CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno de Actividades del Participante

Módulo 1: “Diagnóstico y mantención de sistemas de control neumático”

PFMEI-4-04/V.1[PE01-M01/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del cuaderno de actividades 7

Actividad N°1 8

- Componentes neumáticos. 8

Actividad N°2 13

- Sintonización de controladores PID. 13

Actividad N°3 18

- Sintonización de controladores de control de plantas industriales. 18

Actividad N°4 23

- Diagnóstico de canales de entrada de PLC según procedimiento. 23

Actividad N°5 39

- Sintonización de controladores PID con PLC 39

Actividad N°6 54

- Identificar lenguaje de programación del programa del controlador, según jerarquía de red industrial. 54

Descripción del cuaderno de actividades

Durante el desarrollo del programa ***"Mantenedor Instrumentista Especialista"*** se proponen un conjunto sistemático de actividades reflexivas, formativas y prácticas, basadas en competencias, que el participante deberá resolver.

El cuaderno de actividades es el documento que se utilizará para ir realizando estos ejercicios y actividades y tiene como finalidad apoyar el proceso de aprendizaje. Permitirá además, preparar al participante para la evaluación final, ya que contribuirá a reafirmar sus avances y solucionar las dificultades que puedan surgir a lo largo del programa.

El cuaderno constituye también un valioso registro del trabajo y la puesta en práctica realizada por el participante y para esto, cuenta con un espacio al final de cada actividad, para que el instructor consigne esto a través de su firma y alguna observación.

Una vez completado el cuaderno, pasa a constituirse en un **portafolio de evidencias,** que permitirá al participante evidenciar los logros alcanzados a lo largo del programa y demostrar lo que ha sido capaz de realizar.

Actividad N°1

- Componentes neumáticos.

Descripción de la Actividad
Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Usted como participante debe implementar circuitos neumáticos, utilizando redes de aire como alimentación e instrumentos de medición.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco. (Si aplica)
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes
    - Chaleco reflectante. si aplica
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Desarrollo

Procedimiento N° 1:

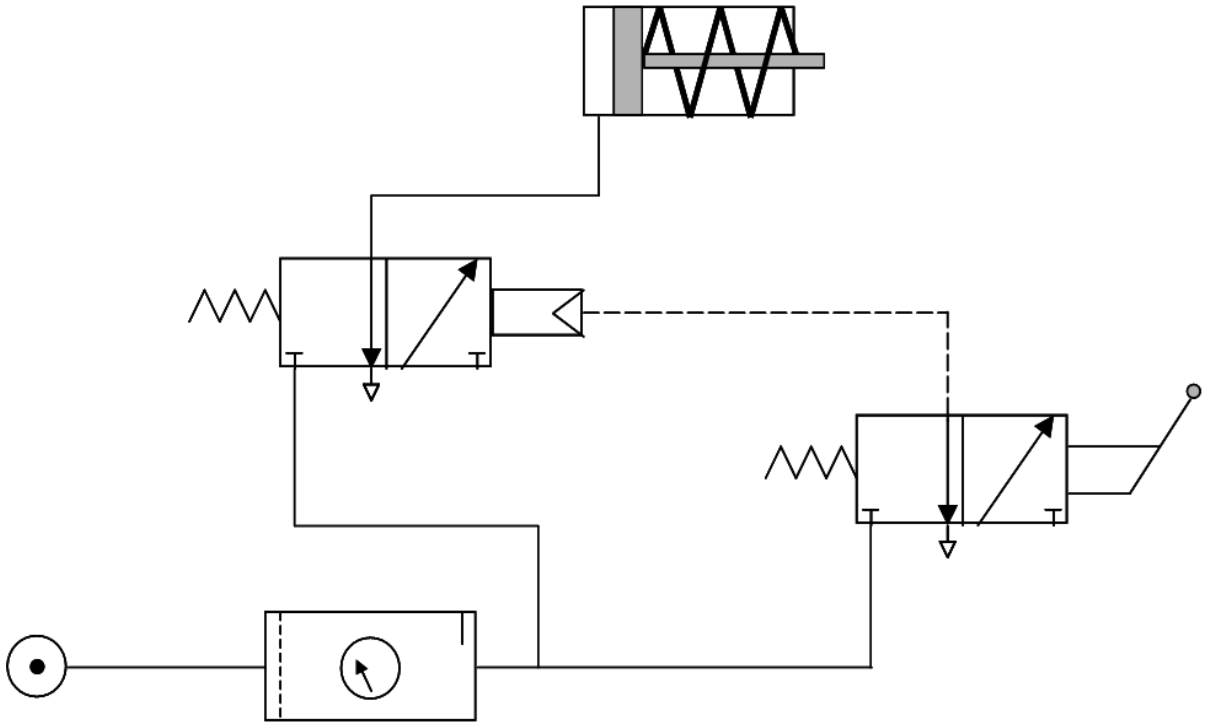
1.-Establecer grupos de trabajo de acuerdo a indicaciones del Instructor.

2.-Identificar estaciones de trabajo y recoger materiales y equipos necesarios desde pañol de Instrumentos.

3.- Establecer método para conexionado de circuitos neumáticos.

4.-Revise procedimiento de trabajo y analice el siguiente circuito: “Comando indirecto de Cilindro de Simple Efecto”

5.-Verifique la presión de salida del regulador, esta no puede exceder los 70Psi.



6.-Conectar la alimentación y los instrumentos

7.-Accione el circuito y observe el cilindro.

Procedimiento N° 2:

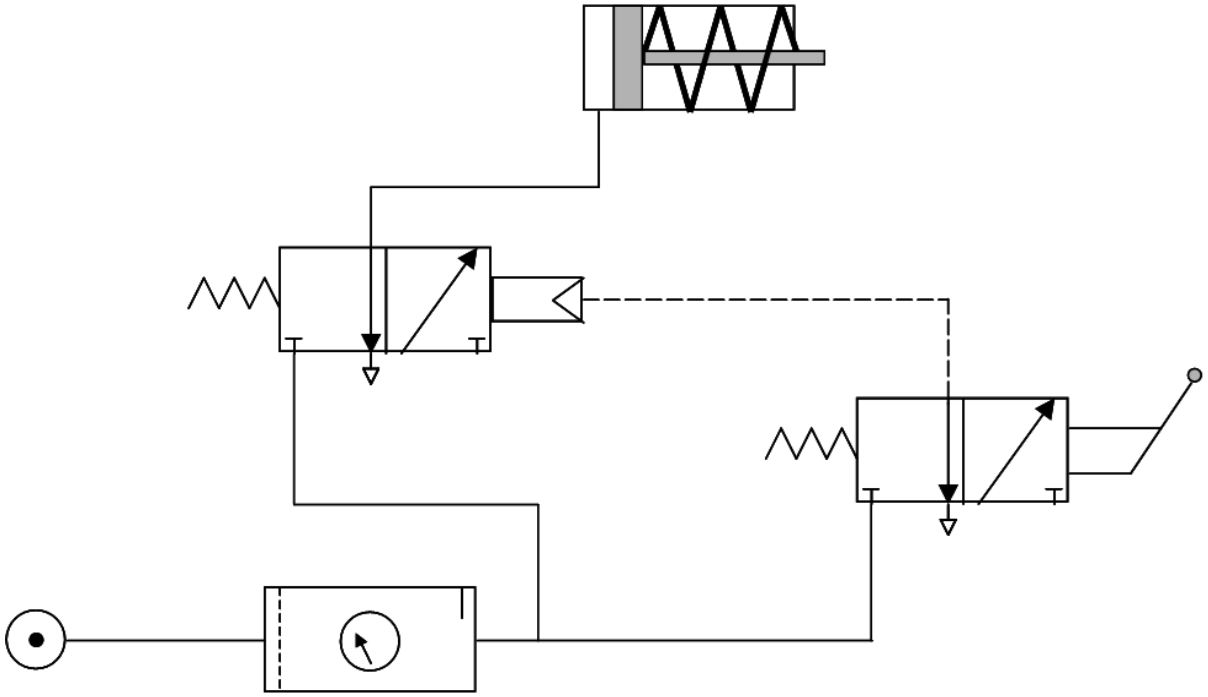
1.-Establecer grupos de trabajo de acuerdo a indicaciones del Instructor.

2.-Identificar estaciones de trabajo y recoger materiales y equipos necesarios desde pañol de Instrumentos.

3.- Establecer método para conexionado de circuitos neumáticos.

4.-Revise procedimiento de trabajo y analice el siguiente circuito: “Comando Indirecto de Cilindro de Doble Efecto”

5.-Verifique la presión de salida del regulador, esta no puede exceder los 70Psi.



6.-Conectar la alimentación y los instrumentos

7.-Accione el circuito y observe el cilindro.

Resultados y Conclusiones:

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades:

Procedimiento N° 3:

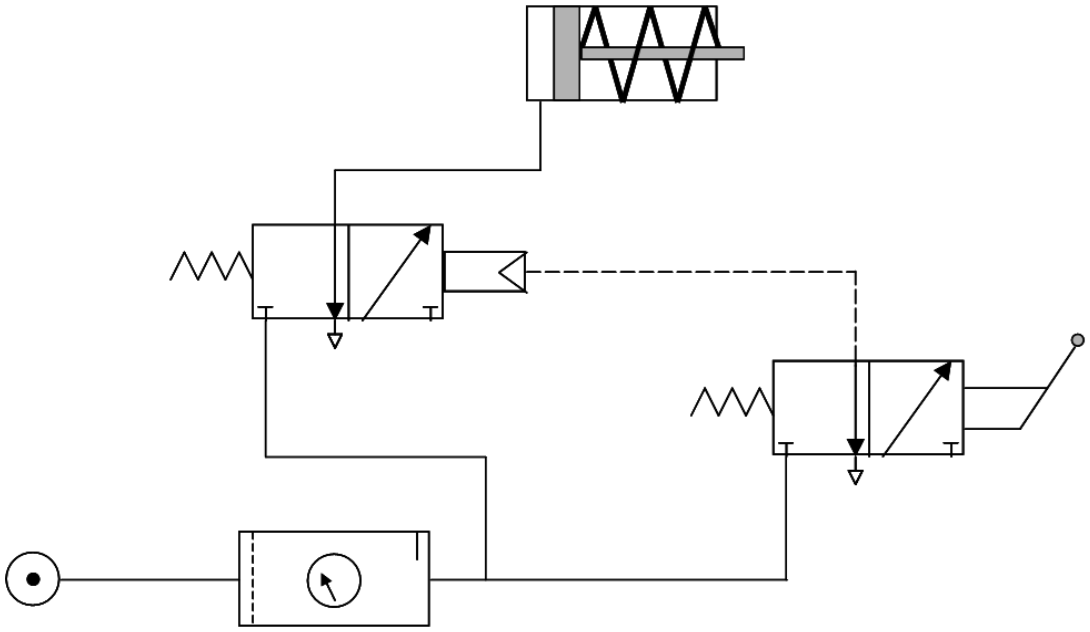
1.-Establecer grupos de trabajo de acuerdo a indicaciones del Instructor.

2.-Identificar estaciones de trabajo y recoger materiales y equipos necesarios desde pañol de Instrumentos.

3.- Establecer método para conexionado de circuitos neumáticos.

4.-Revise procedimiento de trabajo y analice el siguiente circuito: “Utilización de Fin de Carrera en Comando de Cilindro”

5.-Verifique la presión de salida del regulador, esta no puede exceder los 70Psi.



6.-Conectar la alimentación y los instrumentos

7.-Accione el circuito y observe el cilindro.

Procedimiento N° 4:

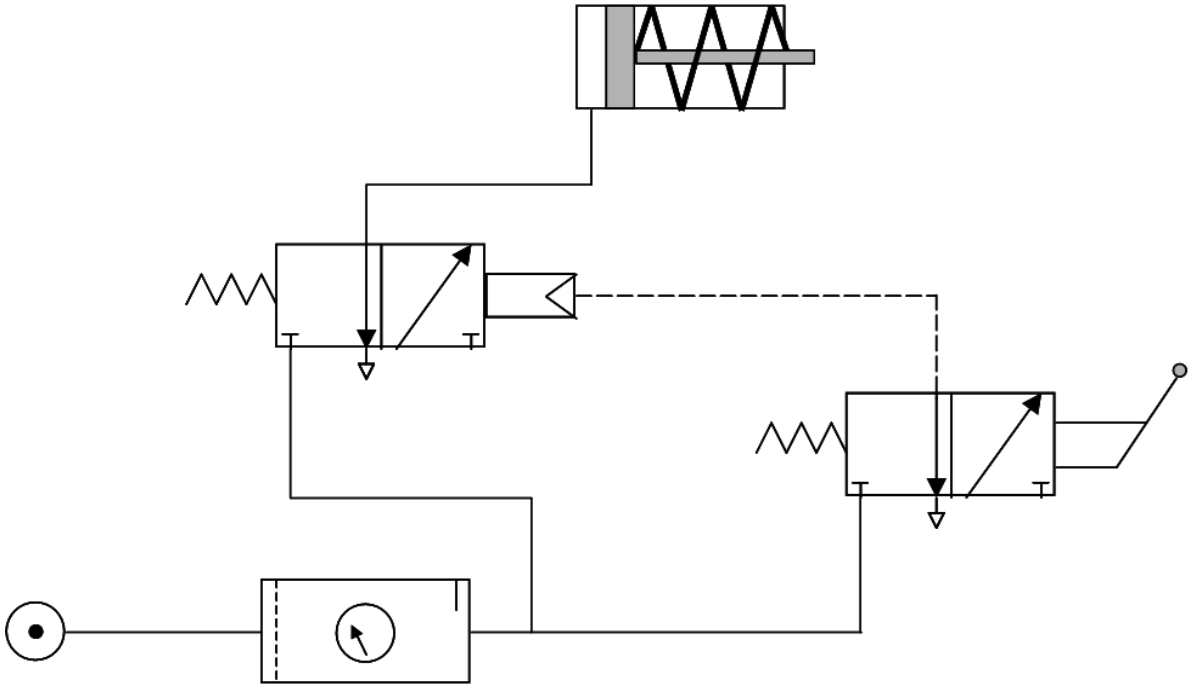
1.-Establecer grupos de trabajo de acuerdo a indicaciones del Instructor.

2.-Identificar estaciones de trabajo y recoger materiales y equipos necesarios desde pañol de Instrumentos.

3.- Establecer método para conexionado de circuitos neumáticos.

4.-Revise procedimiento de trabajo y analice el siguiente circuito: “Comando de Cilindro a Través de Válvula de Impulso”

5.-Verifique la presión de salida del regulador, esta no puede exceder los 70Psi.



6.-Conectar la alimentación y los instrumentos

7.-Accione el circuito y observe el cilindro.

Actividad N°2

- Sintonización de controladores PID.

Descripción de la Actividad
Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Seguridad:

Siga las instrucciones de su instructor para la realización de la sintonización de controladores utilizando software de simulación de lazo de control.

Desarrollo
Indicaciones: Simular los siguientes procesos y graficar SP, PV y OUT con al menos tres grupos de parámetros de sintonía.

1.- Planta con K=2 T=15.

Observaciones

Observaciones

Observaciones

2.- Planta con K=7.8 y T=12.

Observaciones

Observaciones

Observaciones

3.- Planta con K=34 y T=45.

Observaciones

Observaciones

Observaciones

4.- Defina Ud. Mismo un grupo de parámetros de K y T, y luego sintonice.

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Actividad N°3

- Sintonización de controladores de control de plantas industriales.

Descripción de la Actividad
Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Como participante debe realizar sintonía de controladores, a componentes reales y una aplicación de planta industrial.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco (si aplica)
    - Lente de seguridad (si aplica)
    - Zapatos de seguridad (si aplica)
    - Guantes (si aplica)
    - Chaleco reflectante (si aplica)
    - Protector auditivo. (si aplica)
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Desarrollo
1.- Identificación las características del lazo a controlar

1.1.- Identificar SP, PV, OUT del Controlador (Dibujar Diagrama)

1.2.- Identificar la instrumentación asociada:
Sensor:_____
_____
_____
_____
_____
_____

Actuador:_____
_____
_____
_____
_____
_____

Controlador:_____
_____
_____
_____
_____
_____

2.- En las páginas siguiente (3 y 4) dibujar el diagrama P&ID del lazo utilizando Norma ISA S5.1 y el diagrama de Lazo (Conexiones de señales entre los instrumentos).

Dibujo:_____ **Revisó:____** **Aprobó:_____**	Laboratorio de Instrumentación y Control **PI&D Nº1**

Dibujo:_____ **Revisó:**_____ **Aprobó:**_____	Laboratorio de Instrumentación y Control **Diagrama de Lazo**

3.- Conectar la instrumentación de acuerdo al diagrama de lazo implementado. Utilizar la información anexa que se entrega.

4.- Establecer las pautas de trabajo, coordinar con los otros grupos de trabajo en el taller y proceder a realizar la Sintonía del Controlador.

Anotar algunos parámetros de K, Ti y Td y mencionar el efecto sobre la respuesta en el sistema.

4.1.- Situación 1:

_____
_____
_____
_____
_____

4.2.- Situación 2:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

4.3.- Situación 3:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

4.4.- Situación 4:

_____
_____
_____
_____
_____

Actividad N°4

- Diagnóstico de canales de entrada de PLC según procedimiento.

Descripción de la Actividad
Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Usted debe realizar la implementación y puesta en marcha de aplicación de PLC utilizando bloque PID para el control de planta industrial para estudio, en su defecto el instructor realizará la configuración del PLC y su programación, solo Usted cambiará los parámetros de configuración del controlador PID.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco (si aplica)
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena (si aplica)
    - Chaleco reflectante (si aplica)
    - Protector auditivo. (si aplica)
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Desarrollo

1.- Identificación las características del lazo a controlar

1.1.- Identificar SP, PV, OUT del Controlador (Dibujar Diagrama)

1.2.- Identificar la instrumentación asociada:

Sensor:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Actuador:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Controlador:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2.- En las páginas siguiente (3 y 4) dibujar el diagrama P&ID del lazo utilizando Norma ISA S5.1 y el diagrama de Lazo (Conexiones de señales entre los instrumentos).

Dibujo:_____ **Revisó:**_____ **Aprobó:**_____	Laboratorio de Instrumentación y Control **PI&D Nº1** _____

Dibujo:_____ **Revisó:**_____ **Aprobó:**_____	Laboratorio de Instrumentación y Control **Diagrama de Lazo** _____

3.- Conectar la instrumentación de acuerdo al diagrama de lazo implementado. Utilizar la información anexa que se entrega.

4.- Establecer las pautas de trabajo, coordinar con los otros grupos de trabajo en el taller y proceder a realizar la Sintonía del Controlador.

Anotar algunos parámetros de K, Ti y Td y mencionar el efecto sobre la respuesta en el sistema.

4.1.- Situación 1:

_____
_____
_____
_____
_____

4.2.- Situación 2:

_____
_____
_____
_____
_____

4.3.- Situación 3:

_____
_____
_____
_____
_____

4.4.- Situación 4:

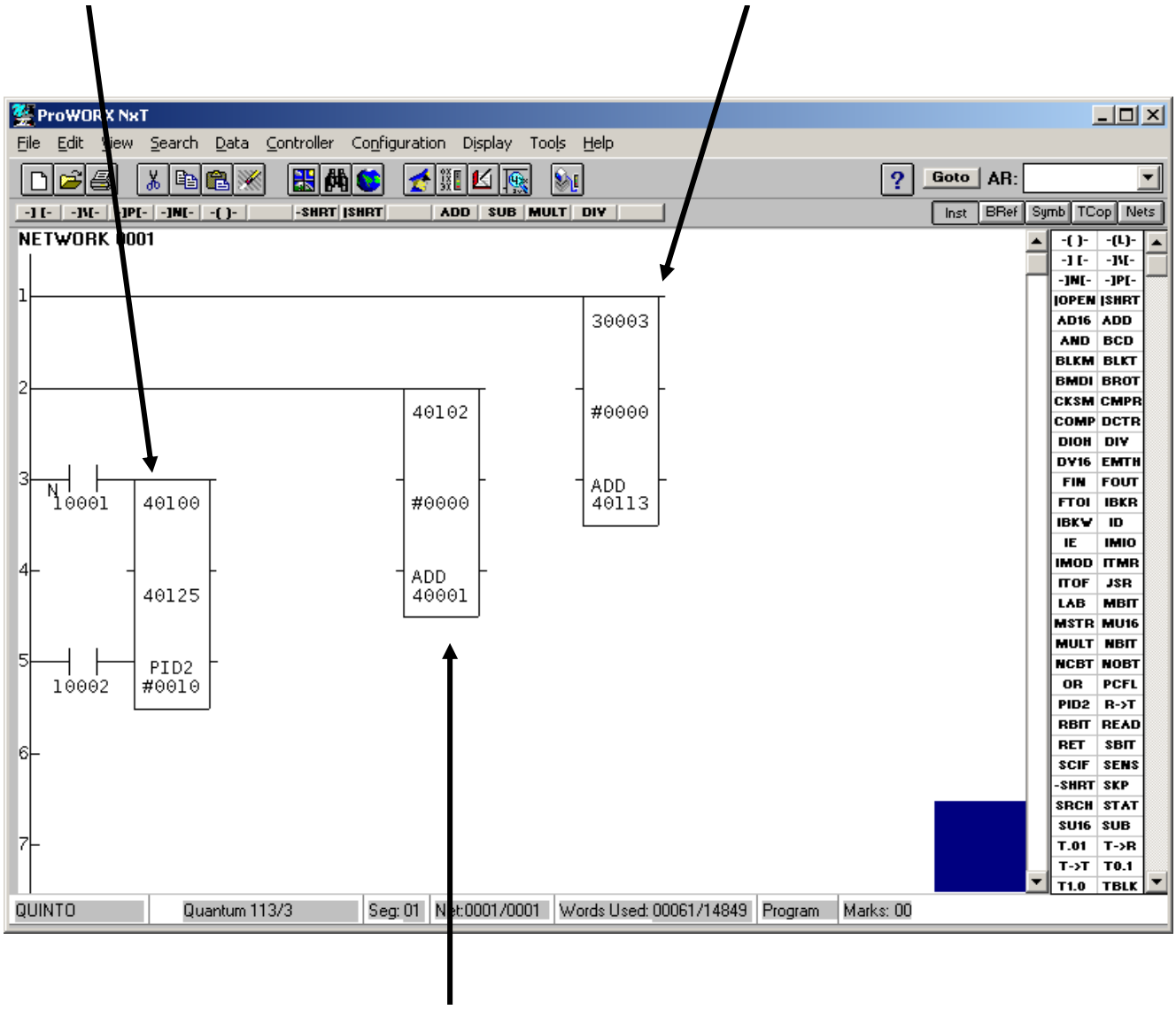
_____
_____
_____
_____
_____

MATERIAL ANEXO

Programa básico de control PID con PLC QUANTUM

Función de lectura de canal analógico y escritura en registro de PV en bloque PID2.

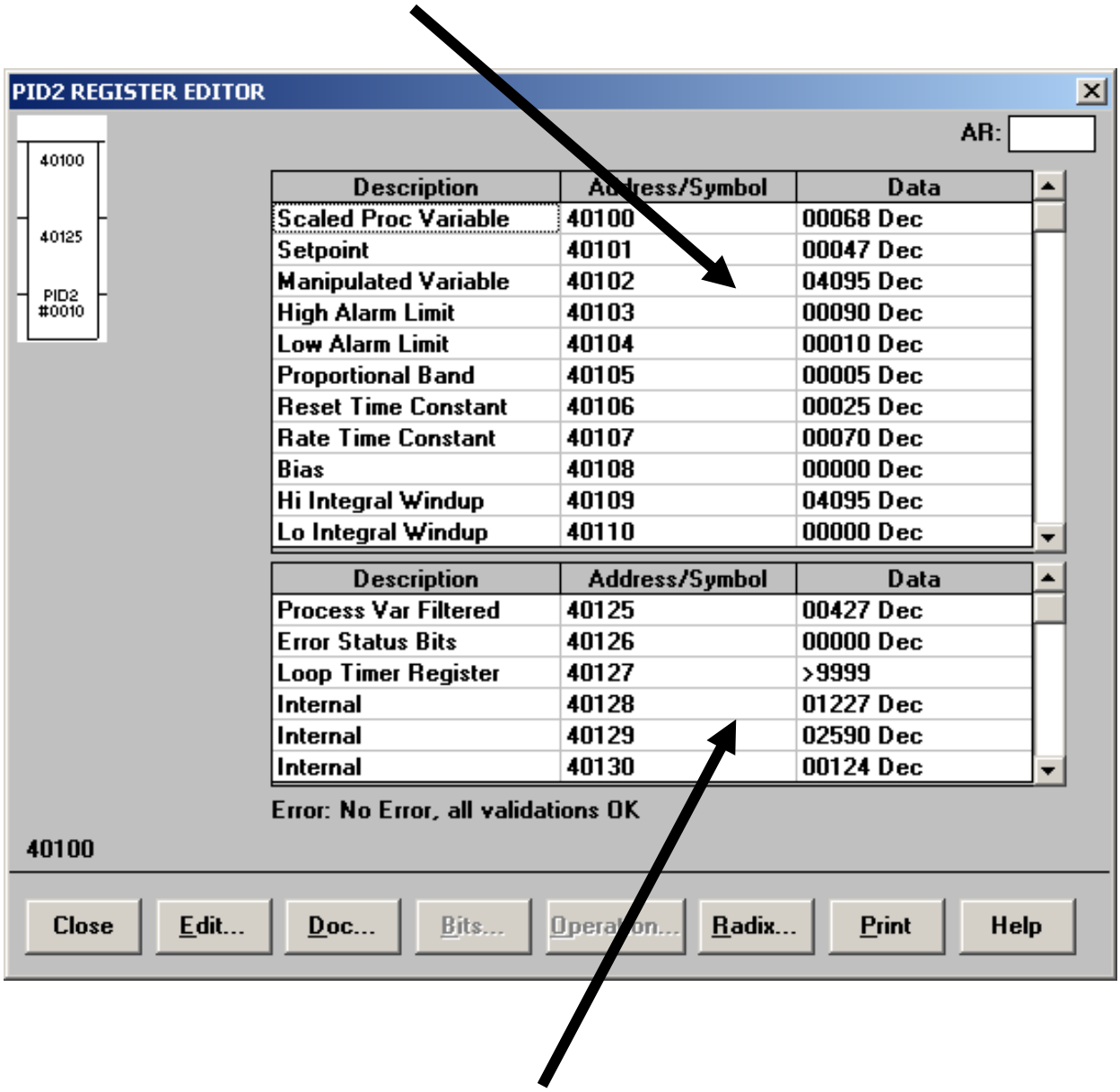
Bloque PID2.



Función lectura en registro de OUT del bloque PID2 y escritura en canal analógico de salida.

Edición de Registros en Bloque PID2.

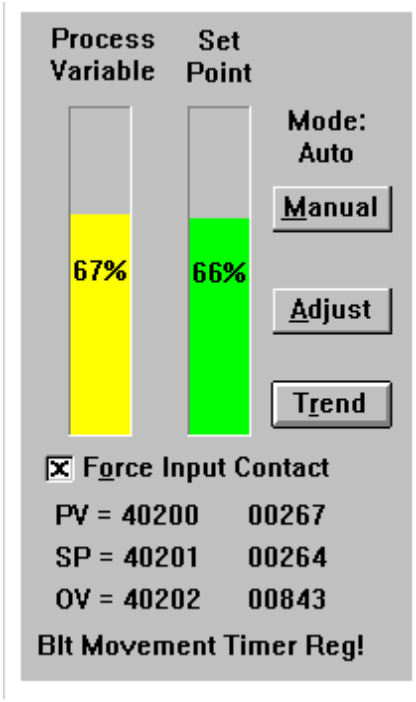
Ventana con 21 registros para la configuración del PID2

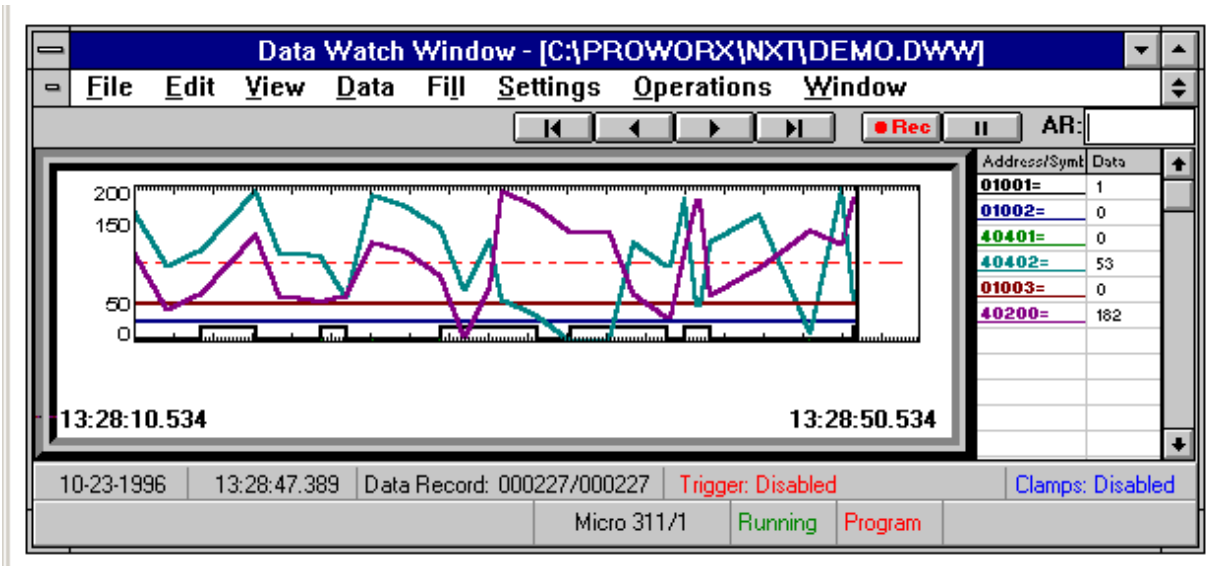


Ventana con 9 registros de status del PID2

Al estar on-line, podemos entrar al menú Data/PID Summary y se puede trabajar

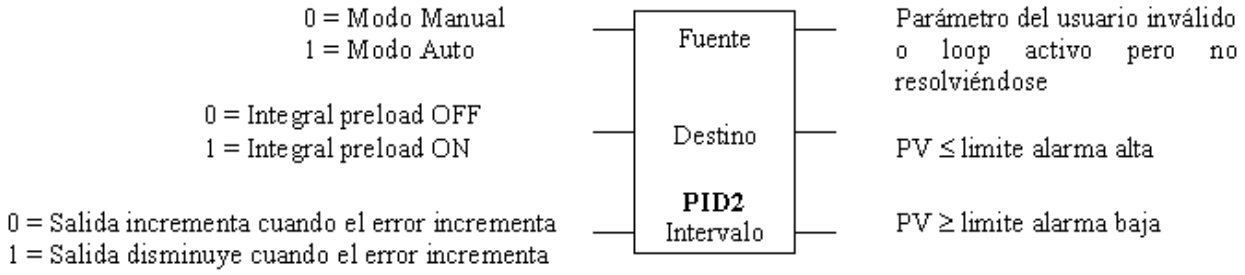
con el Face Plate del controlador y además ver gráficos de tendencia.





Estructura del Bloque PID2 de los PLC Modicon

Representación del Bloque PID2.



Entradas

El bloque PID2 tiene tres controles de mando. El estado de la entrada al nodo superior, determina si el funcionamiento comenzará automáticamente o manualmente. El estado de la entrada al nodo medio, indica si se usa o no la pre carga integrativa, para optimizar el funcionamiento del controlador Integral. El estado de la entrada al nodo inferior, indica si la salida de la operación aumentaría o disminuiría cuando el error se incrementa.

Salidas

PID2 pueden producir tres posibles salidas, cada uno indica una condición de error.

Contenido Nodo superior

Los registros 4x que se entra en el nodo superior es el primero de los 21 registros de tenencia inmediatos en el bloque fuente. Los contenidos del quinto al octavo registros implícitos determinan si el funcionamiento será P, PI, o PID.

El bloque fuente comprende las siguientes asignaciones de registros:

Registro	**Nombre**	**Contenido**
Visualizado **(40100)**	PV escalado	El bloque lo carga cada vez que se realiza una exploración; en el registro 40113 se realiza un escalado linear con los rangos alto y bajo de los registros 40111 y 40112: PV escalado = (40113 / 4095) * (40111 - 40112) + 40112
Primer implícito **(40101)**	SP	El valor de consigna debe especificarse en unidades físicas; dicho valor deberá ser < el valor del decimoprimer registro implícito y > el valor del duodécimo registro implícito.
Segundo implícito **(40102)**	Mv	El bloque lo carga cada vez que se resuelve el bucle; está fijo en el rango de 0 ... 4095, lo que hace que la salida sea compatible con un módulo de salida analógica; el registro de magnitud de posicionado se puede utilizar para realizar más cálculos en la CPU, como bucles de cascada.
Tercer implícito **(40103)**	Límite superior de alarma	Cargue un valor en este registro para especificar una alarma superior para PV (en o por encima de SP); introduzca el valor en unidades físicas dentro del rango especificado en los registros implícitos undécimo y duodécimo.
Cuarto implícito **(40104)**	Límite inferior de alarma	Cargue un valor en este registro para especificar una alarma inferior para PV (en o por encima de SP); introduzca el valor en unidades físicas dentro del rango especificado en los registros implícitos undécimo y duodécimo.
Quinto implícito **(40105)**	Banda proporcional	Cargue este registro con la constante proporcional deseada en el rango 5 ... 500; cuanto menor sea el número, mayor será la componente proporcional; es necesario que haya un número válido en este registro para que PID2 funcione.

Sexto implícito **(40106)**	Constante de tiempo de reseteado	Cargue este registro para añadir una acción integral al cálculo; introduzca un valor entre 0000 ... 9999 para representar un rango de 00,00 ... 99,99 repeticiones/minuto; cuanto mayor sea el número, mayor será la componente integral; un valor > 9999 detiene el cálculo PID2.

Séptimo implícito **(40107)**	Constante de tiempo de crecimiento	Cargue este registro para añadir una acción diferencial al cálculo; introduzca un valor entre 0000 ... 9999 para representar un rango de 00.00 ... 99,99 minutos; cuanto mayor sea el número, mayor será la componente diferencial; un valor > 9999 detiene el cálculo PID2.
Octavo implícito **(40108)**	Bias	Cargue este registro para añadir un bias a la salida; el valor debe estar entre 000 .... 4095, y se añadirá directamente a Mv, independientemente de si el término integral está o no activado.
Noveno implícito **(40109)**	Límite superior de saturación de la integral	Cargue este registro con el límite superior del valor de salida (entre 0 ... 4095) donde tiene efecto el reseteado antisaturación; la actualización de la suma integral se detiene si rebasa este valor (que normalmente es 4095).
Décimo implícito **(40110)**	Límite inferior de saturación de la integral	Cargue este registro con el límite inferior del valor de salida (entre 0 ... 4095) donde tiene efecto el reseteado antisaturación (normalmente es 0).

Undécimo implícito **(40111)**	Rango físico superior	Cargue este registro con el valor más alto para el que se utiliza el mecanismo de medida, por ejemplo, si el margen de resistencia de temperatura de un mecanismo va de 0 ... 500 grados C, el valor del rango físico superior es 500; el rango se dará como un entero positivo entre 0001...9999, correspondiendo a la entrada analógica bruta 4095.
Duodécimo implícito **(40112)**	Rango físico inferior	Cargue este registro con el valor más bajo para el que se utiliza el mecanismo de medida; el rango se dará como un entero positivo entre 0 ... 9998, y deberá ser menor que el valor en el decimoprimer registro implícito; corresponde a la entrada analógica bruta 0.

Decimotercero implícito **(40113)**	Medición del valor Analógico bruto	El programa lógico carga este registro con PV; la medida debe estar escalada y ser linear en el rango 0 ... 4095.
Decimocuarto implícito **(40114)**	Pointer al registro de contador de bucle	El valor que se carga en este registro señala al registro que contabiliza el número de bucles resueltos en cada ciclo; la entrada viene determinada mediante el rechazo del dígito más significativo en el registro donde el controlador contabilizará los bucles resueltos/ciclo, por ejemplo, si el PLC realiza la contabilización en el registro 41236, carga 1236 al decimocuarto registro implícito; se deberá cargar el mismo valor en el decimocuarto registro implícito en cada bloque PID2 del programa lógico.
Decimoquinto implícito **(40115)**	Número máximo de bucles	Resueltos en un ciclo: Si el decimocuarto registro implícito contiene un valor distinto de cero, podrá cargar un valor en este registro para limitar el número de bucles que se deben resolver en un ciclo.

Decimosexto implícito **(40116)**	Pointer a la entrada de realimentación de reseteado:	El valor que se carga en este registro apunta al registro de salida que contiene el valor de realimentación (F); quite el cuatro del registro de retorno e introduzca los cuatro dígitos restantes en este registro; los cálculos de la integración dependen del valor F que puede variar de 0 ... 4095
Decimoséptimo implícito **(40117)**	Limitación de la salida, superior	El valor introducido en este registro determina el límite superior de Mv (normalmente es 4095).
Decimoctavo implícito **(40118)**	Limitación de la salida, inferior	El valor introducido en este registro determina el límite inferior de Mv (normalmente es 0).

Decimonoveno implícito **(40119)**	Valor límite de la ganancia de crecimiento (RGL), constante	El valor introducido en este registro determina el grado efectivo del filtrado diferencial, el rango puede ir de 2 ... 30; cuanto menor sea el valor, mayor será el filtrado.
Vigésimo implícito **(40120)**	Pointer a precarga integral	El valor introducido en este registro apunta al registro de salida que contiene el valor de la entrada de seguimiento (T); quite el 4 del registro de seguimiento e introduzca los cuatro dígitos restantes en este registro; el valor en el registro T está conectado a la entrada del retardo integral si el bit automático y el bit de precarga integral son reales.

Nodo destino

Registro	Nombre	Contenido
Visualizado **(40125)**	Registro de estado del bucle	Doce de los 16 bits de este registro se utilizan para definir el estado del bucle.
Primer implícito **(40126)**	Bits de estado de error (E)	Este registro muestra códigos de error PID2.
Segundo implícito **(40127)**	Registro de temporizador de bucle	Este registro almacena la lectura en tiempo real del reloj del sistema cada vez que se resuelve el bucle: la diferencia entre el valor actual del reloj y el valor almacenado en el registro es el tiempo transcurrido; si el tiempo transcurrido ≥ intervalo de resolución (10 veces el valor dado en el nodo inferior del bloque PID2), el bucle debería resolverse en este ciclo.
Tercer implícito **(40128)**	Para uso interno	Integral (parte del entero)
Cuarto implícito **(40129)**	Para uso interno	Integral-fracción 1 (1/3.000)
Quinto implícito **(40130)**	Para uso interno	Integral-fracción 2 (1/600.000)
Sexto implícito **(40131)**	Pv x 8(Filtrado)	Este registro almacena el resultado de la entrada analógica filtrada (desde el registro 40114) multiplicado por 8; este valor es útil en las operaciones de control diferencial.
Séptimo implícito **(40132)**	Valor absoluto de E	Este registro, que se actualiza después de cada resolución de bucle, contiene el valor absoluto de (SP - PV); el bit 8 del registro 40126 indica el signo de E.
Octavo implícito **(40133)**	Para uso interno	Intervalo de resolución actual

Registro de estado del bucle
(Registro 40125)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Bit	Función
1	Estado de salida superior (participante desconectado o error de parámetro).
2	Estado de salida intermedia (alarma superior).
3	Estado de salida inferior (alarma inferior).
4	Bucle en servicio automático y tiempo desde la última resolución ≥ intervalo de resolución.
5	Servicio Wind-Down (para versión B o mayor).
6	Bucle en servicio automático, pero no resuelve.
7	El registro 40114 referenciado por 40115 es válido.
8	Signo de E en 40132: 0 = + (más) 1 = - (menos)
9	Versión B o mayor.
10	Límite de saturación de la integral nunca se define.
11	Saturación de la integral saturada.
12	Valores negativos en la ecuación.
13	Estado de la entrada inferior (modalidad de trabajo directa/inversa).
14	Estado de entrada intermedia (modo de seguimiento) 1 = seguimiento 0 = sin seguimiento
15	Estado de la entrada superior (MAN/AUTO).

16	El bit 16 se define tras el arranque o la instalación del bucle. Si se borra el bit, las acciones siguientes se ejecutan en un ciclo: ✓ Se resetea el registro del estado del bucle 40125. ✓ El valor actual del reloj en tiempo real se almacena en el primer registro implícito (40126). ✓ Se borran los valores en los registros tercero a quinto (40127 y 40128). ✓ El valor del decimotercer registro implícito (40113) x 8 se almacena en el sexto registro implícito (40131). ✓ Se borran los registros implícitos séptimo y octavo (40132 y 40133).

Contenido Nodo Inferior

El asiento inferior indica que se trata de una función PID2 y contiene un número entre 1 y 255 que indica la frecuencia con la que debería ejecutarse la función. El número representa un valor de tiempo en décimas de segundo, por ejemplo el número 17 indica que la función PID se deberá realizar cada 1,7 s.

Contenido Nodo Medio

El registro 4y entrado en el nodo medio es el primero de nueve registros retenido para uso de cálculos de PID2. Usted no necesita cargar en éstos registros:

Registro	Nombre	Contenido
Visualizar	Registro Status de Lazo	Se usan doce de los 16 bits en este registro para definir el estado del lazo:

Contenido Nodo Inferior

El nodo inferior presenta un número que equivale al tiempo de ejecución del PID2. Es equivalente al tiempo de muestreo o al ciclo de SCAN, pero se puede modificar de acuerdo a las características de la aplicación.

Actividad N°5

- Sintonización de controladores PID con PLC

Descripción de la Actividad
Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Usted debe realizar la implementación y puesta en marcha de aplicación de PLC utilizando bloque PID para el control de planta industrial para estudio.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
  - Casco (si aplica)
  - Lente de seguridad
  - Zapatos de seguridad
  - Guantes de faena (si aplica)
  - Chaleco reflectante (si aplica)
  - Protector auditivo. (si aplica)
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Desarrollo

1.- Identificación las características del lazo a controlar

1.1.- Identificar SP, PV, OUT del Controlador (Dibujar Diagrama)

1.2.- Identificar la instrumentación asociada:

Sensor:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Actuador:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Controlador:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2.- En las páginas siguiente (3 y 4) dibujar el diagrama P&ID del lazo utilizando Norma ISA S5.1 y el diagrama de Lazo (Conexiones de señales entre los instrumentos).

Dibujo:_____ **Revisó:**_____ **Aprobó:**_____	Laboratorio de Instrumentación y Control **PI&D Nº1** _____

Dibujo:_____ **Revisó:**_____ **Aprobó:**_____	Laboratorio de Instrumentación y Control **Diagrama de Lazo** _____

3.- Conectar la instrumentación de acuerdo al diagrama de lazo implementado. Utilizar la información anexa que se entrega.

4.- Establecer las pautas de trabajo, coordinar con los otros grupos de trabajo en el taller y proceder a realizar la Sintonía del Controlador.

Anotar algunos parámetros de K, Ti y Td y mencionar el efecto sobre la respuesta en el sistema.

4.1.- Situación 1:

_____
_____
_____
_____
_____

4.2.- Situación 2:

_____
_____
_____
_____
_____

4.3.- Situación 3:

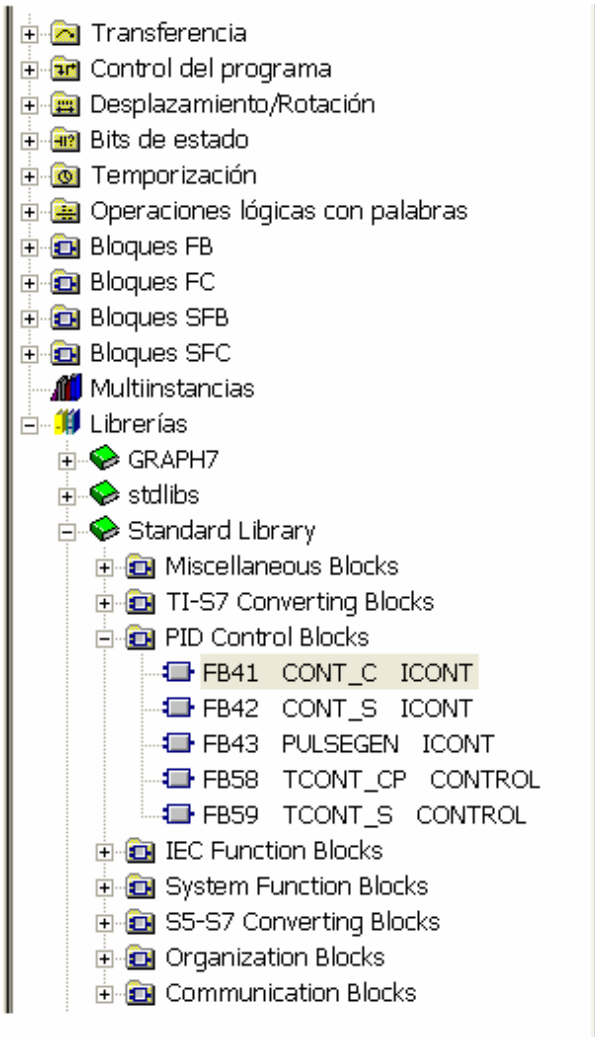
_____
_____
_____
_____
_____

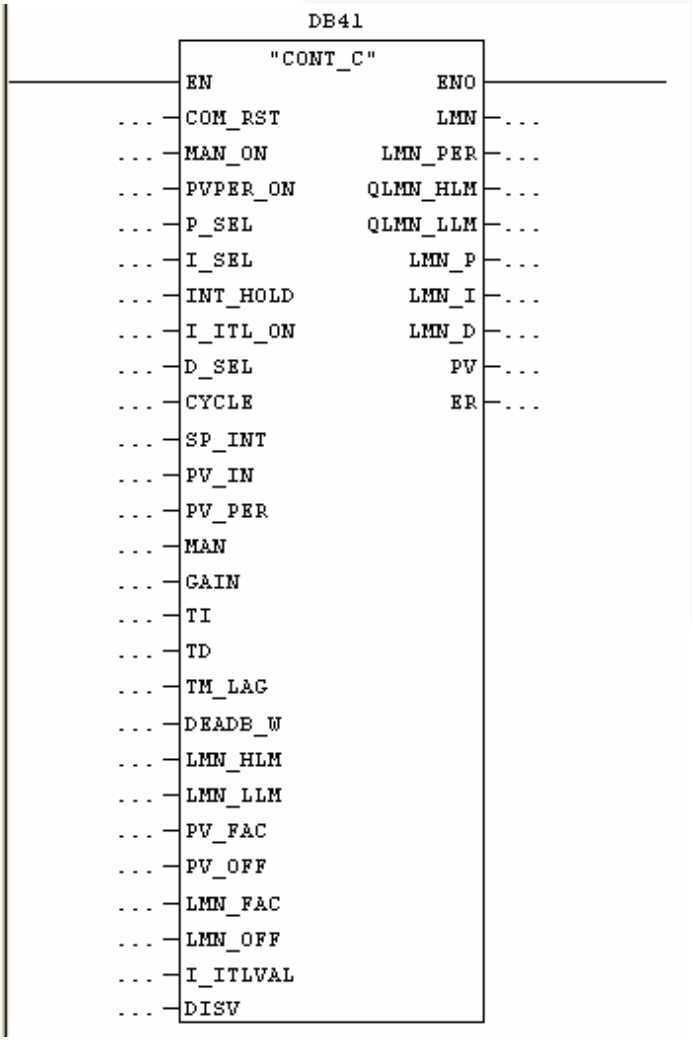
4.4.- Situación 4:

_____
_____
_____
_____
_____

- **CONFIGURACION DEL BLOQUE DE FUNCIÓN PID FB 41 "CONT_C" EN EL ENTORNO STEP7**

El bloque de función FB41 al llamarlo en STEP7, p.e. desde el bloque de organización OB35, muestra el aspecto de la figura siguiente. El bloque forma parte de la librería estándar y tiene asociado un bloque de datos, DB41 en este caso.





El bloque organización OB35 (ejecución cíclica) con la llamada al bloque de función FB41 asociado al bloque de datos DB41.

Tal y como se puede apreciar en todo el bloque, los parámetros se pueden clasificar en dos grupos:

Los parámetros de la izquierda del bloque serán las “ENTRADAS”: algunos sólo son de lectura, por ejemplo, el valor del sensor (PV_PER), otros son de lectura y escritura GAIN (Kp), los parámetros de regulación TI y TD, los límites, la configuración del PID, los valores de normalización, etc.
En cambio, todos los parámetros de la derecha son “SALIDAS” del bloque de función y, en este caso, todos son de sólo lectura. El bloque proporciona la información de la regulación que
está realizando, por ejemplo, el porcentaje de salida del regulador (parámetro LMN) o el valor de la señal analógica que actúa sobre el actuador correspondiente (parámetro LMN_PER)

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL BLOQUE DE FUNCIÓN PID FB 41 "CONT_C"

En la figura se muestra el diagrama de bloques del regulador PID de los autómatas de Siemens.

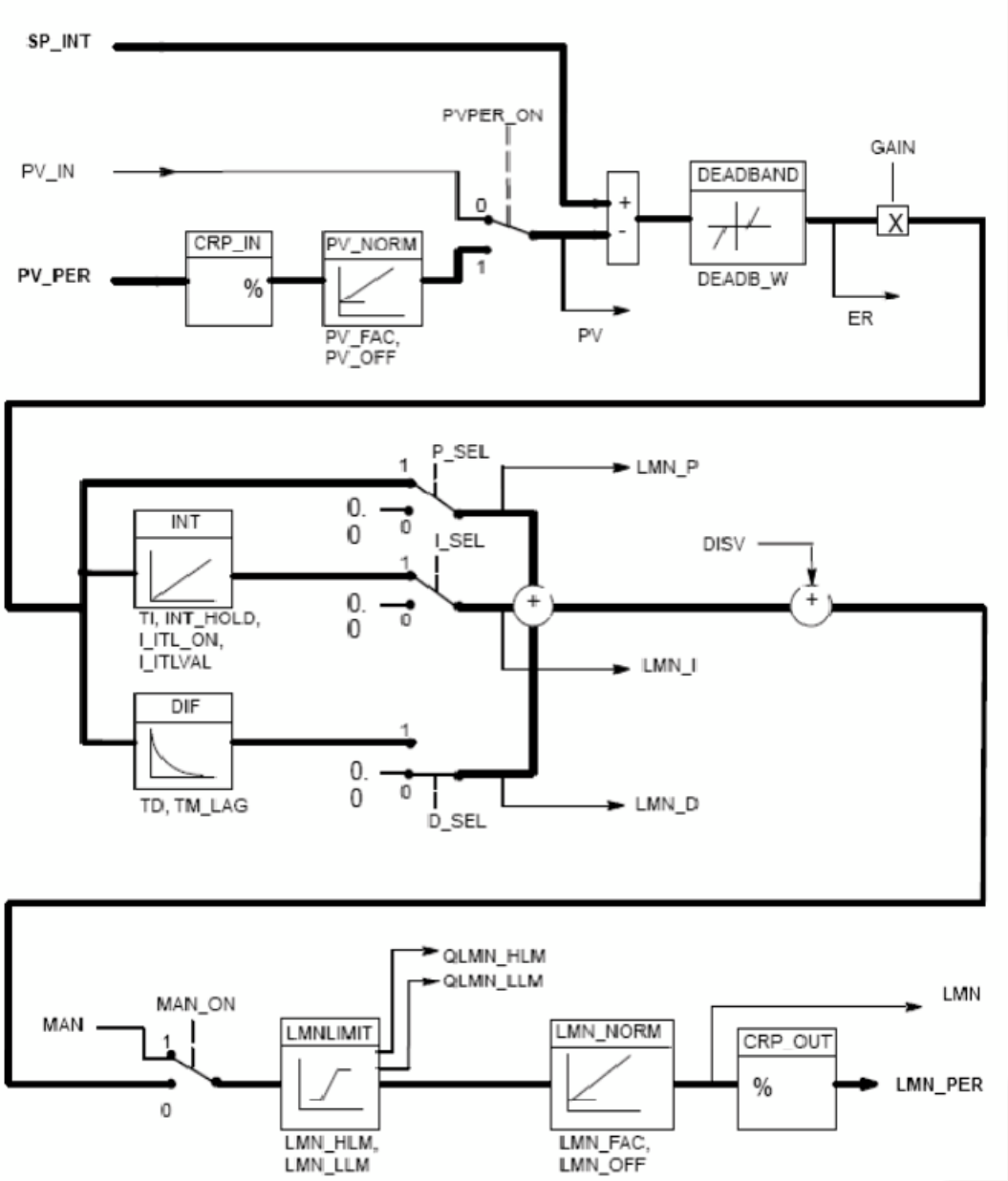


Diagrama de bloques del regulador CONT_C incluido en el bloque de función FB41.

Al examinar el diagrama de bloques del regulador CONT_C de la figura 4, se pueden distinguir las tres zonas siguientes:

- **Zona superior:** Realiza la comparación entre el valor de consiga y el valor real del proceso normalizado, y crea el error de regulación.

- **Zona intermedia:** Aplica un tipo de regulador diferente (P, PI, PID) al error originado en la zona anterior, establece los valores de los parámetros de cada uno, lee la salida que corresponde a cada parámetro y, teniendo en cuenta la perturbación DISV, origina la salida real del regulador.
- **Zona inferior:** Utiliza la salida que origina el regulador manual o automáticamente, para establecer límites y preparar la salida definitiva como número real (%) y en formato de periferia.

EL FUNCIONAMIENTO DEL BLOQUE DE FUNCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS

Zona superior: Realiza la comparación entre la consiga y el valor real del proceso normalizado, y crea el error de regulación.

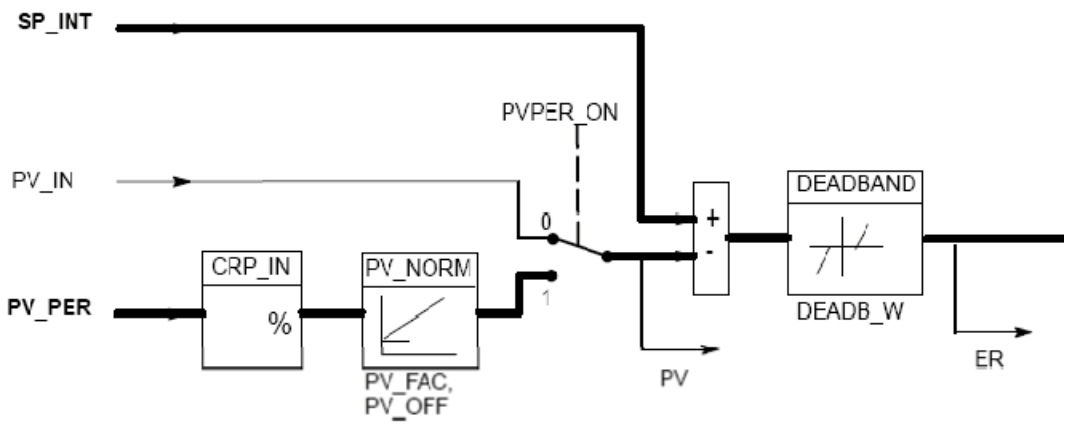


Diagrama de bloques de la zona superior del regulador CONT_C incluido en el FB41.

SP_INT: con este parámetro se fija la consigna del bucle de regulación; se trata de un número real y, normalmente, de un porcentaje (del -100.0 % hasta el 100.0 %). De todas formas, se puede introducir directamente el valor de la magnitud física, por ejemplo, 0.45 Atm. si se trata de presión, o 75 litros si se trata de nivel o volumen, o 1.2 l/s si se trata de caudal. En el caso en que la consigna sea una magnitud física, hay que adaptar los parámetros PV_FAC y PV_OFF de la función PV_NORM, tal y como se estudia posteriormente. El valor inicial de este parámetro es cero, y es de lectura-escritura.

PVPER_ON: mediante este parámetro binario se define el modo de lectura de la variable de proceso (PV). Si es “0”, el valor del PV es el parámetro PV_IN; si es “1”, PV es el parámetro PV_PER. Es un valor de lectura–escritura e inicialmente es “0”.

PV_PER: este parámetro recibe la información que proporciona directamente un sensor, es decir, el valor de la lectura de una tarjeta analógica. Así, este parámetro guarda la dirección de la entrada a la que está conectado el sensor (PEWXXX). Cuando el sensor sea de una única polaridad (0…10 V) y la medición se encuentre en rango nominal, el valor estará comprendido entre 0 y 27648 y, cuando sea bipolar, el valor se encontrará entre -27648 y 27648.

CPR_IN: Convierte el valor entero que recibe del sensor en un valor real entre -100.0% y 100.0% (realiza un escalado)

PV_NORM: normaliza los porcentajes de los valores proporcionados por el sensor, de acuerdo con los parámetros PV_FAC y PV_OFF.
PV_FAC: Factor del valor del proceso. Multiplica la salida de la función CPR_IN, para adaptar los valores proporcionados por el sensor a un nuevo rango. Su valor puede ser cualquier número real, pero normalmente será 1.

PV_OFF: El offset del valor del proceso. Añade un valor a la salida de la función CPR_IN para adaptarlo al nuevo rango. Su valor puede ser cualquier número real, pero normalmente será 0.

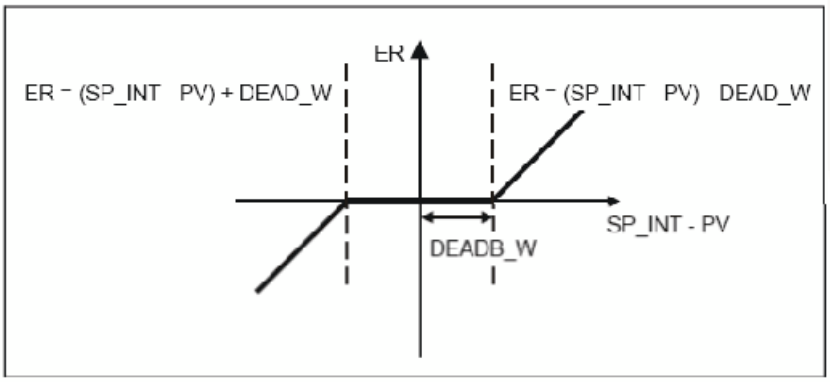
PV_IN: Si se utiliza esta entrada se tiene que adaptar el valor entero que proporciona el sensor con las demás funciones del autómata para convertirlo en valor real, y para que, de este modo, la función realice una correcta comparación con SP_INT. Se utiliza cuando el valor del PV es real (entre el -100.0 % y el 100.0 %) o haya sido adaptado al valor de la magnitud física (en formato real DWORD).

PV: Es la lectura de la variable de proceso y es un número real que representa un porcentaje
(-100.0% …0… 100.0%) o cualquier otra magnitud. Es una variable de sólo lectura.

DEADB_W: después de realizar la comparación se puede aplicar una zona muerta
(DEAD_BAND) antes de obtener el error. Por ejemplo, si se quieren eliminar las fluctuaciones o el “ruido” que provoca un sensor. Así pues, introduciendo el número real en este parámetro, se define la amplitud de esta banda. El valor inicial es 0.0 y eso significa que DEAD_BAND está desconectado. Cuanto más ancha sea esta banda, menos precisión tendrá la regulación, ya que, mientras el error no salga de la banda, el regulador no se dará cuenta de que ha habido alguna variación en el error.

ER: Error de regulación. Es la diferencia entre el valor de consigna y la variable de proceso PV. Su valor es un número real de sólo lectura.

La figura muestra el gráfico que relaciona los parámetros de error (ER), consigna, PV y zona muerta (DEAD_BAND).



Relación entre los parámetros de creación de error (ER), consigna, PV y zona muerta (DEAD_BAND).

En la figura siguiente se muestra el diagrama de bloques correspondiente a los parámetros de configuración del algoritmo de regulación PID. La estructura del algoritmo PID trabaja en "posición" o paralelo. Así, las acciones proporcional, integral y derivativa están colocadas en paralelo, por lo que cada acción se puede conectar y desconectar individualmente para obtener los reguladores P, I, PI, PD o PID.

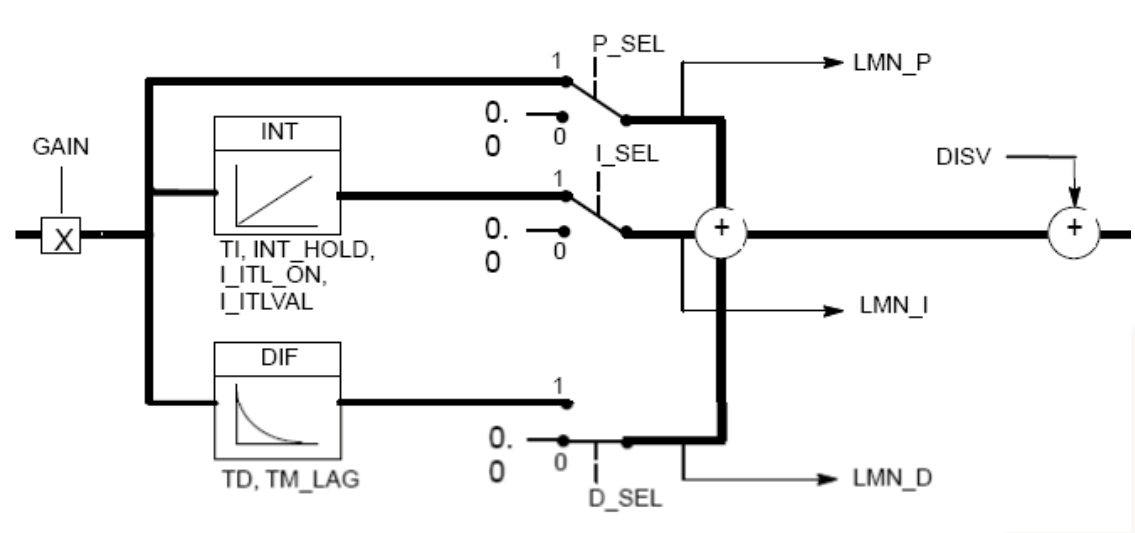


Diagrama de bloques de la zona intermedia del regulador CONT_C incluido en el FB41.

Su funcionamiento se basa en la fórmula:

$$LMN_PER = LMN \cdot \frac{27648}{100}$$

GAIN: Es la ganancia proporcional del regulador y puede adquirir cualquier valor real positivo o negativo.

ACCIÓN DIRECTA: Es la acción que se realiza, por ejemplo, al controlar un caudal del agua que pasa por un tubo mediante la apertura o el cierre de una válvula. También al controlar la consigna de velocidad de una motobomba.

ACCIÓN INVERSA: Es la acción que se realiza, por ejemplo al controlar la presión de un gas en un depósito mediante la apertura o el cierre de una válvula colocada en la salida. Si se abre la válvula, la presión del depósito disminuye y, si se cierre, aumenta.

Función INT: Esta función proporciona la salida del regulador correspondiente al efecto integral, según los parámetros TI, IN_HOLD, I_ITL_ON, I_ITLVAL.

TI: Es el tiempo de la acción integral y su unidad se fijará en segundos. El valor mínimo de este parámetro está relacionado con el parámetro CYCLE (TI >= CYCLE) y tiene un valor inicial de 20 segundos (T#20S).

INT_HOLD: Cuando este parámetro binario se activa, la salida correspondiente al integrador se bloquea en el valor que tiene en el momento, independientemente de la evolución del error.

I_ITLVAL: Si al comienzo de la regulación, o en cualquier otro momento, se requiere que el regulador tenga un porcentaje concreto en la salida, se le indica mediante este parámetro real. Su valor inicial es 0.0. Este parámetro está relacionado con el parámetro I_ITL_ON.

I_ITL_ON: Para que el valor del integrador introducido en el parámetro I_ITLVAL pase a la salida del regulador, se debe ajustar este valor binario a “1”.

Función DIF: Esta función proporciona el valor de salida del regulador correspondiente a la acción derivativa, según los parámetros TD y TM_LAG.

TD: El tiempo y la unidad de la acción derivativa; se fija en segundos. El valor mínimo de este parámetro está relacionado con el parámetro CYCLE (TD >= CYCLE) y tiene un valor inicial de 10 segundos (T#10S).

TM_LAG: El efecto de la acción derivativa se puede retrasar TM_LAG segundos. Su valor mínimo está relacionado con el parámetro CYCLE (TM_LAG >= CYCLE/2) y tiene un valor inicial de 2 segundos (T#2S).

Para entender el comportamiento de este parámetro hay que recordar que el término derivativo ideal del regulador PID es imposible de realizar, porque es no causal. Un término derivativo real tiene una función de transferencia en el dominio de Laplace:

(Analícese la respuesta a un escalón del término derivativo con TD = 20 y TM_LAG =10 y obsérvese que el valor de pico es TD/TM_LAG y que la respuesta se establece después de aproximadamente 3 * TM_LAG.

P_SEL, I_SEL y D_SEL: mediante estos parámetros binarios se pueden configurar diferentes tipos de reguladores de control del proceso (P, I, PI, PD o PID). Se debe examinar el proceso a controlar y elegir la estructura más adecuada. El regulador predeterminado en la configuración inicial es del tipo PI, por lo tanto, P_SEL = “1”, I_SEL= “1” y D_SEL = “0”.

LMN_P, LMN_I y LMN_D: estos parámetros reales son sólo de lectura y hacen referencia a la proporción que las constantes P, I y D tienen en toda la salida del regulador.

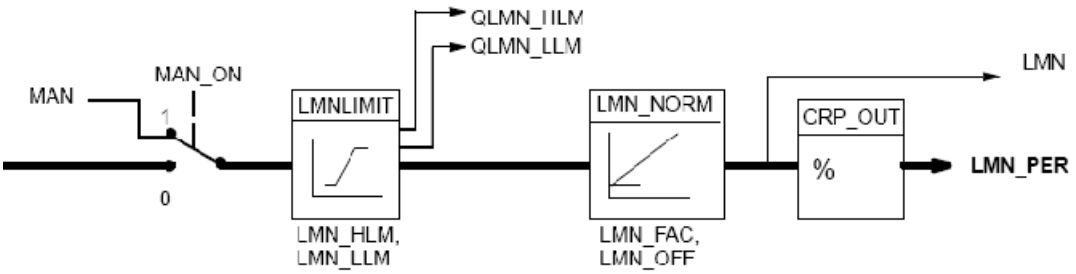


Diagrama de bloques de la zona inferior del regulador CONT_C incluido en el FB41.

DISV: este parámetro permite añadir o restar un valor a la salida que proporciona el regulador, para simular una perturbación en el proceso.

Por último, están los parámetros de configuración de la salida originada por el regulador, para utilizarlas manual o automáticamente, para establecer límites y preparar la salida provisional en porcentajes, números reales y en formato de periferia.

MAN_ON: Todos los reguladores pueden funcionar e n manual o e n automático. S i este bit es “1”, el valor del parámetro MAN se transfiere a la salida del regulador. Por ejemplo, si MAN = 50.0, en la salida se obtienen 5 V.

Cuando el parámetro MAN_ON es “0”, el regulador está en modo automático y calcula la salida según la fórmula indicada anteriormente:

$$LMN(t) = GAIN \cdot \left[ER + \frac{1}{TI} \int ER \cdot dt + TD \cdot \frac{d(ER)}{dt} \right]$$

Función LMNLIMIT: A veces es conveniente limitar la salida que genera el regulador, por ejemplo, cuando no es conveniente abrir o cerrar del todo una válvula (por problemas de seguridad). Dichos límites se definen mediante los siguientes parámetros:

LMN_HLM: Es el límite superior que genera el regulador. Funciona tanto en manual como en automático, y este límite no se supera nunca. Si se suponen las siguientes características: LMN_HLM = 70.0 %, el regulador en modo manual y MAN = 80.0 %, la salida máxima será del 70 %, es decir, de 7 V en caso de (0 … 10V).

Cuando el valor de salida es superior a LMN_HLM, se activa otro parámetro binario, QLMN_HLM, que indica que se ha alcanzado el valor máximo de salida. Según el valor de este bit, el autómata puede realizar la acción que corresponda en cada caso.

LMN_LLM: Es el límite inferior que genera el regulador. Funciona tanto en manual como e n automático, y este límite de salida nunca será menor que el parámetro LMN_LLM. Si se suponen las siguientes características: LMN_LLM = 20.0 %, el regulador en modo manual y MAN = 10.0 %, la salida máxima también sería del 20 %, es decir, de 2 V en caso de (0 …10V).

Cuando el valor de salida es inferior a LMN_LLM, se activa otro parámetro binario, QLMN_LLM, que indica que se ha alcanzado el valor mínimo de salida. Según el valor de este bit, el autómata debe realizar las acciones o correcciones que correspondan si se cree necesario.

Función LMN_NORM: Se utiliza para normalizar la salida originada por el regulador y convertirla en porcentaje, según la función de entrada PV_NORM y conforme a la fórmula:

$$LMN = LMNLIMIT \cdot LMN_FAC + LMN_OFF$$

LMN_FAC: Este parámetro multiplica la salida del regulador.

LMN_OFF: Este parámetro añade un offset a la salida. Los dos son números reales.

LMN: Es la salida de la función LMN_NORM, y proporciona la salida definitiva en porcentaje (sólo de lectura).

La función CPR_OUT convierte automáticamente el valor real de salida en número entero, aplicando u n escalado, y el resultado lo proporciona en el parámetro LMN_PER, según la fórmula:

Actividad N°6

- Identificar lenguaje de programación del programa del controlador, según jerarquía de red industrial.

Descripción de la Actividad

Esta actividad debe realizarla de forma grupal o bien individual (si es individual debe ser autorizado por su instructor).

En todo momento debe observar y cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Usted debe realizar la implementación y puesta en marcha de aplicación de DCS utilizando PCS7 para las pruebas de comprobación de la red ControlNet

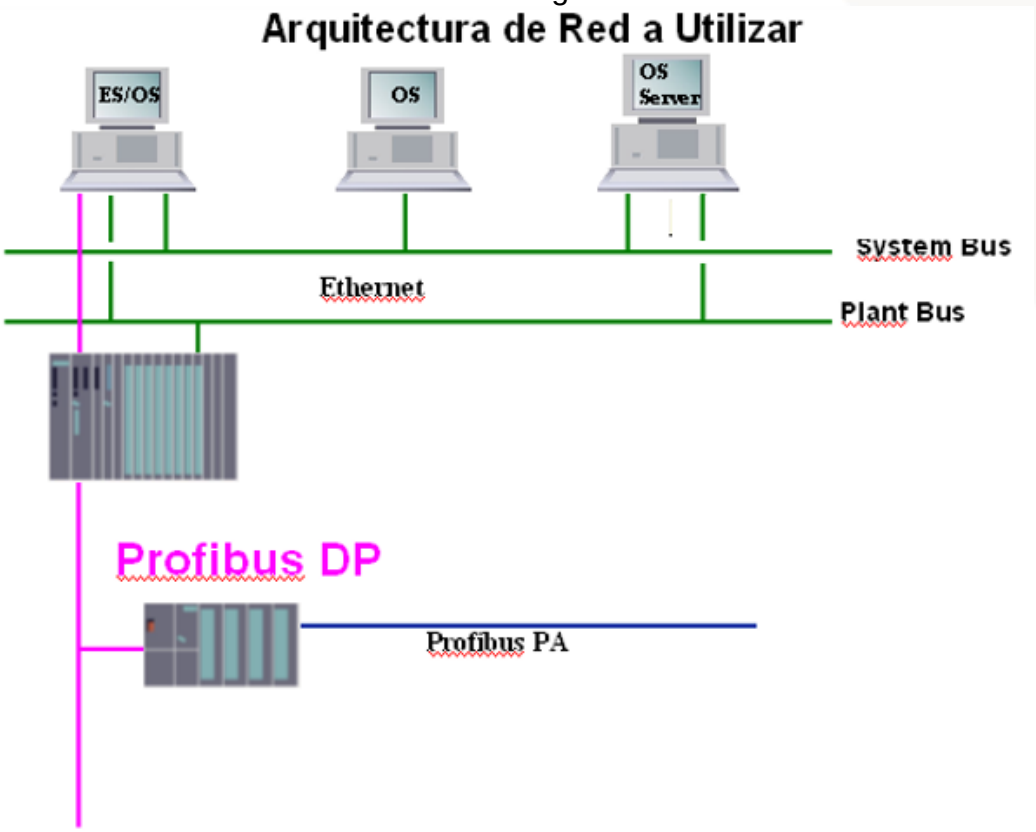
Seguridad:

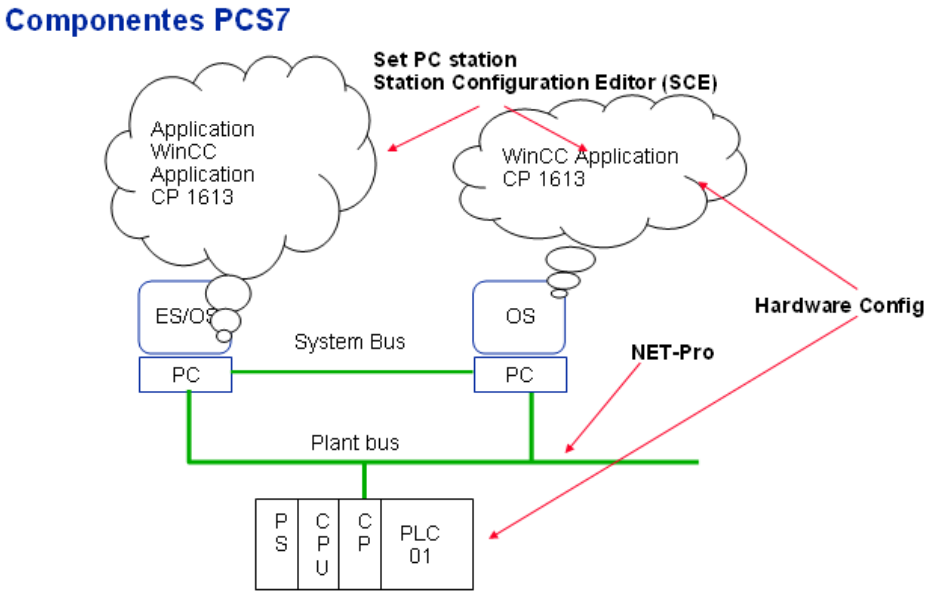
En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco (si aplica)
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante (si aplica)
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

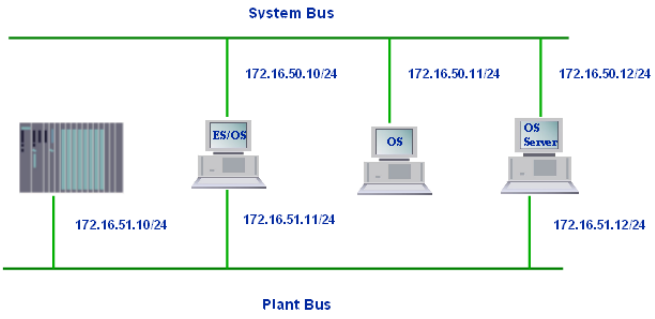
Desarrollo

1.- Implemente la red de PLC de acuerdo a la figura

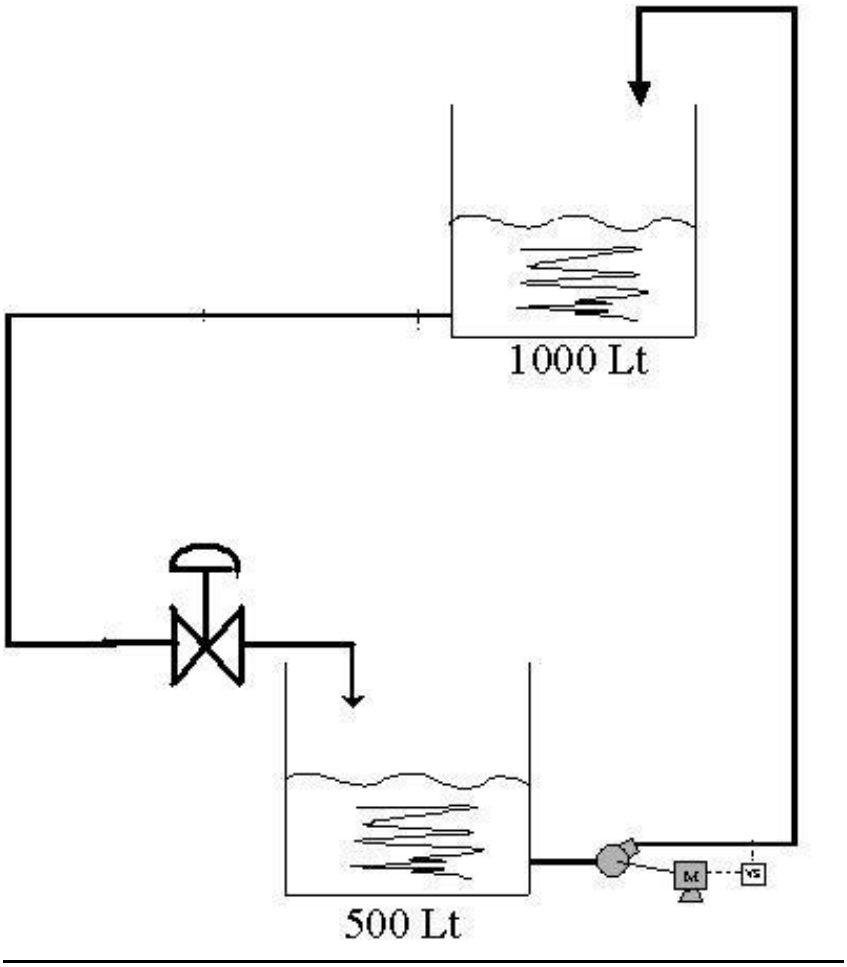




2.- Configure la red LAN de acuerdo a las direcciones indicadas en el siguiente esquema



3.- Realice la programación necesaria para automatizar la planta de nivel indicada en la figura. Esta aplicación debe ser visualizada en las estaciones de operación.



Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-MCMORAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD