

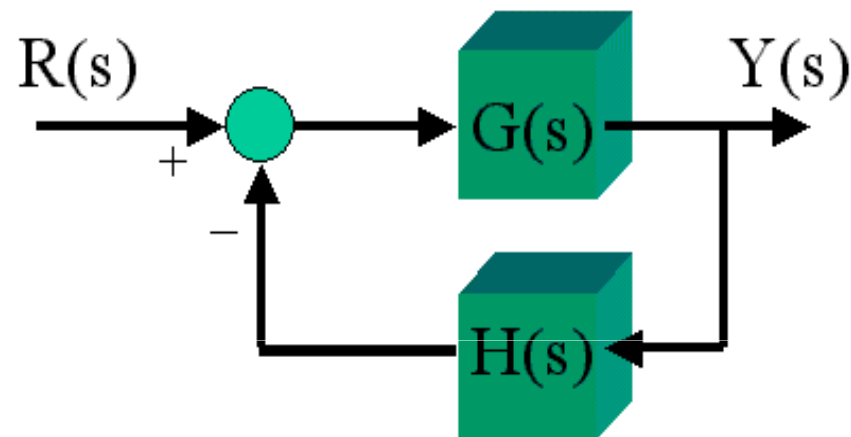


SISTEMAS DE CONTROL AVANZADOS NORMAS DE REPRESENTACIÓN

- CÁTEDRA: “SISTEMAS DE CONTROL”
- DOCENTE: Prof. Ing. Marcos A. Golato

Introducción

Los sistemas convencionales (lazos simples de control), no son suficientes algunas veces para la ejecución correcta de un control.



- Este sistema resuelve el problema mediante un procedimiento de prueba y error.
- Este sistema genera la señal de control en base a la diferencia entre los valores de medición y de referencia.

Sistemas de control avanzados

Son técnicas más efectivas que se aplican al lazo simple de control con realimentación, ya que muchas veces las perturbaciones provocan desvíos grandes con respecto al “set point” con demasiada duración.

Las técnicas empleadas son:

- Control en cascada.
- Control en adelante (Feed Forward).
- Control de relación.
- Control de restricción o selectivo.

Normas de representación de los sistemas de control

Diagramas P&ID:

Se denomina diagrama “P&ID” (Piping and Instrumentation Diagram), a los esquemas donde se registran toda la instrumentación sobre un diagrama de flujo de proceso. Estos permiten asociar a cada elemento de medición y/o control un código, denominado “TAG” del instrumento.

Simbología:

Los símbolos y nomenclaturas que se utilizan en los diagramas P&ID, se encuentran normalizados en diversos estándares. Las representaciones se realizan según:

- En Argentina: Norma IRAM-IAP 550, año 1972 y 1973 (IRAM 505).
- En el mundo:

Norma ISA (Instrument Society of America), S5.1 (1986), S5.2 (1981), S5.3 (1983), S5.4 (1986) y S5.5 (1989).

Norma SAMA (Scientific Apparatus Makers Association), esta organización se encarga de reunir y estandarizar los aparatos que se construyen para mediciones de variables físicas.

Identificación de los instrumentos

Consiste en un arreglo de letras y números, y es de primordial importancia para la interpretación de los diagramas P&ID.

Por ejemplo: para un controlador de nivel con indicación local, tendría la forma “LIC-101A”, con el siguiente significado:

L	I	C	101	A
PRIMERA LETRA	MODIFICADOR DE LA SEGUNDA LETRA	SEGUNDA LETRA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL LAZO	SUFIJO ADICIONAL

Significado de las letras

	PRIMERA LETRA	LETRAS SUCESIVAS
A	ANÁLISIS	ALARMA
C	ELEGIBLE POR EL USUARIO	CONTROL
D	ELEGIBLE POR EL USUARIO	DIFERENCIAL
E	TENSIÓN	ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN (SENSOR)
F	CAUDAL	RELACIÓN
L	NIVEL	BAJO
I	CORRIENTE	INDICACIÓN
P	PRESIÓN	-
Q	TOTALIZACIÓN / EVENTO	-
R	RADIACIÓN	REGISTRO
S	VELOCIDAD/FRECUENCIA	INTERRUPTOR
T	TEMPERATURA	TRANSMISOR
U	MULTIVARIABLE	MULTIFUNCIÓN
V	VIBRACIÓN	VÁLVULA
Y	INDEFINIDA	RELÉ DE CÓMPUTO O LÓGICO
Z	POSICIÓN	MOTOR / ELEMENTO FINAL DE CONTROL

- **PRIMERA LETRA**: indica siempre la variable que se controla.
- **MODIFICADOR DE LA PRIMERA LETRA**: indica diferencia, relación, etc, de la variable medida.
- **SEGUNDA LETRA**: describe la función cumplida por el elemento.

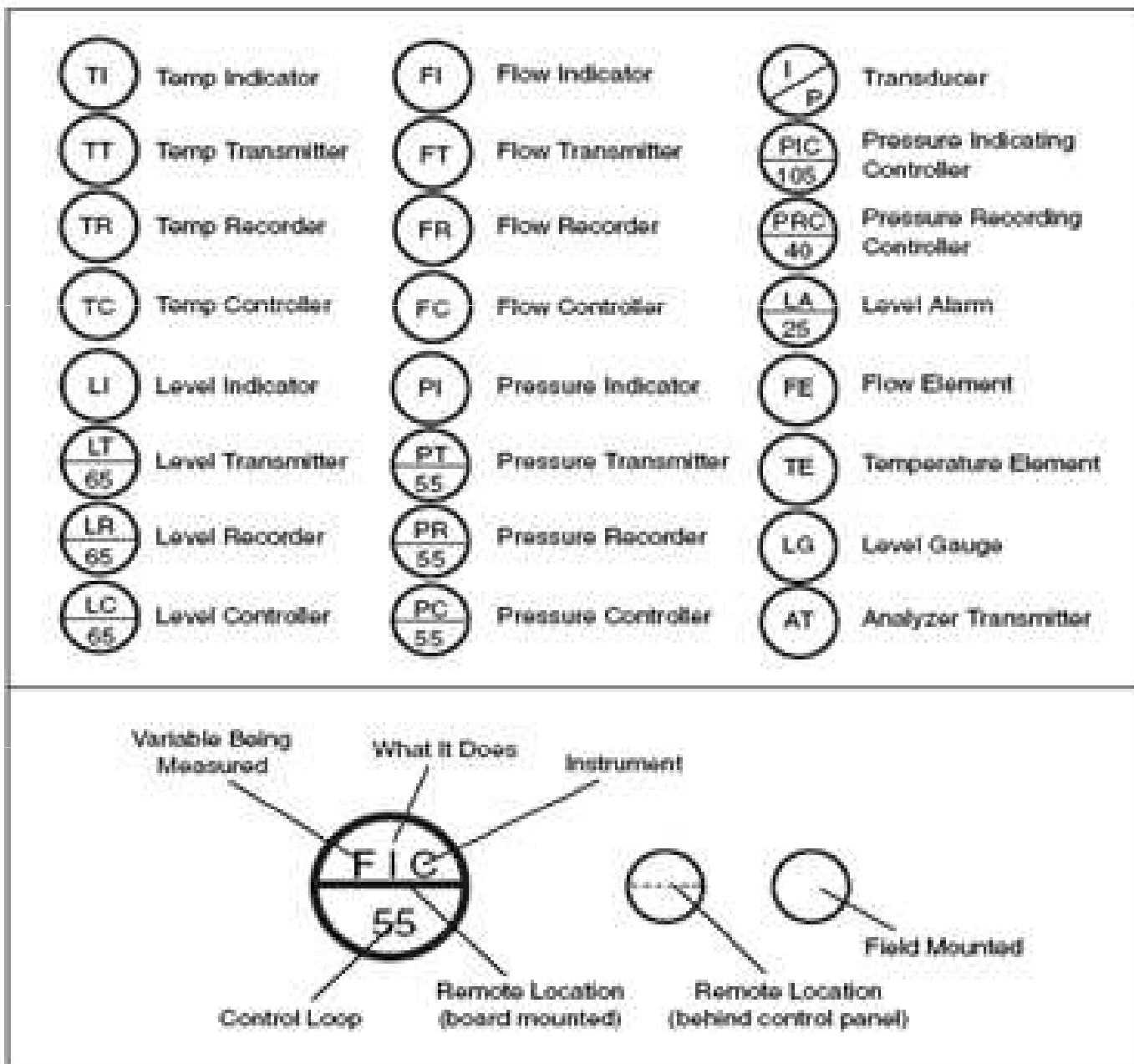
Ejemplos:

PT= Transmisor de presión (primera y segunda letra).

PDT= Transmisor diferencia de presión (primera letra con su modificadora y segunda letra).

PIT= Transmisor de presión con indicación local (primera y segunda letra con modificadora para la función pasiva de indicación).

INDICADORES E INSTRUMENTOS DE CONTROL



Ejemplo: Lazo de control de caudal

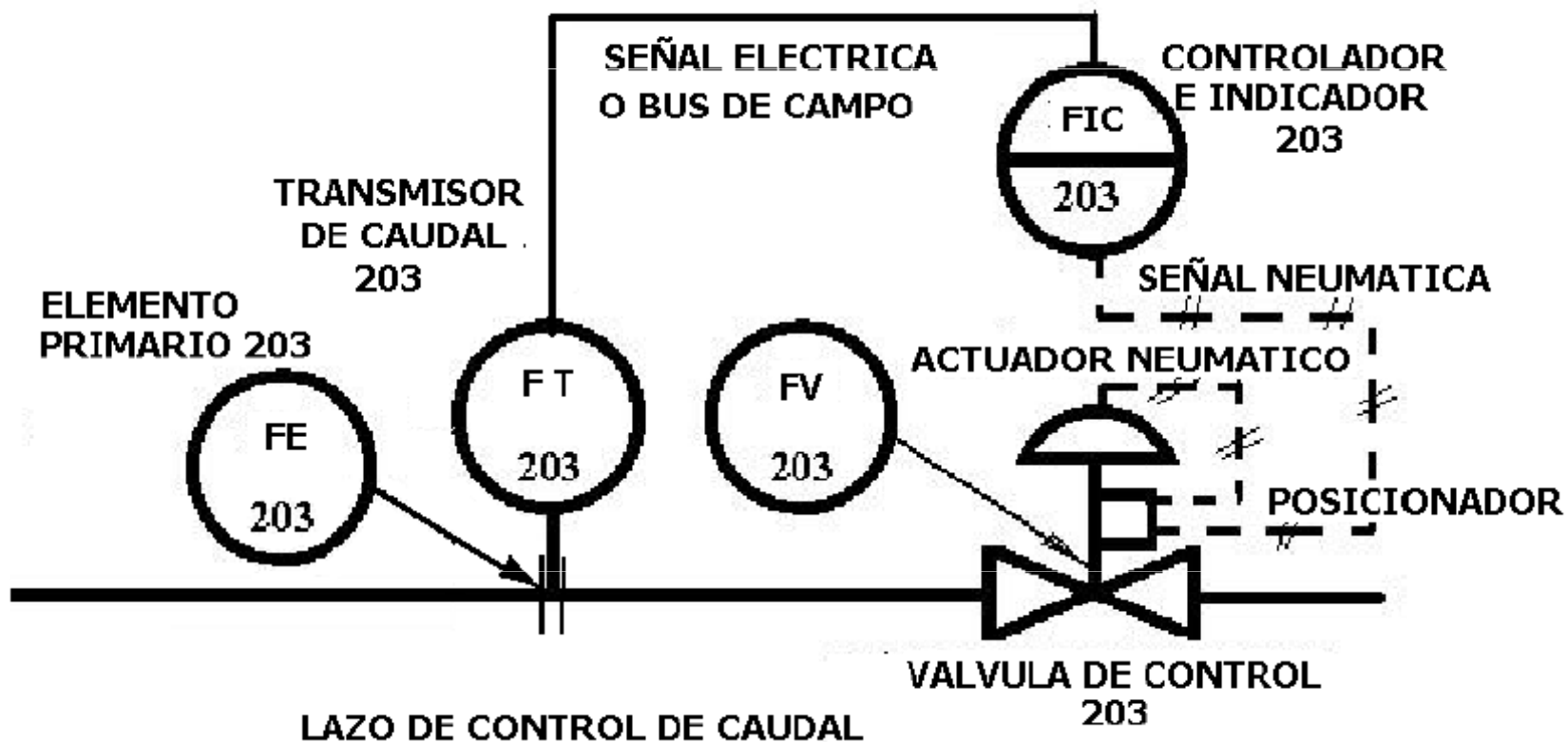
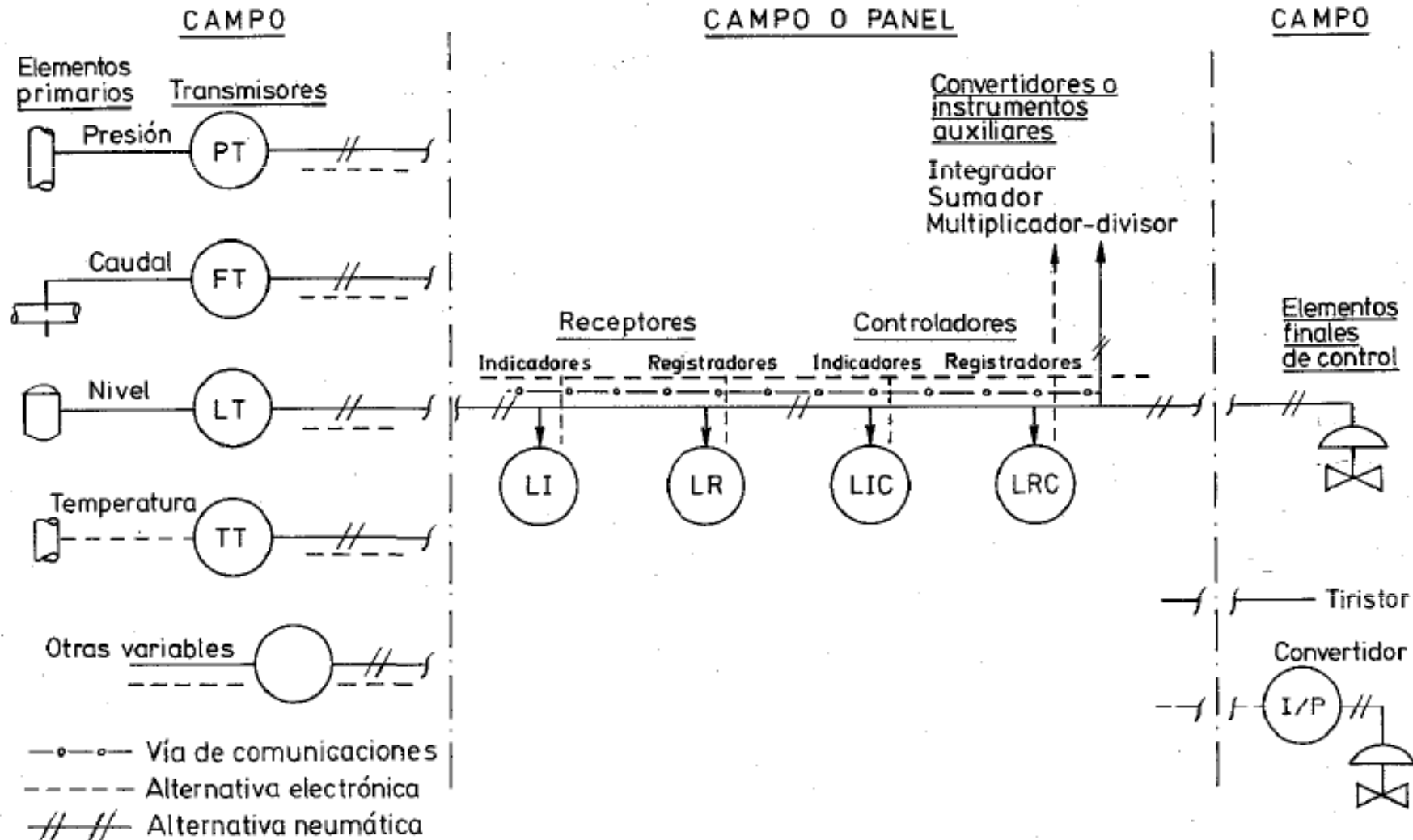


DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACIÓN (P&I)

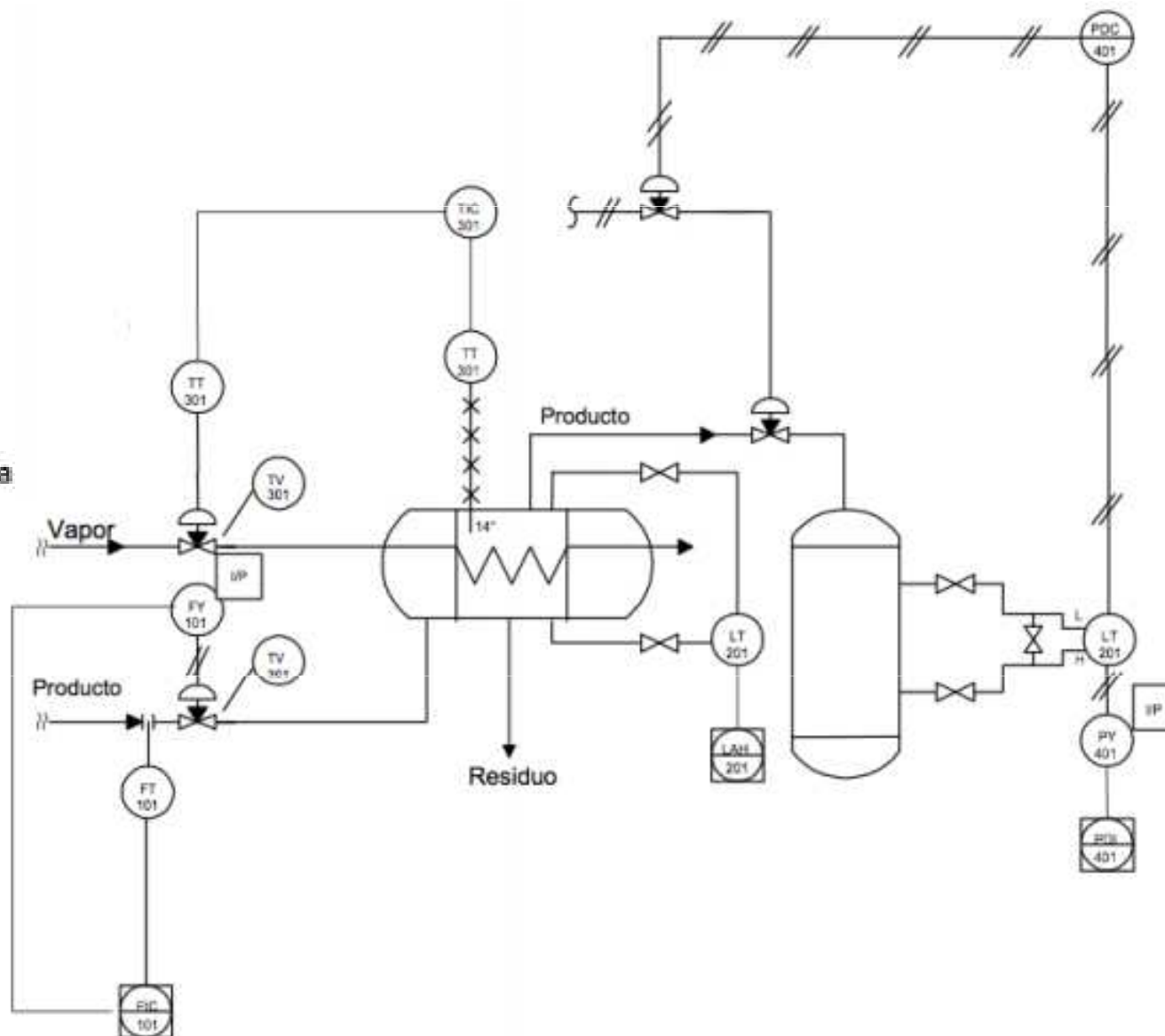
Ejemplos de identificación de instrumentos y su ubicación



Ejemplo: Sistema de control de una planta de calentamiento de un producto.

Leyenda:

- FT : Transmisor de Flujo
- FIC : Controlador Indicador de flujo
- FY : Relé de Flujo
- LAH: Nivel con Alarma de Alta
- LT : Transmisor de Nivel
- I/P : Corriente/Neumático
- PY : Relé de presión
- PDI: Indicador Presión Diferencial
- PDC: Controlador Presión Diferencial
- TT : Transmisor de Temperatura
- TV : Válvula de Temperatura
- TIC: Controlador Indicador de Temperatura



Símbolos SAMA p/ sistemas de control de combustión

Introducción

La complejidad de las estrategias usadas para el control de la combustión requiere una notación que exceda los Diagramas de Proceso e Instrumentación (P&IDs) estándar de la ISA (Sociedad de Instrumentación, Sistemas y Automatización). La Asociación Científica de Fabricantes de Aparatos (SAMA) ha desarrollado tal notación y esto se utiliza comúnmente para definir estrategias de control de combustión.

Fundamentos

La notación SAMA consiste en cuatro formas, una serie de letras para la información de la etiqueta y varios algoritmos matemáticos de control. Estos componentes, demostrados en las tablas abajo, se combinan para describir completamente la lógica de control compleja.

Tipo de Dispositivo	
	Medición o Indicación
	Procesamiento Manual
	Procesamiento Automático
	Control Final

Letras de Medición/Indicación			
A	Análisis	R	Registro
C	Conductividad	I	Indicación
D	Densidad	Q	Integración
F	Flujo	U	Adquisición Digital
L	Nivel	T	Transmisor
M	Humedad	RT	Transmisor Registrador
P	Presión	IT	Transmisor Indicador
S	Velocidad		
T	Temperatura		
V	Viscosidad		
Z	Posición		

Procesamiento de la Señal			
Adición	Σ	Selector Alto	$>$
Promedio	Σ/n	Selector Bajo	$<$
Diferencia	Δ ó $-$	Limitador Alto	∇
Proporcional	K ó P	Limitador Bajo	\nless
Integral	\int ó I	Proporción Inversa	$-K$ ó $-P$
Derivativa	d/dt ó D	Limite de Velocidad	$V \nless$
Multiplicación	\times	Bias	\pm
División	\div	Función de tiempo	$f(t)$
Raíz Cuadrada	$\sqrt[n]{x}$	Transferencia de señal	T
No-lineal	$f_1(x)$	Generador de señal	A
Tres estados	\updownarrow	Comparador de señal	$H/, /L$

FUNCION BLOCK – FUNCION DESIGNACION


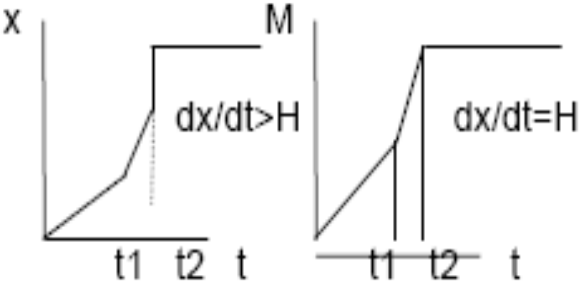
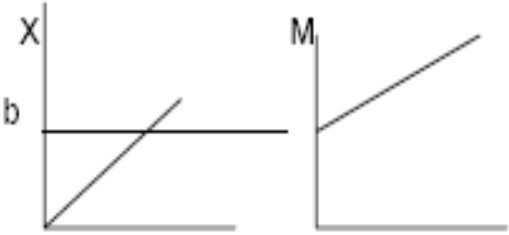

La función designación esta asociada con controladores dispositivos computacionales convertidores y relés se usa individualmente o en combinaciones(ver tabla 1 nota 14) Las “cajas” ayudan en la ubicación de símbolos u otras marcas en diagramas y permite que la función se use solo en block de diseño conceptual

Nº	FUNCION	SIMBOLO	ECUACION	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
1	SUMA	Σ	$M = X_1 + X_2 + \dots + X_n$		La salida es la suma algebraica de las entradas. Las entradas pueden ser positivas o negativas
2	PROMEDIO	$\frac{\Sigma}{n}$	$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$		La salida es la suma algebraica de las entradas dividida por el numero de entradas
3	DIFERENCIA	Δ	$M = X_1 - X_2$		La salida es la diferencia algebraica de dos entradas
4	PROPORCIONALIDAD	K 1:1 2:1	$M = KX$		La salida es directamente proporcional a la entrada. En un bloque K puede ser 1:1, 2:1 etc que reemplazan a K
5	INTEGRACION	\int	$M = \frac{1}{T_i} \int x dt$		La salida varia con ambas magnitudes y su duración. La salida es proporcional al tiempo de integración de la entrada
6	DERIVADA	d/dt	$M = T_D \frac{dx}{dt}$		La salida es proporcional a la razón de cambio de la entrada

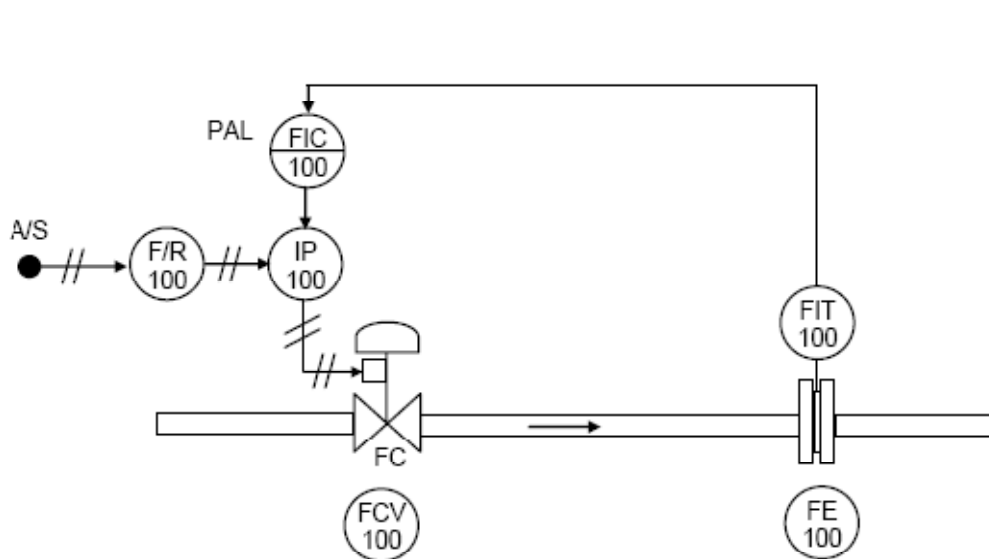
5.4 TABLA 3 CONTINUACION					
Nº	FUNCION	SIMBOLO	ECUACION	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
7	MULTIPLICACION	\times	$M = X_1 X_2$		La salida es el producto de las dos entradas
8	DIVISION	\div	$M = \frac{X_1}{X_2}$		La salida es el cociente de las dos entradas
9	EXTRAER RAIZ	$\sqrt[n]{\quad}$	$M = \sqrt[n]{X}$		La salida es la raíz n de las entradas si n es omitida se asume raíz cuadrada
10	EXPONENCIAL	X^n	$M = X^n$		La salida es igual a la entrada elevada a exponente n
11	NO LIENAL O FUNCION NO ESPECIFICADA	$M = f(x)$	$M = f(x)$		La salida es no lineal o función no especificada de la entrada
12	FUNCION TIEMPO	$f(t)$	$M = Xf(t)$ $M = f(t)$		La salida es igual a la entrada en función tiempo o al tiempo solamente

5.4 TABLA 3 CONTINUACION

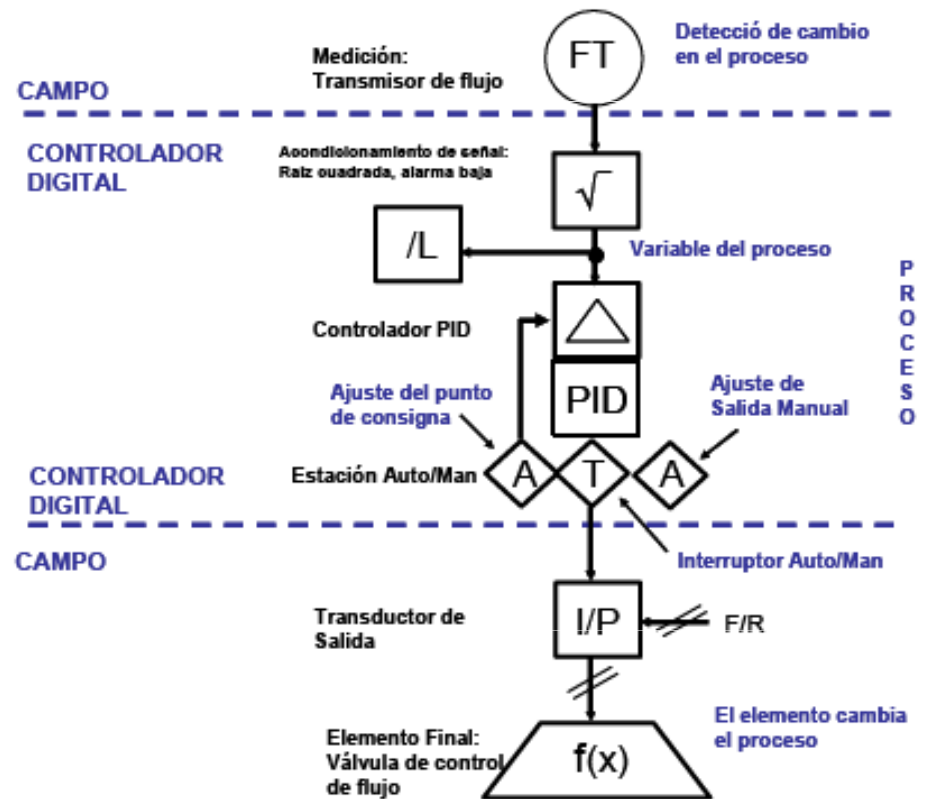
Nº	FUNCION	SIMBOLO	ECUACION	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
13	SELECCIÓN MAYOR	\vee	$M = \begin{cases} X. para X1 \geq X2 \\ X2. para X1 \leq X2 \end{cases}$		La salida es mayor que las entradas
14	SELECCIONA MENOR	\wedge	$M = \begin{cases} X. para X1 \leq X2 \\ X2. para X1 \geq X2 \end{cases}$		La salida es menor que las entradas
15	LIMITACION MAYOR	\vee (with a vertical line through it)	$M = \begin{cases} X. para X \leq H \\ H. para X \geq H \end{cases}$		La salida es igual a la entrada o al limite mayor, mientras el valor sea menor
16	LIMITACION MENOR	\wedge (with a vertical line through it)	$M = \begin{cases} X. para X \geq L \\ L. para X \leq L \end{cases}$		La salida es igual a la entrada o al limite menor mientras el valor sea mayor
17	PROPORCIONAL INVERSA	$-K$	$M = -KX$		La salida es inversamente proporcional a la entrada la entrada

5.4 TABLA 3 CONTINUACION					
Nº	FUNCION	SIMBOLO	ECUACION	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
18	LIMITACION DE VELOCIDAD		$\frac{dM}{dt} = \frac{dx}{dt} \left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} \leq H.AND \\ \frac{dx}{dt} \geq H.OR \end{array} \right. \frac{dx}{dt} \Big _{M=x}$		La salida es igual a la entrada, mientras la relación de cambio de la entrada no exceda un valor limite. La salida cambiara con la relación establecida de limite hasta que la salida sea igual a la entrada
19	BIAS	$\begin{array}{c} + \\ - \\ \pm \end{array}$	$M = X \pm b$		La salida es igual a la entrada más o menos un valor arbitrario (Bias)
20	CONVERTIDOR		Salida = f (entrada)	NADA	<p>La forma de la señal de salida es diferente que las señal de entrada.</p> <p>*</p> <p>E tensión H hidráulico I corriente Q electromagnético P Neumático A análogo B binario R resistencia eléctrica D digital</p>

Comparación de los métodos de notación ISA y SAMA para un lazo típico de control de caudal



Notación ISA



Notación SAMA

SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTACION – NORMA ISA



SIMBOLOS EN DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION		TEMPERATURA:	
	VALVULA DE GLOBO		DISCO DE RUPTURA PARA ALIVIO DE PRESION
	VALVULA DE COMPUERTA		DISCO DE RUPTURA PARA ALIVIO DE VACIO
	VALVULA DE ANGULO	ELEMENTOS PRIMARIOS	
	VALVULA DE MARIPOSA	FLUJO:	
	VALVULA DE BOLA		ORIFICIO DE RESTRICCIÓN FIJO
	VALVULA CHECK		PLACA DE ORIFICIO
	VALVULA DE AGUJA		PLACA DE ORIFICIO DE CAMBIO RAPIDO
	VALVULA DE TRES VIAS		ELEMENTO DE FLUJO TIPO VENTURI
	VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA		ELEMENTO DE FLUJO TIPO PITOT
	VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA y VOLANTE MANUAL		MEDIDOR DE CAUDAL TIPO TURBINA
	VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR MANUAL		MEDIDOR DE CAUDAL TIPO VORTEX
	VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR DE DIAFRAGMA y POSICIONADOR		MEDIDOR DE CAUDAL TIPO SONICO
	VALVULA AUTOMATICA CON ACTUADOR DE PISTON y MUELLE DE RETORNO		MEDIDOR DE CAUDAL TIPO ROTAMETRO
	VALVULA AUTOMATICA CON ACTUADOR DE PISTON DE DOBLE ACCION		ENDEREZADOR DE FLUJO
	VALVULA AUTOMATICA CON ACTUADOR ELECTROHIDRAULICO		TEMPERATURA: MEDIDOR DE TEMPERATURA CONEXION CON TERMOPOZO
			PUNTO DE MEDICION DE TEMPERATURA
			ELEMENTO DE TEMPERATURA SIN THERMOWELL (ELEMENTO NO CONECTADO A UN INSTRUM. SECUNDARIO)
			INDICADOR DE TEMPERATURA LOCAL
			ELEMENTO DE TEMPERATURA CON TERMOPOZA
		ELEMENTOS MISCELANEOS:	
			LUZ INDICADORA
			DETECTOR DE FUEGO ULTRAVIOLETA
			CORNETA PARA ALARMA
			CONTINUACION EN PLANO INDICADO
			LLEGADA DE PLANO INDICADO
		SIMBOLOS PARA RELES	
			SUMAR-RESTAR-TOTALIZAR
			RESTAR
			POLARIZACION

Fuente: ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).

IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS

FUNCION VARIABLE	REGISTRADOR	INDICADOR	CONTROLADOR	REGISTRADOR/ CONTROL	INDICADOR/ CONTROLADOR	INTEGRADOR/ TOTALIZADOR	ALARMA	RELE	TRANSMISOR	ELEMENTO PRIMARIO	VALVULA	(CV)	(SV)	(G)	(S)	
	(R)	(I)	(C)	(RC)	(IC)	(Q)	(A)	(Y)	(T)	(E)	(V)					
ANALISIS	A	AR	AI	AC	ARC	AIC	AQ	AA	AY	AT	AE	AV			AS	
LLAMA	B		BI	BC		BIC		BA	BY	BT	BE			BG	BS	
CONDUCTIVID.	C	CR	CI	CC	CRC	CIC		CA	CY	CT	CE	CV			CS	
DENSIDAD	D	DR	DI	DC	DRC	DIC		DA	DY	DT	DE	DV			DS	
VOLTAJE	E	ER	EI	EC	ERC	EIC		EA	EY	ET	EE				ES	
FLUJO	F	FR	FI	FC	FRC	FIC	FQ	FA	FY	FT	FE	FV	FCV	FSV	FG	FS
CORRIENTE	I	IR	II	IC	IRC	IIC	IQ	IA	IY	IT	IE				IS	
TIEMPO	K	KR	KI	KC	KRC	KIC	KQ	KA	KY	KT	KE	KV			KS	
NIVEL	L	LR	LI	LC	LRC	LIC		LA	LY	LT	LE	LV	LCV		LG	LS
HUMEDAD	M	MZ	MI	MC	MRC	MIC		MA	MY	MT	ME	MV			MS	
PRESION	P	PR	PI	PC	PRC	PIC		PA	PY	PT	PE	PV	PCV	PSV		PS
FRECUENCIA	S	SR	SI	SC	SRC	SIC		SA	SY	ST	SE	SV			SS	
VELOCIDAD	S	SR	SI	SC	SRC	SIC	SQ	SA	SY	ST	SE	SV			SS	
TEMPERATURA	T	TR	TI	TC	TRC	TIC		TA	TY	TT	TE	TV	TCV	TSV		TS
VISCOSIDAD	V	VR	VI	VC	VRC	VIC		VA	VY	VT	VE	VV			VG	VS
VIBRACION	Y	YR	YI	YC	YRC	YIC		YA	YY	YT	YE				YS	
PESO	W	WR	WI	WC	WRC	WIC	WQ	WA	WY	WT	WE	WV			WS	
INDEFINIDO	X	XR	XI	XC	XRC	XIC		XA	XY	XT	XE	XV			XS	
POSICION(*)	Z	ZR	ZI	ZC	ZRC	ZIC		ZA	ZY	ZT	ZE	ZV			ZG	ZS
MANUAL	H			HC		HIC		HA				HV			HS	

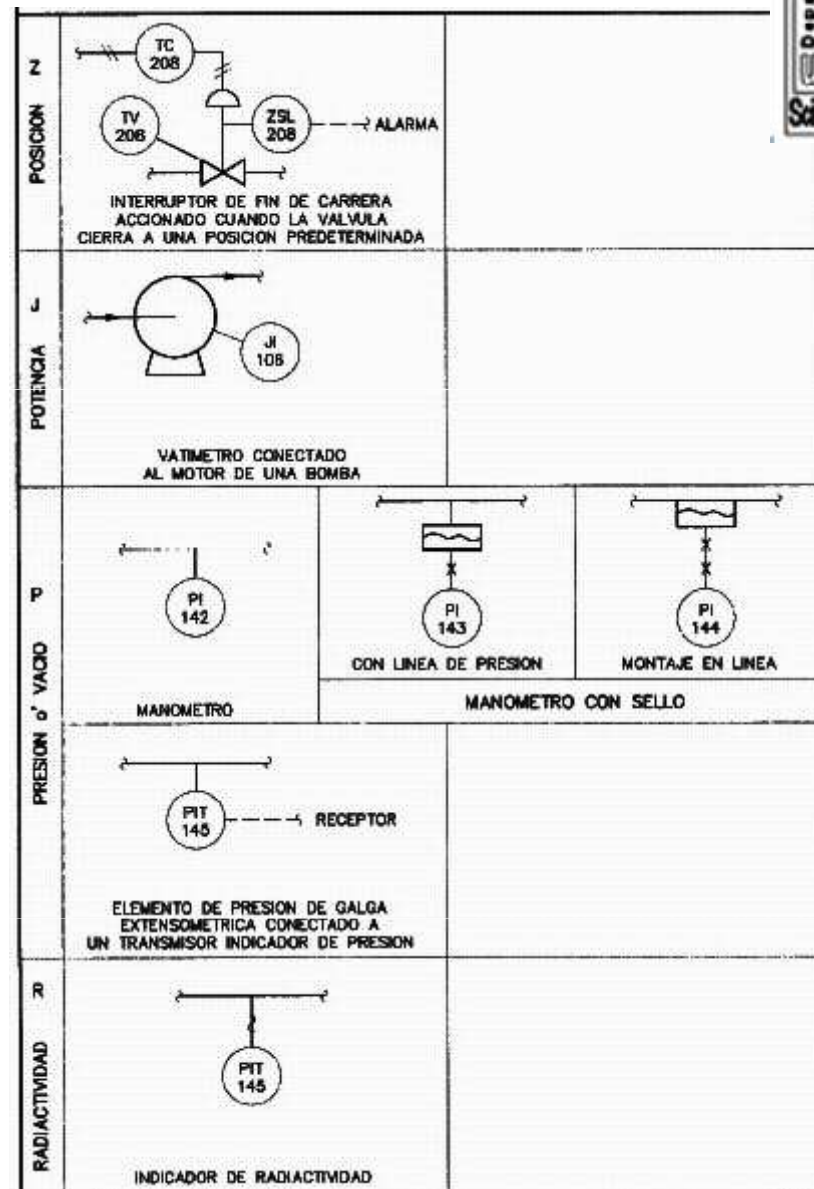
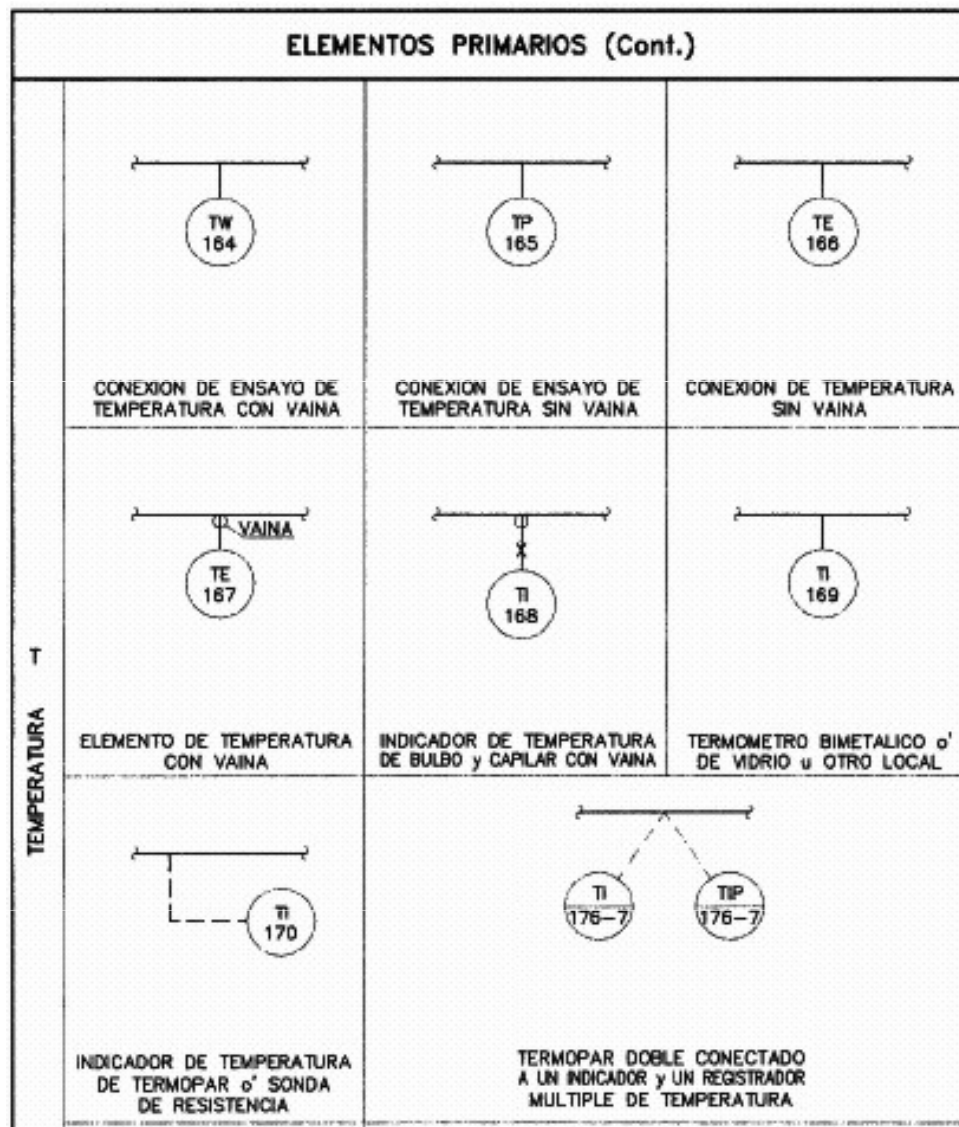
*SE LE DEBE AÑADIR UNO DE LOS SIGUIENTES SUFIJOS: H,L,HH,LL, PARA INDICAR ALTO BAJO, MUY ALTO o MUY BAJO



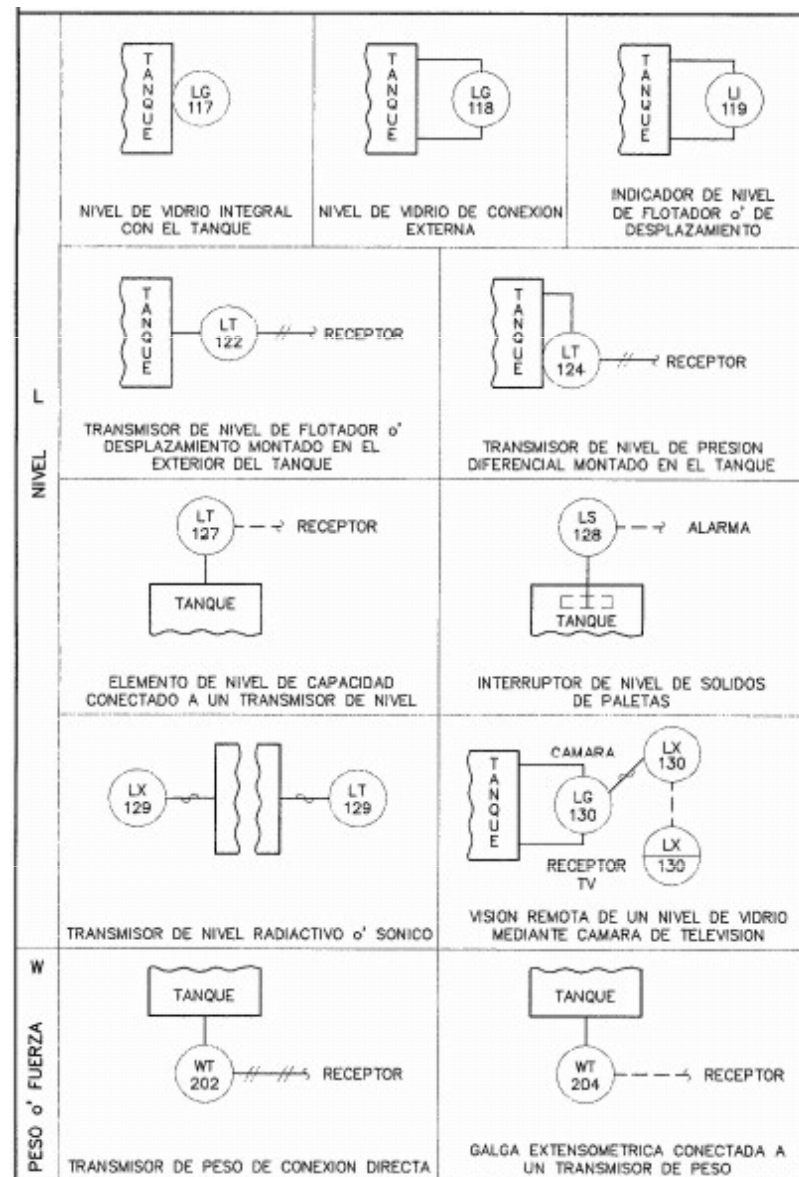
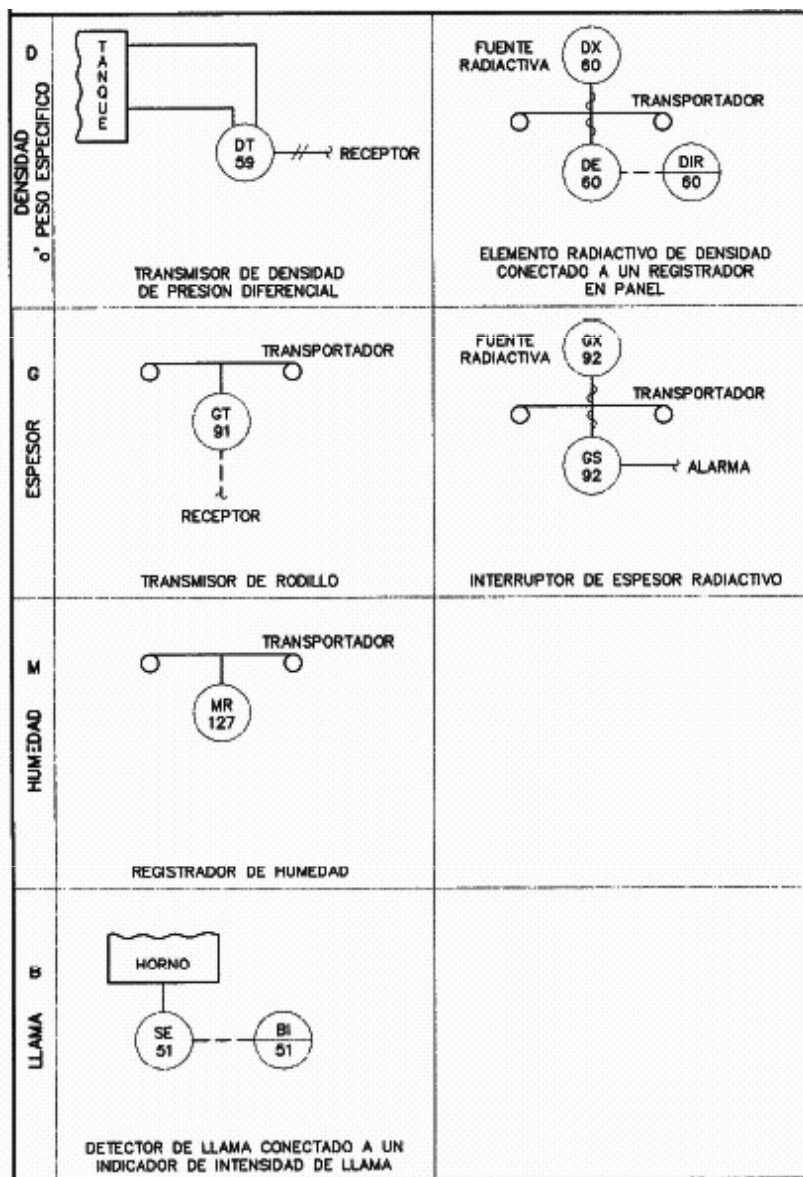
COMBINACION IMPROBABLE



COMBINACION IMPOSIBLE



Fuente: ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).



Fuente: ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).

ANÁLISIS A	<p>RECEPTOR RECEPTOR ANÁLISIS DOBLE DE OXIGENO y COMBUSTIBLE</p>		
	<p>PLACA-ORIFICIO CON TOMAS EN LA BRIDA o' EN LA CAMARA ANULAR</p>	<p>PLACA-ORIFICIO CON TOMAS EN LA VENA CONTRAIDA, RADIALES o' EN LA TURBINA</p>	<p>PLACA-ORIFICIO CONECTADA A UN TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL</p>
	<p>PLACA-ORIFICIO CON ACCESORIO DE CAMBIO RAPIDO</p>	<p>TUBO PITOT o' TUBO VENTURI-PITOT</p>	<p>TUBO VENTURI o' TOBERA</p>
CAUDAL F	<p>CANAL MEDIDOR</p>	<p>VERTEDERO</p>	<p>ELEMENTO DE TURBINA</p>

ELEMENTOS PRIMARIOS (Cont.)		
<p>ROTAMETRO INDICADOR DE CAUDAL</p>	<p>TOTALIZADOR INDICADOR DE CAUDAL DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</p>	<p>ELEMENTO SIN CLASIFICAR CONECTADO A UN CONTROLADOR DE CAUDAL</p>
<p>ELEMENTO SIN CLASIFICAR CON TRANSMISOR</p>		
<p>CELULA DE CONDUCTIVIDAD CONECTADA AL PUNTO 5 DE UN REGISTRADOR MULTIPLE</p>		
<p>TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD MIDIENDO CORRIENTE DE UN MOTOR</p>		

Fuente: ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).

ELEMENTOS FINALES DE CONTROL



VALVULA DE CONTROL
 DIAFRAGMA VS RESORTE
 FALLA DE AIRE ABRE (FO)
 FALLA DE AIRE CIERRA (fc)

EMPUJA PARA CERRAR
 (FALLA DE AIRE ABRE)

EMPUJA PARA ABRIR
 (FALLA DE AIRE CIERRA)



VALVULA DE MARIPOSA
 FALLA DE AIRE ABRE (FO)
 FALLA DE AIRE CIERRA (FC)

EMPUJA PARA ABRIR
 (FALLA DE AIRE CIERRA)

EMPUJA PARA CERRAR
 (FALLA DE AIRE ABRE)



TRES VIAS
 DESVIACION
 HACIA ABAJO

TRES VIAS
 DESVIACION
 HACIA DIRECTA

BOLA

SOLENOIDE

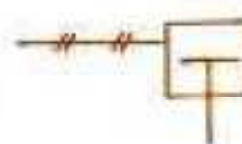
SOLENOIDE
 ALTERNADA



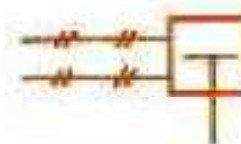
VALVULA CON
 POSICIONADOR





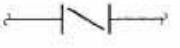

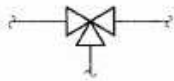
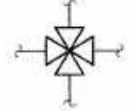
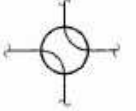

DIAFRAGMA VS
 DIAFRAGMA



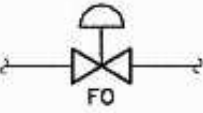
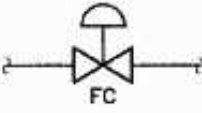
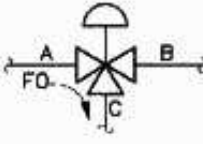
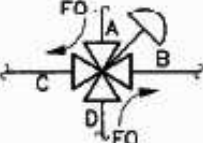
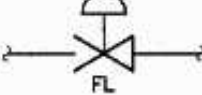
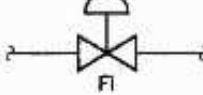
PISTON



PISTON DE
 DOBLE ACCION

SIMBOLOS PARA VALVULAS DE CONTROL			
 GLOBO, COMPUERTA u OTRA	 ANGULO	 MARIPOSA PERSIANA o' COMPUERTA	 OBTURADOR ROTATIVO o' VALVULA DE BOLA
 TRES VIAS	 ALTERNATIVA 1	 ALTERNATIVA 2	
CUATRO VIAS			
 SIN CLASIFICAR			



ACCION DEL ACTUADOR EN CASO DE FALLO DE AIRE (o' DE POTENCIA)		
 ABRE EN FALLO (FAIL OPEN)	 CIERRA EN FALLO (FAIL CLOSED)	 ABRE EN FALLO A VIA A-C
 ABRE EN FALLO A VIAS A-C y D-B	 SE BLOQUEA EN FALLO (FAIL LOCKED)	 POSICION INDETERMINADA EN FALLO (FAIL INDETERMINATE)

Fuente: ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).

Control en cascada

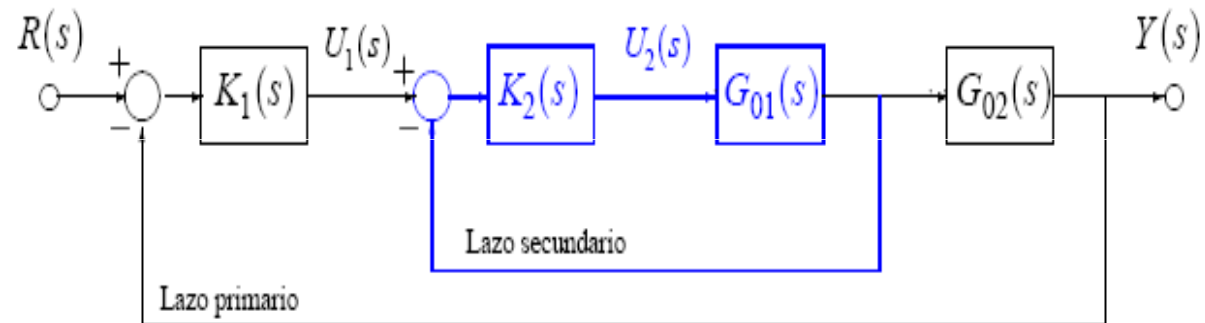
Control en el cual la señal de salida de un controlador ingresa como valor deseado en otro controlador; y la señal de salida de este último, actúa directamente sobre el elemento final de control.



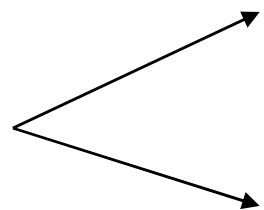
- **Es una estructura alternativa de control para rechazar perturbaciones parcialmente medibles.**
- **La idea básica es realimentar variables intermedias entre la perturbación y la salida.**

Estrategia del control en cascada

Estructura básica de un control en cascada:



Presenta básicamente dos lazos:



Lazo primario con un controlador primario $K_1(s)$.

Lazo secundario con un controlador secundario $K_2(s)$.

El control secundario se diseña para atenuar el efecto de la perturbación antes de que alcance a afectar significativamente la salida $y(t)$.

Ejemplo: Control de temperatura en un reactor continuo. Aplicación de un lazo de control simple.

Perturbaciones del sistema:

- Caudal producto
- Temperatura producto
- Composición producto
- Presión fluido refrig.
- Temperatura fluido refrig.

Inconvenientes:

Para cambios en T_c y P_c , el sistema responde lento debido al retardo en la transferencia de energía.

Diagrama P&ID

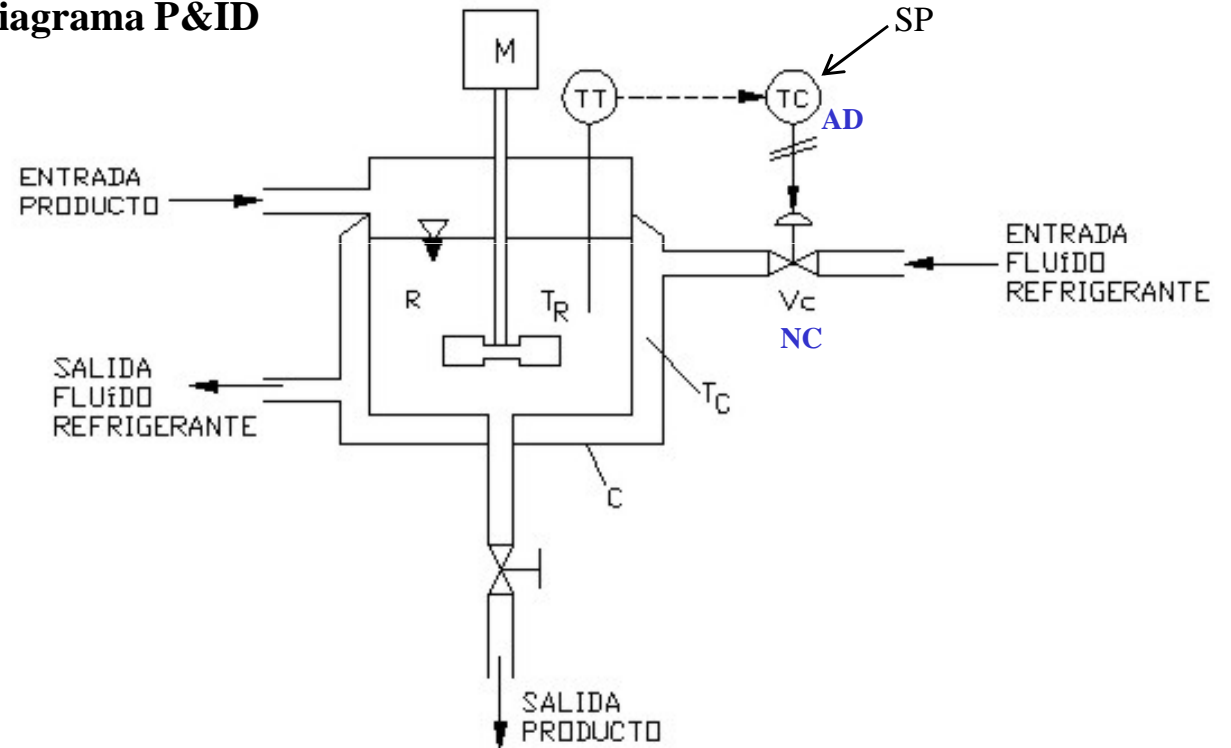
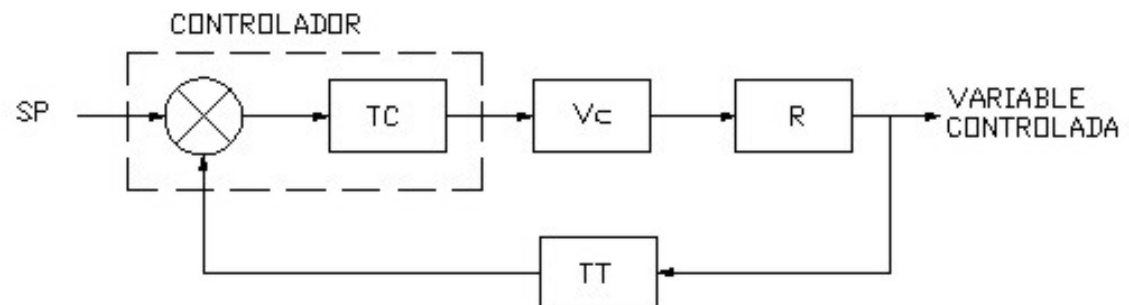


Diagrama de bloques



Ejemplo: Control de temperatura en un reactor continuo. Aplicación de un lazo de control en cascada Temp.-Temp.

Mejora:

Este sistema mantiene cte T_c , evitando variaciones grandes en T_R .

Inconvenientes:

Para variaciones de P_c el sistema pierde efectividad.

Diagrama P&ID

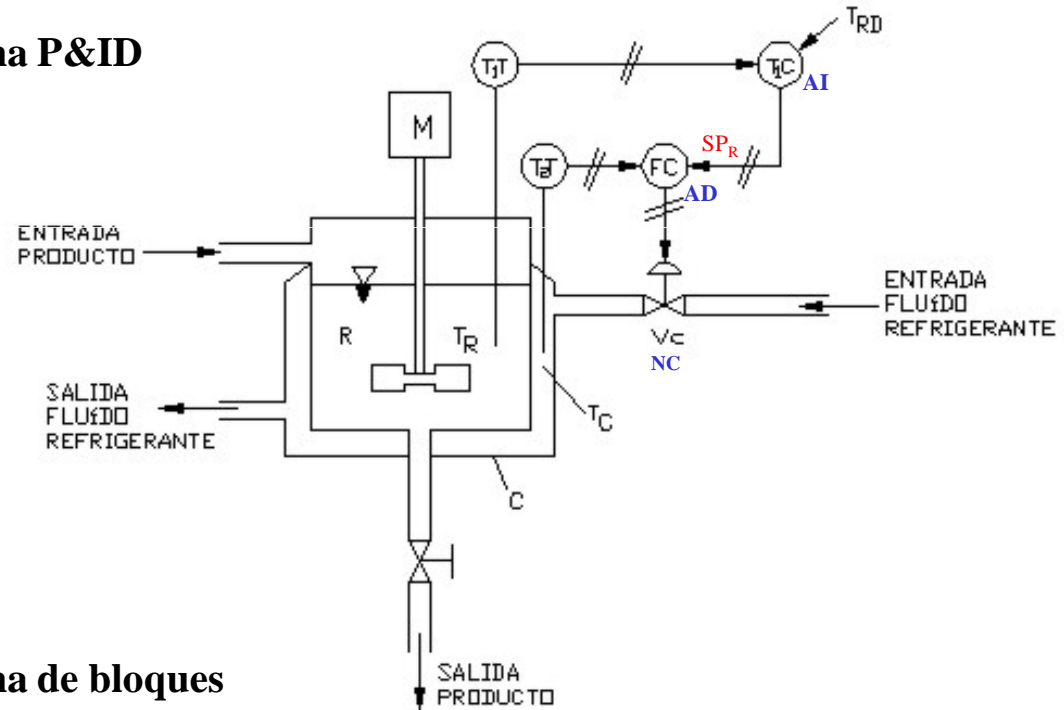
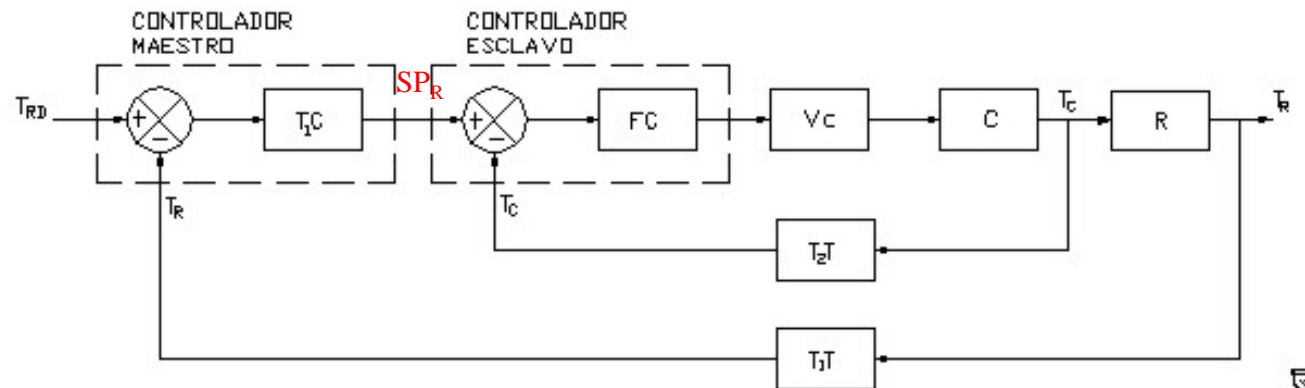


Diagrama de bloques



Ejemplo: Control de temperatura en un reactor continuo. Aplicación de un lazo de control en cascada Temp.-Caudal.



Mejora:

Este sistema tiene en cuenta las variaciones de P_c .

Inconveniente:

No ayuda p/ variaciones de T_c .

Diagrama P&ID

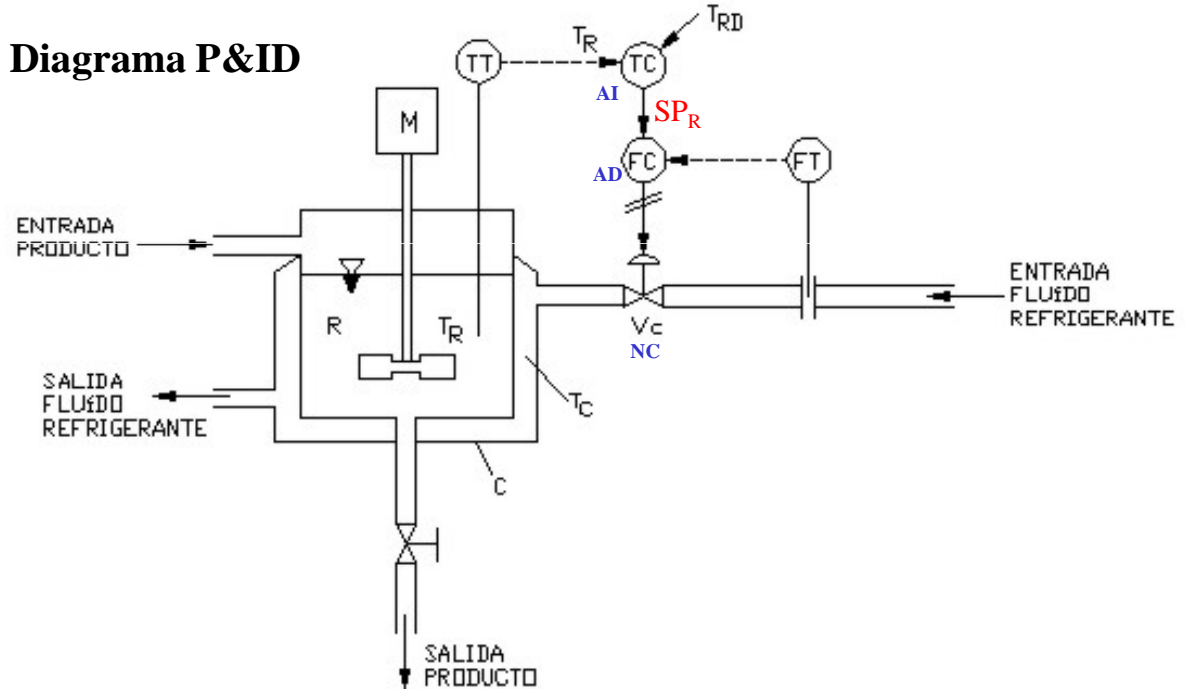
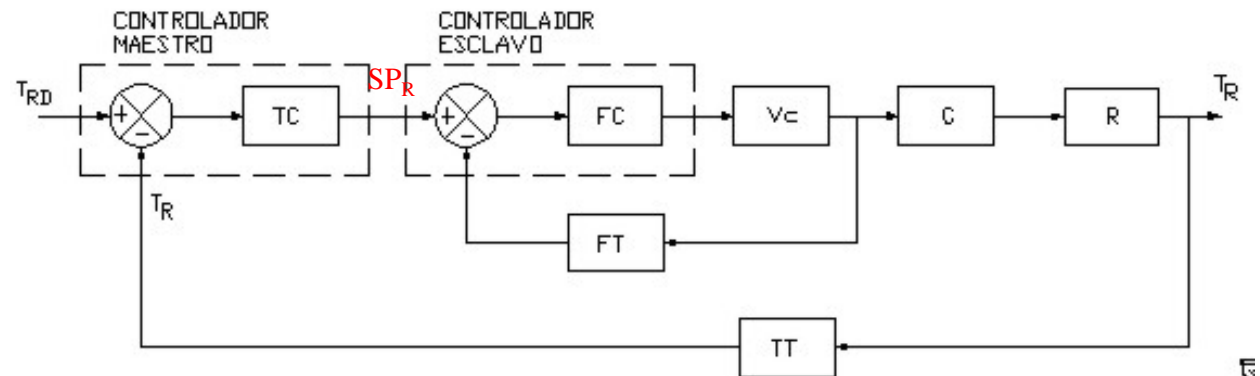


Diagrama de bloques



Ejemplo: Control de temperatura en un reactor continuo. Aplicación de un lazo de control con doble cascada Temp.- Temp.-Caudal.



Diagrama P&ID

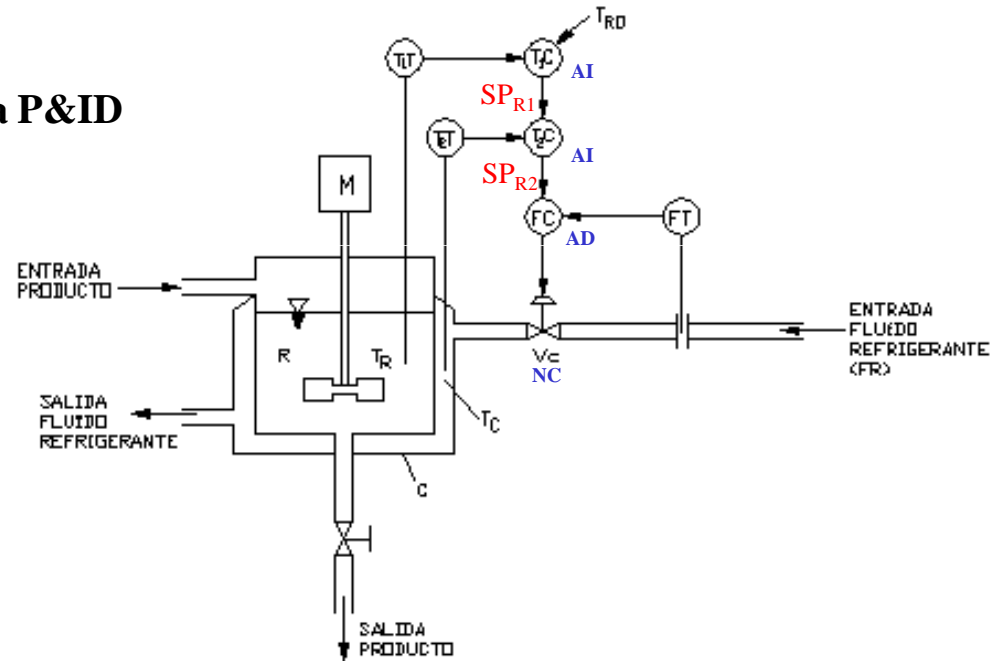
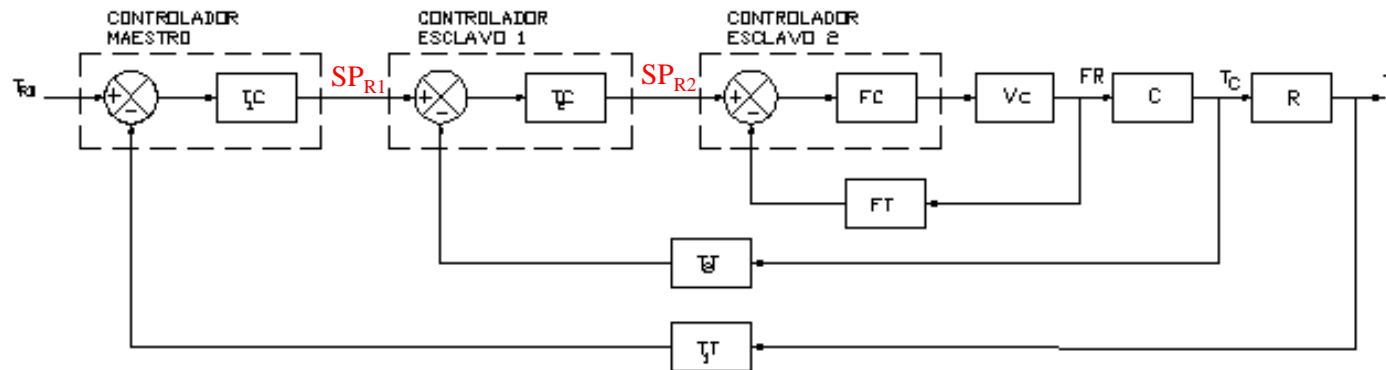
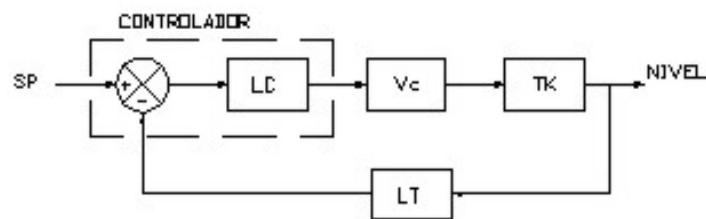
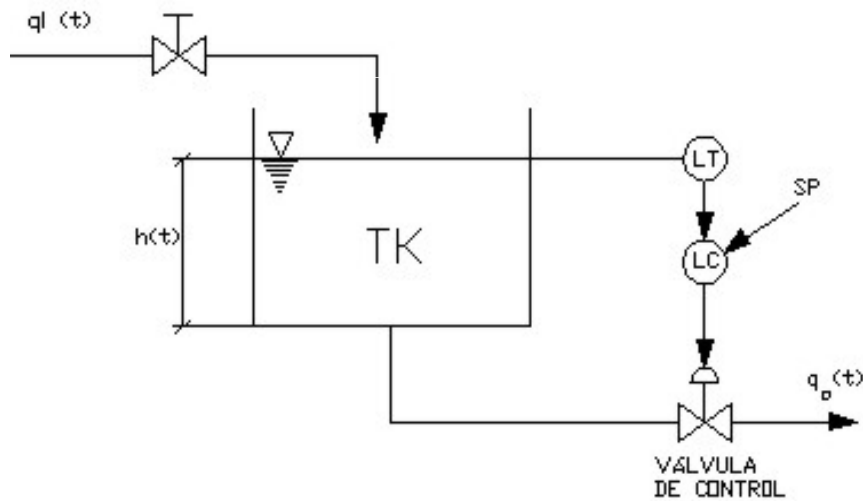


Diagrama de bloques

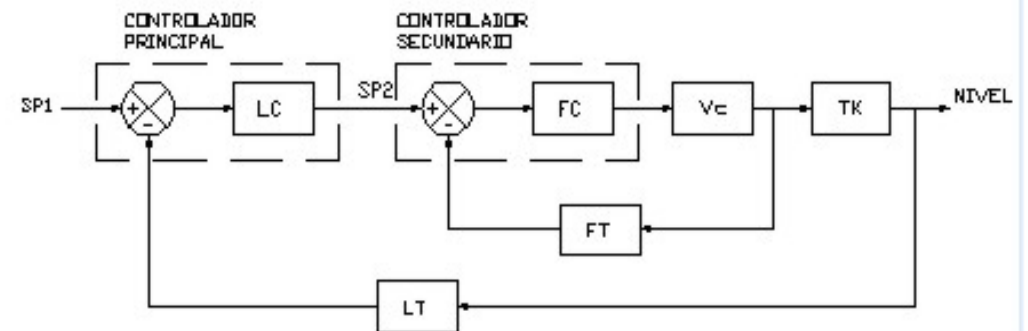
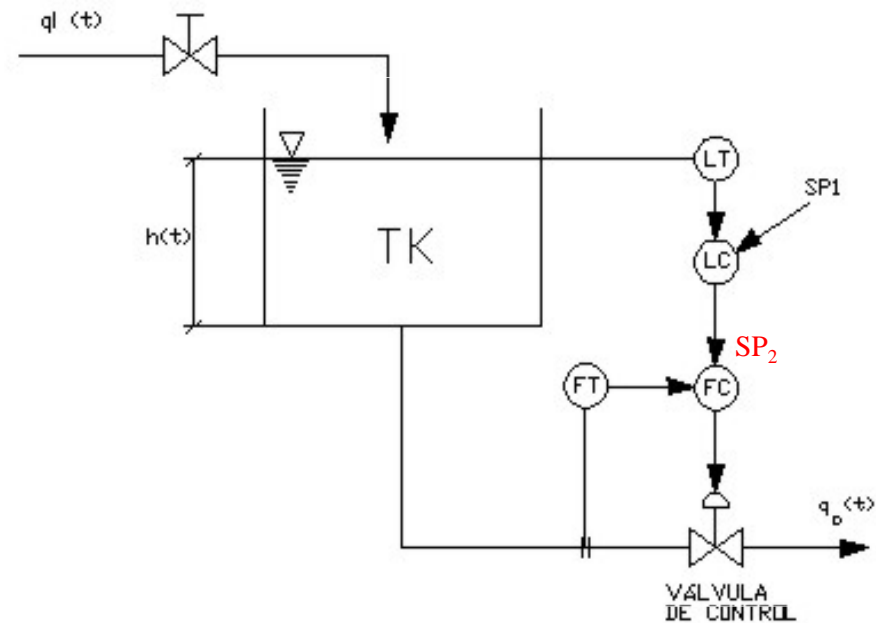


Aplicación de un control de nivel en cascada.

LAZO SIMPLE DE CONTROL



CASCADA NIVEL-CAUDAL



Ventajas del control en cascada

- Las perturbaciones del lazo secundario son corregidas antes que afecten la variable primaria.
- Los retrasos de fases en los procesos intermedios son disminuidos por el lazo secundario.
- Brindan ajustes precisos en la manipulación de fluidos másicos o energéticos.

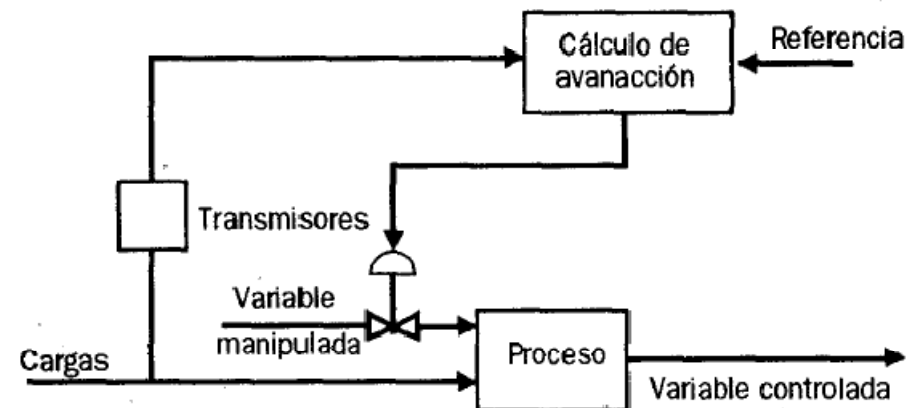
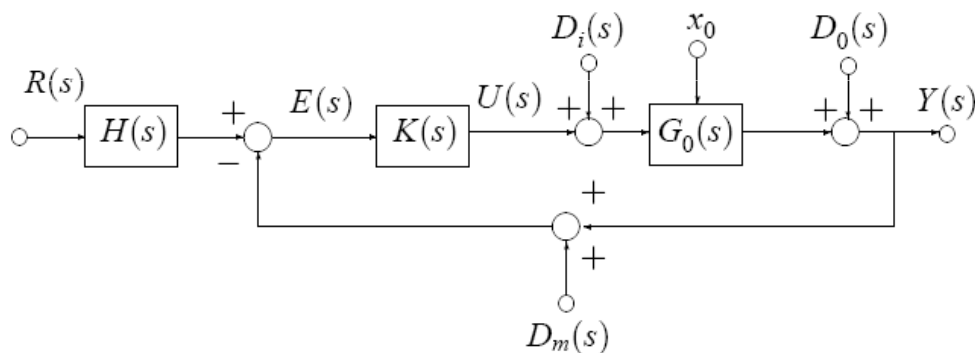
Condiciones para su aplicación

- Debe ser posible medir una variable intermedia de influencia sobre la variable controlada.
- La suma de los retardos de los elementos que integran el lazo secundario, debe ser menor a la suma de los elementos del lazo primario.

Control en adelante (Avanacción).

Control en el cual la información de una o más condiciones que puedan “perturbar” la variable controlada, son convertidas fuera de cualquier lazo de control, en una acción correctiva que se suma a la señal de salida del controlador para minimizar la desviación de dicha variable.

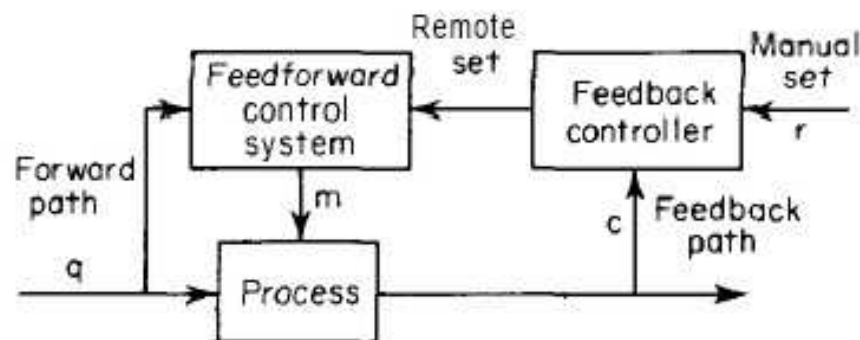
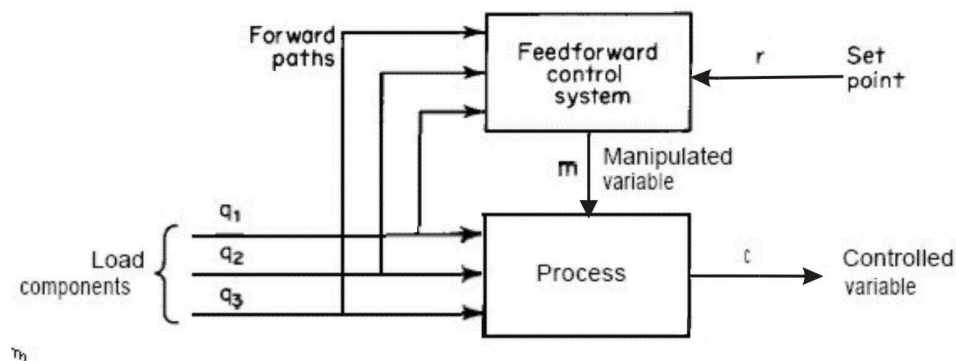
Estructura básica de un control en avanacción:



Característica de la Avanación

La Avanación no altera la estabilidad de un sistema, ya que es un lazo de “control abierto adelantado”. No forma parte de ningún lazo retroalimentado quien determina las características de estabilidad del conjunto.

Inyección de señales perturbadoras medibles en el lazo del proceso.



Estructura del control feedforward en relación al control feedback:

Ejemplo: Control de temperatura en un intercambiador de calor.

Variables características del sistema:

- Variable controlada: Temperatura T_2
- Variable manipulada: Caudal vapor F_V
- Perturbaciones: Temperatura T_1
Caudal líquido F_L

Defectos del sistema implementado:

- Errores de exactitud en los cálculos.
- Velocidad de compensación dinámicamente no ajustada.



Diagrama P&ID

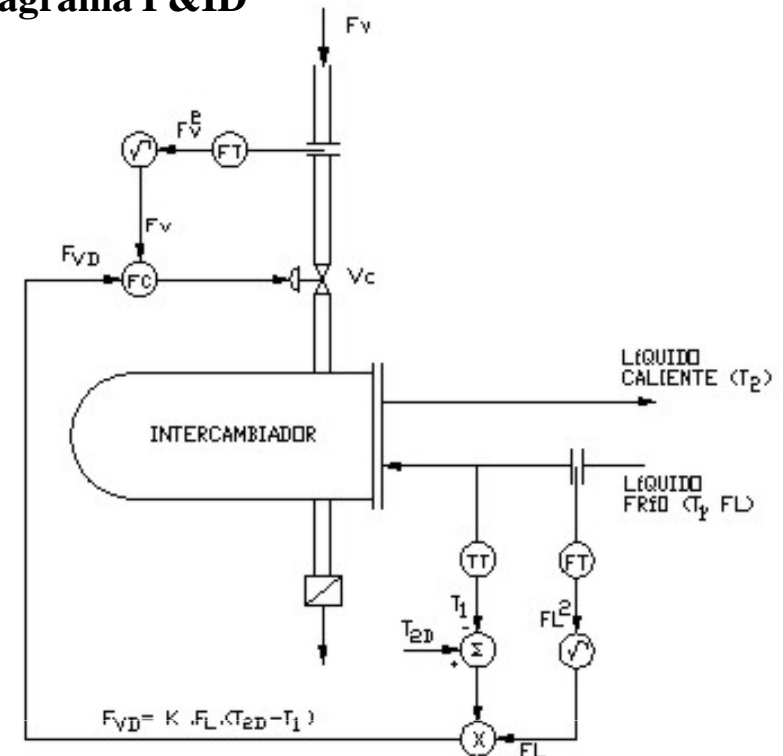
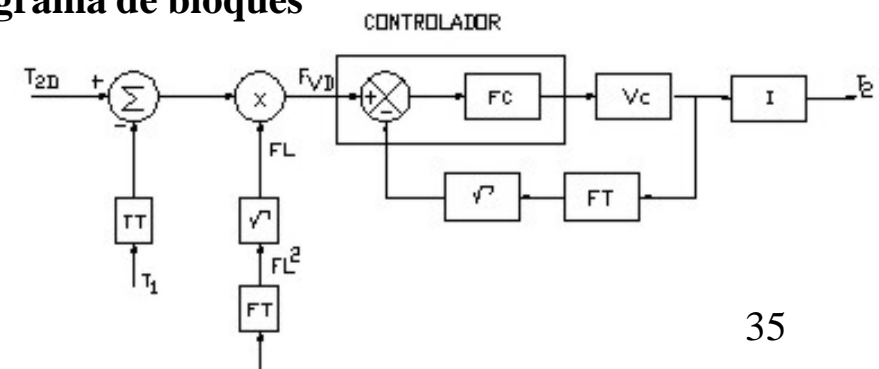


Diagrama de bloques



Ejemplo: Control de temperatura en un intercambiador (mejorado).

- La velocidad de compensación se ajusta con la inclusión de relés dinámicos.
- Los errores de exactitud se eliminan con la introducción de realimentación negativa.



Diagrama P&ID

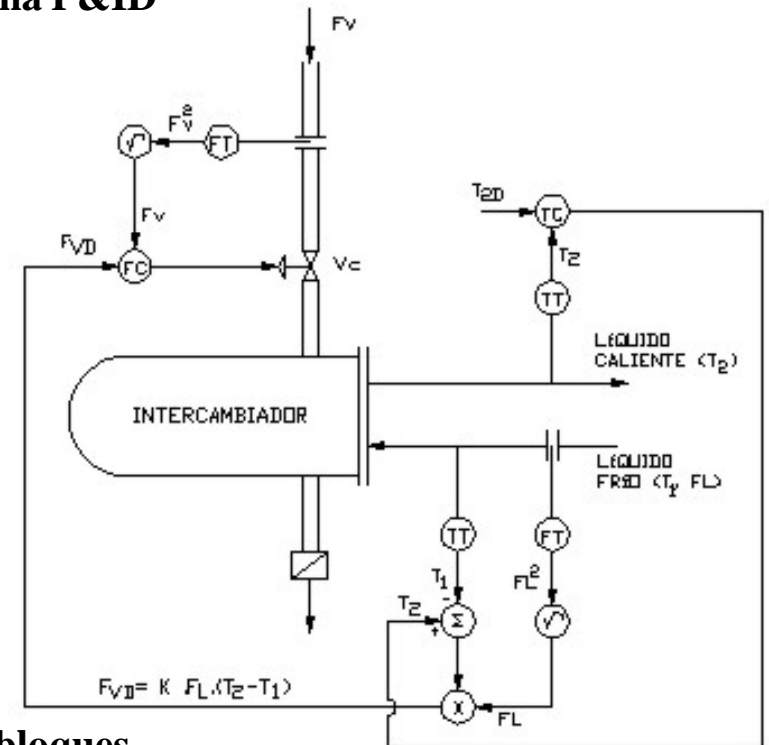
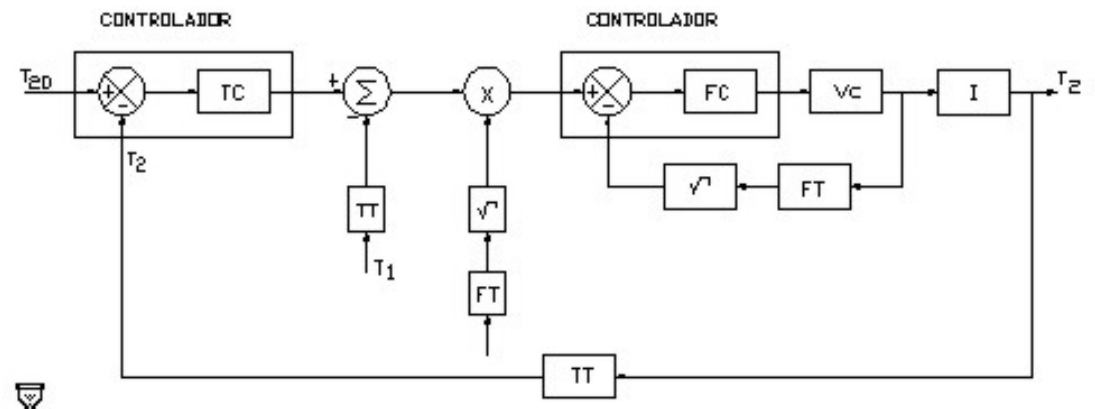


Diagrama de bloques



Ventajas del control en Avance

- Reducción del efecto de las perturbaciones sobre la variable controlada.
- Mejora en la respuesta de sistemas que poseen retardos importantes.
- Posibilidad de agregarse a un lazo de control por realimentación.

Condiciones para su aplicación

- Debe ser posible medir las variables perturbadoras del sistema.
- Debe poder introducirse realimentación negativa para asegurar una variable controlada constante.

Conclusión

- Con el control en realimentación se asegura la estabilidad interna del lazo y el desempeño robusto en régimen permanente.
- Con el control FeedForward, se pueden hacer «retoques finos» al diseño para mejorar la respuesta transitoria del sistema.



Control de Relación

Control en el cual permite mantener una relación fija entre dos o más variables, por lo general flujos.

- Se utiliza en procesos continuos de mezcla de flujos en los que se requiere mantener una cierta relación entre ellos.
- Requiere de cálculos aritméticos.
- Su implementación depende del proceso y del dispositivo de control.

Diagrama P&I

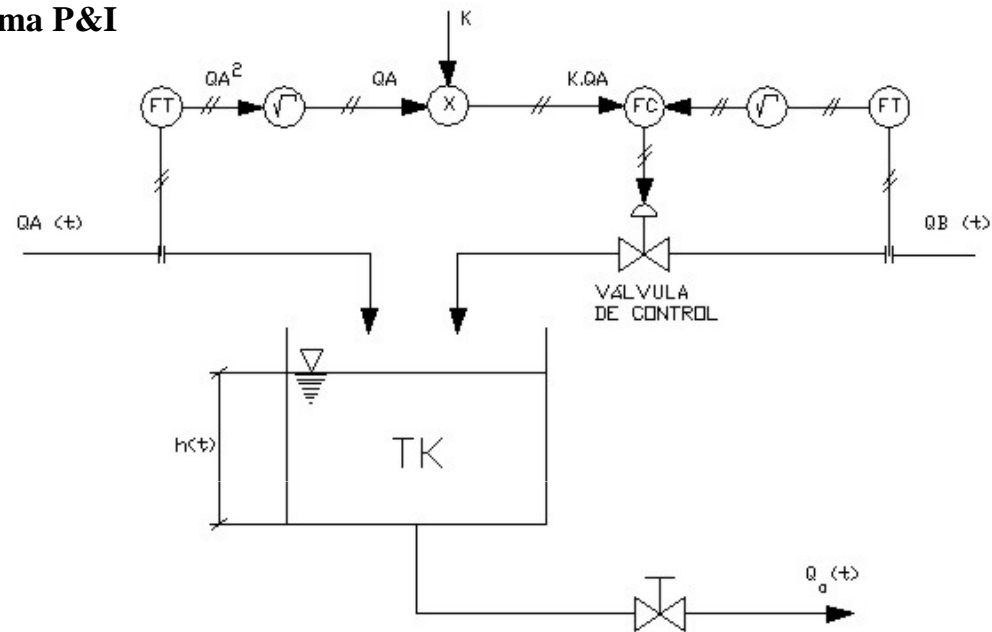
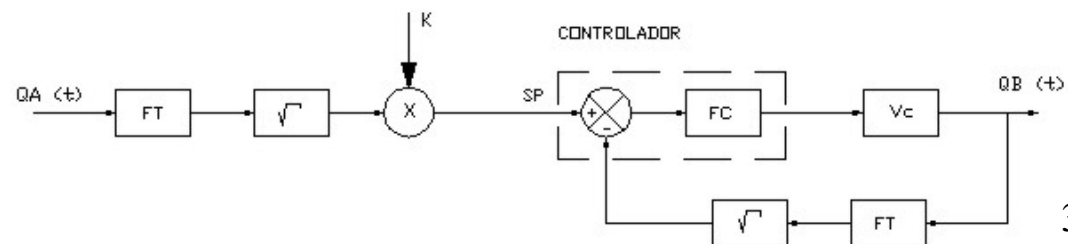


Diagrama de bloques



Control de Relación Multiblending

Este control permite mezclar más de dos corrientes con distintas relaciones.

Diagrama P&ID

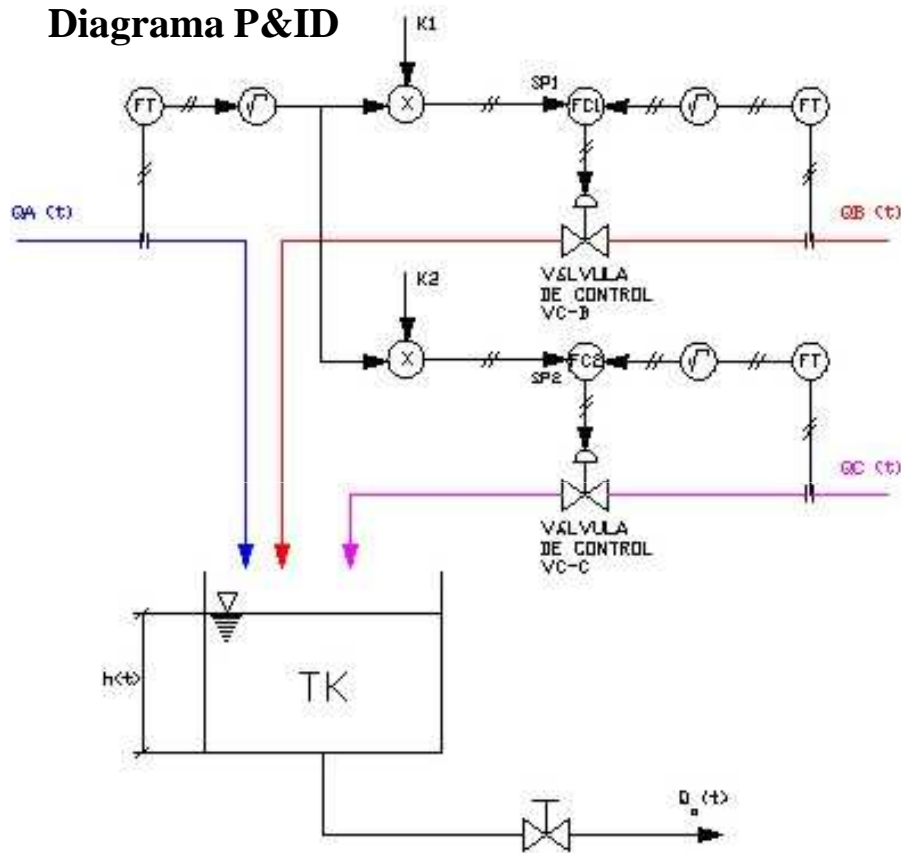
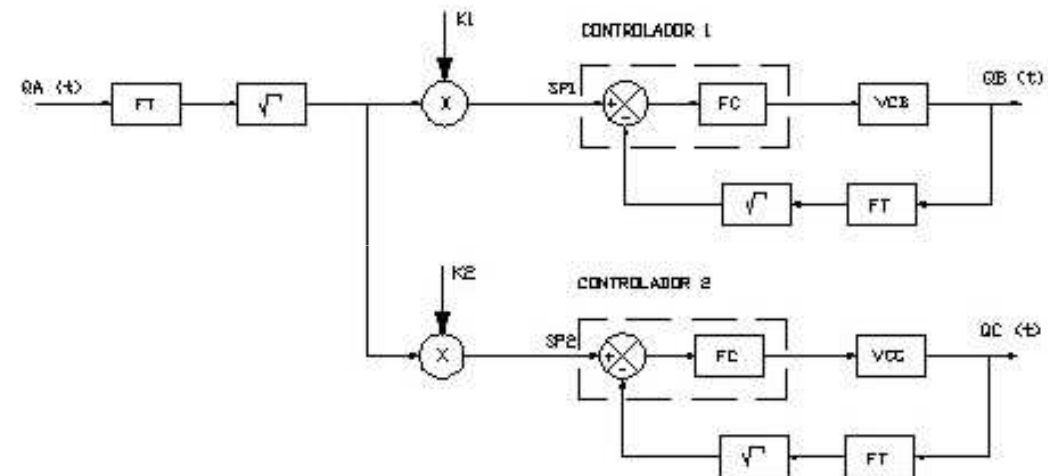


Diagrama de bloques



Control de Restricción

Este control permite restringir o relevar acciones de control en operaciones particulares donde se desee que una señal prevalezca sobre otra.

