando un error ocurre en la unidad CPU, el código del error es desplegado. Si múltiples errores ocurren simultáneamente, son priorizados para desplegar en orden de importancia. Entonces, cuando se limpia un error, el código de error para el siguiente es desplegado. (Para más detalles consulte el manual en la sección 9-1 Clasificación de errores y confirmación).

### Despliegue de progreso de transferencia al cartucho de memoria.

Cuando son transferidos datos entre un cartucho de memoria y la unidad CPU, o cuando una verificación es comenzada, el porcentaje de datos restantes a ser transferidos o verificados es desplegado como un porcentaje (99% a 00%), también es desplegado para transferencias automáticas en la inicialización.

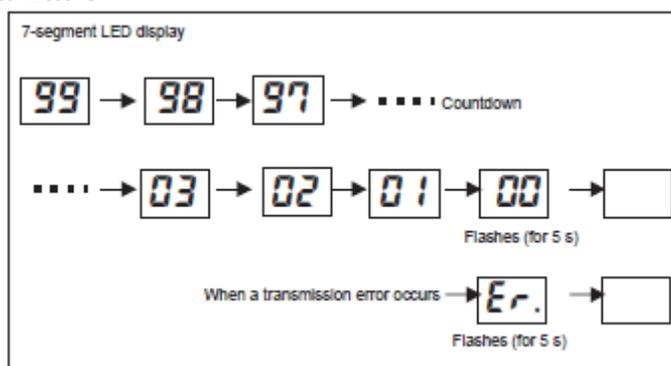


Figura 11. Información que proporciona el Display

### Despliegue del valor del potenciómetro analógico

Cuando el potenciómetro analógico es usado para cambiar un valor de consigna, ese valor es desplegado en el display de 7 segmentos desde 00 a FF hexa (0 a 255). El valor de consigna es desplegado no importando el modo de operación de la unidad CPU. El display es limpiado cuando el valor de consigna es mantenido sin cambios por al menos 4 segundos.

|                       |           |   |            |   |            |
|-----------------------|-----------|---|------------|---|------------|
| 7-segment LED display | 00        | - | 7d         | - | FF         |
| Value in word A642    | 00000 (0) | - | 007D (125) | - | 00FF (255) |

Figura 12. Despliegue del valor del potenciómetro analógico

### Despliegue de códigos definidos por el usuario.

Las instrucciones DISPLAY 7 SEGMENT WORD DATA (SCH(047)) y 7 SEGMENT LED CONTROL (SCTRL(048)) pueden ser usadas para desplegar cualquier código o caracteres desde el programa de escalera.

**DISPLAY 7-SEGMENT LED WORD DATA: SCH (047)**

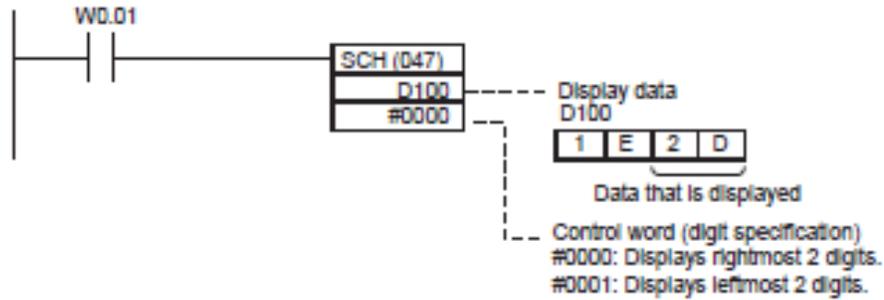


Figura 13. Función SCH

Cuando W0.01 se activa, 2d es desplegado en el display de 7 segmentos

Desplegando individualmente los Led de los 7 segmentos y los puntos

Cualquier código puede ser desplegado usando SCTRL(048) para activar los bits correspondientes a los segmentos individuales y a los puntos.

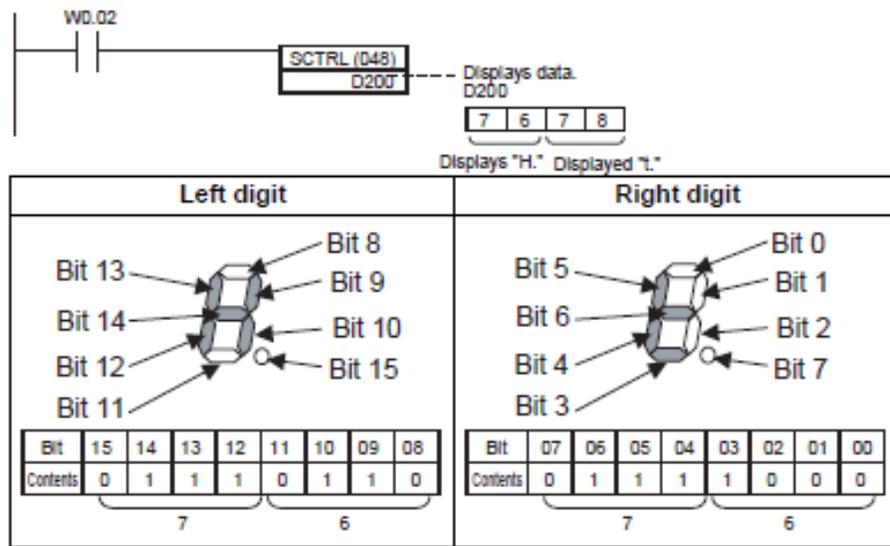


Figura 14. Función SCTRL

Limpiando el display de 7 segmentos

Poniendo #0000 para SCTRL(048) y ejecutando la instrucción limpia por completo los leds definidos por el usuario en el display.

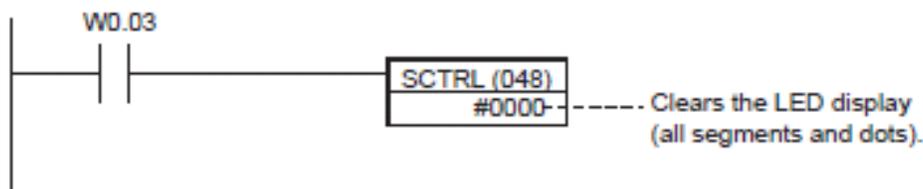


Figura 15. Limpiar el display

## Procedimiento

El control Proporcional que se realizará en esta práctica, dependiendo del sistema que esté ubicado en su puesto de trabajo, buscará regular temperatura, velocidad o presión, los sistemas tienen un transductor que convierte ya sea la temperatura, velocidad o presión en voltaje en un rango de 0 a 10V.

Al sistema se le ingresará el valor de referencia a la entrada analógica 0 por medio de un módulo de voltaje de referencia, sus valores variarán en el rango de 0 a 10V.

El transductor de temperatura, velocidad o presión estará ubicado en la entrada analógica 1 con el mismo rango de voltaje.

La salida analógica 0 estará variando su valor de 0 a 10V, conectándola a un amplificador de corriente para el manejo del módulo de temperatura, motor-generator o tanque.

Un esquema en diagrama de bloques del control proporcional a implementar es el siguiente:

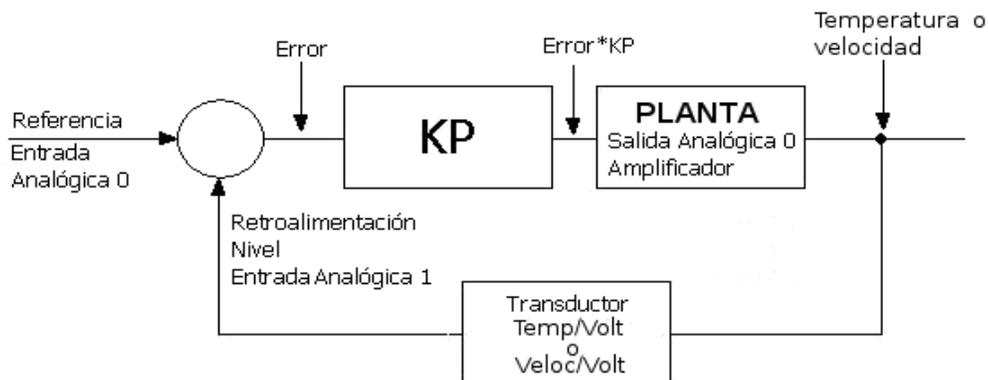


Figura 16. Diagrama de bloques de un control proporcional

1. Abra el programa CX-Programmer desde el menú inicio>Todos los programas>OMRON>CX-ONE>CX-Programmer
2. Seleccione de la barra de menú la opción Archivo>nuevo o su correspondiente icono en la barra de herramientas
3. En el siguiente diálogo, escriba en Nombre de dispositivo: Control\_Proporcional; en Tipo de dispositivo seleccione CP1H, haga clic en configuración y verifique que el PLC a utilizar es un CPU XA (con entradas y salidas analógicas) y en Tipo de red seleccione USB

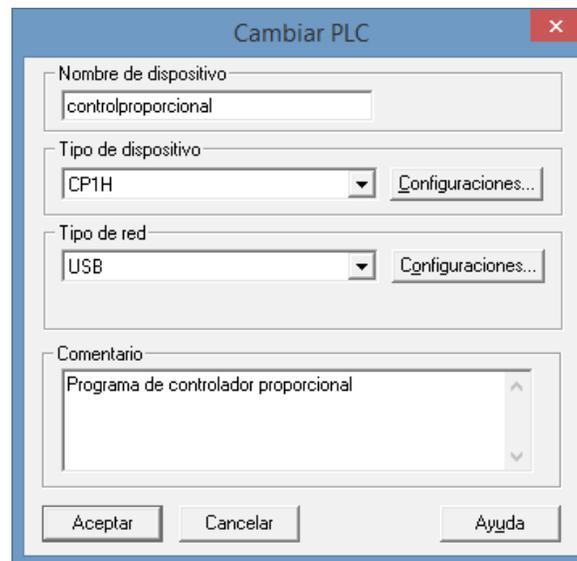


Figura 17. Configuración del tipo de PLC

4. Ubíquese en el cuadro de operaciones

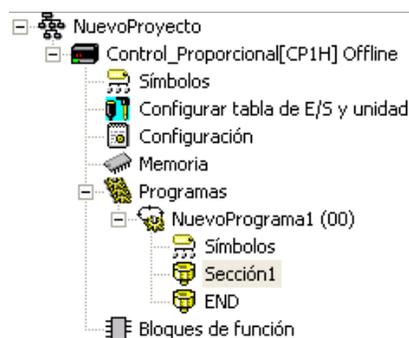


Figura 18. Cuadro de Operaciones

5. Dé doble clic en configuración, del cuadro que aparece diríjase hacia las últimas pestañas a una que dice “AD/DA Integrado”, seleccione la resolución de 6000 y AD 0CH en rango de 0 a 10V, AD 1CH en el rango de 0 a 10V y DA 0CH en el rango de 0 a 10V como se muestra en la figura siguiente.

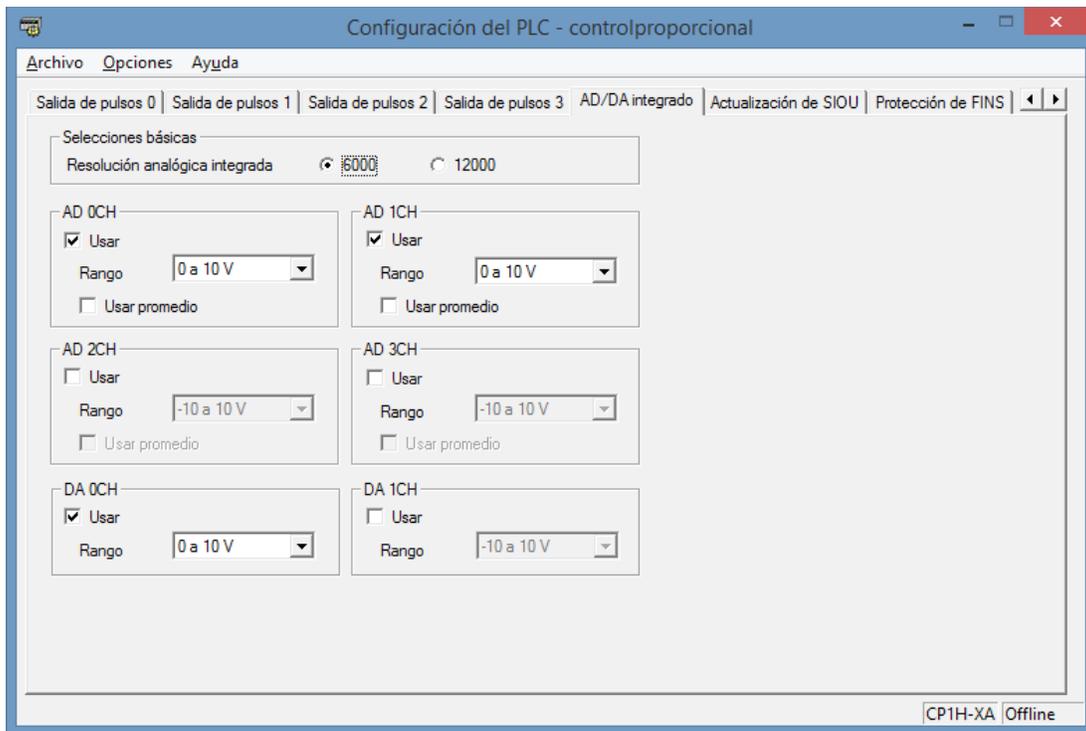
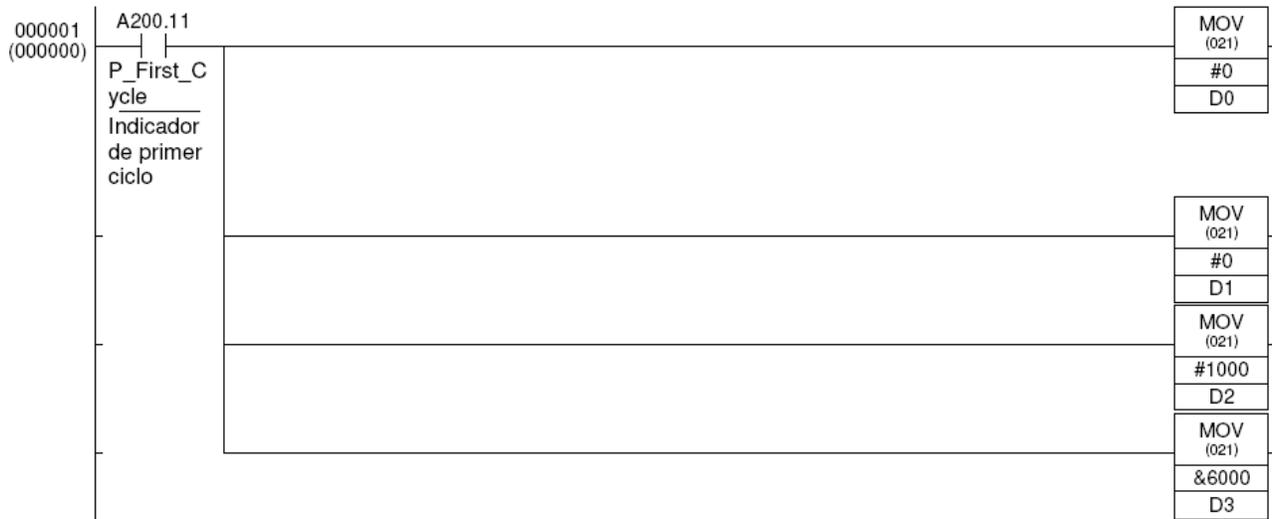
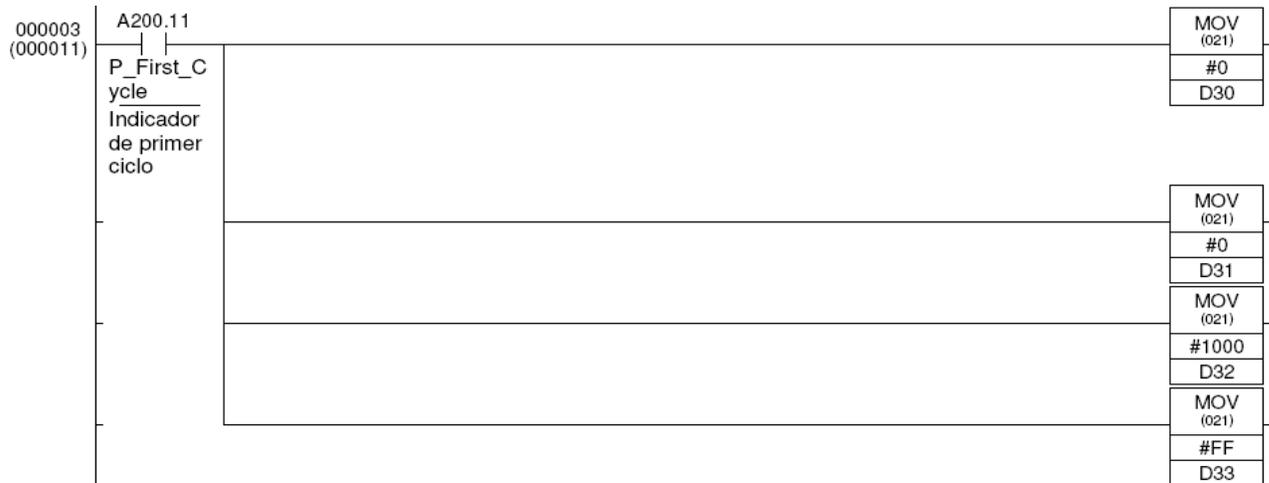
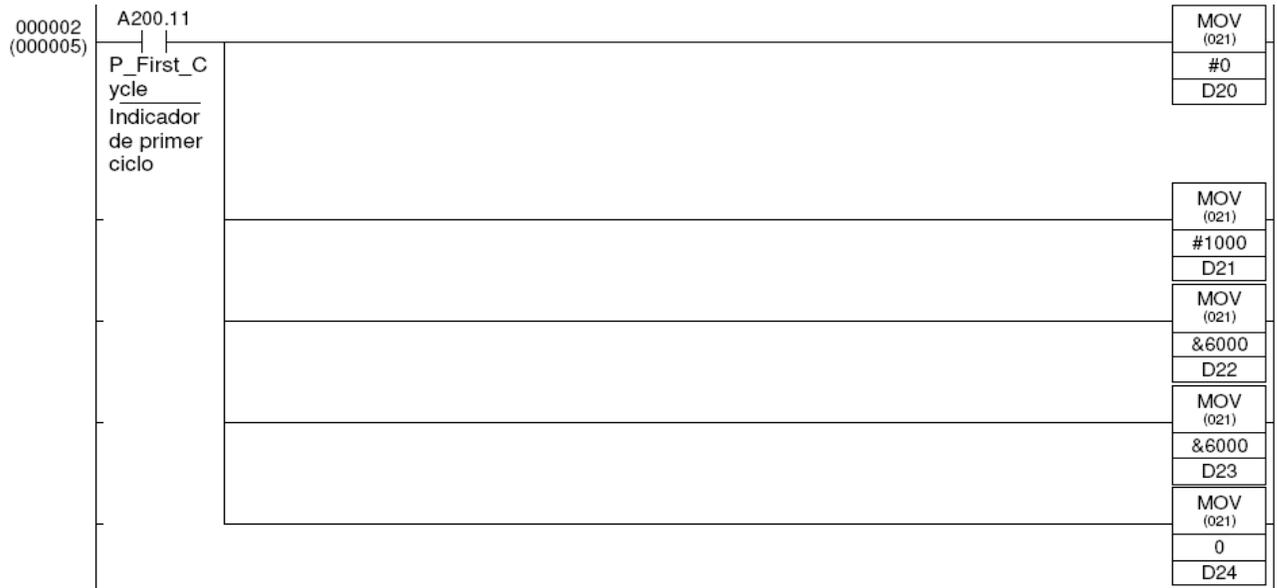


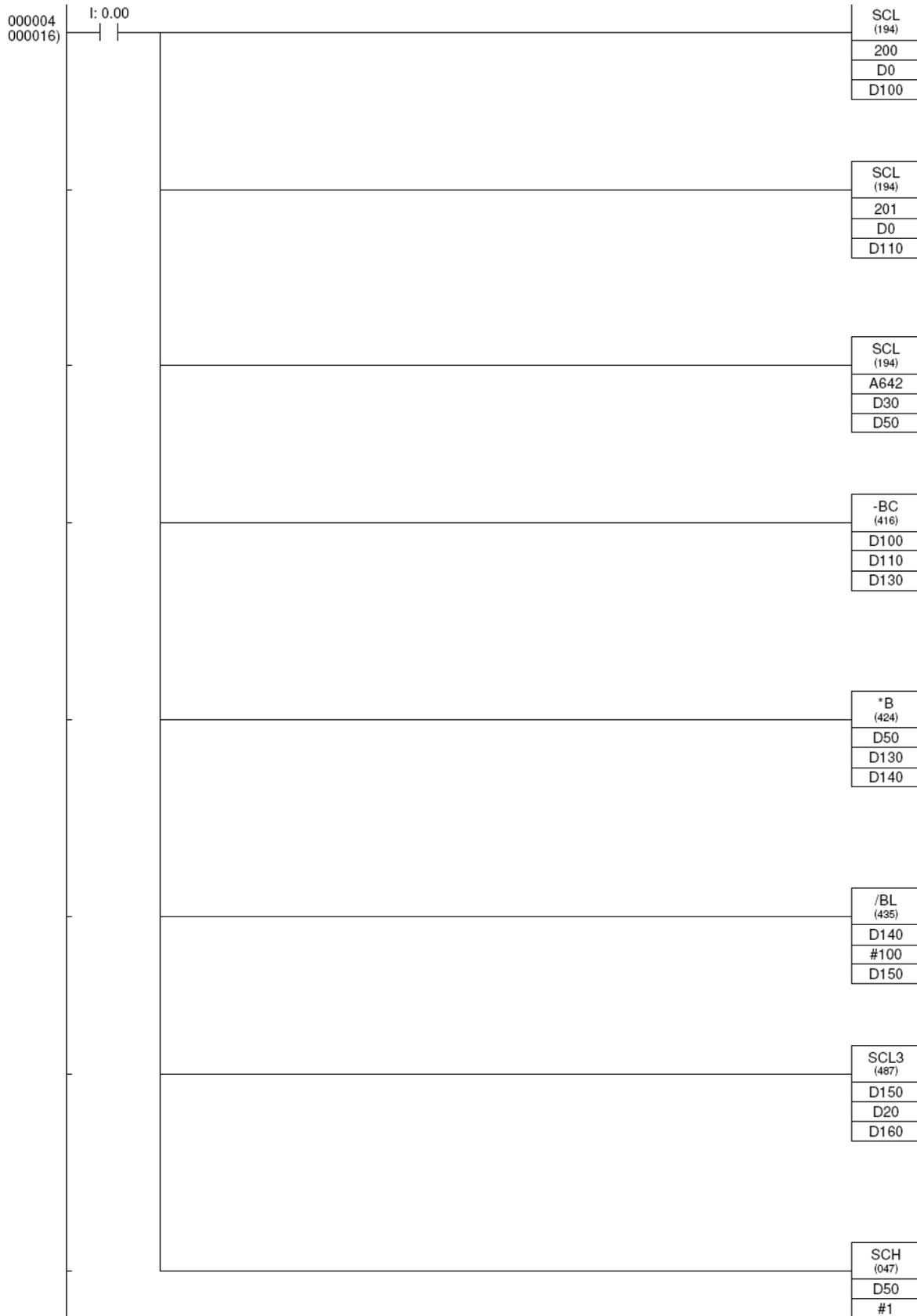
Figura 19. Configuración del PLC

6. Introduzca el siguiente programa en la pantalla de edición

**Programa control Proporcional, tenga presente que la presentación de las instrucciones varía por ser la vista de impresión, sólo asegúrese de colocar los operandos de manera correcta.**







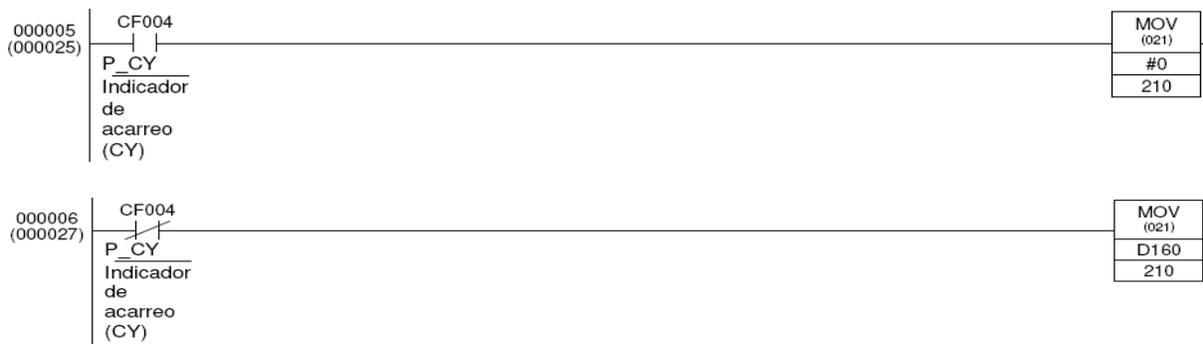


Figura 20. Programa de controlador P.

7. **⚠** Ahora se procederá a descargar y probar el programa en el PLC Omron CP1H, para ello, verifique primero que tipo de alimentación necesita 100-240VAC o 24 VDC y los terminales donde debe conectarla, **realice las conexiones pero no energice hasta que sea revisada por el docente de laboratorio.**
8. Descargue el programa al CP1H, (desde el CX Programmer ponga al PLC en ONLINE y luego utilice el comando descargar al PLC, no olvide agregar que se descarguen las configuraciones).
9. Desenergice el PLC para realizar las otras conexiones.
10. **⚠** Dependiendo del tipo de alimentación que requiere su PLC, **sin energizar el sistema aún.** realice las conexiones que se muestran en la Figura 21 o Figura 22, las conexiones del setpoint, transductor y amplificador de potencia se realizarán mas adelante.

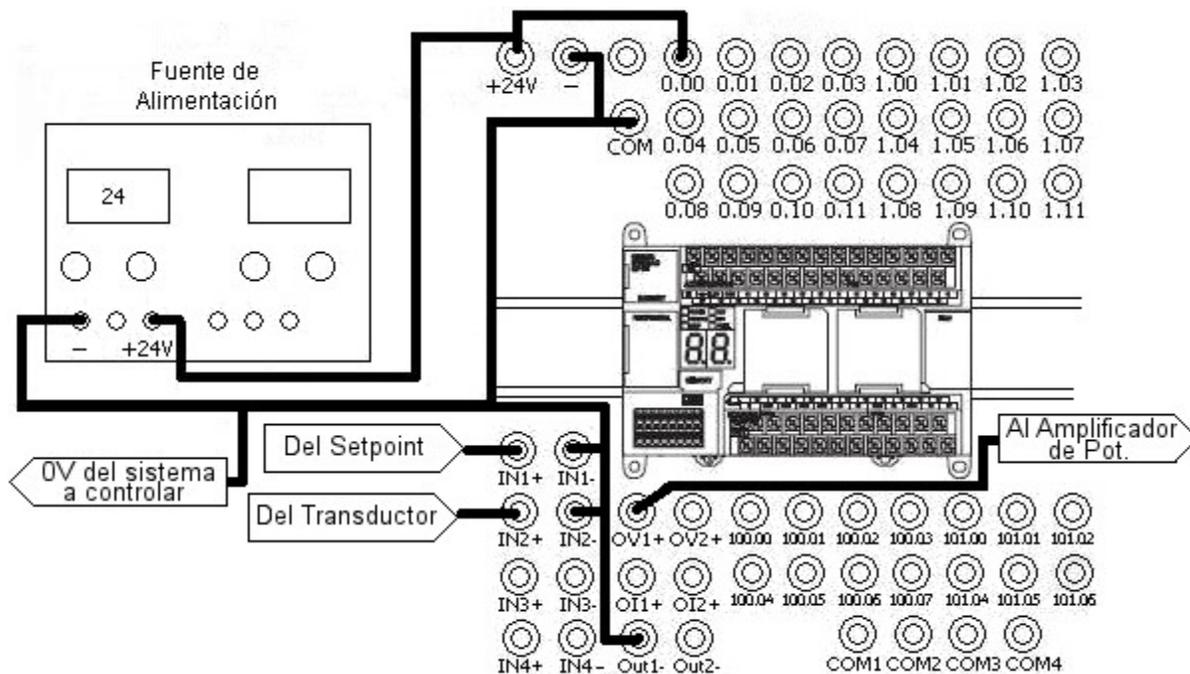


Figura 21. Conexión de PLC con alimentación de +24VDC.

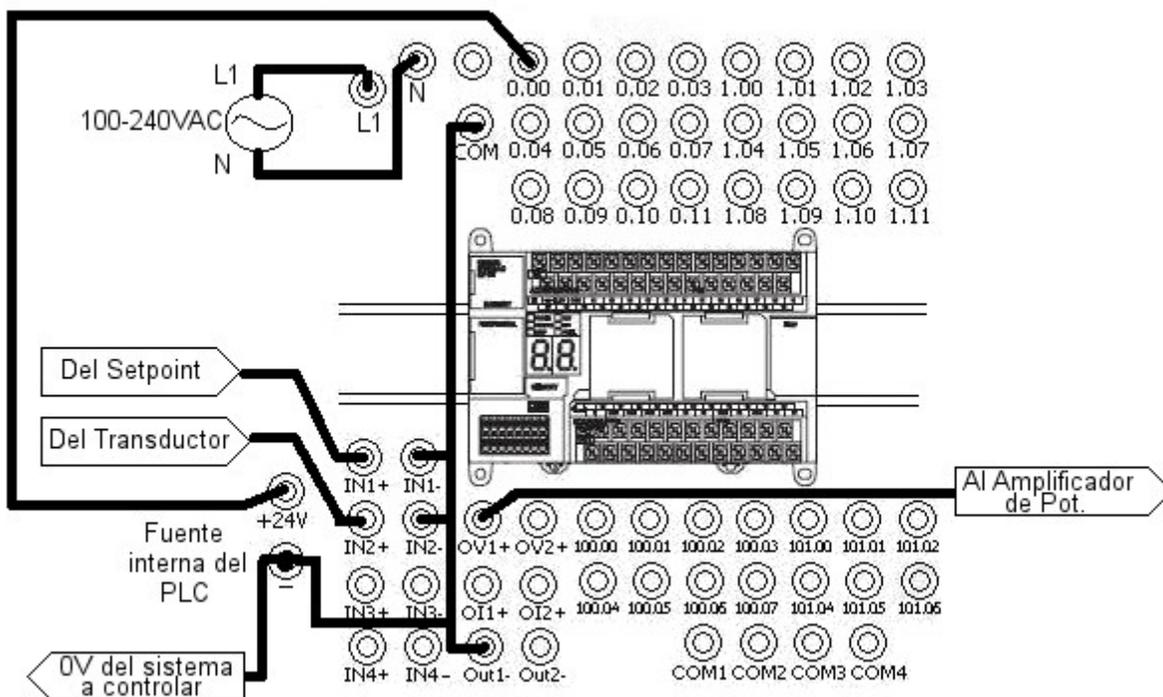


Figura 22. Conexión de PLC con alimentación de 100-240 VAC.

11. Según el sistema que tenga asignado en su puesto de trabajo continúe con la parte correspondiente.

### PARTE SISTEMA TÉRMICO

1. Arme el sistema que se muestra en la Figura 23.

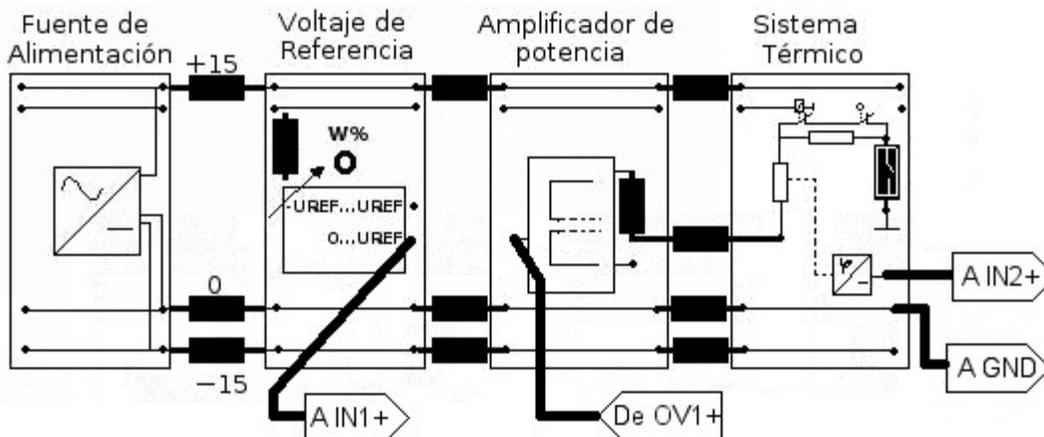


Figura 23. Sistema Térmico.

2. **⚠ Muestre al docente de laboratorio las conexiones antes de continuar**, luego coloque al PLC en modo monitorización, y seleccione un valor de referencia de 80%,

- (módulo SET POINT tendrá a su salida 8.0V).
- Modifique el valor del potenciómetro integrado en el CP1H hasta que ponga en el display 02 (valor de constante proporcional  $K_p$  de 2)
  - Observe los resultados de las variables internas del CP1H por medio del comando "Activar ventana de vigilancia" en el menú "Ver" en la opción "Ventanas y vigilancia", o por la combinación de teclas ALT+3 o por el ícono en la barra de herramientas .
  - Observe los contenidos de las entradas analógicas, las variables en el área de datos que tienen los datos de error,  $K_p$  y salida y compruebe la estructura empleada para realizar este controlador (**Si no se presentan variaciones en las lecturas de las direcciones de las entradas analógicas, reinicie el PLC**).
  - Observe con un voltímetro el valor de temperatura convertida en voltaje (1V por cada 10 °C).
  - Cuando el valor se haya estabilizado, simule una perturbación en la placa metálica del módulo de control de temperatura, cerrando el interruptor que cortocircuita la resistencia en el sistema de control de temperatura.
  - Calcule el error obtenido.
  - Modifique el  $K_p$  a un valor de 3 y repita el paso anterior.
  - Si la constante  $K_p$  es modificada a ( $K_p=5$ ) ¿qué sucede con el error de estado estacionario? ¿Es más rápido el sistema? ¿Es más estable o inestable?
  - Cambie a distintos valores de referencia y observe el comportamiento de la temperatura
  -  Desenergice los equipos, desconéctelos y deje ordenado su puesto de trabajo.

## PARTE SISTEMA MOTOR-GENERADOR

- Arme el sistema que se muestra en la Figura 24.

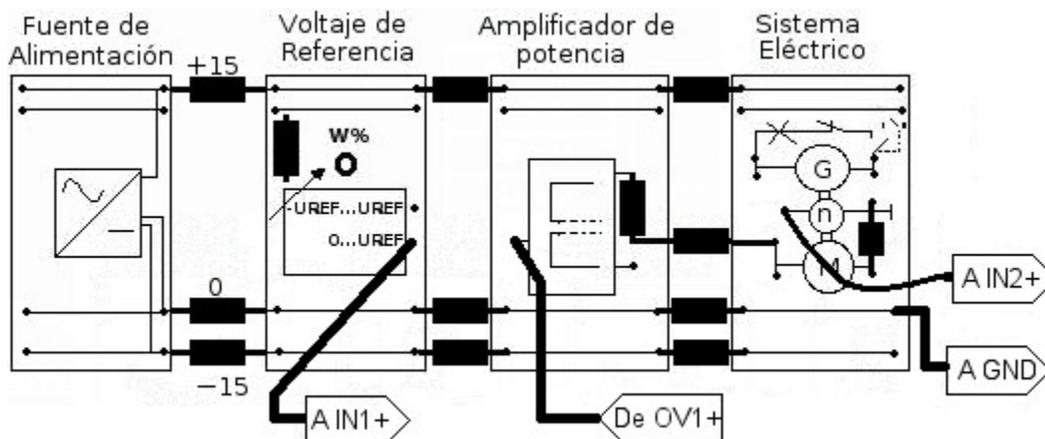


Figura 24. Sistema Motor-Generador.

-  Muestre al docente de laboratorio las conexiones antes de continuar, Ponga al PLC en modo monitorización, y seleccione un valor de referencia de 80%, (módulo SET POINT tendrá a su salida 8V).
- Modifique el valor del potenciómetro integrado en el CP1H hasta que ponga en el

- display 01 (valor de constante proporcional  $K_p$  de 1).
4. Observe los resultados de las variables internas del CP1H por medio del comando "Activar ventana de vigilancia" en el menú "Ver" en la opción "Ventanas y vigilancia", o por la combinación de teclas ALT+3 o por el ícono en la barra de herramientas .
  5. Observe los contenidos de las entradas analógicas, las variables en el área de datos que tienen los datos de error,  $K_p$  y salida y compruebe la estructura empleada para realizar este controlador (**Si no se presentan variaciones en las lecturas de las direcciones de las entradas analógicas, reinicie el PLC**).
  6. Observe con un voltímetro el valor de RPM convertida en voltaje (1V por cada 1000 RPM).
  7. Cuando el valor se haya estabilizado, simule una perturbación conectando el generador al motor por medio del interruptor ubicado en la esquina superior derecha del módulo.
  8. Calcule el error obtenido.
  9. Modifique el  $K_p$  a un valor de 3 y verifique qué sucede con la velocidad
  10. Si la constante  $K_p$  es modificada a ( $K_p = 6$ ) ¿qué sucede con el error de estado estacionario? ¿Es más rápido el sistema? ¿Es más estable o inestable?
  11. Cambie a distintos valores de referencia y observe el comportamiento de la velocidad.
  12.  Desenergice los equipos, desconéctelos y deje ordenado su puesto de trabajo.

## PARTE SISTEMA HIDRÁULICO

1. Arme el sistema que se muestra en la Figura 25.

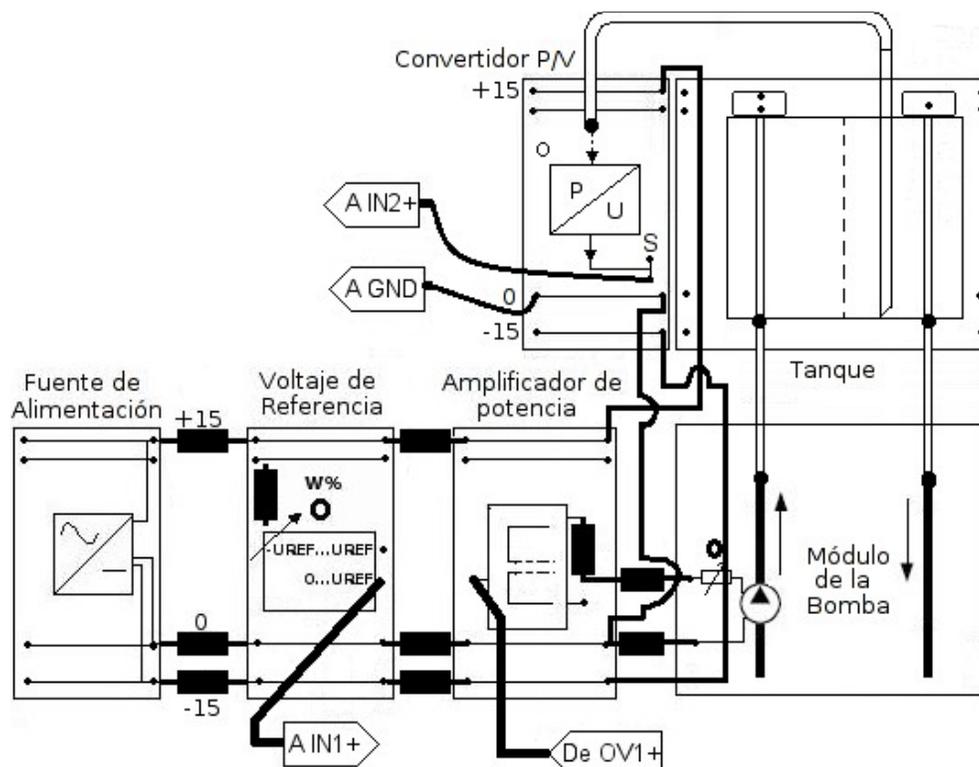


Figura 25. Sistema Hidráulico.

2. La válvula de entrada del tanque debe estar abierta por arriba, para ello gire la perilla blanca que esta encima del tanque en la esquina superior izquierda de tal forma que queden al frente los puntos verde arriba y rojo abajo, mientras que la válvula de salida debe estar abierta al mínimo, para ello gire la otra perilla blanca que esta encima del tanque en sentido de las agujas del reloj y deje al frente el primer punto verde que sigue al punto rojo.
3.  **Muestre al docente de laboratorio las conexiones antes de continuar**, A continuación se va a calibrar el transductor de presión del tanque para ello mida con el voltímetro el voltaje existente entre el punto que esta etiquetado como "S" en la Figura 25 y tierra, debería obtener un valor de 0 V en ese punto ya que es la salida del transductor que convierte la presión del sistema en voltaje, y con el tanque vacío la presión debe de ser cero. Si no es cero ajuste cuidadosamente con la perilla llamada "Zero Point" del módulo Convertidor P/V para que haya 0 voltios en este momento que la presión es cero.
4. Coloque al PLC en modo monitorización, y seleccione un valor de referencia de 80%, (módulo SET POINT tendrá a su salida 10V).
5. Modifique el valor del potenciómetro integrado en el CP1H hasta que ponga en el display 02 (valor de constante proporcional Kp de 2)
6. Observe los resultados de las variables internas del CP1H por medio del comando "Activar ventana de vigilancia" en el menú "Ver" en la opción "Ventanas y vigilancia", o por la combinación de teclas ALT+3 o por el ícono en la barra de herramientas .
7. Observe los contenidos de las entradas analógicas, las variables en el área de datos que tienen los datos de error, KP y salida y compruebe la estructura empleada para realizar este controlador (**Si no se presentan variaciones en las lecturas de las direcciones de las entradas analógicas, reinicie el PLC**).
8. Observe con un voltímetro el valor de presión convertido en voltaje (1V por cada 200 Pa),
9. Cuando el valor se haya estabilizado, simule una perturbación abriendo más la válvula de salida del tanque girando la perilla en el sentido de las agujas del reloj hasta dejar el siguiente punto verde al frente.
10. Calcule el error obtenido.
11. Modifique el Kp a un valor de 3 y verifique qué sucede con la presión.
12. Si la constante Kp es modificada a (Kp=6) ¿qué sucede con el error de estado estacionario? ¿Es más rápido el sistema? ¿Es más estable o inestable?
13. Cambie a distintos valores de referencia y observe el comportamiento de la presión.
14.  Desenergice los equipos, desconéctelos y deje ordenado su puesto de trabajo.

### Análisis de Resultados

1. Analice la forma de lectura de las entradas analógicas y su conversión a BCD ¿Cuál es el propósito de esta conversión?
2. Analice la manera en que se obtiene la señal de error en el programa.
3. ¿Cómo se varía Kp y se opera con el error?
4. ¿De qué manera la señal del controlador es enviada a la salida analógica?
5. ¿Cuál es el propósito de las funciones de escalado en este programa?

### Investigación Complementaria

- Haga un control ON-OFF de nivel de tanque donde el potenciómetro analógico maneje el valor de histéresis del sistema con un valor mínimo de 5% y un valor máximo de 20%
- Investigue acerca de los bloques de función definidos por el usuario para la programación del CP1H y de su codificación por medio de texto estructurado.
- Investigue acerca de las pantallas NS que tiene OMRON para visualizar y controlar procesos, especialmente la pantalla NS-5.

### Bibliografía

- Omron. (2007). *CP1H/CP1L CPU Unit Programming Manual*. Cat. No. W451-E1-03.
- Omron. (2009). *CP1H CPU Unit Operation Manual*. Cat. No. W450-E1-06.

## Guía 9: Control Proporcional con PLC OMRON

Alumno:

Máquina No:

Docente:

GL:

Fecha:

| EVALUACIÓN                         |      |   |  |   |      |
|------------------------------------|------|---|--|---|------|
|                                    | %    | 1-4   | 5-7  | 8-10  | Nota |
| <b>CONOCIMIENTO</b>                | 25%  | Conocimiento deficiente de los fundamentos teóricos   | Conocimiento y explicación incompleta de los fundamentos teóricos  | Conocimiento completo y explicación clara de los fundamentos teóricos                           |      |
| <b>APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO</b> | 70%  | No hace, no realiza<br>- Carga del programa de ejemplo<br>- Análisis de la lectura de valores analógicos<br>- Análisis de las funciones de escalado<br>- Análisis del lazo de control | Realiza de forma incompleta:<br>- Carga del programa de ejemplo<br>- Análisis de la lectura de valores analógicos<br>- Análisis de las funciones de escalado<br>- Análisis del lazo de control | Realizó con poca dificultad todos los procedimientos:   |      |
| <b>ACTITUD</b>                     | 2.5% | Es un observador pasivo   | Participa ocasionalmente o lo hace constantemente pero sin coordinarse con su compañero  | Participa propositiva e integralmente en toda la práctica                                       |      |
|                                    | 2.5% | Es ordenado; pero no hace un uso adecuado de los recursos   | Hace un uso adecuado de los recursos, respeta las pautas de seguridad, pero es desordenado.  | Hace un manejo responsable y adecuado de los recursos conforme a pautas de seguridad e higiene. |      |
| <b>TOTAL</b>                       | 100% |   |  |   |      |