

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

ESPE – Latacunga

FACULTAD DE INGENIERIA EN EJECUCION

EN ELECTRONICA E INSTRUMENTACION

Proyecto de Grado

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SOFTWARE
PARA CALIBRACION DE CONSTANTES EN
MODO PID ”**

Tlgo. Jorge S. Viera Zambrano

Latacunga, Noviembre del 2004

CERTIFICACION

Certificamos que el presente documento fue elaborado por el señor Tlgo. Jorge Segundo Viera Zambrano, bajo nuestra dirección, como un requisito para la obtención del título de Ingeniero de Ejecución en Electrónica e Instrumentación.

Ing. Armando Alvarez
DIRECTOR

Ing. Julio Acosta
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

*A mi esposa Clara
y a mis hijos
Pablo y Nicolai*

INDICE GENERAL

I	INTRODUCCIÓN	1
1.-	PRINCIPIOS DE LOS CONTROLADORES	2
1.1.	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	2
1.2.	PARAMETROS DE UN SISTEMA DE CONTROL	3
1.3.	MODOS DE CONTROL DISCONTINUOS	6
1.4.	MODOS DE CONTROL CONTINUOS	8
1.5.	MODOS DE CONTROL COMPUESTO	15
2.-	CARACTERÍSTICAS DEL LAZO DE CONTROL	20
2.1.	CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE CONTROL	21
2.2.	MEDIDAS DE STANDARES DE CALIDAD	22
2.3.	SINTONIZACION DEL LAZO DE CONTROL	24
3.-	REDES Y PROTOCOLOS DE TRANSMISIÓN	33
3.1.	TIPOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS	
3.2.	INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS	34
3.3.	MODELO DE RED Y CONTROL DE ENLACE DE DATOS CON RS 232/485	37
3.4.	MODELO DE RED FIELD BUS MODBUS Y PROFIBUS	38
3.5.	COMUNICACIÓN DE FIELD POINT 1000	35
4.-	IMPLEMENTACION DE SOFTWARE	62
4.1.	GENERACION DEL ALGORITMO PID COMO VI	62
4.2.	PROGRAMACION DE GANANCIAS	64
4.3.	FORMULAS DE SINTONIZACIÓN	64
4.4.	TECNICAS DE SINTONIZACION	66
4.5.	.SINTONIZACION EN LAZO CERRADO	66
4.6.	SINTONIZACION EN LAZO ABIERTO	67
5.-	ADAPTACIÓN DEL SISTEMA EN CONTROL DE NIVEL	69
5.1	CONFIGURACION DE COMUNICACIÓN FIELD POINT CON LABVIEW	69
5.2	SINTONIZACION DEL LAZO	72

5.3 SIMULACION DEL SISTEMA	77
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	85
ANEXO A: MANUAL FIELD POINT LABVIEW AO-200; AI-110, FP1000.	I

INTRODUCCION

Las materias de Control de Procesos y Control de Procesos Industriales orientan al estudiante al conocimiento de controles PID con aplicación de amplificadores operacionales y estaciones Foxboro sin la intervención de un software específico que facilite el aprendizaje de las materias mencionadas.

Actualmente la industria requiere que el futuro técnico comprenda y analice este tipo de controles en relación a las nuevas tendencias de la tecnología. El control PID contiene funciones que se podrán usar para desarrollo de aplicaciones con LabVIEW, generalmente el PID (proporcional, integral derivativo) es el algoritmo comúnmente usado en la industria, a menudo PID es usado para control de procesos como sistemas de calentamiento, enfriamiento, nivel de fluido, flujo; tanto para operación control y supervisión de equipos de cualquier proceso de muy alto costo.

Combinando los instrumentos virtuales con funciones lógica, matemáticas y de comunicación se podrá ensamblar diagramas de bloque para ejecutar estrategias de control real de ahí nace la necesidad del desarrollo del tema, para apoyo en el entendimiento de cualquier lazo en modo PID sea cual fuere la variable a controlar.

El desarrollo de este software servirá como soporte para impartir las materias de Control de Procesos, Instrumentación Virtual, Control de procesos Industriales, Transmisión de Datos y Elementos de Conversión.

El tema a desarrollar servirá como base para el estudio, análisis y control de multivariables como base para el desarrollo de futuros proyectos; con la aplicación de este software se podrá desarrollar rápidamente controles automatizados.

1. - PRINCIPIOS DE LOS CONTROLADORES

Los procesos reales constan de una combinación de elementos dinámicos y de estado estacionario. Cuando están presentes muchos de estos elementos es difícil visualizar su efecto combinado; este capítulo está dedicado a la identificación de estas características para el caso general y a ponerlas en una forma en las que se puedan reconocer y manejar con facilidad

1.1.- CARACTERISTICAS DEL PROCESO

Si se define proceso como una operación o desarrollo natural, progresivamente continua, caracterizada por una serie de cambios graduales que llevan de una a otra de un modo relativamente fijo y que tienden a un resultado final ; de modo que la selección de controlador a usar en un proceso es una función de la característica del proceso por consiguiente es necesario definir algunas propiedades del proceso para seleccionar el modo adecuado

1.1.1.- ECUACION DEL PROCESO

Un lazo de control de procesos regula algunas variables dinámicas en el proceso; las variables controladas pueden depender de otros parámetros y pueden sufrir cambios de diferentes fuentes de tal forma que se pueda seleccionar uno de estos parámetros para ser controlados, de tal forma que una medida de la variable controlada muestra una desviación del set Point, el parámetro controlado está cambiado, el cual cambiará la variable controlada.

Si se toma como variable controlada a la temperatura de un líquido según figura 1.1 esta temperatura depende de algunos parámetros en el proceso.

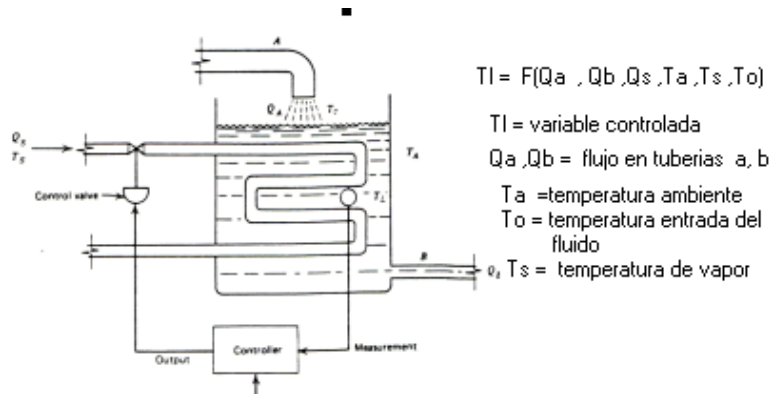


Figura 1.1. Proceso control de temperatura

1.1.2 .- CARGA DEL PROCESO

De la ecuación del proceso, es posible identificar un set de valores de los parámetros del proceso que son el resultado de la variable que ha sido controlada, por tanto la carga del proceso se refiere al set de todos los parámetros excluyendo la variable controlada si se supone cambia de un valor nominal causando un cambio en la variable controlada entonces se dice que ha existido un cambio en la carga del proceso.

1.1.3 .- RETARDO DEL PROCESO (LAG)

La operación en el control de procesos son esencialmente un problema de variación en un punto en el tiempo, un cambio del proceso causa un cambio en la variable controlada, la respuesta en el lazo del proceso asegura que luego de un tiempo finito la variable retorne al valor deseado (set point), parte de este tiempo es consumido por el proceso.

1.1.4 .- AUTO REGULACIÓN

Una característica de algunos procesos es la de adoptar un valor específico de la variable controlada para una carga nominal sin un control de operación.

1.1.5 .- REQUERIMIENTOS GENERALES

Cualquier sistema de control debe ser estable como requerimiento primario; además de la estabilidad absoluta un sistema de control debe tener una estabilidad relativa razonable; es decir la velocidad de respuesta a cualquier cambio debe ser razonablemente rápida y la respuesta debe representar razonable amortiguamiento, como también reducir el error a valor tolerablemente pequeño.

1.2.- PARAMETROS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Si se define que un diagrama en bloques es una representación visual simplificada de la relación causa efecto que existe entre la entrada y salida de un sistema físico, las flechas representan la dirección de información unilateral o el flujo de señales de tal forma que los bloques están conectados representando su relación funcional dentro del sistema ; la configuración básica de un sistema de control simple de lazo cerrado que se indica en la figura 1.2 en forma general.

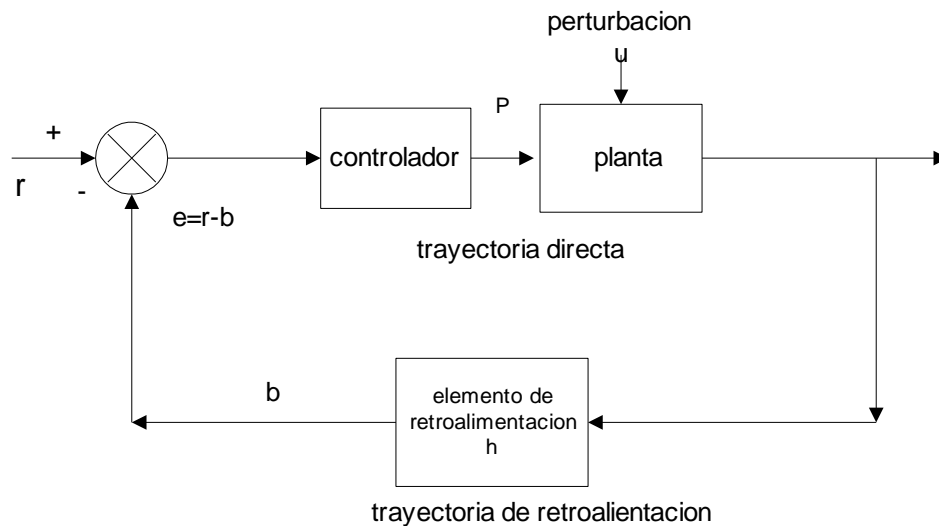


Figura 1.2 Sistema de control simple en lazo cerrado

1.2.1.- ERROR

La desviación o error según la figura 1.3 de la variable controlada del setpoint esta dada por

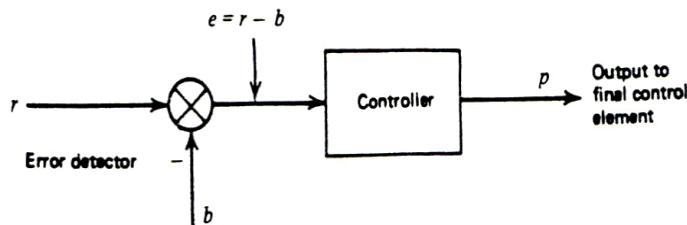


Figura 1.3 Detector de error

$$e = r - b \quad (1.1)$$

$$e\% = r - b / (b_{\max} - b_{\min})$$

donde e = error

b = medida de la variable

r = setpoint referencia

Generalmente se expresa el error como porcentaje de la medida por tanto un error positivo indica que la media esta debajo del set point y positivo que esta sobre del mismo.

1.2.2.- RANGO DE LA VARIABLE

Generalmente la variable bajo control tiene un rango de valores máximo y mínimo en la cual va a ser mantenido ; el rango es asociado con la salida que asume el elemento de control final con efecto máximo y mínimo en el proceso ; de tal forma que definimos como P al parámetro de control en función de la salida de la acción correctiva ; por consiguiente la salida del controlador se define como un porcentaje de escala completa cuando la salida varía entre los límites especificados es dada por:

$$P = \frac{u - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} \times 100 \quad (1.2)$$

Donde ,

p = controlador de salida como porcentaje de escala completa

u = es el valor de la salida

u max = valor máximo del parámetro controlador

u min = valor mínimo del parámetro del controlador

1.2.3.- TIEMPO MUERTO

Es la propiedad de un sistema físico por la que la respuesta a una fuerza aplicada se retarda en su efecto, tiempo determinado entre el instante en que ocurre la desviación (error) y cuando ocurre la primera acción correctiva

1.2.4 .- OSCILACION

El error de la variable dinámica bajo varios modos ocasiona una oscilación sobre el cero; esto significa que la variable está oscilando sobre y bajo el valor de set point, la misma que puede continuar indefinidamente; siendo este uno de los parámetros de evaluación en la sintonización de un lazo de control.

1.3.- MODOS DE CONTROL DISCONTINUO

A menudo se pueden introducir elementos no lineales de control en un circuito con el fin de mejorar el comportamiento o para bajar los costos al mismo tiempo que se logra un rendimiento adecuado ; el empleo de válvulas de apertura –cierre y motores bidireccionales en una sola velocidad pueden reducir el costo y la complejidad de los sistemas en aquellos casos en los que su rendimiento es aceptable ; de tal forma que la salida del controlador tiene valores prefijados y no hay valores intermedios tal es el caso de controladores de dos posiciones , de multiposición y de control flotante.

1.3.1.- MODO DE 2 POSICIONES

Conocido Como control ON/OFF , sin embargo en su aplicación más amplia es posible que sus estados pueden representar dos valores cualesquiera de una variable manipulada; aunque una ecuación analítica no puede ser escrita la salida del controlador se define como:

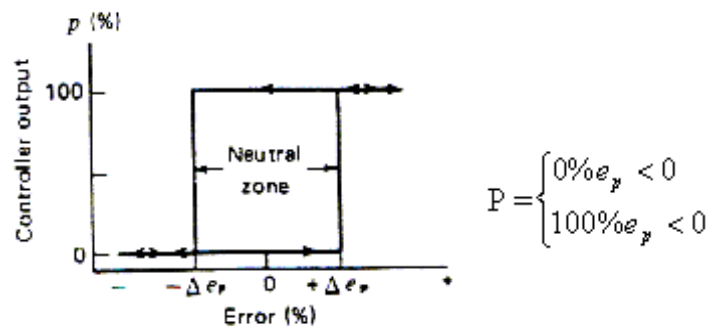


Figura 1.4 Controlador de dos posiciones con zona neutral

Los controladores reales de cierre y apertura contienen una banda muerta o zona neutral alrededor del cero (figura 1.4) entre el punto de control y sus dos estados; en los conmutadores mecánicos sencillos la banda muerta se debe principalmente a limitaciones en la sensibilidad; incluso en sistemas sensibles la banda muerta es útil para evitar el traqueteo de la salida provocado por el ruido de la señal de entrada

1.3.1 .- MODO DE MULTIPOSICIÓN

Generalmente existen elementos finales que requieren mas de dos posiciones es el caso control de un motor eléctrico reversible (giro horario, detención, giro antihorario) de tal forma que debe existir una zona muerta finita para garantizar que los conmutadores de cierre y apertura no se superpongan simultáneamente por que esto podría energizar simultáneamente los devanados del motor pudiendo producir daños .

Para tratar de disminuir el estado cíclico y evitar acciones simultaneas existen modos de multiposición definidos por:

$$p = p_i \quad e_p > e_i \quad I = 1,2,\dots,n$$

El más común de modo multiposición es el de 3 posiciones donde la salida p es definida por:

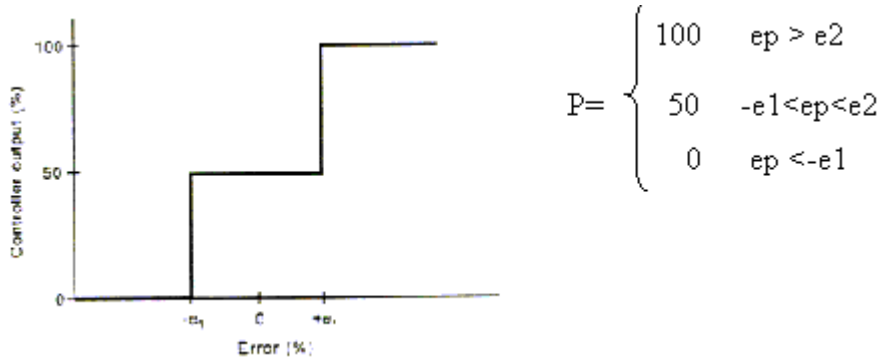


Figura 1.5 Modo de control multiposición

1.3.2 .- MODO FLOTANTE

En los controladores previos la salida fue determinada por la magnitud del error de entrada; si el error excede sobre un set limite la salida cambia a un nuevo valor rápidamente como es posible ; en el modo flotante no es únicamente determinada por el error de modo que si el error es cero la salida no cambia se mantiene ; cuando el error se mueve de cero la salida del controlador comienza a cambiar

Matemáticamente se define como:

$$\frac{dp}{dt} = \pm K_F |e_p| > \Delta e_F \quad (1.3)$$

Donde

$$\frac{dp}{dt} = \text{variación de la salida del controlador}$$

$$K_F = \text{constante}$$

$$\Delta e_F = \text{media de la zona neutral}$$

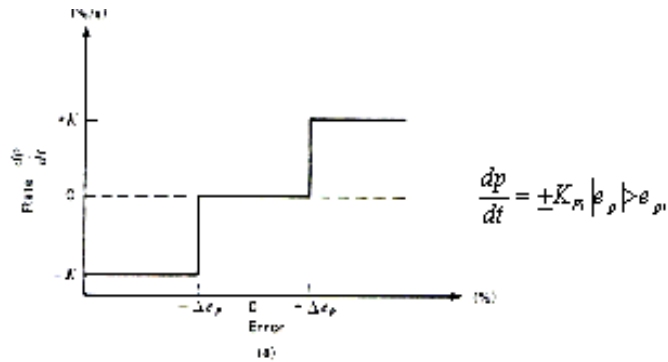


Figura 1.6 Modo de control, flotante

Generalmente el modo flotante es un modo de control de 2 posiciones mejorado que se aplica en procesos de autorregulación, con muy pequeño retardo, de mayor velocidad como es el control de flujo.

1.4.- MODOS DE CONTROL CONTINUOS

La acción más común de controlador usada en un proceso de control es una o una combinación de modos de controlador continuo. En estos modos, la salida del controlador cambia suavemente en respuesta al error o al promedio de cambio del error. Estos modos son una extensión de los tipos discontinuos.

1.4.1.- MODO DE CONTROL PROPORCIONAL

El modo de dos posiciones tenía un control de salida de 100% o 0% dependiendo de si el error fue más grande que el error de la zona neutra. En modos de múltiples pasos más divisiones de controladores de salida versus error son desarrollados. La extensión natural de este concepto es el modo proporcional donde una suave relación lineal existe entre el controlador de salida y el error. Por lo tanto, sobre algunos rangos de errores que tienen que ver con el punto de ajuste, cada valor de error tiene un valor único del controlador de salida en una correspondencia de uno a uno. El rango de error cubre de 0% al 100 % del controlador de salida, es llamada banda proporcional, puesto que la correspondencia uno a uno solo existe para errores en este rango. Este modo puede ser expresado por:

$$P = K_p e_p + P_0 \quad (1.4)$$

Donde K_p = ganancia proporcional entre el error y la salida del controlador (%)

P_0 = salida del controlador sin error (%)

1.4.1.1.- ACCIÓN DIRECTA Y REVERSA

Es interesante notar que la ecuación 1.4 es para un controlador de acción inversa expresada usando la diferencia entre el punto de ajuste y la medida $r-b$; de modo que si la variable que se controla se incrementa en un valor superior al punto de control , el error se vuelve negativo por tanto la salida del controlador decrece . Esto es, el término $k_P e_P$ se restará de P_0 ; por lo tanto, la ecuación (1.4) representa la acción reversa.

La manera común con que se designa matemáticamente un controlador de acción directa es haciendo negativa la ganancia del controlador, es decir poner el signo negativo delante del término de la corrección. Sin embargo se debe recordad que en los controladores industriales no hay ganancias negativas sino únicamente positivas lo cual se resuelve con el selector inverso / directo. Un cuadro del modo proporcional de salida versus el error para la ecuación (1.4) es mostrada en la Fig. 1.7. En este caso, P_0 ha sido ajustada al 50% y 2 ganancias diferentes han sido usadas.

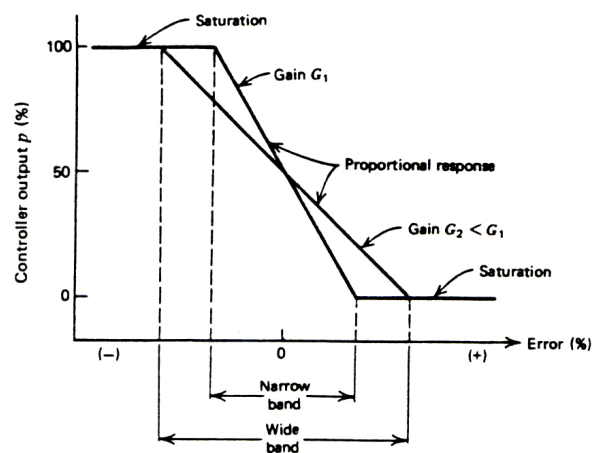


Figura 1.7 Efectos de la banda proporcional

Nótese que la banda proporcional es dependiente de la ganancia. Una ganancia alta significa una larga respuesta a un error pero también una banda de una angosta dentro de la cual la salida no está saturada.

En general la banda proporcional es definida por la ecuación

$$PB = \frac{100}{K_p} \quad (1.5)$$

donde PB es la banda proporcional

1.4.1.2 .- OFFSET

Una característica importante del modo de control proporcional es que produce un error residual permanente en el punto de operaciones de la variable controladora cuando un cambio en la carga ocurre. Este error es conocido como offset, el mismo que puede ser minimizado por una constante grande K_p , la cual también reduce la banda proporcional, como consecuencia tanto es mayor la ganancia tanto menor es la desviación. Si embargo se debe recordar mas arriba de una cierta ganancia los procesos se vuelve inestables.

Para ver como ocurre un offset, se considera un sistema bajo una carga nominal con el controlador al 50% y el error cero, como se muestra en la Fig. 1.8, si el error ocurre, el sistema responde cambiando la salida del controlador para retornar el error a cero; sin embargo, que el cambio de carga ocurre y este requiere un cambio permanente en el controlador de salida para producir un estado de error cero; dentro de una correspondencia de 1 a 1 existe entre la salida del controlador y el error, es claro que un nuevo control de salida de error cero no puede ser efectuado. En vez de esto el sistema produce pequeños offset permanente al alcanzar una posición comprometida de la salida del controlador bajo nuevas cargas.

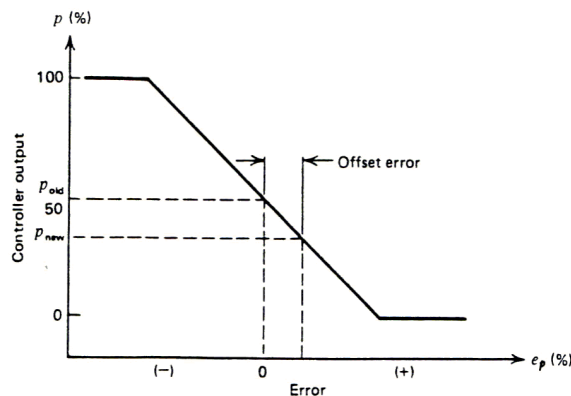


Figura 1.8 Error offset

Las características del modo proporcional se definen como:

1. Si el error es cero, la salida es una constante = P_0
2. Si hay error, para cada 1% de error, una corrección de K_p % es añadida o restada de P_0 , dependiendo de la acción reversa o directa del controlador.
3. Hay una banda de error sobre 0 de magnitud P_0 dentro de la cual la salida no es saturada al 0 % o 100%.

El error offset limita el uso del modo proporcional solo en pocos casos, particularmente aquellos donde un manual reset manual se implementa para eliminar el offset. El controlador proporcional es usado en procesos donde cambios de grandes cargas son no deseados o con un proceso moderado pequeño de tiempo de retardo. Por tanto, si el tiempo de retardo de proceso es pequeño, la banda proporcional puede ser muy pequeña (largo K_p), la cual reduce al offset. La Fig. 1.7 muestra que si K_p se hace muy grande, la PB viene a ser muy pequeña, y el modo proporcional actúa igual, tal como el modo on/off; además el modo on/off exhibe oscilaciones cerca del punto de ajuste; es claro que para una ganancia alta es modo proporcional causa oscilaciones de error.

1.4.2.- MODO DE CONTROL INTEGRAL

En los controladores proporcionales se observa que el error residual se puede reducir pero no va a cero por tanto una acción integral es requerida. Un controlador por integración es un dispositivo cuya salida es la integral respecto al tiempo de la desviación

La acción integral está provista de la suma de errores de sobre tiempo, multiplicando dicha suma por una ganancia y añadiendo el resultado al actual controlador de salida ; se puede observar que si el error realiza excursiones al azar sobre y bajo cero , la suma neta será cero, así que la acción integral no contribuirá .

Pero si el error empieza a ser positivo o negativo por un periodo largo de tiempo, la acción integral empezará a acumular y hará cambios en la salida del controlador definida matemáticamente como:

$$p \left[\int_0^t e_p dt + p \left[\right. \right. \quad (1.6)$$

Donde:

$P(0)$ = es la salida del controlador cuando la acción integral empieza

K_i = constante integral que es inverso al tiempo integral (que es la inversa de Tiempo del controlador generalmente conocido como tiempo integral, de Reposición o acción reset dado en minutos) .

$$K_i = 1/ T_i \quad (1.7)$$

La ganancia K_1 expresa cuanto en porcentaje el controlador de salida es necesario para cada acumulación por tiempo de error; por consiguiente mientras exista una desviación este controlador cambiara su salida de donde es capaz de llevar la desviación hasta cero

La razón de cambio de la salida es proporcional a la desviación

$$\frac{dp}{dt} = K_{1ep} \quad (1.8)$$

Esta ecuación muestra que cuando un error ocurre, el controlador empieza a incrementar (o decrementar) su salida a un promedio que depende del tamaño del error y la ganancia. Si el error es cero, el control de salida no cambia. Si hay un error positivo, el control de salida empieza a subir al promedio determinado por la ecuación 1.8; la figura 1.9 ilustra esto para dos diferentes valores de ganancia.

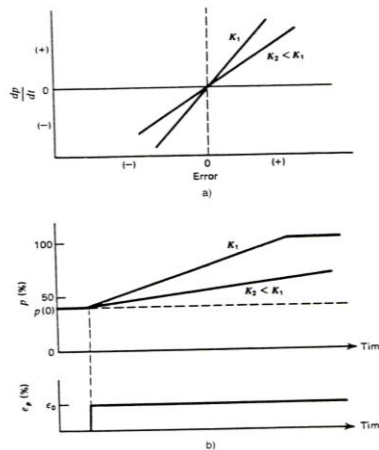


Figura 1.9 Acción integral

La figura 1.9 muestra como el promedio de cambio de salida del controlador de salida depende del valor de error y el tamaño de la ganancia.

Las características del modo integral se definen como:

- 1 Si el error es cero, la salida permanece fija a un valor igual al que fue cuando el error fue a cero.
- 2 Si el error no es cero, la salida empezará a incrementar / decrementar a un promedio de K_I , porcentaje/ segundo para cada 1% de error.

La operación puede ser entendida usando la Fig. 1.10; un cambio de carga inducido ocurre en $T = 0$. la posición correcta de la válvula bajo nueva carga para mantener constante el flujo la salida del controlador cambia rápidamente, como la válvula abre el error decreta y lentamente cambia la velocidad de apertura de la válvula - El efecto final es que el sistema lleva el error a cero lentamente. El efecto del proceso y el retardo del sistema de control son mostrados como simple espera en el cambio del controlador.

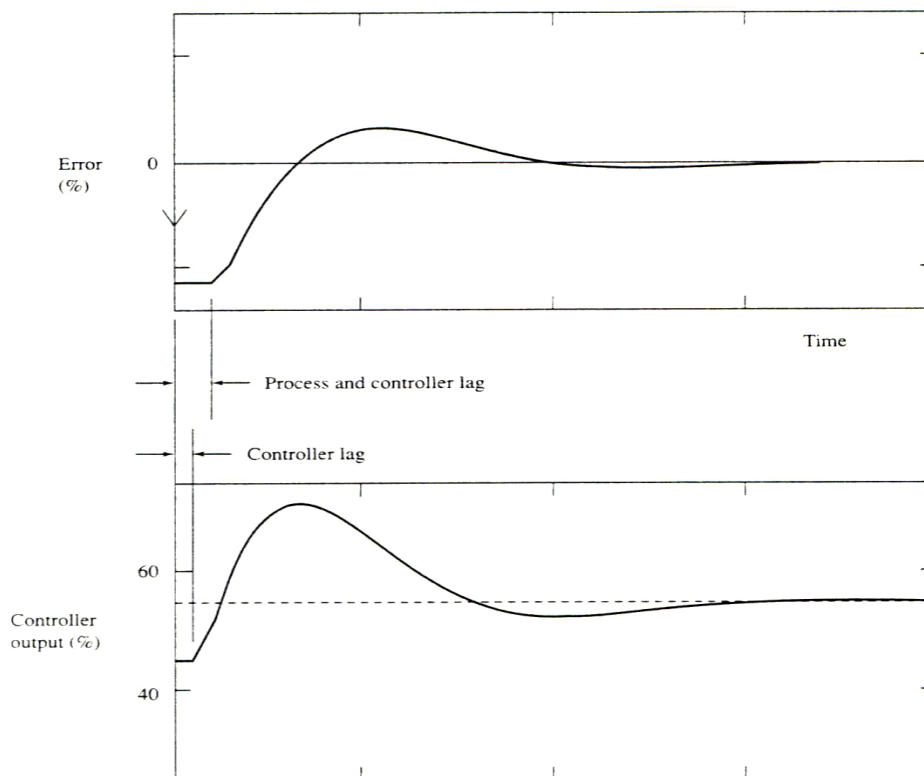


Figura 1.10 Efecto cambio de carga en acción integral

Si el proceso de retardo es muy largo, el error puede oscilar cerca de cero o ser cíclico según la figura 1.11. Típicamente, el modo integral no es usado solo, si no que puede

ser usado por sistemas con retardo de procesos pequeños y correspondientemente capacidades pequeñas.

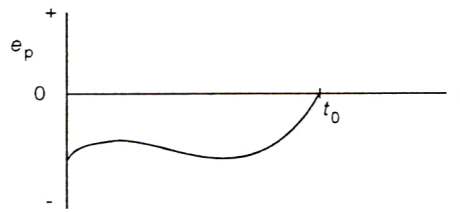


Figura 1.11 Cambios de carga muy largos.

1.4.3 .- MODOS DE CONTROL DERIVATIVO

En un proceso el error es cero según la figura 1.12 la acción del controlador sería ninguna; claramente que aunque el error en t_0 es cero, cambia en tiempo y ciertamente no es cero en el tiempo siguiente. Por consiguiente se requiere alguna acción para llevarla a cero.

La acción del controlador derivativo es también llamada acción promedio y control anticipado la cual responde al promedio al cual el error está cambiando en el tiempo determinándose la derivación del error; Apropiadamente, la ecuación para este modo es dado por la expresión.

$$p \left(\right) = K_D \frac{de_p}{dt} \quad (1.9)$$

Donde la ganancia K_D , nos indica en un porcentaje a cambiar la salida del controlador por cada porcentaje por – segundo, de cambio del error. Las características del modo derivativo se definen como.

1. Si el error es constante en tiempo, el modo no provee salida.
2. Si el error es cambiante en tiempo, el modo contribuye una salida de K_D % por cada 1% por segundo promedio de cambio de error.
3. Para acción directa, un promedio positivo de cambio de error produce un modo de salida derivativo positivo.
4. Si el error es cero, el modo no posee salida

La figura 1.12 ilustra como la acción derivativa cambia el controlador de salida para varios promedios de cambio de error. Para este ejemplo se asume que el controlador de salida sin error o promedio de cambio de error es 50%. Cuando el error cambia rápidamente con un declive positivo, la salida salta al valor grande y cuando el error no cambia la salida regresa al 50%. Finalmente, cuando el error decrece- por ejemplo tenemos un declive- negativo, la salida cambia descontinuamente al valor más bajo.

La acción derivativa no es usada sola, porque no posee salida cuando el error es constante. El modo derivativo debe ser usado con gran cuidado y usualmente con una ganancia pequeña, puesto que tiene una rata rápida de cambio en el controlador de salida.

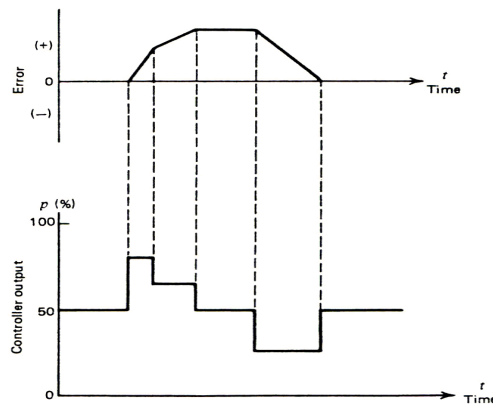


Figura 1.12 acción derivativa

1.5.- MODO DE CONTROL COMPUESTO

Es común en los complejos procesos industriales encontrar el requerimiento de control que no llevan las normas de cualquier modo de control considerado precisamente. Es posible un sinnúmero de modos básicos, por esa razón la ganancia de ventajas de cada modo. En algunos casos, una ventaja adicional es que cada modo tiende a eliminar algunos limitaciones que poseen individualmente. Consideraremos solo aquellas que son comúnmente usadas y discutiremos los méritos de cada modo.

1.5.1.- CONTROL PROPORCIONAL, INTEGRAL (PI)

Este es un modo de control que resulta de una combinación del modo proporcional y del modo integral. La expresión analítica por este proceso de control es encontrado de una serie de combinaciones de las ecuaciones 1.4 y 1.6.

$$p = K_{pe} + K_p K_i \int_0^t e_p dt + p_1 \quad (1.10)$$

Donde $p_1(0)$ = al valor del término integral en $t = 0$ (valor inicial)

La principal ventaja de este modo de control compuesto es que la correspondencia 1 a 1 del modo proporcional está disponible y el modo integral elimina el offset, Note que la ganancia proporcional, por diseño, también cambia la ganancia neta del modo de integración; además la ganancia de integración a través de k_i puede ser independientemente ajustada.

La función integral provee un nuevo controlador de salida requerida permitiendo al error ser 0 después de que cambie la carga. Esto puede ser visto en el gráfico de la figura 1.13 en el tiempo T_1 el cambio de carga o produce el error mostrado.

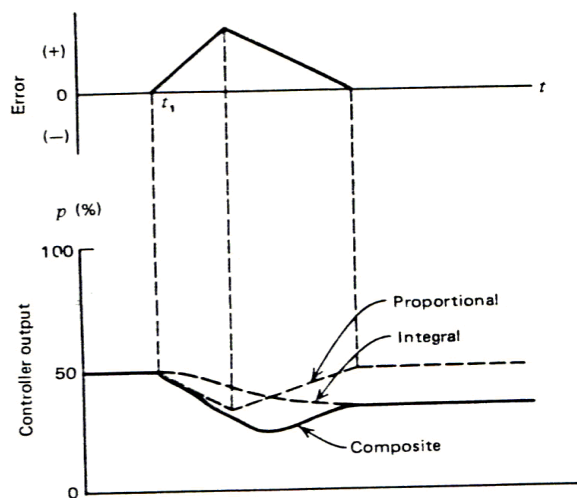


Figura 1.13 Acción proporcional integral

Las características del modo compuesto PI se definen como.

1. Cuando el error es cero, la salida del controlador es fijada al valor que el término integral tuvo cuando el error fue a cero. Esta salida es dada por $P_i(0)$ simplemente porque escogemos definir el tiempo en el cual la observación empieza a ser $T = 0$.

2. Si el error no es cero el término proporcional contribuye una corrección y el término integral empieza a incrementarse o decrecer el valor acumulado (inicialmente $P_I(0)$) dependiendo del signo del error y la acción directa o inversa
3. El tiempo integral no puede ser negativo. Así que se saturará a cero si el error y la acción trata de llevar el área del valor neto negativo

Como se nota, este modo compuesto proporcional, integral elimina el problema de offset de los controladores proporcionales, que no puede ser usado en sistemas con cambios de carga frecuentes o largos, sin embargo, el proceso debe tener cambios relativamente lentos, en carga para prevenir oscilaciones inducidas por overshoot integral. Otra desventaja de este sistema es que durante el encendido del proceso en lotes, la acción integral causa un considerable overshoot de error y salida antes de ubicar el punto de operación., esto se muestra en la figura 1.14, donde vemos la banda proporcional como una banda entrecortada o línea de puntos. El efecto de la acción integral puede ser visto como una alteración de toda la banda proporcional o definida como un error positivo y negativo para la cual la salida será manejada a 0% y 100 %

Por tanto la presencia de una acumulación de acción integral cambia la cantidad de error que llevara para tal saturación el término proporcional. En la Fig. 1.14, la salida satura donde quiera que el error exceda los límites de la banda proporcional; la misma que es constante, pero su ubicación es alternada como un cambio del término integral.

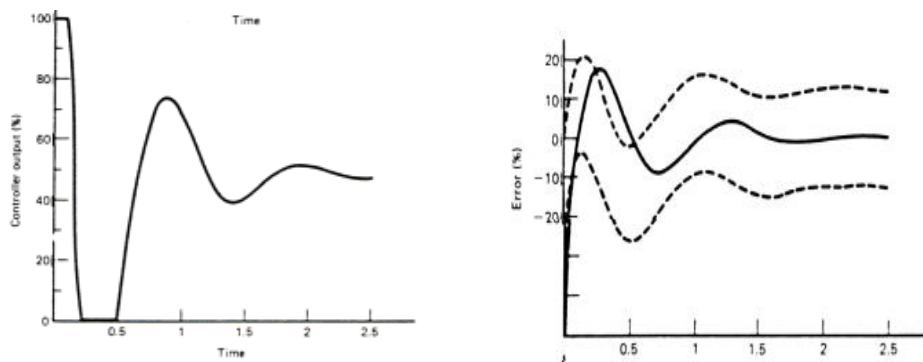


Figura 1.14 Overshoot y estado cíclico cuando el Controlador PI es usado en arranque de procesos.

1.5.2.- MODO DE CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO (PD)

Una segunda combinación de modo de control tiene muchas aplicaciones industriales. En el uso serial (cascada) de los modos proporcionales y derivativos. La expresión analítica para este modo es

$$p = K_p e_p + K_p K_D \frac{de_p}{dt} + p_0 \quad (1.11)$$

Es claro que este sistema no puede eliminar el offset de controladores proporcionales. De igual forma si el error permanece constante no actúa el controlador, sin embargo puede manejar rápidamente el proceso a cambios de carga con un offset aceptable soportando mayores ganancias con una menor desviación.

Un ejemplo de la operación de este modo para un cambio de carga hipotética es mostrado en la Fig. 1.15 Nótese el efecto de la acción derivativa en el movimiento del controlador de salida en relación al promedio de cambio de error.

1.5.3.- CONTROLADOR DE TRES MODOS (PID)

Uno de los más poderosos pero complejos modos de controlador de operaciones combina los modos proporcional integral y derivativo. Este sistema puede ser usado para cualquier condición o proceso, definida por la siguiente ecuación:

$$p = K_p e_p + K_p K_I \int_0^t e_p dt + K_p K_D \frac{de_p}{dt} + p_1 \quad (1.12)$$

En resumen los controladores PID tiene tres parámetros de ajuste: la ganancia o banda proporcional, el tiempo de reajuste y la rapidez derivativa. Los controladores PID se recomiendan para circuitos con constantes de tiempo larga en los que no haya ruido, la ventaja de incluir el modo derivativo es que proporciona la capacidad de ver hacia donde se dirige el proceso, según se indica en la figura 1.16.

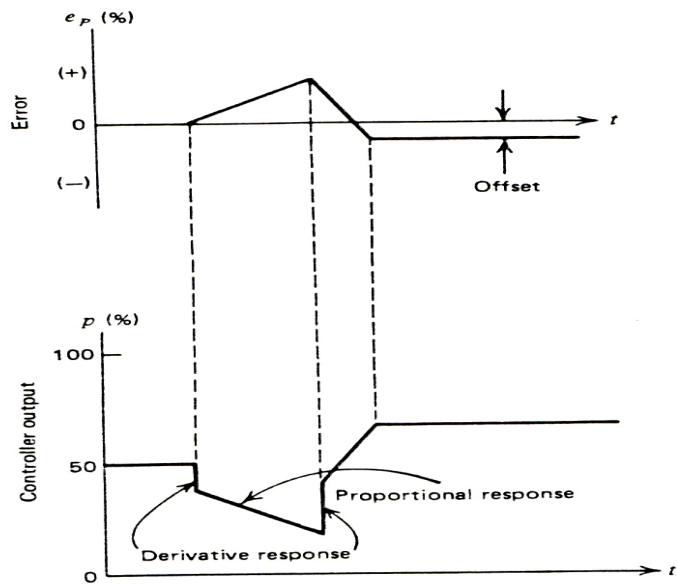


Figura 1.15 Acción Proporcional Derivativa

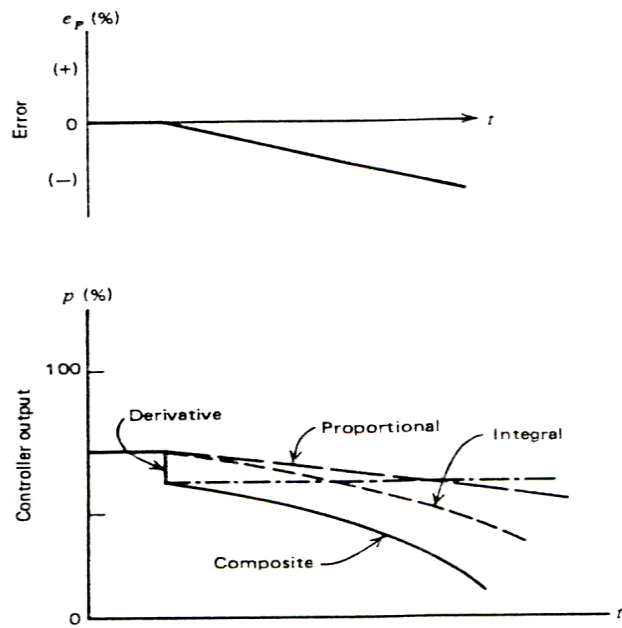


Figura 1.16 Controlador tres modos PID

2.- CARACTERÍSTICAS DEL LAZO DE CONTROL

En el proceso de control, existe marcada diferencia entre conocer los elementos de lazo-control-proceso y estar apto para calibrar y operar la instalación de un lazo-proceso-control.

En este capítulo, ciertas consideraciones son dadas a las diversas formas de ajuste de un lazo-proceso-control y la calibración de este sistema para su óptimo funcionamiento. un completo entendimiento de tal oportunidad requiere un estudio detallado matemático de la teoría de la estabilidad, un sustancial y profundo conocimiento del proceso y muchos años de experiencia. El intento general es hacer que el lector se familiarice con los conceptos generales., haciendo énfasis no en el desarrollo teórico de un lazo-proceso- control y sus características, sino de la interpretación y el empleo de resultados de tal teoría.

La función del control de un proceso es suministrar las condiciones de operación bajo las que, ese proceso funcionara con seguridad, será productivo y resultara rentable; el control ineficaz puede ser costoso al causar paralizaciones de planta por disparo de los dispositivos de seguridad, al consumir recursos en exceso, al permitir que se fabriquen productos fuera de especificación y restringir en forma innecesaria el índice de producción. Cada una de estas fallas tiene su propia función y su relación con la desviación de una variable controlada.

2.1.- CONFIGURACION DEL SISTEMA DE CONTROL

Se considera los tipos de lazo-control que son encontradas en las típicas aplicaciones industriales; la selección es hecha por los diseñadores de procesos basados en el objetivo de procesos relativos a los requerimientos de producción, y a las características físicas bajo control.

2.1.1 .- VARIABLE SIMPLE.

El lazo es diseñado para mantener el control de los procesos dados por la manipulación de la variable de control con sus respectivas variaciones que podrán trabajar en forma independiente, interactuando en otro lazo o manteniendo la relación entre 2 o mas variables.

2.1.2 .- CONTROL EN CASCADA

El principio es añadir un lazo de realimentación dentro de otro lazo de realimentación por tanto se toma el proceso que está siendo controlado y se encuentra alguna variable intermedia dentro del proceso para usarla como variable controlada del lazo interno.

2.1.3.- CONTROL MULTIVARIABLE

Se considera multivariable cuando existen varias variables a ser controladas pudiendo ser controlado en forma analógica o por computador existiendo una interrelación entre ellas de la cual haremos más énfasis.

2.1.4.- CONTROL DIGITAL

La computadora es idealmente adecuada para este tipo de problema de control que se presenta para un sistema de control multivariable. La computadora puede hacer cualquier ajuste necesario de los puntos de sistema operacional, de acuerdo a una secuencia predeterminada mientras monitorea los parámetros de proceso para efectos interactivos.

Se supone que los controladores digitales son mejores que los analógicos; sin embargo si solo se emplean para imitar a los controladores analógicos son menos eficientes debido al retraso de fase introducido por el muestreo y las limitaciones de resolución. Su ventaja se apoya en la selección de algoritmos, las capacidades de cálculo y lógicas tanto en la entrada como en la salida del controlador. Es posible escribir algoritmos de control digital directamente en el código de la máquina o bien en lenguaje ensamblador; pero la mayoría de fabricantes de controles para procesos ofrecen algoritmos estándar disponibles dentro del procesador como "bloques" los cuales se pueden especificar y conectar como elementos de hardware, los mismos que tienen la capacidad de construir una configuración de varios bloques en un acopio de funciones como PID.

2.2.- MEDIDAS DE STANDARES DE CALIDAD

La operación del proceso no puede aún empezar sin un nivel de calidad que sea provisto. En breve, dado que el sistema de control puede proveer un producto que concuerda con las especificaciones, de tal forma que lo que es considerado un buen control de calidad en un proceso de manufactura puede ser insatisfactorio en otro; para un circuito de control con frecuencia es posible relacionar el costo de operación con la desviación de la variable controlada. Sin embargo la función de costos suele ser diferente y no se ha encontrado regla general que se aplique.

2.2.1 .- CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO

Para la mayor parte de los productos industriales, el precio de venta es independiente de la calidad, dentro de un grado particular. Si un producto no satisface las especificaciones de calidad que define ese grado, no se puede vender en el precio dispuesto por el mismo. En tal caso se debe tomar una decisión para disponer es producto de venderlo como producto de grado inferior, usarlo para funciones menos valiosas, volverlo a procesar almacenarlo o mezclarlo.

Cada una de estas posibilidades anteriores requiere un cambio en la operación y un castigo económico aplicado gradualmente sin embargo típicamente cuesta mas fabricar un producto de mayor calidad , por consiguiente suele obtenerse la máxima utilidad cuando la calidad del producto satisface las especificaciones y no es mejor como consecuencia es necesario colocar el punto de control hacia el lado de la especificación del producto .Con el mejor control las variaciones de calidad será menor lo que permite que el punto de control se acerque a las especificaciones reduciendo el costo de operación.

Al considerar la calidad, se debe aceptar que el control perfecto es imposible y que algunas desviaciones inestables de las variables desde los valores óptimos ocurrirán. En efecto entonces, una definición de calidad es concerniente con aquellas desviaciones y sus interpretaciones en términos del producto terminado. Estos criterios proveen en lenguaje común, así que un producto puede ser evaluado en términos de características dinámicas de un lazo específico y sirven, por tanto, como nuestra medida de control de calidad.; para entender las medidas, debemos primero definir la calidad en términos de lazo proceso-control.

2.2.2.- PERTUBACION DEL LAZO

Los circuitos de control están sujetos a perturbaciones, tanto en el punto de control, como en el de carga y cada una de estas puede tomar diferentes formas siendo las mas comunes escalón, pulso, en rampa, senoidales y aleatorias.

Se pueden aplicar criterios diferentes a las perturbaciones en el punto de control y el la carga requiriéndose diferentes criterios de ajuste según se indica la figura 2.1; la calidad del sistema de control es definida por el grado por el cual las desviaciones que resultan de las perturbaciones son minimizadas.

2.2.2.1.- CAMBIOS EN EL PUNTO DE CONTROL

Las perturbaciones en cambio del punto de control son menos comunes, se aplican en su mayor parte a los circuitos de flujo y sistemas en cascada; la mayor parte de estos cambios la introduce el operario, surge la sobre corrección relacionada con la característica del proceso y la del controlador y esfuerzo en el proceso asociados con el cambio de nivel de energía

2.2.2.2 .- CAMBIOS DE CARGA

La carga del proceso es la cantidad total del fluido o agente de control que el proceso requiere en cualquier momento para mantener condiciones de trabajo equilibradas de tal forma que las perturbaciones de carga se pueden presentar en forma periódica y no periódica que presenta una demanda particular al circuito de control. En el medio ambiente se presentan muchas perturbaciones aleatorias. Los cambios meteorológicos tienden ser aleatorias, pero suelen mezclarse con los ciclos diurnos y de las estaciones en sus efectos sobre los procesos de transferencia de calor; el ruido es una perturbación aleatoria cuya frecuencia está arriba del rango al que puede responder el circuito de control ; existen otro tipo de perturbaciones a diferentes frecuencias que afectan en forma particular a un proceso.

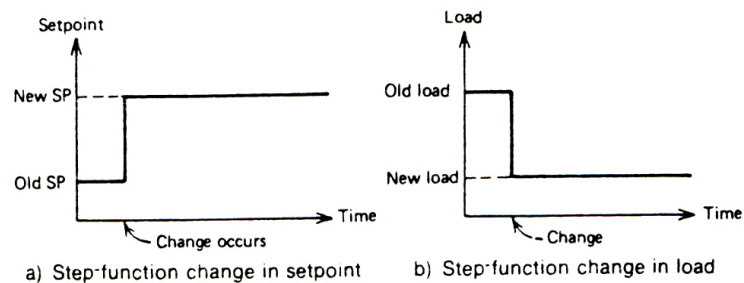


Figura 2.1 Perturbación del lazo en cambios de carga y set point.

2.2.3 .- CONTROL DE CALIDAD

El control óptimo y por consiguiente el control de calidad puede ser difundido en términos de los efectos regulantes de una carga o cambio de punto de ajuste, en criterios de estabilidad, desviación mínima y duración mínima.

2.2.3.1.- CRITERIO DE ESTABILIDAD

Estabilizar la regulación significa que la variable dinámica no crezca sin límite.; en la figura .2.2 son mostradas dos tipos de respuestas inestables; en ambos casos , una perturbación provoca que la variable dinámica simplemente se incrementa sin límite ; pero para una medida de calidad asumimos una operación estable que ha sido archivada. Una variable controladora en algunos procesos puede ser estable y aún cíclica, en los controladores on /off oscilando entre dos límites bajo condiciones nominales de carga.

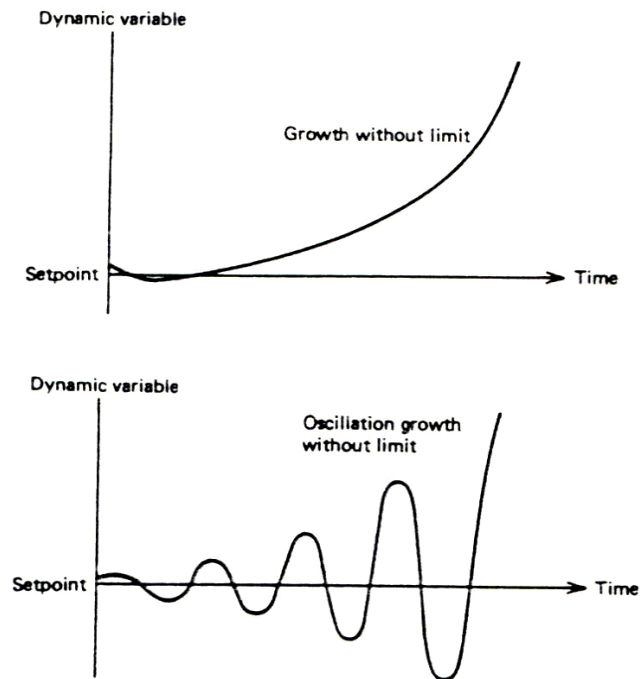


Figura 2.2 proceso inestable

La función de transferencia de un proceso se delimita cuando la entrada es en tiempo constante. La función de la transferencia dinámica es determinada cuando la entrada varía en tiempo. Para el estudio de la estabilidad. , se asume la variación de sinusoidal oscilando en alguna frecuencia aplicado a un sistema según la figura 2.3

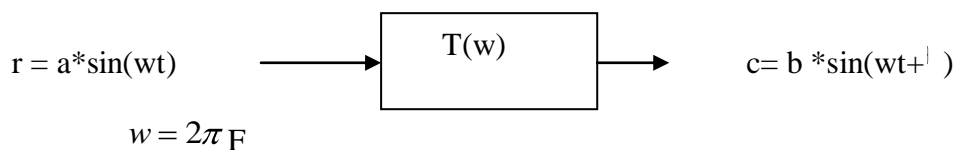


Figura 2.3 Función de transferencia aplicado una entrada sinusoidal

En este sistema puede cambiar la amplitud o la fase con un retraso¹ en general, la ganancia y cantidad de fase de retraso del elemento varían con la frecuencia de alteración. Cada elemento del lazo tiene una ganancia y retraso de la fase, incluso el propio proceso. La ganancia neta es el producto de todas las ganancias, y el retraso de la fase es lo suma de todos los retardos de la fase del lazo.

La inestabilidad es causada por una condición dónde la frecuencia para la función del traslado es tal, que la realimentación al sumador de error incrementa el error debido a que la ganancia y la fase se han desplazado. Ahora, si hay cualquier frecuencia para la cual esta condición exista, las oscilaciones siempre empezarán y crecerán a tal frecuencia según se indica la figura 2.4.

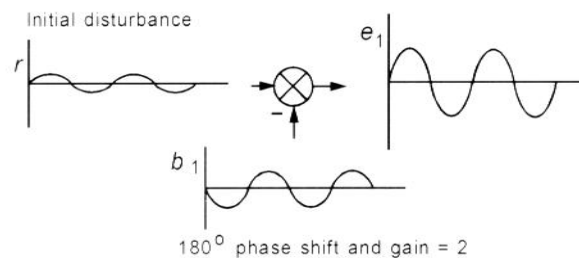


Figura 2.4 desplazamiento de fase en respuesta a la frecuencia

El sistema es inestable para cualquier frecuencia para la cual la ganancia es mayor que uno y la fase es -180° ; de este argumento, se desarrolla dos maneras de especificar cuando un sistema es estable.

- 1.- Un sistema es estable si el retraso de la fase está menos de 180° en la frecuencia para la cual la ganancia es la unidad (uno).
- 2.- Un sistema es estable Si la ganancia está menos de uno a la frecuencia por la cual el retraso de la fase es 180° .

La aplicación de estas reglas a un proceso real requiere evaluación de la ganancia y cambio de la fase del sistema para todo las frecuencias que vemos si la regla 1 y 2 son satisfactorias. Esto es más fácil hacer si un gráfico de la ganancia y fase versus la frecuencia es usada como diagramas de Bode.

2.2.3.2.- DESVIACION MINIMA

Como resultado de algún cambio repentino en la carga, una variable controlada será llevada lejos del punto de control hasta que la acción de control pueda invertir su

dirección y reestablecer el equilibrio. La desviación o error máximos que resulten de la perturbación podrían bastar para violar la pureza del producto o generar un comando un de paralización; sin embargo si se aumenta la eficacia del control se puede reducir la probabilidad de paralización. En esencia ningún controlador puede tener efecto alguno hasta que se empieza a desarrollar un tiempo muerto después de una desviación, tiempo durante que la desviación crece hasta una magnitud mínima posible.

2.2.3.3.- DURACION MINIMA

Otra definición de calidad es la longitud del tiempo antes de que la variable controladora recobre o adopta el valor del punto de ajuste, o al menos cae con un límite aceptable de tal valor.

2.2.4.- MEDIDA DE CALIDAD

Asumiendo que una operación estable se ha logrado, existe tres posibles respuestas a una perturbación que una variable dinámica en un lazo control. La respuesta específica depende de las ganancias del controlador y de los retrasos en el proceso así es el caso que la respuesta puede ser sobre amortiguada, críticamente amortiguada (siendo la mas ideal) y subamortiguada según se indica la figura 2.5.a y para un cambio de carga y figurar 2.5.b para un cambio del set point.

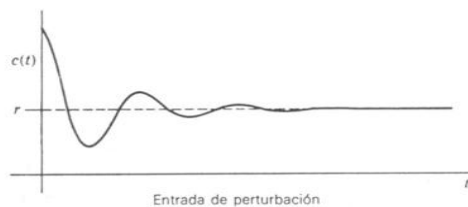


Figura 2.5 a. respuesta del lazo a cambios carga

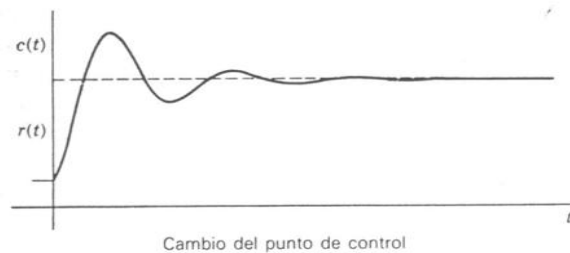


Figura 2.5 Respuesta del lazo a cambios del punto de control

Se usan dos medidas especializadas de control cuando ningún otro condicionante sirve para definir la medida de mando deseada en un proceso.

2.2.4.1.- CRITERIO DE CUARTO DE AMPLITUD

La amplitud de la desviación debe ser mínima; esta medida de calidad se obtiene ajustando el lazo hasta que la desviación por una perturbación decaiga a un cuarto del pico precedente

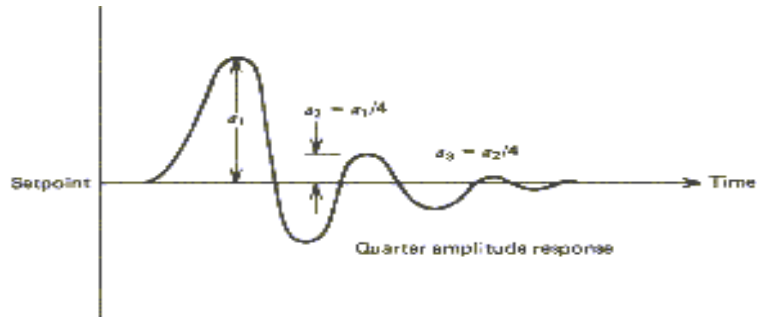


Figura 2.6 Respuesta de disminución gradual de un cuarto

2.2.4.2.- CRITERIO DE AREA MINIMA

Este sistema se aplica con un sistema con razonable amortiguamiento y satisfactoria característica transitoria indicando que el área de la curva de recuperación debe ser mínima, para lograr que la desviación sea mínima en el tiempo más corto tomando como referencia el valor absoluto de la desviación según la ecuación 2.1 generalmente conocido como error integral absoluto IAE.

$$IAE = \int_0^t |e| dt \quad (2.1)$$

En la Figura 2.7 Se muestra como la suma de las áreas sombreadas.

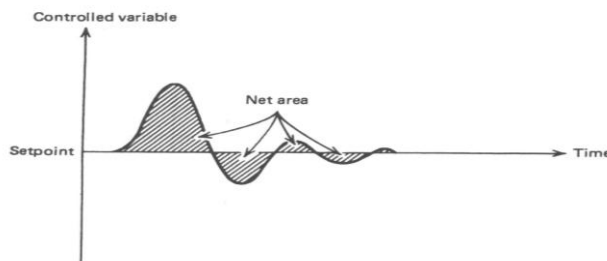


Figura 2.7 criterio de área mínima

El único problema con esta definición de la integral es que se vuelve indeterminada cuando no se fuerza el error a cero, en este caso se reemplaza el error por la diferencia entre la variable controlada y su valor final de estado estacionario; respecto a la forma de entrada de perturbación para prueba generalmente se elige el cambio a función escalón por ser la función que generalmente ocurre en la practica.

2.3.- SINTONIZACION DEL LAZO DE CONROL

Existen varias técnicas para ajustar los controladores al proceso para que la determinación de las ganancias del modo sea óptima, dependiendo de la naturaleza y complejidad del proceso.

2.3.1.- METODO DE RESPUESTA TRANSITORIA DEL LAZO ABIERTO

Este método fue desarrollado por Ziegler y Nichols se le conoce como método de curva de reacción del proceso el concepto básico es abrir el lazo del proceso-control para que ninguna acción de control ocurra, desconectando la salida del controlador del elemento de control final y creando un pequeño y rápido cambio en escalón en el proceso de entrada. La respuesta obtenida se registra en un graficador con resolución adecuada desde la introducción de la perturbación hasta que el sistema alcanza un nuevo estado estacionario; la duración de la prueba depende de la velocidad de respuesta del proceso.

Una respuesta típica de lazo-control se muestra en la Figura 2.8 donde la perturbación es aplicada a t_1 . En el punto de inflexión donde la curva deja de aumentar y empieza a disminuir. Se traza una tangente y se miden los siguientes valores que intersecan en los ejes correspondientes de la línea tangente donde se origina.

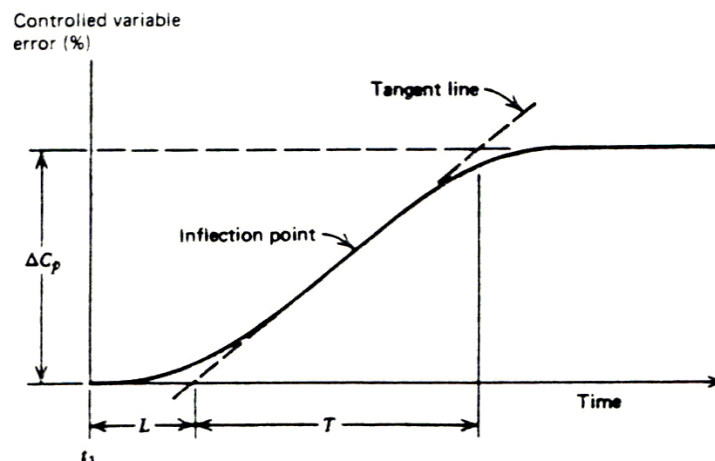


Figura 2.8 Curva de reacción para sintonización del lazo.

Obteniéndose la razón máxima de cambio N en %/min N

$$N = \frac{1}{L} \frac{\Delta C_p}{T} \quad (2.2)$$

Donde,

N = es la pendiente de la tangente en el punto de inflexión

L = tiempo de retardo del proceso

ΔC_p = Cambio de la variable

. Los siguientes párrafos dados de las definiciones del control estable para los varios modos como fueron desarrollados por Ziegler y Nichols y correcciones desarrolladas por Cohen y Coon (adicionando el criterio de cuarto de amplitud (1/4)) produciéndose una relación de cambio R (adimensional) definido por

$$R = \frac{NL}{\Delta C_p} \quad (2.3)$$

Luego de las formulas de ajuste en línea Ziegler y Nichols proponen un conjunto de formulas que se basan en los parámetros de ajuste, para un modelo de primer orden a la curva de reacción de proceso.

2.3.1.1.- AJUSTE PROPORCIONAL Para el modo proporcional la acción de ganancia promocional de K_p se encuentra

$$k_p = \frac{\Delta P}{NL} \quad (2.4)$$

Las correcciones del valor de K_p a veces se usa para obtener la respuesta de la amplitud del cuarto (1/4). Uno dado por Cohen y Coon está mostrado entre paréntesis como

$$K_p = \frac{\Delta P}{NL} \left[1 + \frac{1}{3} \frac{NL}{\Delta C_p} \right] \quad (2.5)$$

Donde ΔP variación del proceso aplicado al elemento del controlador final

3.1.2 .- AJUSTE PROPORCIONAL INTEGRAL

Cuando el modo del controlador está proporcional-integral la apropiada colocación para la ganancia proporcional y el tiempo integral está definido por

$$K_P = 0.9 \cdot \Delta P / NL \quad T_i = 3.33 L \quad (2.6)$$

Si el criterio del cuarto la amplitud es usado, la ganancia es

$$\left. \begin{aligned} K_p &= \frac{\Delta P}{NL} \left[0.9 + \frac{1}{12} R \right] \\ T_1 &= \left[\frac{30 + 3R}{9 + 20R} \right] L \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

2.3.1.3.- AJUSTE PROPORCIONAL, INTEGRAL DERIVATIVO

Encontramos el ajuste de la ganancia proporcional apropiada, integración de tiempo, y el tiempo derivativo según las siguientes ecuaciones.

$$K_p = 1.2 \cdot \Delta P / NL \quad , \quad T_i = 2 L \quad , \quad T_D = 0.5L \quad (2.8)$$

Si el criterio de la amplitud del cuarto es usada, las respuestas son corregidas por

$$\left. \begin{aligned} K_p &= \frac{P}{NL} \left[33 + R/4 \right] \\ T_1 &= L \left[\frac{32 + 6R}{13 + 8R} \right] \\ T_D &= L \left(\frac{4}{11 + 2R} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

2.3.2.- METODO DE ZIEGLER Y NICHOLS

Se lo conoce como método de circuito cerrado o ajuste en línea propuesto por Ziegler y Nichols en 1942 determinando las características dinámicas del control en base a la última ganancia de un controlador proporcional y el periodo último de oscilación ; tanto como la ganancia y el último periodo se determina frecuentemente experimentalmente bajo el siguiente procedimiento:

- 2.- Se desconectan las acciones integral y derivativa; si no es posible en su mínimo efecto poniendo el tiempo de integración al máximo.
- 2.- Con el controlador en automático, gradualmente empiece a incrementar la ganancia proporcional (o reduzca la banda proporcional) hasta que el circuito oscile con una amplitud constate; se registra el valor de la ganancia que produce la oscilación

sostenida como K_c , el mismo que se logra alterando el sistema introduciendo pequeños cambios o perturbaciones en pequeños cambios del set point a pequeños a cada cambio del establecimiento de la ganancia.

3.- Del tiempo de la variable controlada, se registra el periodo de oscilación T_c .

Este método puede usarse para los sistemas sin la autorregulación. Ahora, de la ganancia crítica y período se definen los siguientes ajustes.

2.3.2.1.- AJUSTE PROPORCIONAL

Para el modo proporcional solo, la ganancia proporcional es

$$K_p = 0.5K_c \quad (2.10)$$

Una modificación de esta relación se usa a menudo cuando el criterio de cuarto-amplitud es aplicado. En este caso, la ganancia se ajusta simplemente hasta el modelo de la respuesta dinámica a un cambio del paso en el punto de ajuste, obedece al criterio de la amplitud del cuarto. Esto también produce un poco de ganancia menos que K_c .

2.3.2.2.- AJUSTE PROPORCIONAL INTEGRAL

Si la acción integral & proporcional se usa en el lazo de control, entonces las acciones están determinadas por

$$\left. \begin{aligned} K_p &= 0.45K_c \\ T_i &= T_c/1.2 \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

En caso de que el criterio de cuarto-amplitud se desea, se hace $T_i=T_c$ ajustando la ganancia lo necesario hasta obtener la respuesta de cuarto de amplitud.

2.3.2.3.- AJUSTE PROPORCIONAL & INTEGRAL & DERIVATIVO

Los requerimientos para la ganancia proporcional, el tiempo íntegro. y el tiempo derivativo esta determinado para la respuesta nominal como

$$\left. \begin{aligned} K_p &= 0.6K_c \\ T_i &= T_c/2.0 \\ T_D &= T_c/8 \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

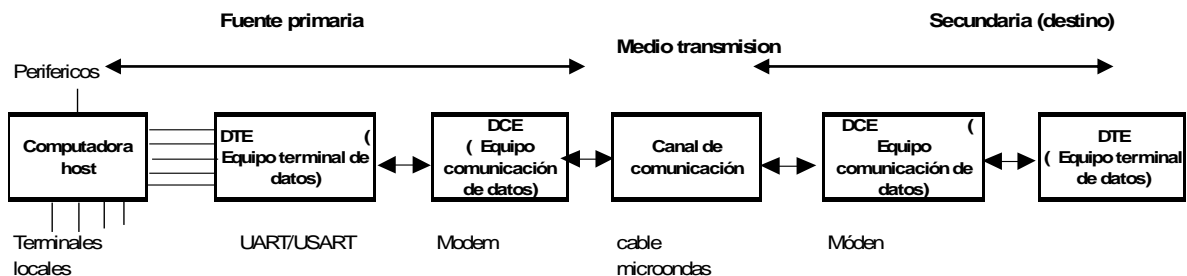
Para el ajuste dado por la respuesta de la amplitud del cuarto, determinamos

$$T_i = T_c/1.5 \quad \text{y} \quad T_D = T_c/6 \quad (2.13)$$

y se ajusta la ganancia proporcional hasta satisfacer la respuesta de cuarto de amplitud; las puestas a punto según este método producen una respuesta rápida en la mayoría de los circuitos industriales.

3. - REDES Y PROTOCOLOS DE TRANSMISIÓN

La comunicación de datos “es el proceso de transferir información digital entre dos o mas puntos” en la fuente y el destino están en forma digital; sin embargo, durante la transmisión puede ser en forma digital o analógica; una red de comunicación de datos puede ser tan sencilla entre dos computadoras o tan compleja con cientos de terminales



remotas ; en la figura 3.1 se simplifica una red de comunicación de datos

Figura 3.1 Sistema de comunicación por computadora simplificado

Para facilitar el uso de equipos suministrados los estándares de interfase han sido adoptados la conexión de equipo Terminal de información DTE y equipo de comunicación de información DCE los estándares DTE/DCE se elaboran en términos de interfase física y eléctrica, la interfase de control de enlace (software) que proporcionara funciones de trama/cuadro/sincronización y detección /corrección de error.

3.1 MODOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Esencialmente existen cuatro modos de transmisión para los circuitos de comunicación de datos: simplex, Half duplex, Full duplex y Full full duplex.

Simplex la transmisión de datos no se puede dirigir la información solo se puede enviar en una solo dirección siendo líneas de información solo para transmitir o solo recibir.

Half Duplex Protocolo que permite que los datos sean transmitidos en una sola dirección a la vez o de manera alternativa pero no al mismo tiempo

Full Duplex protocolo que proporciona la transmisión simultanea de datos en las mismas dos estaciones en ambas direcciones o de manera alternativa siendo el contexto de líneas telefónicas de datos.

Full Full Duplex la transmisión es posible en ambas direcciones al mismo tiempo, pero no entre las mismas 2 estaciones de modo que una estación esta transmitiendo hacia una segunda y recibiendo de una tercera al mismo tiempo.

3.2.- INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS

Cuando los usuarios están conectados, se debe considerar muchas cosas para una transmisión ordenada y eficiente. Este problema puede entenderse mejor y la red puede mantenerse más fácilmente si las diferentes tareas se dividen en módulos por capas; estos módulos son implementados tanto en hardware como en software; la mayoría de los diseñadores permiten el modelo recomendado por un sistema de interconexión abierto OSI siendo su propósito principal el de servir como una guía estructural para intercambiar información entre computadores, terminales y redes; adoptado un modelo de referencia de 7 capas

3.2.1.- JERARQUIA DE PROTOCOLO OSI

Esta jerarquía fue desarrollada para facilitar la intercomunicación del equipo para el procesamiento de datos al separar las responsabilidades de la red en siete capas; entre las ventajas permite que diversa computadoras se comuniquen en diferentes niveles, conforme avance la tecnología es mas fácil modificar una capa en lugar de cambiar todo el sistema, la desventaja es que si activan las 7 capas únicamente el 15% del mensaje transmitido es información de la fuente.

Los niveles inferiores de 1 a 3 se preocupan de la mecánica específica del movimiento de datos y los niveles 4 en adelante permiten que se comuniquen 2 computadora Host

cuando una computadora se convierte en huésped al intercambiar papeles de solicitud las

funciones de las capas se describen como siguen:

- 3.2.1.1.- FÍSICA fija los estándares físicos, eléctricos funcionales relacionados con la transmisión de bit especificando los niveles de señal, conectores de cable y el cable, los métodos de sentido de la portadora y detección son también especificados semejante a las especificaciones RS232 C.
- 3.2.1.2.- ENLACE DE DATOS Tienen que ver con el comienzo de la transmisión del mensaje, la detección y corrección de error y la transmisión final del mensaje asegurando que los datos puedan ser intercambiados entre los dos sistemas.
- 3.2.1.3.- RED Concerniente a la elección de la ruta tomada por el mensaje, el control de flujo, prioridades del mensaje y configuración de red controlando el intercambio de datos entre sistemas terminales.
- 3.2.1.4.- TRANSPORTE Concerniente a la confiabilidad extremo a extremo (detección de error y recuperación de la información) y localización de direcciones lógicas para los dispositivos del usuario final asegurando que los datos se intercambien confiablemente.
- 3.2.1.5.- SESION empieza la sesión de la comunicación transfiere al usuario de una tarea a otra y proporciona recuperación de los problemas de comunicación (reinicio) sin perder los datos sincronizando las comunicaciones entre dos aplicaciones.

3.2.1.6.- **PRESENTACION** Convierte Los datos en sintaxis apropiada para los dispositivos de pantalla (caracteres establecidos y gráficos) codificando y descodificación datos comprimidos.

3.2.1.7.- **APLICACIÓN** proporciona un procedimiento de entrada análogo al administrado de red, ofreciendo al usuario funciones de aplicación específica.

3.2.2.- **PROTOCOLOS DE CONTROL DE ENLACE DE DATOS**

Para que la información sea entendida por el emisor y el receptor esta debe ser codificada usando un protocolo aceptado; el protocolo es una especie de gramática que establece las reglas para mover los datos a través del enlace de comunicaciones , los mismos que estandarizan la dirección y las técnicas de control de error usados en el sistema.

3.2.2.1 **BYSINC** el protocolo de sincronía binaria desarrollado para transmisión sincronía orientado al carácter (por ejemplo ASCH) para delinear los campos del mensaje siendo un protocolo half duplex que fluyen en una sola dirección , periódicamente envía un carácter de fin de transmisión lo cual requiere la respuesta de la estación receptora de dato libre de error teniendo como limitantes del chequeo de errores de datos y no en la de control con el siguiente formato según en la Fig. 3.2

3.2.2.2 **SDLC** Synchronous Data Link Control protocolo orientado a bit es decir en lugar de caracteres de control utiliza una bandera única al comienzo y al final de cada marco con transmisión full duplex indicado que los datos pueden ser transmitidos simultáneamente en ambas direcciones permitiendo la transmisión a un lugar remoto desde otro lejano

3.2.2.3 **HDLC** El protocolo de control de enlace de datos de alto nivel es la mas utilizada mejorado del SDLC que puede transmitir en forma síncrona o asíncrona ; el campo de dirección podría extenderse para permitir mas direcciones ; se permiten dos tipos básicos de tramas : control e información el cuadro de control se utiliza para establecer, bajar o verificar un enlace virtual entre usuarios , los cuadros de información son enumerados mediante el bit de campo de control de manera la confirmación puede recibirse mas tarde (para detección y recuperación) ya que los cuadros están enumerados ,

los paquetes podrían llegar fuera de la secuencia al receptor ya que la numeración permitiría al receptor colocar la información en el orden correcto.

SYN	SYN	SOH	HEADER	STX	TEXT	ETX /ETB	B CC
-----	-----	-----	--------	-----	------	-------------	---------

SYN Mantiene el receptor en
sintonía

SOH Comienza el encabezado

SXT Comienza el
texto

ETB Fin de bloque de transmisión

ETX Fin de texto

BCC Caracter de chequeo de
bloque

Fig. 3.2 formato BYSYNC

Bandera de apertura	Dirección	Control	Datos	Chequeo de secuencia del cuadro (trama)	Fin de bandera
011111110	8 bits	8 bits	Cualquier número de bits	16 bits	011111110

Fig 3.3 Formato SDLC y HDLC

Una vez que para enviar y recibir mensajes es establecida al proveer la compatibilidad física y del formato del mensaje es necesario establecer que dispositivo puede transmitir. El acceso debe estar garantizado dentro de un periodo específico de tiempo para que la dinámica del lazo de control funcione adecuadamente y para que las señales de control sean enviadas y actúen.

Para asegurar un flujo ordenado de datos entre la unidad de control de línea y el módem se coloca un interfase serial entre ellos la misma que coordina el flujo de datos, señales de control e información de sincronización entre el DTE y el DCE; las organizaciones normalizadoras crearon el estándar RS-232 C combinando las especificaciones V.28 y V.24 de la CCITT para una transmisión serial de hasta 20.000 bps para una distancia aproximada de 50 pies siendo esta una de las interfases seriales de computación más populares en la figura queda indicada la disposición de pines como referencia

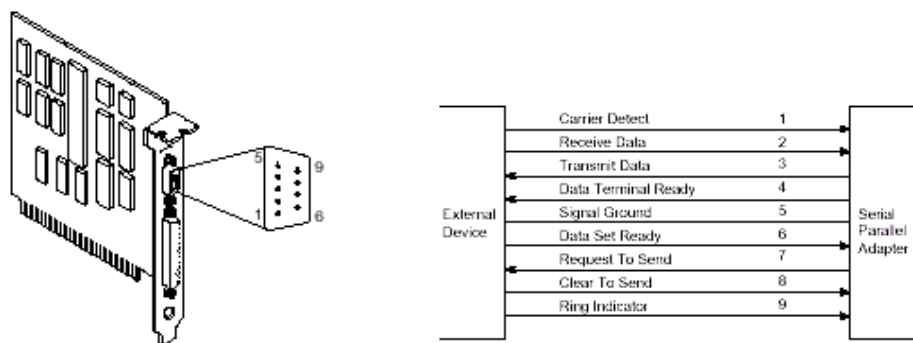


Figura 3.3 a especificación de RS 232 conectores 9 pines.

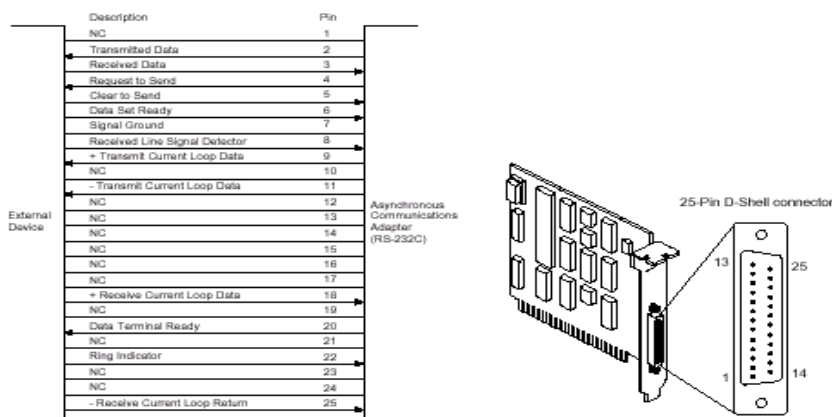


Figura 3.3 b especificación de RS 232 conectores 25 pines.

Para tasas de datos más altas y longitudes de cable mayor se desarrolló la RS 422, la misma utiliza una señalización balaceada también conocida como señalización diferencial y en consecuencia se requieren dos cables para cada circuito este método da mayor ruido e inmunidad y se llama interferencia una señal regresa por la trayectoria que no se utiliza; la técnica permite la región de transición de marca espacio entre niveles de 0.2 hasta 25 V usando conectores de 37 y 9 pines permitiendo tasas de datos hasta 100 Kbits/s a 4000 pies o 40 Mbits/s a 40 pies.

3.4 MODELO DE RED FIELD BUS, MODBUS, PROFIBUS Y OPTOMUX

Cuando un sistema de control consiste de varios dispositivos digitales, estos deben tener la capacidad de comunicarse. Los esfuerzos están en el camino para desarrollar un bus de campo internacional estandarizado uno que sea lo suficientemente abierto y flexible para acomodar el crecimiento de la industrialización.

Empresas como Rosemount, Fisher, Siemens, Endress&Hauser Yokohama y otros 200 han optado el estándar Profibus que esencialmente incluye un director de tráfico que envía un testigo a un dispositivo esclavo en un tiempo autorizándole hablar en la red. Un campo de competencia se creó con Field Foundation creada con alianza de estándares de Norte América con ISP y World FIP como proyecto de sistemas ínter operables el mismo que es más rápido de obtener información a base de interrupciones y habilita a los dispositivos de campo sin ir través del anfitrión (host)

Un tercer campo creado por ABB, Modicon es llamado red de área de controladores (CAN) creando un producto estándar bajo el nombre de device Net; por el momento el bus de campo estándar será seleccionado por los usuarios.

3.4.1.- FIELD BUS

Field Bus (Bus de Campo) es una red de área local para instrumentos usado en automatización de medidores, adquisidores, controladores y PC; siendo un sistema un sistema de comunicación de dos maneras, digital y serial, el cual interconecta los equipos de campo tales como sensores, actuadores y controladores.

La estrategia de control está distribuido a lo largo de los dispositivos de campo, esto es posible porque teniendo las funciones de los bloques en los microprocesadores, ellos también tienen la capacidad para comunicarse rápida y confiablemente con los otros a través del bus, de aquí viene la fantástica flexibilidad de su tecnología. Los dispositivos

pueden ser agrupados en redes y configurados de acuerdo a la necesidad del usuario, siendo propio de pequeños sistemas para todas las plantas.

El acceso al medio de transmisión se realiza como una forma de interrogación distribuida en la circulación de un paquete especial de información: Testigo (Token). Las estaciones tienen asignada una posición lógica en una secuencia ordenada y circular, Cada estación conoce la identidad de su antecesor y de su sucesor dentro de un anillo lógico, la ordenación física es independiente de la ordenación lógica.

Las estaciones que solo reciben pueden excluirse del anillo lógico; también puede incluirse un esquema simple de Maestro-esclavo entre la estación maestra y una o varias estaciones Esclavas.

En este esquema el maestro tiene el control del acceso al medio, existiendo dos posibilidades: o es el maestro el que ocupa el medio físico, o la esclava que fue consultada por la maestra, que y esta respondiendo .Las esclavas solo envían mensajes cuando la maestra así se lo solicita. , determinándose 2 tipos de transacciones

Consulta/- respuesta. (Query-response): Cada esclava tiene una dirección única.

Difusión sin respuesta (broadcast / no response) Todas reciben y ninguna contesta.

3.4.1.1.- INTEGRACIÓN DE REDES

Fieldbus usa los bloques de funciones (funciones de automatización estandarizados) para implementar una estrategia de control. Muchas funciones de sistemas de control tales como PID (con entradas análogas AI y salidas análogas AO) pueden ser desempeñados por el dispositivo de campo a través del uso de los bloques de funciones, es decir, los bloques de funciones permiten la distribución de funciones en los dispositivos de campo de diferentes manufacturas en una manera integrada y sin juntura

Una red industrial de medición y control debe conectarse con otras redes propias de la informática, todas diferentes. Las redes aumentan su capacidad, tanto de interoperatividad, como de cobertura para adaptarse a las diferentes capas del modelo OSI y así poder comunicarse con diferentes medios según indica la figura 3.4 a,b.

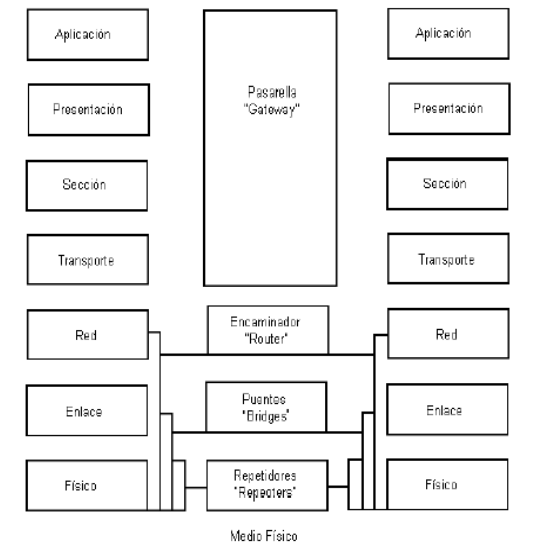


Figura 3.4 a modelo de red

3.4.1.2 REPETIDOR Permite amplificar y retransmitir la señal original, repitiendo la secuencia de bit, adaptando diferentes capas físicas (Pasan de cable coaxial a fibra óptica).

3.4.1.3PUENTE: Permite interconectar redes que utilizan diferentes medios de accesos (interconectar un red IEEE 802.3 con una IEEE S02.4).

3.4.1.4 ENCAMINADOR Permite el ruteo de mensajes en redes de caminos múltiples

3.4.1.5 PASARELA Permite la interconexión entre redes de distinta arquitectura

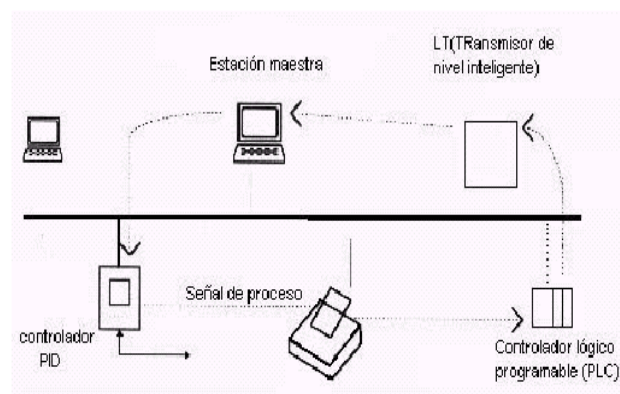


Figura 3.4 b red estándar industrial

El sistema FIELD BUS propone sustituir los enlaces punto a punto, de tipo analógicos por la digitalización en el mismo sensor (medición digital distribuida) luego multiplexando, estableciendo una conexión mediante un método físico común (RS 485 de 2 hilos); en la figura 3.5 se puede apreciar la evolución del lazo de medición normal

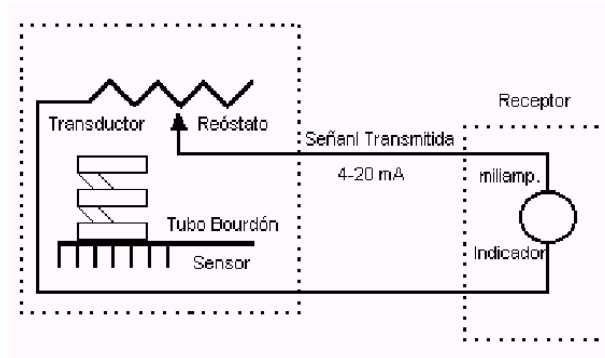


Figura 3.5 lazo de medición

Hay varios proyectos para estandarización de un bus de Campo, sobre todo la IEC (Internacional Electrotechnical Commission) y la ISA (Instrumentation Society of America). Hacia un nuevo formato establecido en field bus según la figura 3.6.ayb.

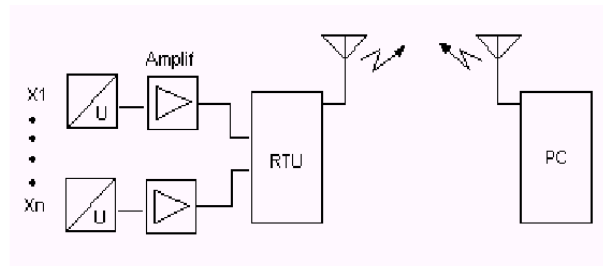


Figura 3.6 a nuevas configuraciones lazo de medición

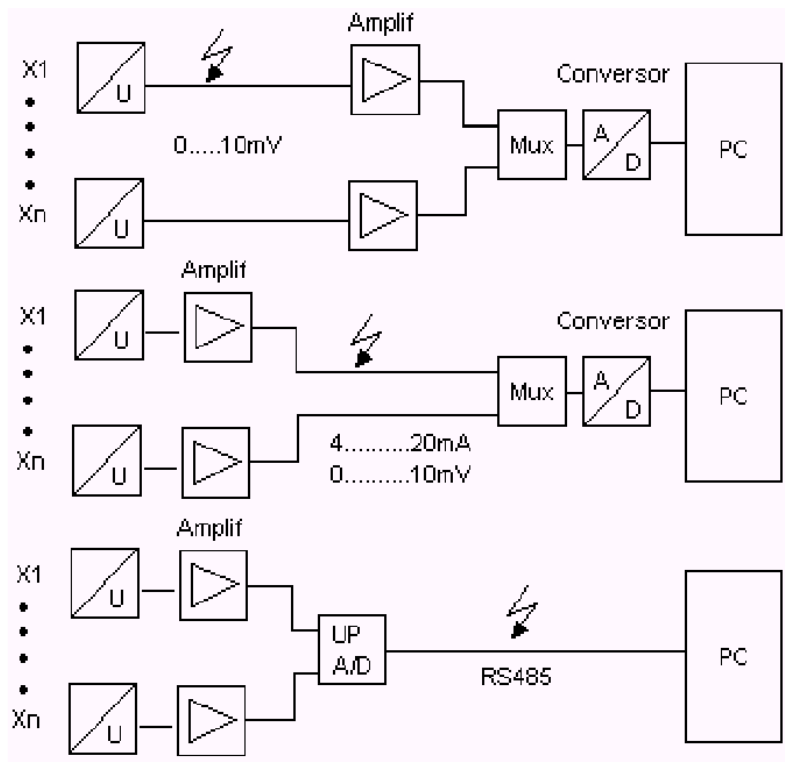


Figura 3.6 b nuevas configuraciones lazo de medición

3.4.2 PROTOCOLO MODBUS

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc., la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2), Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio que permite escanalar sus productos.

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

3.4.2.1.- ESTRUCTURA DE LA RED.

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o duplex (full duplex) (RS-422, BC 0-200TA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

La estructura lógica para acceso al medio es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos mas una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo puede ser simplemente un reconocimiento
- Mensajes difundidos. Consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset,

El protocolo de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Trasmisión Unit). En cualquiera de los dos casos cada mensaje obedece a un trama que contiene cuatro campos principales. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3^a_H) y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16. Con independencia de estos pequeños detalles. a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje según el formato de la figura 3.5:

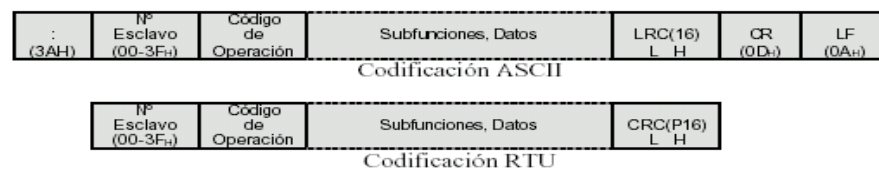


Figura 3.5 Formato modbus

- Número de esclavo (1 byte):

Permite direccionar máximo 63 esclavos con direcciones que van del 01_H hasta 3F_H.

El número 00_H se reserva para los mensajes difundidos.

- Código de operación o función 1 byte

Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo; existen dos tipos básicos de órdenes:

- Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo,
- Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicadores (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.) ; la tabla 3.1 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

- Campo de subfunciones / datos (n bytes):

Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00_H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura. etc.

-Palabra de control de errores 2 bytes

En código ASCII, esta palabras simplemente la suma de comprobación (ckeckstmi”) del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. Si la estación maestra no recibe respuesta de un esclavo durante un tiempo superior a un límite establecido, declara el esclavo fuera de servicio, a pesar de que al cabo de un cierto número de ciclos hace nuevos intentos de conexión; en el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una formula polinómica en la tabla 3.1 se representa las funciones básicas con el código de operación.

0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de <i>n</i> bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de <i>n</i> bits de entradas
3	03 _H	Lectura de <i>n</i> palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de <i>n</i> palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit
6	06 _H	Escritura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnóstico: número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control del contador de diagnóstico: número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de <i>n</i> bits
16	10 _H	Escritura de <i>n</i> palabras

Tabla 3.1 funciones básicas y códigos de operación

3.4.2.2.- Variantes de MODBUS : JBUS

JBUS es una designación utilizada por la firma APRIL para un bus propio que presenta gran similitud con MODBUS, con protocolos prácticamente idénticos.

La designación JBUS, de la misma forma que MODBUS, corresponde al protocolo de enlace más que a una red propiamente dicha.; puede implementarse con cualquiera de las conexiones físicas normalizadas

Como diferencias más relevantes citaremos las siguientes:

- Posee un registro de estado en cada estación que permite diagnóstico de la estación.
- El primero de octavo para JBUS (1er byte de la trama)
- Las funciones disponibles son prácticamente las mismas en ambos protocolos; pero algunos códigos de función (2º byte de la trama) y de las subfusiones no coinciden.

3.4.3.- PROFIBUS

Es un estándar originado en normas alemanas y europeas DIN 19245,/ EN 50170. Cumple también con el modelo OSI de 7 niveles y las normas ISA/IEC. Utilizado en aplicaciones de alta velocidad de transmisión de datos entre controladores de I/O y complejas comunicaciones entre PLC.

PROFIBUS actualmente es líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación. Automatización y generación de procesos; fue estandarizado bajo la norma EN 50 170. Esto asegura una protección óptima tanto a los clientes como a los vendedores y asegura la independencia de estos últimos.

Hoy en día, todos los fabricantes líderes de tecnología de automatización ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. La variedad de productos existentes incluye mas de 1500 elementos y servicios, de los cuales 400 están certificados, asegurando un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes, usado satisfactoriamente

Esta versatilidad viene dada por las tres versiones compatibles que componen la familia que para diferentes tipos de comunicación presenta distintos tipos de soluciones,

los cuales satisface con 3 implementaciones separadas y compatibles entre ellas:

3.4.3.1.- PROFIBUS DP

Esta diseñado para la comunicación con sensores. y actuadores , donde importa la velocidad sobre la cantidad de datos (Tiempo de ciclo del bus < 10 ms.). En una red DP un controlador central como PLC o PC se comunica con los dispositivos de campo optimizado para alta velocidad, con conexión sencilla y diseñada especialmente para la comunicación entre los sistemas de control

Tiene definido los niveles 1 y 2 del modelo OSI, pero no los niveles 3 al 7. Tiene definido el Nivel de Usuario y dispone de un servicio de intercomunicación con el Nivel 2. Para el Nivel 1 dispone soporte de fibra óptica en RS-485

3.4.3.2.- PROFIBUS -PA

Esta diseñado específicamente pan procesos de automatización utilizando la norma IEC 1158.2 para el Nivel Físico el mismo bus suministra energía a los dispositivos de campo Utiliza el mismo protocolo de transmisión que el DP, ambos pueden ser integrados en la red con el uso de un segmento acoplador permitiendo la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común incluso de áreas especialmente protegidas.

3.4.3.3.- PROFIBUS - FMS

Es la mas complete y esta diseñada para proveer facilidades de comunicación entre varios controladores programables como PLCs y PCS (Red de Celdas) y acceder también a dispositivos de campo (Tiempo de ciclo del bus < 100 ms.) Este servicio permite acceder a variables, transmitir programas y ejecutar programas de control tan pronto ocurra un evento, dando solución general para tareas de comunicación a nivel de célula permitiendo mayor rango de aplicaciones y flexibilidad, creando la posibilidad de uso en tareas de comunicación compleja y extensa

Tiene definidos los niveles 1,2 y 7 mediante el FDL (Fiel bus Date Link) se realiza el control y acceso al bus correspondiente al nivel 2 ; se implementa el nivel 7 vinculando al usuario con el nivel 2 ; para el nivel dispone soporte de fibra óptica en RS-485.

3.4.3.4 ESTRUCTURA DE LA RED PROFIBUS

3.4.3.4.1 Medio físico.

El nivel físico más frecuente usado por Profibus-DP/FMS es RS-485 conocida habitualmente como H2. usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación semi-duplex, aunque también puede implementarse con fibra óptica y enlaces con estaciones remotas vía módem o vía radio. Las velocidades de transmisión puede ser de 9.6 Kb/s a 12 Mb/s. En cada segmento del bus sin repetidor, pueden conectar hasta 32 dispositivos y hasta 127 dispositivos pueden conectarse con repetidores; la máxima longitud del cable (trenzado y apantallado) depende de la velocidad de transmisión según la tabla 3.2.

MEDIO FÍSICO	VELOCIDAD (Kbits/s)				
	<i>9.6-93.75</i>	<i>167.5</i>	<i>500</i>	<i>1500</i>	<i>2000</i>
<i>RS 485 0.2" (24 AWG)</i>	1200m	600m	200m	100m	50m
<i>RS 485 0.5" (20 AWG)</i>	2400m	1200m	400m	200m	100m
<i>F.Opt.Cuarzo 62.5-125µm</i>	1400m	1400m	1400m	1400m	1400m
<i>F.Opt.Plástico 0-40°C</i>	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m
<i>0-50°C</i>	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m

Tabla 3.2 relación de velocidad en función de la distancia

Al conectar varias estaciones, hay que comprobar que el cable de las líneas de datos no sea trenzado. El uso de líneas apantalladas es absolutamente esencial para el logro de una alta inmunidad del sistema en ambientes con emisiones altas de electromagnetismo

3.4.3.2.- FORMATO

PROFIBUS especifica las características técnicas y funcionales de un sistema de buses de campo serie con el cual controladores digitales descentralizados pueden trabajar juntos en red desde el nivel de campo hasta el nivel de célula. Esto lo hace distinguiendo entre elementos Maestro y elementos esclavo.

Los dispositivos Maestro determinan la comunicación de datos en el bus. Un Maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando mantiene el derecho de acceso al bus llamado de forma común testigo.

Los dispositivos esclavo son dispositivos periféricos. Algunos de ellos son las entradas y salidas, las válvulas y los transmisores de medida. No tiene derecho de acceso al bus y solo puede reconocer mensajes recibidos o enviar mensajes al Maestro

cuando este se lo ordena (por lo que se les llama estaciones pasivas). Su implementación es especialmente económica ya que solo requiere una pequeña parte del bus. La arquitectura protocolar está orientada al sistema OSI según indica la figura 3.5 y 3.6.

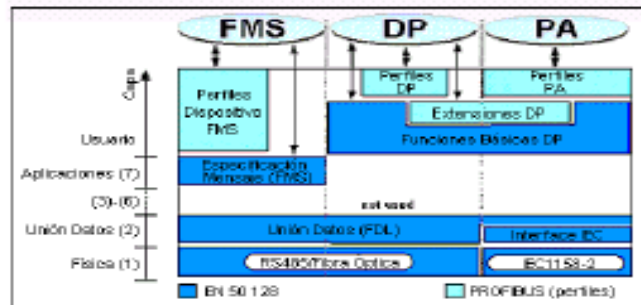


Figura 3.5 nivel según OSI con Profibus

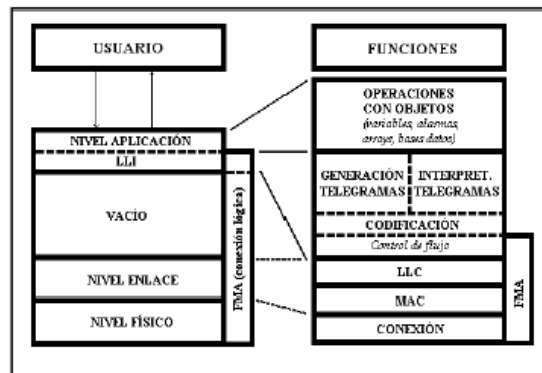
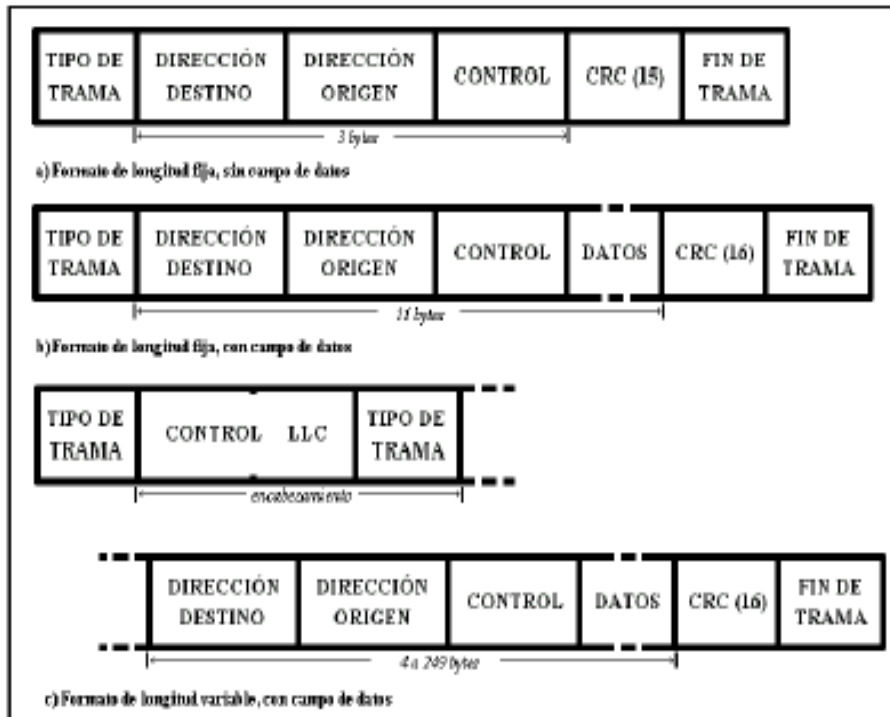


Figura 3.6 Relación de niveles con capa OSI

Profibus admite 3 tipos de formato quedando enunciados:



3.5 COMUNICACIÓN DE FIELD POINT 1000

3.5.1 INTERFASE FP-1000 RS 232/485

El FP-1000 conecta una red de uno a nueve módulos entrada /salida FieldPoint bajo una red de datos con norma serie RS-232 normal y RS-485; NI FP-1000 entrega una conexión para FieldPoint que es fácil unir a un PC y fácil usar. El FP-1000 maneja las comunicaciones entre el anfitrión (host) PC y los módulos de I/O sobre un bus local de alta velocidad formado por las bases terminales de FieldPoint. El módulo de interfaz de red también proporciona el diagnóstico y auto configuración para simplificar la instalación, uso, y mantenimiento. Las aplicaciones pueden comunicarse fácilmente con el FP-1000 para intercambio de datos ; la interfaz de datos serial puede comunicar con un FP-20xx como controlador o con una computadora de Windows corriendo LabVIEW , LabWindows/CVI , Measurement Estudio o aplicaciones de software de aplicación de OPC-cliente ; usando Optomux se puede comunicar con el FP-1000 con plataformas que no sean Windows como Mac OS y Linux. Usando el FP-100x, se puede construir modulares distribuidos flexibles

rápidamente para medida y sistemas de automatización; la figura 3.7 indica el modulo para futuras aplicaciones

RS-232 and RS-485 Serial Network Interfaces

NI FP-1000, NI FP-1001

- PC-based distributed I/O serial network interfaces
- Standard serial networking
 - RS-232 serial to a PC port
 - RS-485 for industrial multidrop applications
- Connects up to 25 FieldPoint banks to a serial bus
- Industrial-grade reliability
 - Automatic self-diagnostics
 - Isolated communication bus to I/O modules
 - Network watchdog timer
 - Configurable I/O power-up states

Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

Other Compatible Software

- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- Lookout
- VI Logger

Driver Software (included)

- Measurement & Automation Explorer
- OPC server (2.0 compliant)

FieldPoint Serial Network Interfaces



Figura 3.7 Interfase serial RS 232 /485

El FP-1000 incluye pÓrtico 9 pines RS-232 normal y un pÓrtico aislado Full duplex RS-485 se puede comunicar hasta con 24 mÓdulos con el FP1001 en nuestro proyecto utilizaremos el pÓrtico RS-232 segÚn se indica la figura 3.8a .

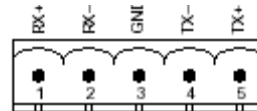
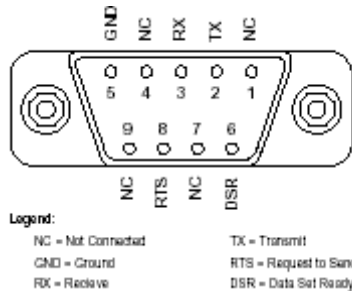


Figura 3.8a conexión RS232

Figura 3.8 b conexión 485

Tiene la opción de cronÓmetros guardián (watchdog timer) para poder detectar y responder a fallas de la red se pone inactivo y las salidas son fijadas a un estado predefinido segÚn sea configurado. El tipo de alimentaci3n oscila en un rango de 11 a 30 VDC redistribuyendo la energÍa a todos mÓdulos de I/O .

Para configura el FP-1000 existen 8 switch Figura 3.9 en el que se configuran:

- La direcci3n del equipo switch 1 – 5 hasta 25 direcciones 0, 10,20....240
- La velocidad de transferencia (baud rate) switch 6-8 desde 300 bps. hasta 115.2 Kbps

Para un solo FP 1000 el equipo esta preconfigurado con dirección cero y un baud rate 115.2 Kbps. permitiendo un rápido desempeño y no será necesario cambiarlo al menos que se experimente problemas de comunicación, los módulos adyacentes I/O asumirán las direcciones siguientes es decir la dirección 1, 2, etc.; el único cuidado es que si se va instalar mas de un modulo en configuración 485 se debe verificar que dicha velocidad de transferencia sea la misma.

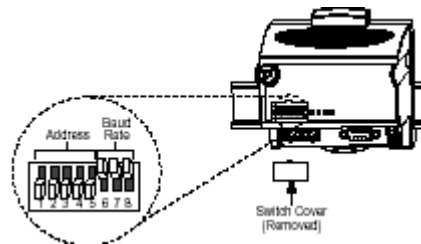


Figura 3.9 Configuración del FP 1000

Al aplicar la energía al modulo FP-1000 según Fig. 3.10 se tiene 4 leds de

Indicación de estatus:

- POWER en verde cuando la energía aplicada es correcta y no existe sobrecarga.
- NETWORK en amarillo cuando se encuentra en comunicación con el computador anfitrión (host) y el modulo.
- ACCESS en amarillo cuando el FP 1000 o cualquier I/O responde al anfitrión indicando que el modulo fue diseccionado correctamente.
- STATUS en rojo al detectar falla por los siguientes motivos cuando la inicialización ha fallado, al detectar error en la conexión y las bases o conectores, cuando un nuevo modulo I/O no fue aceptado (máximo 9 por dirección) .

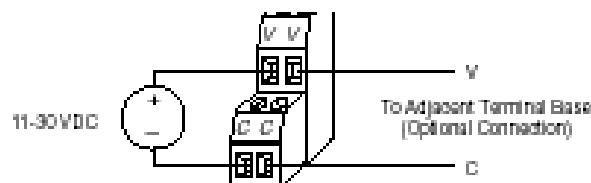


Figura 3.10 alimentación de modulo FP-1000

3.5.2.- MODULO SALIDA ANALOGICA FP-AO-200

Los FP-AO-200 son versátiles módulos de salida analógica que pueden ser usados para control de válvulas , salida como una medida acondicionada en corriente ,y otros

actuadores industriales . Todos los módulos incluyen protección de sobre rango y diagnósticos de operación (sobrecargas o lazo abierto) para asegurar la instalación y mantenimiento sin preocupaciones. Los módulos aceptan unidades predefinidas por el usuario en este caso salida en amperios o miliamperios.

El FP-AO-200 es un módulo FieldPoint de salida analógico con ocho lazos de salida de corriente en un rango de 0-20 /4-20 mA. Se puede usar el FP-AO-200 para manejar dispositivos que usan lazos de corriente de control estándar en los rangos ya indicados. Las características principales del modulo según la figura 3.11 son:

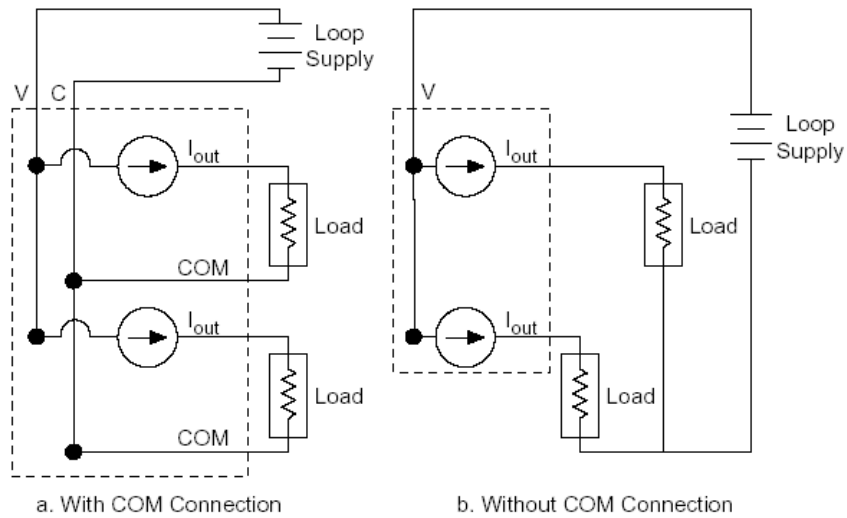
- Ocho salidas 0-20/4-20 mA.
- 0.5 mA de disponibilidad de sobre rango para evitar sobrecargas.
- 12 bits de resolución de DAC , 1 en 4096 6uA/bit
- Indicador lazo en circuito abierto.
- Impedancia de carga sobre 1 KOhm (alimentación de 24 voltios).
- Protección contra corto circuitos.
- Temperatura de operación entre -40° a +70° C.
- Rango de máxima conversión 200actualizaciones /s. ; 200Hz.
- Velocidad de cambio .4 mA/us.



Figura 3.11 Modulo AO 200 salida en mA.

FP-AO-200 suministra una corriente a la carga o dispositivo del campo desde una fuente externa de alimentación. Las figuras 3.12a y 3.12b muestran las conexiones básicas según sea el requerimiento ; el terminal positivo se usa se representa con V y el

negativo con C ; cada canal tiene una salida I_{out} ; un terminal común, COM (internamente se conecta al terminal C);y un terminal del suministro, V_{sup} (internamente conectado a V) guía la energía a los aparatos que requieran energía suplementaria .



Figuras 3.12 a/b tipos de conexión de AO 200

La tabla 3.3 asigna los terminales asociados con cada canal

Channel	Terminal Numbers		
	I_{out}	COM	V_{sup}
0	1	2, 18	17
1	3	4, 20	19
2	5	6, 22	21
3	7	8, 24	23
4	9	10, 26	25
5	11	12, 28	27
6	13	14, 30	29
7	15	16, 32	31

Tabla 3.3 FP AO-200

EL FPAO-200 puede operar con una fuente externa en rango de 5 a 24 Vdc; voltaje que dictamina la máxima impedancia de carga que el modulo puede manejar, es decir con 24 Vdc cada salida podrá manejar hasta 1 KOhm; con 5 Vdc. la carga soportada será de 100 Ohms ; el modulo detecta y reporta condición de error en excesivas cargas o insuficiente voltaje de suministro ; El esquema de lazo de salida se representa en la

figura 3.13 , cada canal tiene un circuito de monitoreo el cual compara la salida actual con el valor deseado de corriente ; si no alcanza al valor deseado de corriente el estatus cambia a rojo por cada canal afectado .

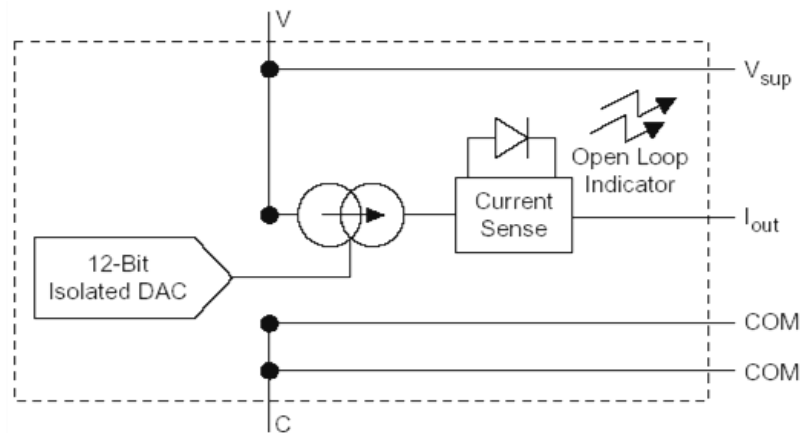


Figura 3.13 lazo de salida corriente

El modulo actualiza continuamente la salida enviado por la red, el tiempo que toma en responder a un cambio en un solo canal esta entre los 3 y 6 ms; mientras que el tiempo para cambiar en todos los 8 canales esta entre 24 a 27 ms.

3.5.3.- MODULO DE ENTRADA ANALOGICA FP-AI-110

El FP-AI-110 es un modulo de entrada analógico con 8 canales como se muestra en la figura 3.14 que puede ser configurado voltaje o corriente indistintamente; siendo ideal para señales de baja frecuencia incluido 3 filtros para rechazar el ruido; entre las características principales tenemos:

- Ocho entradas analógicas de voltaje o corriente
- 11 rangos en las entradas ± 10 V, ± 5 V, ± 1 V, ± 300 mV, ± 60 mV,
0-10 V, 0-5 V, 0-1 V, ± 20 mA, 0-20 mA, 4-20

mA

- Selección de 3 filtros frecuencias 50 Hz, 60 Hz y 500 Hz
- 16 bit resolución
- Voltaje de aislamiento 3000 V con doble aislamiento de 250 V



Figura 3.14 FP-AI-110

El sistema de conexión del módulo es específico para cada aplicación según la figura 3.15 y la tabla de conexión del lazo se presenta en la tabla 3.4.

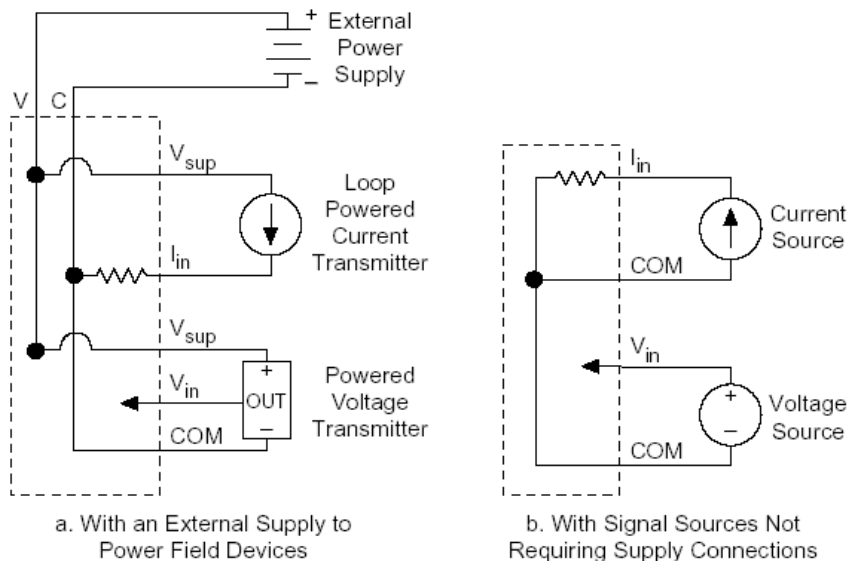


Figura 3.15 conexión en FP AI-110

Cada canal tiene una entrada separada para el terminal de voltaje (V_{in}) o corriente (I_{in}); ambos voltaje y corriente son referenciados en un terminal común.

La sección de entrada del FP AI-110 es eléctricamente aislada, el punto de referencia es flotante, es decir internamente no está referenciado a tierra o a cualquier otra señal referenciada de otro módulo, este tipo de entrada es generalmente llamada pseudo diferencial; la figura 3.16 indica un circuito de un solo canal aplicado

Channel	Terminal Numbers			
	V_{in}	I_{in}	V_{sup}	COM
0	1	2	17	18
1	3	4	19	20
2	5	6	21	22
3	7	8	23	24
4	9	10	25	26
5	11	12	27	28
6	13	14	29	30
7	15	16	31	32

Tabla 3.4 Terminales de conexión FP AI-110

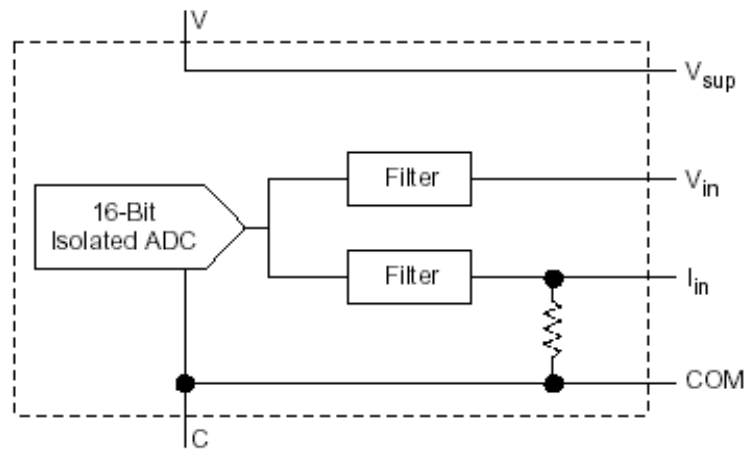


Figura 3.16 Canal entrada FP AI-110

Cuando los canales son fijados con filtros a 50/60Hz cada canal muestreara cada 1.47 hasta 1.23 segundos, mientras que cuando se filtra a 500 Hz cada canal será muestreado cada .173 segundos.

3.5.2.- COMUNICACIÓN DEL FIELDPOINT EXPLORER

Cuando se instala el software de FieldPoint, una librería de FieldPoint es creada si LabVIEW esta instalada en el computador Los VIS que se indican a continuación acceden directamente a las I/O que se configura con el programa FieldPoint Explorer.

3.5.2.1.-FIELD POINT EXPLORER

El FieldPoint Explorer es el utilitario de hardware y software por medio del cual LabVIEW se comunicara con los módulos de FieldPoint; las funciones principales son:

- Configurar las características de hardware a ser conectados en una red de datos
- Configurar el nombre del módulo que reconocerá FieldPoint (llamado tag name)
- Escribir y leer valores desde un modulo I/O de FieldPoint ya reconocido

El paso previo para correr el software de FieldPoint es correr primero el FieldPoint Explorer en el que se configura los sets programables del los módulos que se integraran para realizar el controlador, el rango de entrada del modulo de entrada y el

Rango de salida del modulo de salida del que se aplicara la señal de control al proceso como también el pórtico de salida según indica la figura 3.17

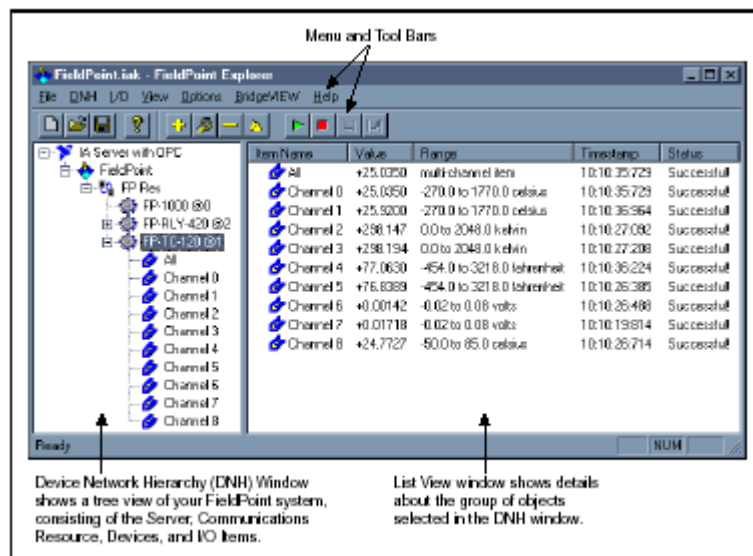


Figura 3.17 menú Explorer FieldPoint

El procedimiento para configurar la interfase Rs232 con FP AO20 y FP-A110 es el siguiente:

1. Instale el hardware adecuado conectando los módulos: interfase RS232, FP AO-200 y FP AI-110; conecte el cable RS 232 al conector com1 de la computadora instale la energía aplicada, verifique que los led indicadores ready estén encendidos.
2. Desde Windows arranque FieldPoint Explorer
3. Agregue un nuevo recurso de comunicación dando un clic en + en “IA Server with OPC” hasta que se expanda la ventana hasta encontrar la palabra FieldPoint y seleccione con “+” “Add a comun resource to this server” aparecerá el siguiente menú según figura 3.18.

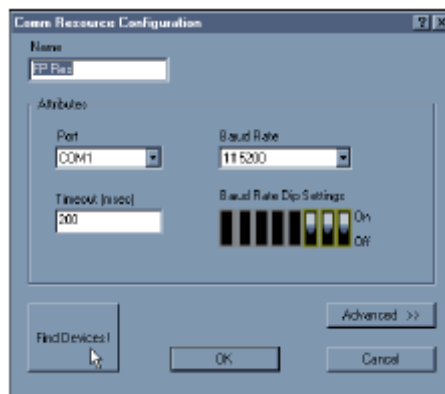


Figura 3.18 menú de configuración

4. En la pantalla seleccione el puerto con el que se va a trabajar en este caso el com1; la velocidad ya esta preconfigurada a 115.2 Kbps; ponga nombre a su proyecto en nuestro caso se llamara Farrés.
5. De un click en «Find Device » el programa detectara automáticamente los módulos instalados.
6. Después que los módulos son encontrados de un click en “+” cerca de FPRes en ese instante se desplegaran todos los módulos que reconoció FieldPoint Explorer , en nuestro caso aparecerán FP -1000 , FP AO200 y FPA110 según el siguiente formato : modelo-numero @ dirección asignada en el programa como se muestra en la figura 3.19.
7. Se configura el hardware de cada modulo según los requerimientos ubicando con el clic derecho el modulo a ser configurado el tipo de datos a ser manipulados para este caso FP AI-110@1

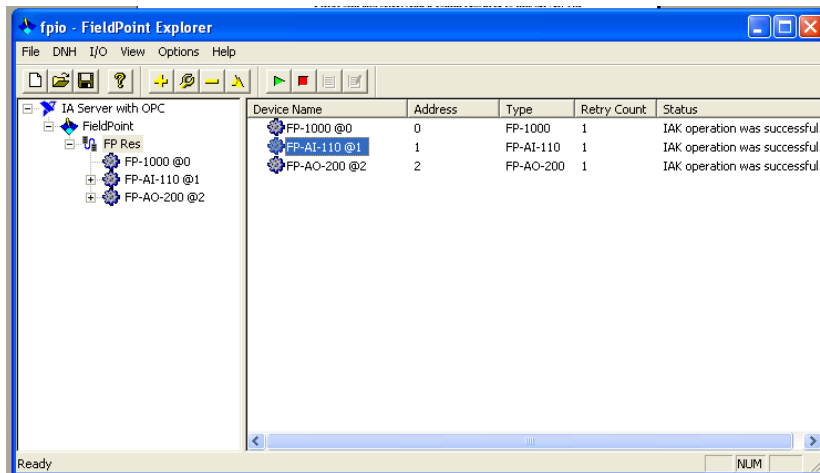


Figura 3.19 menú luego de ser aceptado los módulos

Se da clic en configuración de canal “channel configuración” y se procede a definir el rango de la variable, si se desea se designar los canales con los que va trabajar y activar el filtro si es necesario según figura 3.20.

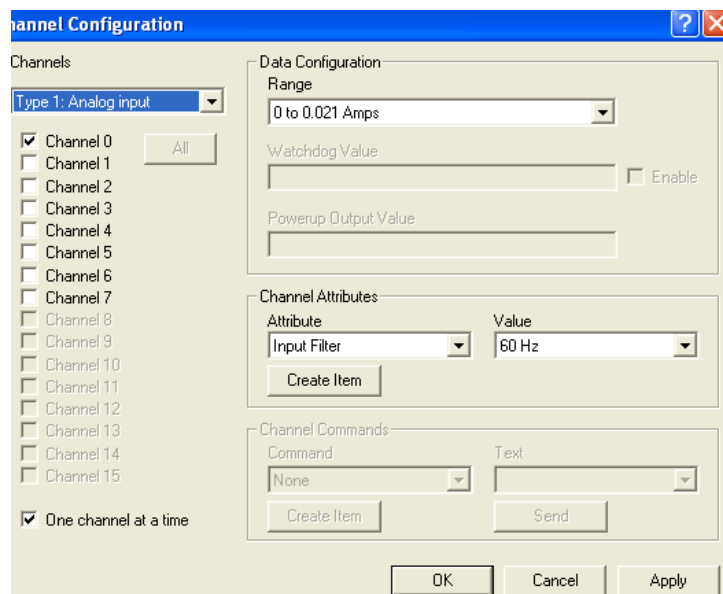


Figura 3.20 configuración de canal

Para el FP AO-200 queda configurado según los gráficos 3.21a/b

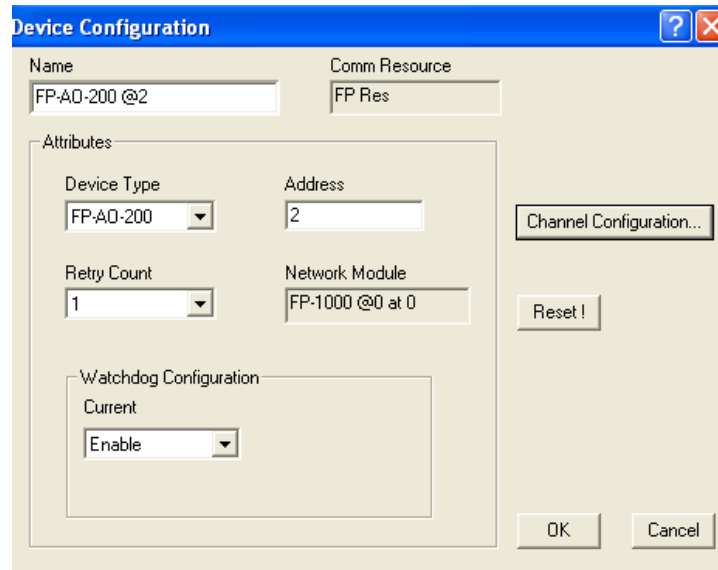


Figura 3.21 a .Configuración Modulo FP-AO-200

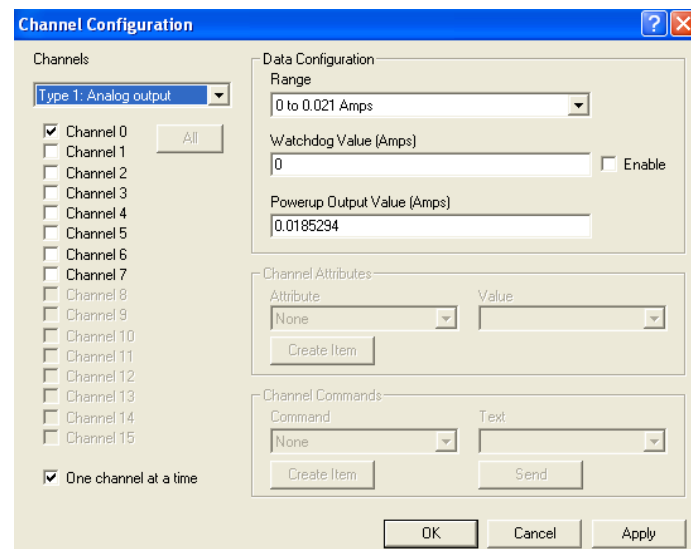


Figura 3.21 B configuración del canal

8. Una vez finalizada la configuración se puede probar toda la configuración con la opción de “start monitoring” (icono con flecha verde) con el cual nos dará el status satisfactorio o no de toda la configuración se para la prueba con stop monitoring (icono rojo cuadrado).
9. Se tiene la opción en nodulos de calidad de escribir valores para verificar respuesta en el lazo con “write value “.
10. Una vez finalizado las pruebas precedentes se grava la configuración con extensión .iak ; en nuestro caso grabamos como FPIO.iak que será el archivo que

internamente lea LabVIEW para comunicarse y leer las direcciones asignadas para la comunicación cuando corra el programa de aplicación.

11. Configurado el FieldPoint Explorer se sale de la aplicación; de tal forma que cuando se corra LabVIEW solicitara la configuración desde FPIO.iak.

Los módulos listos a correr con el programa de aplicación realizado con LabVIEW seguirán la siguiente secuencia como ejemplo:

1) Use FP Open para abrir el servidor; por default el servidor abre con la ultima configuración que se gravo con FieldPoint Explorer

2) Use FP Create tag para crear manualmente una I/O que se definió en el FieldPoint Explorer estarán definidas por tres cadenas de string donde se indicara a cual I/o se quiere acceder, dados los nombres por el recurso de comunicación, del modulo (para nuestro caso FP AO o AI) y el ítem del I/O ; nombres asignados cuando se utilizo "Find Device ". El programa de aplicación se desarrollara en el capitulo cinco; a manera de ejemplo queda enunciado la figura 3.22

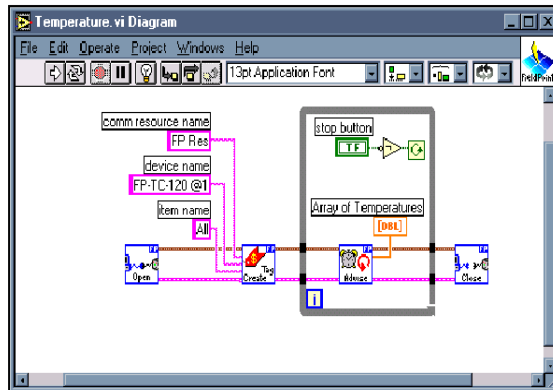


Figura 3.22 Aplicación utilizando LabVIEW con FieldPoint

4. INPLEMENTACION DEL SOFTWARE

4.1 GENERACION DEL ALGORITMO DE PID

En el controlador PID (Proporcional-íntegro-derivativo), el set point es comparado con la variable del proceso para obtener el error

$$e = SP - PV. \quad (4.1)$$

Se puede calcular teóricamente la acción del controlador como

$$u_c = K_c \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^1 e dt + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad (4.2)$$

Donde K_c es la ganancia del controlador. Si el error y la salida del controlador tienen el mismo rango que es -100% a 100%, la ganancia del controlador es el recíproco a la banda proporcional. T_i es el tiempo integral en minutos (también llamado tiempo de reset), y T_d es el tiempo derivativo en minutos (también llamado rate). La acción proporcional es

$$u_p = K_c e. \quad (4.3)$$

la acción integral es

$$u_i = \frac{K_c}{T_i} \int_0^1 e dt, \quad (4.4)$$

y la acción derivativa es

$$u_d = K_c T_d \frac{de}{dt}, \quad (4.5)$$

Los PID VIs llevan a cabo el algoritmo de PID como describe en las secciones siguientes. Los subVIs usados en estos VIs son los etiquetados de tal forma que podemos modificar cualquiera de estos rasgos como fuere necesario; es de indicar que mantendremos la simbología que usa Labview para el planteamiento de ecuaciones debido a que estos temas fueron tratados en capítulos anteriores.

Acción Proporcional.- En las aplicaciones e las que , los cambios del setpoint son normalmente mayores y más rápidos que las perturbaciones de carga, mientras las perturbaciones de carga aparecen como una salida lenta de la variable controlada del punto de ajuste “setpoint”.

La salida del controlador es la sumatoria de la acción proporcional, integral, y derivativa.

$$u(k) = up(k) + ui(k) + ud(k) \quad (4.12)$$

Limitación de salida.- la salida actual del controlador es limitado al rango especificado de la salida de control

$$si - u \geq u_{max} \text{ entonces } - u = u_{max}$$

$$si - u \leq u_{min} \text{ entonces } - u = u_{min}$$

Y el modelo práctico del controlador de PID es

$$u = K_c \left[(SP - PV) + \frac{1}{T_i} \int (SP - PV) dt + T_d \frac{de}{dt} \right] \quad (4.13)$$

Los PID VI usan un algoritmo de corrección de suma integral Una vez el error se disminuye, el controlador de salida decrece, Este algoritmo previene al controlador las salidas abruptas.

Los rangos predefinidos para los parámetros del setpoint, variable de proceso y salida corresponden a los valores de porcentaje; sin embargo, se puede usar las unidades de diseño real .La acción inversa (llamado incremento-decremento) es el modo normal del controlador en el cual la salida si la variable del proceso es mayor que el set point. Los VIs miden T i y T d en minutos. Cambiando para sostener el modo o el modo manual libera la salida a un valor corriente. En el modelo manual, podemos aumentar o puede disminuir la salida cambiando la entrada manual.

Como una regla general, maneje manualmente el proceso hasta que se encuentre o venga a cerrarse el setpoint, antes de que usted realice la transferencia de manual a automático.

4.2 PROGRAMACION DE GANANCIAS

La programación de ganancias describe un sistema donde los parámetros del controlador son cambiados dependiendo de las condiciones de operación medida.; por un instante la programación de la variable puede ser el set point, la variable del proceso, la salida de un controlador o una señal externa.

Por razones históricas, la palabra programación de ganancia (gain scheduling) se usa cuando cambian otros parámetros como el tiempo derivativo o el cambio de tiempo integral. La planificación de ganancia controla eficazmente un sistema el cual cambia la dinámica de las condiciones con la que opera; de modo que podemos definir juegos ilimitados de parámetros de PID para la ganancia programada. Para cada programación podemos ejecutar el auto ajuste para poner al día los parámetros de PID.

Para la mayoría de los sistemas, generan un ciclo limitando debido a las características del regulador no lineal. De este ciclo, nosotros identificamos la información pertinente necesitada para la afinación de PID:

Si el controlador existente es únicamente proporcional, se observara la última ganancia K_u y el último período T_u .

Si el modelo existente es PI o PID, tiempo muerto y constante de tiempo T_p son dos parámetros en el modelo integral más el tiempo muerto.

4.3.- FORMULAS DE SINTONIZACION

Este paquete usa los métodos heurísticos Ziegler y de Nichols para determinar los parámetros de un controlador de PID. Cuando el auto ajuste VI, seleccionamos uno de tres tipos de desempeño de lazo: Rápido (1/4 radio amortiguado), normal (algunos rebosamiento) y lento (pequeño rebosamiento). Las siguientes tablas se refieren para cada tipo de desempeño de lazo.

Controller	K_c	T_i	T_d
P	$0.5K_u$		
PI	$0.4K_u$	$0.8T_u$	
PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.12T_u$

Controller	K_c	T_i	T_d
P	$0.2K_u$		
PI	$0.18K_u$	$0.8T_u$	
PID	$0.25K_u$	$0.5T_u$	$0.12T_u$

Controller	K_c	T_i	T_d
P	$0.13K_u$		
PI	$0.13K_u$	$0.8T_u$	
PID	$0.15K_u$	$0.5T_u$	$0.12T_u$

Controller	K_c	T_i	T_d
P	T_p/τ		
PI	$0.9T_p/\tau$	3.33τ	
PID	$1.1T_p/\tau$	2.0τ	0.5τ

Controller	K_c	T_i	T_d
P	$0.44T_p/\tau$		
PI	$0.4T_p/\tau$	5.33τ	
PID	$0.53T_p/\tau$	4.0τ	0.8τ

Controller	K_c	T_i	T_d
P	$0.26T_p/\tau$		
PI	$0.24T_p/\tau$	5.33τ	
PID	$0.32T_p/\tau$	4.0τ	0.8τ

Tabla 4.1 Formulas de sintonización

Durante la sintonización, el proceso permanece bajo lazo cerrado (PID); no se necesita apagar al controlador existente y ver el desempeño bajo condiciones de lazo abierto.

4.4.- TECNICAS DE SINTONIZACIÓN

Los siguientes procedimientos de sintonización de los controladores son basados en el trabajo de Ziegler y Nichols, los diseñadores de la afinación de Proporción de Cuarto-decaimiento, las técnicas derivaron de una combinación de teoría y observaciones empírico (Corripio 1990). El experimento con estas técnicas en su proceso o con una de la Simulación de mando de proceso VIs para compararlos. Para

procesos diferentes, un método podría ser más fácil o más exacto que el otro que describiremos son el procedimiento de lazo cerrado, de última ganancia y procedimiento de lazo abierto (prueba paso)

4.5.- SINTONIZACION LAZO CERRADO

Aunque el procedimiento de sintonización de lazo cerrado muy exacto, se debe poner el proceso en un estado continuo de oscilación y observar la variable del proceso en una carta de registro. Para realizar el procedimiento de sintonización del lazo cerrado cerrado-vuelta se debe completar los pasos siguientes:

1. Fije el rate y el reset en su controlador PID a 0.
2. Con el controlador en el modo automático, cuidadosamente aumente la ganancia proporcional (K_c) en los pasos pequeños. Perturbe el lazo después de cada paso haciendo un pequeño cambio en el set point. La variable del proceso deberá empezar a oscilar tanto como se incrementa la K_c .; mantenga haciendo los cambios hasta que la oscilación sea perfectamente sostenida, ni creciendo ni decayendo sobre el tiempo.
3. Registre la banda proporcional del controlador como P_{Bu} como porcentaje.

$$\text{Donde } P_{Bu} = 100 / K_c.$$

4. Registre el periodo de oscilación como T_u en minutos.
5. Multiplique los valores medidos por los factores mostrados en la tabla 4.2 e ingrese los nuevos parámetros en el controlador; la tabla provee los valores apropiados una proporción del cuarto-de amplitud.

Controller	PB (percent)	Reset (minutes)	Rate (minutes)
P	$2.00P_{Bu}$	—	—
PI	$2.22P_{Bu}$	$0.83T_u$	—
PID	$1.67P_{Bu}$	$0.50T_u$	$0.125T_u$

Tabla 4.2

Si se desea un menor rebosamiento, se puede incrementar la banda proporcional PB que tiene el mismo efecto como reducir la ganancia.

4.6.- SINTONIZACION LAZO ABIERTO

El procedimiento de sintonización de lazo abierto asume que se puede modelar cualquier proceso como un retraso del primero-orden y un puro tiempo muerto. Este método requiere más el análisis que el procedimiento de lazo cerrado; pero el proceso no necesita alcanzar la oscilación sostenida. Por consiguiente, la sintonización de lazo abierto podría ser más rápido y menos arriesgado para muchos procesos.

Es recomendable observar la salida y la variable del proceso (PV) en una carta de registro para realizar el procedimiento de lazo abierto se debe completar los siguientes pasos:

4. Ponga al controlador en el modo manual, fije la salida a un valor de operación nominal y permita a la variable del proceso estabilizarse completamente, registre los valores de la variable del proceso y su salida.
5. Haga un pequeño cambio en la salida y registre el nuevo valor
6. Determine PV para establecer valores como derivado de la muestra desplegada en la Figura 4.3 , los valores son como sigue

:

- Td -Tiempo muerto en minutos
- T-Time constante en minutos
- K- ganancia del proceso = cambio en output

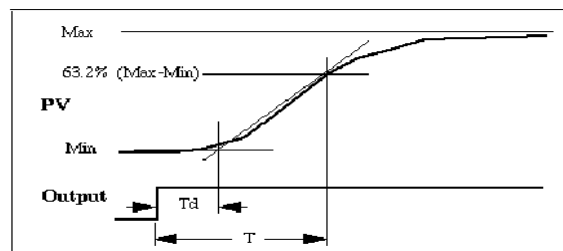


Fig. 4-3. El rendimiento y Proceso Variable

Multiplique los valores medidos por los factores mostrados en la tabla e ingrese los nuevos parámetros en el controlador. La tabla mantiene los valores apropiados una proporción del cuarto-amplitud. Si se desea menos rebosamiento incremente la banda proporcional el cual tiene el mismo efecto de reducir la ganancia K_c ; en resumen se obtiene los valores de proporción de lazo abierto-cuarto-decaimiento en la tabla 4.3

Controller	PB (percent)	Reset (minutes)	Rate (minutes)
P	$100 \frac{KT_d}{T}$	—	—
PI	$110 \frac{KT_d}{T}$	$3.33T_d$	—
PID	$80 \frac{KT_d}{T}$	$2.00T_d$	$0.50T_d$

Tabla 4.3 Calibración de cuarto decaimiento

Tabla 4.3

5.- ADAPTACIÓN DEL SISTEMA EN CONTROL DE NIVEL

En este capítulo se implementará lo revisado en capítulos anteriores con el fin de lograr un control PID con FieldPoint

5.1.- CONFIGURACION DE COMUNICACIÓN FIELD POINT CON LABVIEW

Se consideran los equipos a que el control tomara acción según la Fig 5.1

Estación de control de nivel Foxboro 721 que contiene los siguientes equipos

- Transmisor de nivel Rosmount rango 4-20 mA.
- Válvula de control acción 3-15 psi.
- Tanque de proceso 0-100%.
- Bomba de alimentación - Tanque recirculación.
- Válvulas de realimentación y electro válvulas para efecto de carga.

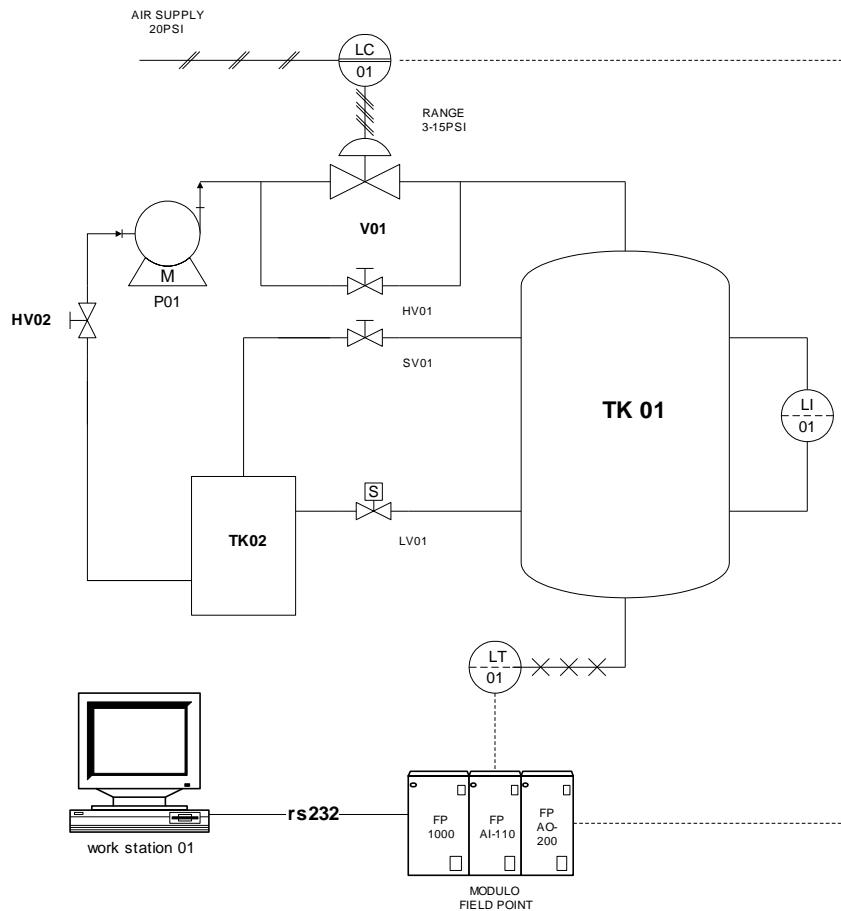


Figura 3.1 Estación de Control Nivel con FieldPoint

Los valores de proceso a ser considerados es

Nivel en % 0-100%

Acción del actuador 4-20 mA con FP AO 200

Señal de medida del proceso PV 4-20 mA / 0-100%

5.1.1.- IMPLEMENTACION DE COMUNICACIÓN CON FIELD POINT

De la figura 5.1 se requiere un lazo de control con FP AO 200; FP AI-110 y FP-1000; en la sección 3.2 se configuró con FieldPoint Explorer los tags correspondientes en el archivo FPIO.iak donde:

Interfase de comunicación FP 10000 dirección FP-1000@0

Señal de medida FP AI-110 dirección FP-AI-110@1

Señal de actuador FP AO-200 dirección FP-AO-200@2

A continuación con LabVIEW se deberá conseguir comunicación previa con los módulos mencionados anteriormente, en primer instante se diseñan las pantallas de presentación con el respectivo diagrama al siguiente VI Figura 5.2

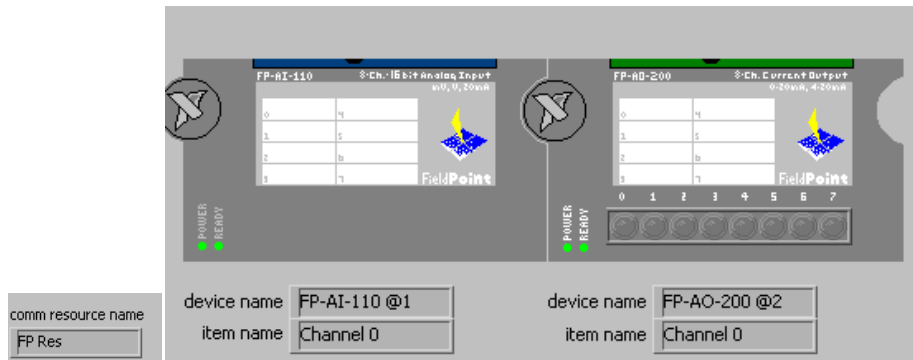


Figura 5.2 Configuración Panel presentación

Para la realización del Vi de control utilizamos el VI Create tag, FP Open y FP Close según figura 5.3.

Create tag se utiliza para crear una referencia entre los datos muestreados y la dirección asignada; dicha referencia es guardada como una salida en FP server refnum.

Fp Open es el sub VI mas importante el mismo que abre la comunicación con el FieldPoint server y el archivo de configuración .iak; generalmente si este archivo esta vacío carga con el ultimo que reconoció FieldPoint Explorer; mientras que FP Close cuando se le llama cierra la sesión de comunicación con el servidor de FieldPoint.

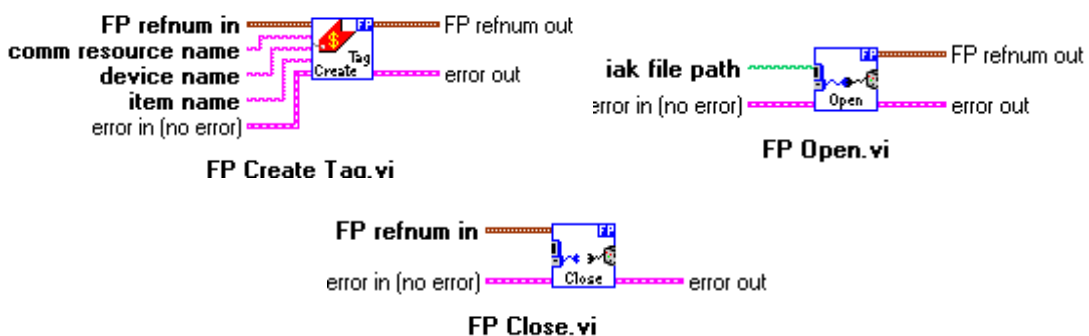


Figura 5.3 FP Create tag, Fp Open y FP Close

Para comunicar los módulos FP AI-110, FP AO 200; se crea lazo for - I con 2 array para que interrelacione valor-dirección asociada, integrándose los sub VI Create tag y FP Open. según Fig.5.4.

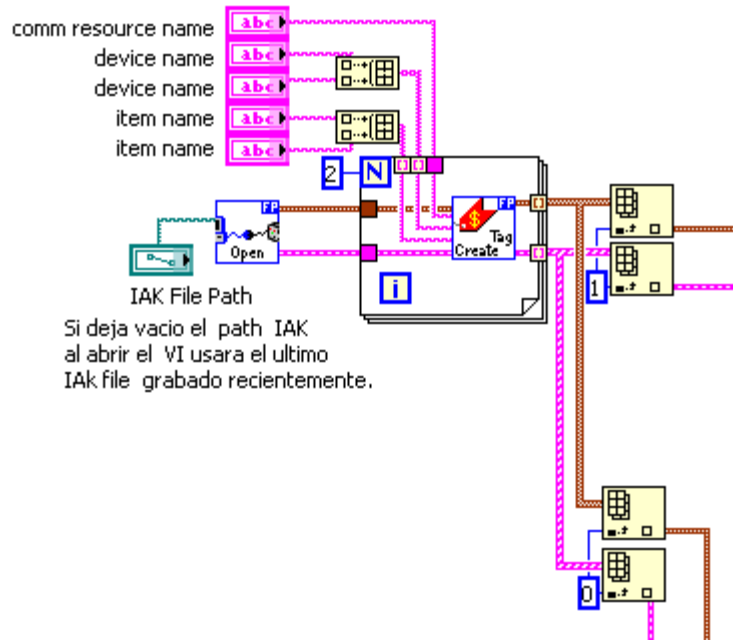


Figura 5.4 Integración vi. Lazo For I

Una vez dispuesta la configuración inicial, se podrá leer o escribir valores referenciales con los sub VI FP Read y FP Write desde/hacia los FP AI-110/FP AO-200, según Fig 5.5.

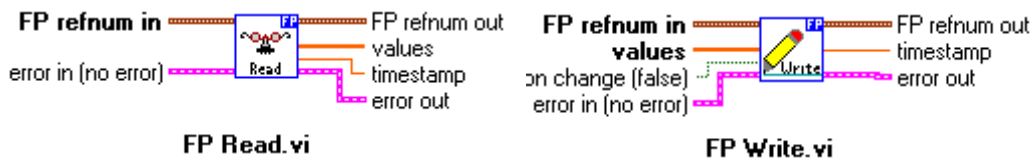


Figura 5.5 FP Read /FP write

FP Read toma los datos de la dirección específica en este caso FP-AI-110@1 para ser evaluados por el programa; mientras que FP write escribe el valor desde un programa de aplicación hacia la dirección dada por el tag FP-AO-200@2; FP Read /write están relacionados con las graficas de tendencias en medida del proceso PV y salida del controlador respectivamente según figura 5.6.

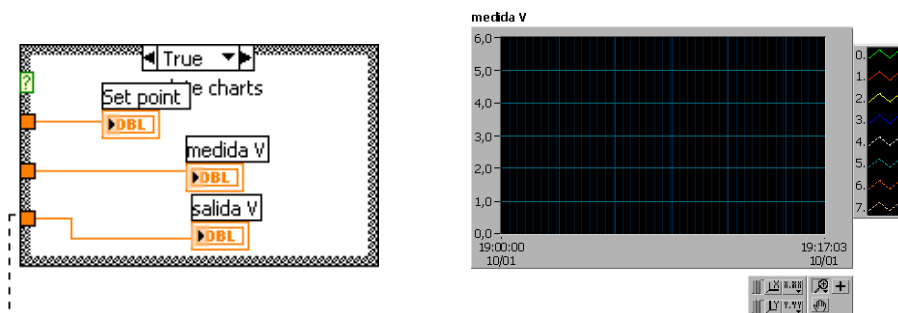


Figura 5.6 tendencia valores control

5.2.- SINTONIZACION DEL LAZO

Para la implementación del algoritmo se aplica la formula del capitulo 4.

$$E = SP - PV. \quad (4.1)$$

$$u \leftarrow Kc \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^1 ed + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad (4.2)$$

El primer paso inicial es determinar el error, set point, el rango de integración, las constantes de proporcional, integral, derivativa, el valor máximo y mínimo a ser considerado.

Como se definió el valor de nivel es un valor abstracto que no reconoce LabVIEW por tanto luego de ser acondicionada la señal el rango para calculo será de

0 % ----- 4 mA-----1 Voltio -- valor mínimo.

100% ----- 20 mA ----- 5 V---- valor máximo.

En la figura 5.7a y 5.7b se hace mención el panel de control que se utilizara en desarrollo del Vi. Con control PID y control manual.

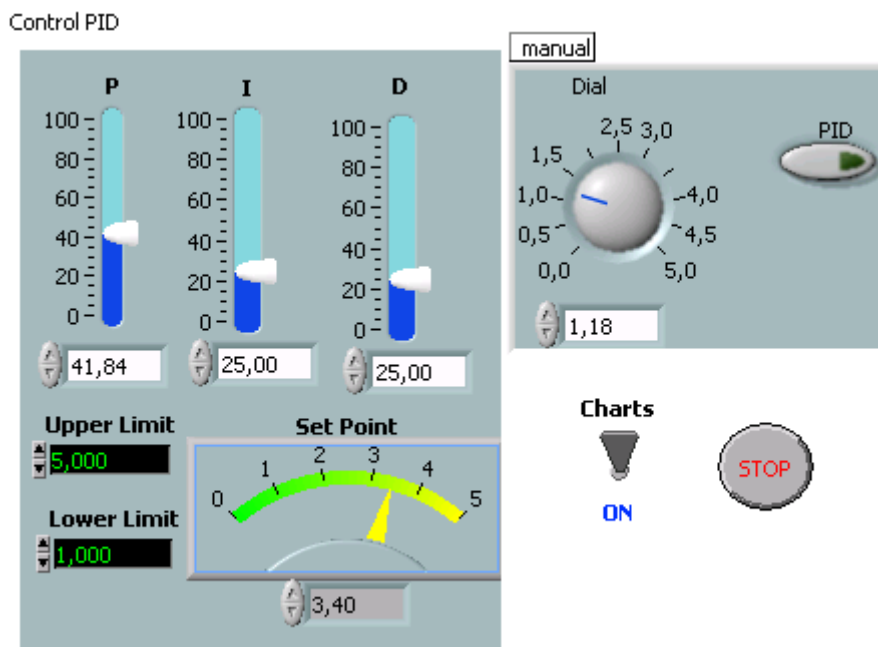


Figura 5.7.a Panel de control

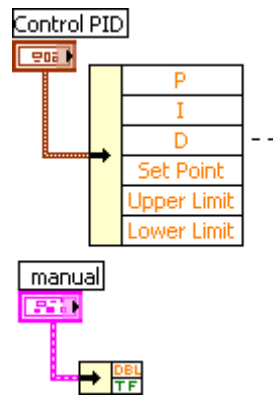


Figura 5.7.b Grafico asociado al panel de control

El VI matemático desarrollado por LabVIEW con una secuencia de case en la siguiente secuencia figura 5.8 a/b/c/d:

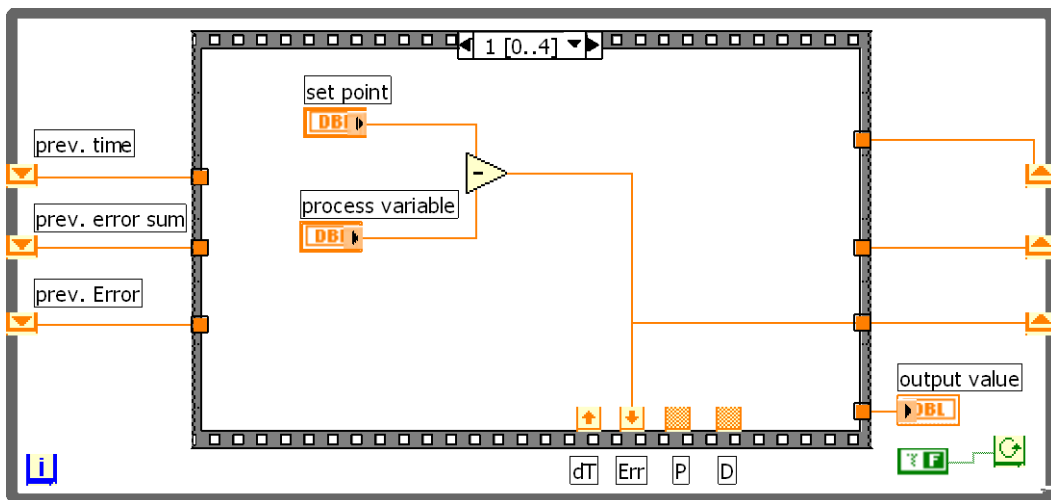


Figura 5.8 a. Detección de error

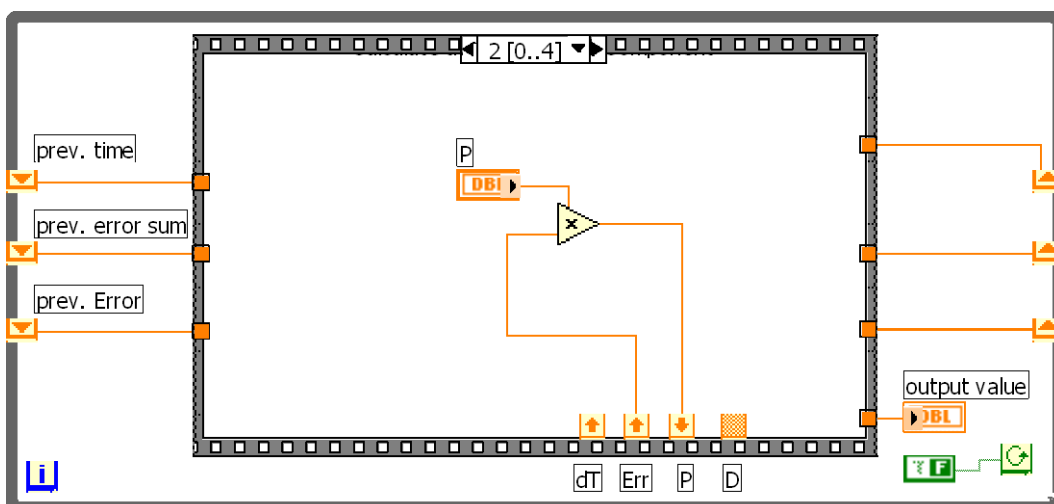


Figura 5.8 b. Componente proporcional

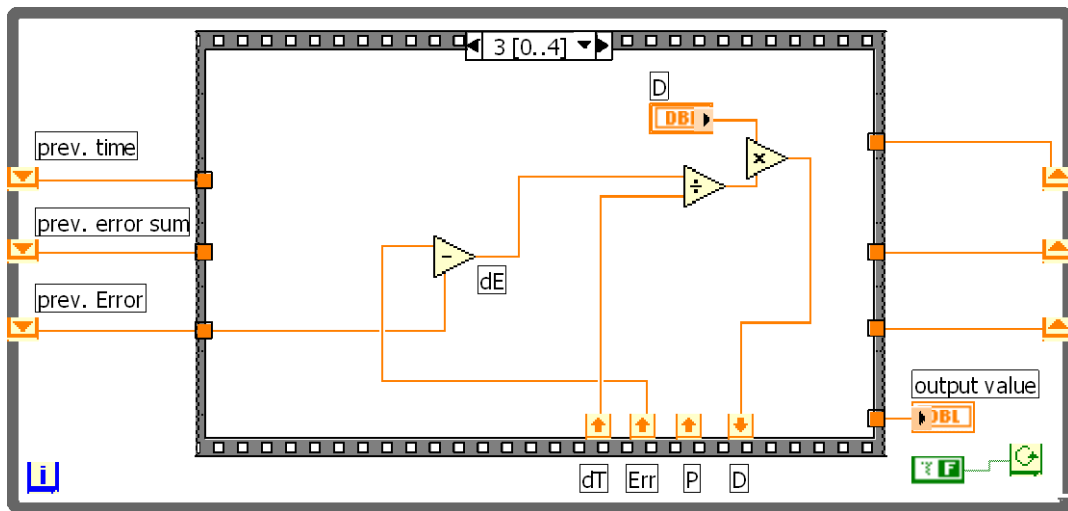


Figura 5.8 c Componente derivativa

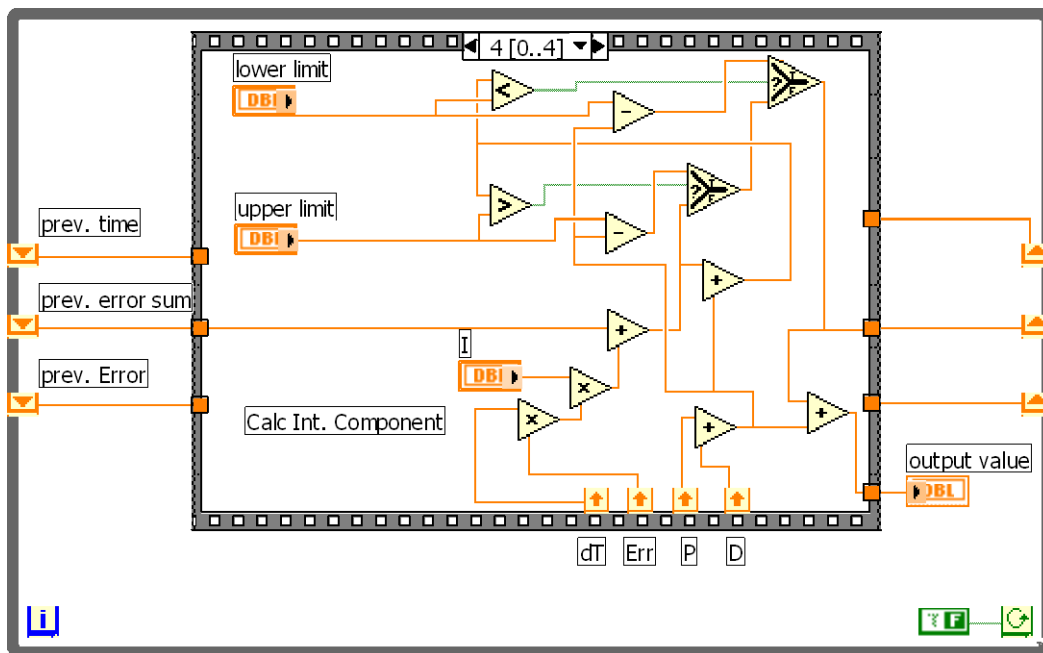


Figura 5.8 d Componente Integral

El sistema una vez integrado por los VI anteriores queda configurado según la figura 5.9.

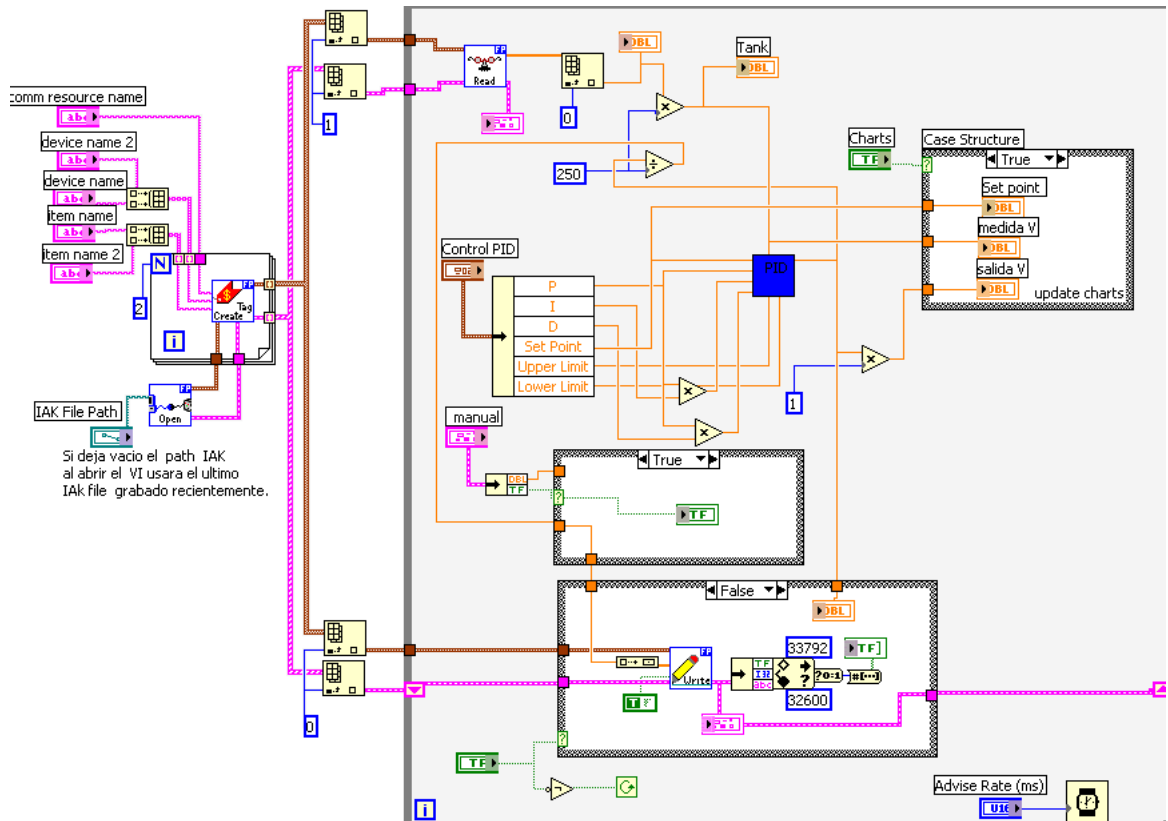


Figura 5.9 Implementación de PID con FieldPoint & LabVIEW

El panel control que este disponible para el usuario se indica en la figura 5.10

El vi monitorea el canal 1 de the FP-AI-110 y permite al usuario escribir hacia el canal 2 de FP-AO-200

la particion IAK es FP res utilizado en este VI (podría estar vacío) leera el ultimo IAK usado ultimamente



IAK File Path

Advise Rate (ms)

comm resource name

device name 2 item name

device name item name 2

- Para configurar el correcto device name resource y correspondiente item siga los siguientes pasos :
- 1) Confirme que los modulos FP-AI-110 and FP-AO-200 estan en las direcciones 1,2 en el banco de FieldPoint.
 - 2) Editar su correspondiente resource com de FiedPoint Explorer y ejecute "Find Devices" .
 - 3) Grabar el nuevo ".iak file "
 - 4) Cerrar FieldPoint Explorer

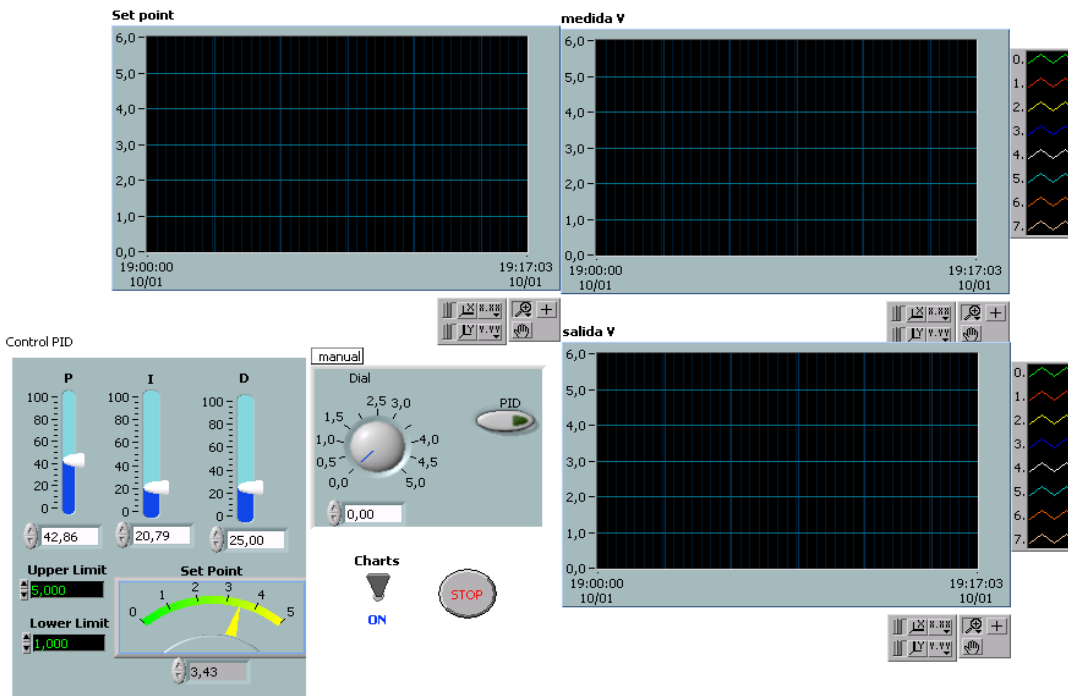
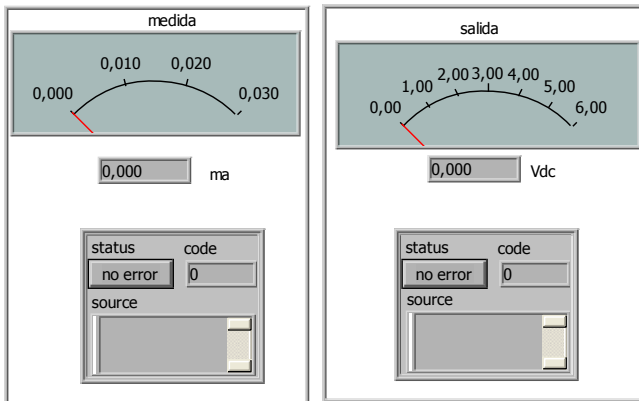


Figura 5.10 Panel Control Usuario PID

5.3.- SIMULACION DEL SISTEMA

5.3.1 prueba del lazo PID

Para la simulación del sistema se necesita se necesitan los siguientes requisitos:

1. Conexión del hardware según figura 5.1
2. Conectar los módulos FP 1000, FP AI 110 y FP AO200 según las tabla 5.1:

Modulo	Canal	señal	Terminales			
			I _{in}	I _{out}	V _{sup}	Com
FP AI 110	1	Entrada 4-20 mA	4		19	20
FP AO 200	2	Salida 4-20 mA		5	6	21

Tabla 5.1 terminales de conexión.

3. Conecte el cable RS 232 de la interfase al pórtico COM 1 del computador con la aplicación de LabVIEW, FieldPoint y FieldPoint Explorer; aplique la alimentación a la interfase FP1000 hasta que el led de indicación Ready este encendido; si es necesario corra FieldPoint Explorer para configurar los canales o cargue el archivo FPIO.iak que ya se creó según el capítulo 3.5.2.
4. Previo a correr la aplicación se necesita como paso previo según figura 1:
 - Energizar estación de nivel, verificar calibración de transmisor de nivel LT01
 - Aplicar alimentación de aire de 20 psi al actuador LC 01.
 - Abrir la válvula de seguridad SV1 y válvula de By pass HV01
 - Energizar manualmente la bomba de alimentación de líquido y llenar hasta un 50% luego apague la misma y cierre la válvula HV01.
- 5 Corra la aplicación LabFPPID.vi; fijar:
 - Los canales FieldPoint a ser muestreados: canal1 para FP AI 110 y canal 2 para FP AO 200.
 - Set point a 50% del valor, valores mínimos las constantes P, I, D. del VI..

6. Energizar la bomba de alimentación; en este instante el control estará funcionando Abriendo / cerrando la válvula V01 hasta que el error vaya a cero.
7. Para simulaciones de carga accione LV01 la misma que mantendrá un consumo determinado.
8. Aplicar las formulas de sintonización y procedimiento de calibración según lo enunciado en el capítulo 2; como ayuda los graficadores de actuador y medida del proceso tiene una pausa para poder visualizar los cambios de carga y proceder a realizar la sintonización requerida.

5.3.2.- CONTROL PROPORCIONAL DE PROCESO DE NIVEL

El entender como el proceso responde a perturbaciones, cambios de carga, cambios de setpoint es importante; para entender como afectan los ajustes de los controladores es perturbándole intencionalmente y luego monitoreando la reacción con el registrador.

- 1.- Instale y conecte el equipo según el enunciado 5.3.1
- 2.- Calibre el transmisor para 0-30 pulgadas de agua
- 3.- Fije las constantes integral y derivativa al mínimo y el punto de ajuste de la banda proporcional al 50%
- 4.- Manualmente ajuste la salida del controlador hasta que el error sea al mínimo
- 5.- Incremente el set point de 50 a 70 % del nivel deseado y registre la acción del controlador; detenga el registrador cuando el proceso se estabilice
- 6.- Disminuya la ganancia del controlador
- 7.- Repita el paso 4 y 5
- 8.- Incremente la ganancia del controlador y repita los pasos 4 y 5
- 9.- Repita los pasos 4 a 8 con cambios de carga abriendo la electro válvula SV01 de la
Según el diagrama de la figura 5.1.

5.3.3.- CONTROL PROPORCIONAL & INTEGRAL DE UN PROCESO DE NIVEL

El entender como el proceso responde a perturbaciones, cambios de carga, cambios de setpoint es importante. La adición de la acción integral llamado reset a un controlador proporcional elimina el error de estado estable; ajustes de ganancias mayores resultan en mayor inestabilidad, un incremento del reset ocasionara retorno al punto de ajuste mas rápido pero también produce inestabilidad si se gradúa muy ato;

- 1.- Instale y conecte el equipo según el enunciado 5.3.1
- 2.- Calibre el transmisor para 0-30 pulgadas de agua
- 3.- Fije las constantes integral y derivativa al mínimo y el punto de ajuste de la banda proporcional al 50%
- 4.- Manualmente ajuste la salida del controlador hasta que el error sea al mínimo
- 5.- Incremente la ganancia de la banda proporcional realice cambios de carga y grafique hasta que la salida se estabilice.
- 6.- Incremente gradualmente la ganancia integral y observe los resultados; realice cambios de carga del 50 a 70 % del nivel deseado y registre la acción del controlador; detenga el registrador cuando el proceso se estabilice
- 7.- Repita los pasos 5.y 6 con cambios de carga abriendo la electro válvula SV01 de la Según el diagrama de la figura 5.1.

5.3.4.- CONTROL PROPOCIONAL & INTEGRAL &DERIVATIVO DE UN PROCESO DE NIVEL

Para procesos que no pueden tolerar oscilación continua se utiliza controlador proporcional adicionando un componente integral. Para procesos que requieren estabilidad mejoradas y pueden tolerar error de estado estable, se utiliza un controlador derivativo, la acción derivativa adelanta la salida proporcional; el control derivativo es difícil de ajustar es utilizado cuando el tiempo de retardo es muy excesivo como en controles de temperatura

- 1.- Instale y conecte el equipo según el enunciado 5.3.1
- 2.- Calibre el transmisor para 0-30 pulgadas de agua
- 3.- Fije las constantes integral y derivativa al mínimo y el punto de ajuste de la banda proporcional al 50%

- 4.- Manualmente ajuste la salida del controlador hasta que el error sea al mínimo
- 5.- Incremente la ganancia de la banda proporcional realice cambios de carga y grafique hasta que la salida se estabilice.
- 6.- Incremente gradualmente la ganancia integral y observe los resultados; realice cambios de carga del 50 a 70 % del nivel deseado y registre la acción del controlador; detenga el registrador cuando el proceso se estabilice
- 7.- Incremente gradualmente la ganancia derivativa y observe los resultados; realice cambios de carga del 50 a 70 % del nivel deseado y registre la acción del controlador; detenga el registrador cuando el proceso se estabilice
- 8.- Repita el paso 5, 6 y 7 con cambios de carga abriendo la electro válvula SV01 de la según el diagrama de la figura 5.1.

5.3.5.- SINTONIZACION DEL PUNTO DE UN PROCESO DE NIVEL.

Existen varias opciones para poder sintonizar un control de Nivel con PID según se indico en capítulos anteriores como son el de ganancia unitaria, el de periodo fundamental y el de lazo abierto en este caso utilizaremos el de Ziegler Nichols de periodo fundamental.

- 1.- Instale y conecte el equipo según el enunciado 5.3.1
- 2.- Calibre el transmisor para 0-30 pulgadas de agua
- 3.- Fije las constantes integral y derivativa al mínimo y el punto de ajuste de la banda proporcional al 50%
- 4.- Manualmente ajuste la salida del controlador hasta que el error sea al mínimo
- 5.- Incremente la ganancia de la banda proporcional inicialmente en 100% gradualmente incremente la ganancia proporcional % realice cambios de carga y grafique hasta que la salida se estabilice con oscilaciones de amplitud constante.
- 6.- Utilice las ecuaciones 2.10, 2.11, 2.12 de las ecuaciones de Ziegler Nichols y determine los ajustes óptimos del controlador.
- 7.- Introduzca los nuevos valores de las constantes en PID y observe el nuevo comportamiento del sistema.

- 8.- Repita el paso 7 con cambios de carga abriendo la electro válvula SV01 de la según el diagrama de la figura 5.1.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES

- El sistema enunciado tiene aplicaciones para las estaciones de presión, flujo y temperatura con pequeñas modificaciones.
- Con el presente trabajo se da facilidades al usuario el interpretar el análisis de cambio de carga en procesos.
- El trabajo desarrollado se puede aplicar para la demostración práctica de controladores de proceso, sustituyendo al controlador Foxboro 761.
- Con la demostración de la aplicación de LabVIEW con Field Point surgen nuevos proyectos para el alumno, en la comunicación de múltiples estaciones de trabajo.
- Con el sistema desarrollado el técnico deberá tomar en cuenta la estabilidad del sistema, velocidad de respuesta y la precisión o error permisible del sistema cuando desee sintonizar cualquier sistema dinámico.
- El problema de determinar valores adecuados para los parámetros del controlador es en realidad un problema de optimización dada la dinámica del objeto de control dependiendo del número de variables involucradas, la naturaleza de la dinámica del sistema, y la función del criterio de error; es decir se deberá tomar en cuenta todos los parámetros que afecten directa e indirectamente a la variable controlada por ejemplo: flujo de alimentación al tanque, capacidad de carga, consumo máximo y mínimo, caudal que entregue la bomba de alimentación, capacidad del tanque, tiempo de retardo en la toma de medida de la muestra a ser analizada.
- El tiempo es una variable crítica en cualquier sistema de adquisición de datos para la conversión de señales análogas a digitales y viceversa por tanto se deberá tomar en cuenta dicho tiempo para reconsiderar tiempos de acción en el diseño de los controladores de los controladores.
- Cada elemento dinámico como la integral o la derivada tienen ciertas propiedades indeseables junto con las que son beneficiosas; una comprensión completa de las ventajas o riesgos de cada modo de control es requisito previo para realizar su selección inteligente.
- Los controladores electrónicos en realidad son menos eficaces que los analógicos debido al retraso de fase introducido por el muestreo; su ventaja se basa en la

mayor amplitud de la selección de algoritmos , la capacidad de calculo y la logica tanto en la entrada como en la salida.

6.2. RECOMENDACIONES

- La situación más crítica es la vida útil de los equipos; generalmente según normas vigentes la calibración y mantenimiento debe ser cada año; por tal motivo la recalibracion continua por prácticas de laboratorio generara que los transmisores empiecen a fallar.
- El resultado del diseño de control automático suele medirse por un conjunto de especificaciones de rendimiento el mismo tiene que ser viable y práctico; cuando mencionados requisitos no se cumplen es necesario un estudio dinámico de los lazos de control del laboratorio para encontrar la solución surgiendo nuevos temas de investigación.
- En el proceso general de diseño de sistemas en la formación del modelo, realización y optimización se podría incluir el diseño de sistemas con la ayuda de sistemas informáticos como Mat. Lab.
- Crece la necesidad de hacer mas énfasis en la aplicación de los controladores PID y la solución de fallas y partir mas allá de los conceptos básicos es decir llegar a sistemas en cascada, sistemas multimodo , sistemas control supervisión, sistemas de control anticipativo,

7.- BIBLIOGRAFIA.

- Sistemas de control de procesos, F. Shinsky
- Process Control Instrumentación , Curtis D Jonson, 6th edición
- Ingeniería de Control Moderno, Katsuhico Ogata
- Retroalimentación y Sistemas de Control , Distefano

- Sistemas de Comunicación , Couch
- Manual Field Point, Nacional Instruments
- Manual LabVIEW 6.1, Nacional Instruments

ANEXOS

