

# ESTRUCTURAS NO CONVENCIONALES

Denominamos estructuras no convencionales a aquellas configuraciones diferentes al formato clásico de lazo  $y-u$ . Estas configuraciones se utilizan fundamentalmente para mejorar las características dinámicas del lazo, para reducir el costo, e incorporar conocimientos extras al proceso

Las disposiciones principales son

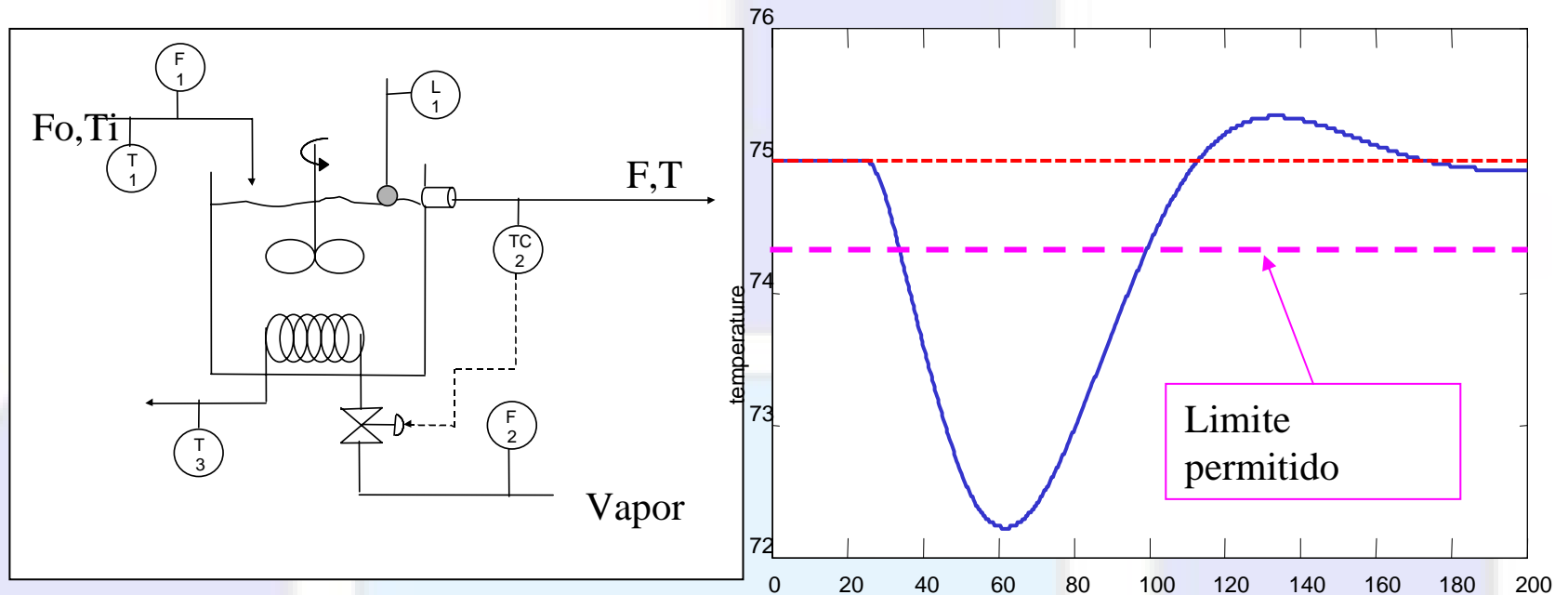
- Control en Cascada
- Control retroalimentado o FeedForward
- Control de Razón

# CONTROL EN CASCADA

El control en cascada se utiliza principalmente para:

- Eliminar el efecto de perturbaciones en la variable manipulada
- Mejorar las características dinámicas de lazos de control en procesos que son secuenciados o compuestos por sub-procesos

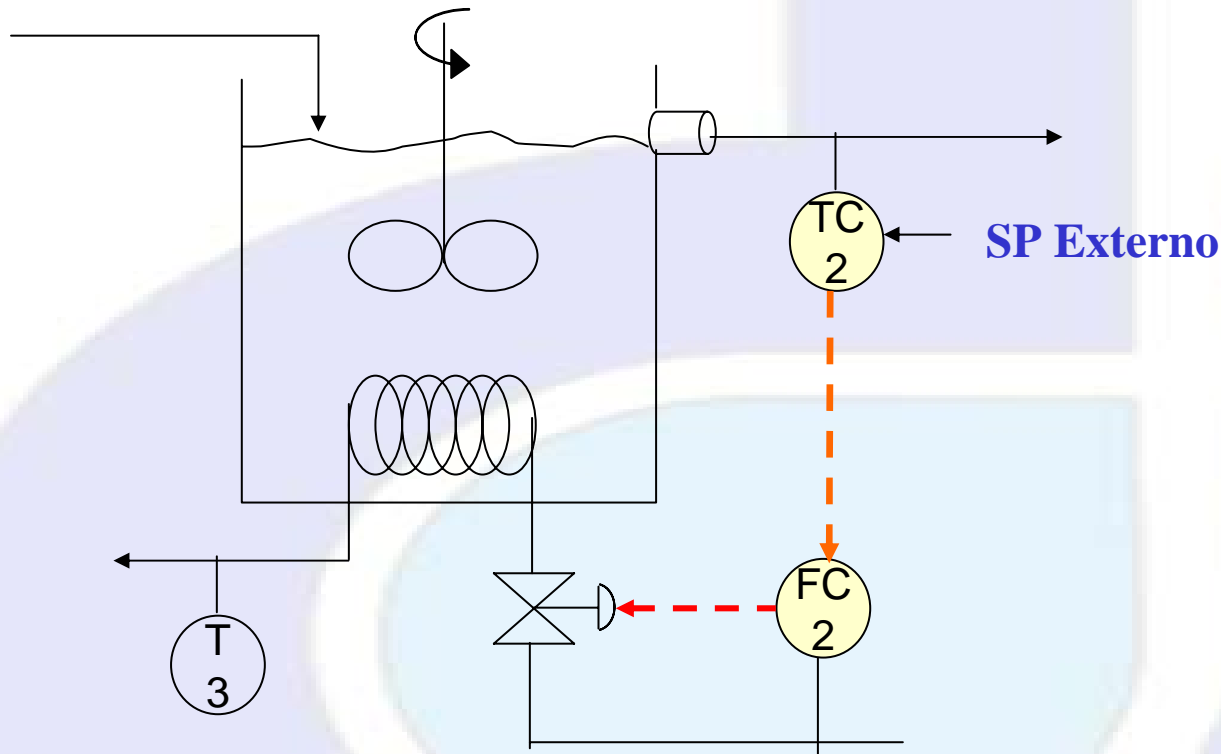
En ambos casos es necesario tener acceso a por lo menos dos variables controladas



En este esquema convencional un cambio en la presión del vapor repercute fuertemente en la temperatura de salida del reactor (ver relación de flujo-P en válvulas).

Si la  $P$  del vapor disminuye, el suministro de vapor al reactor disminuye provocando un descenso en la  $T$  del reactor, finalmente el controlador corrige la desviación aumentando la apertura de la válvula. Sin embargo la desviación pueden ser muy severa.

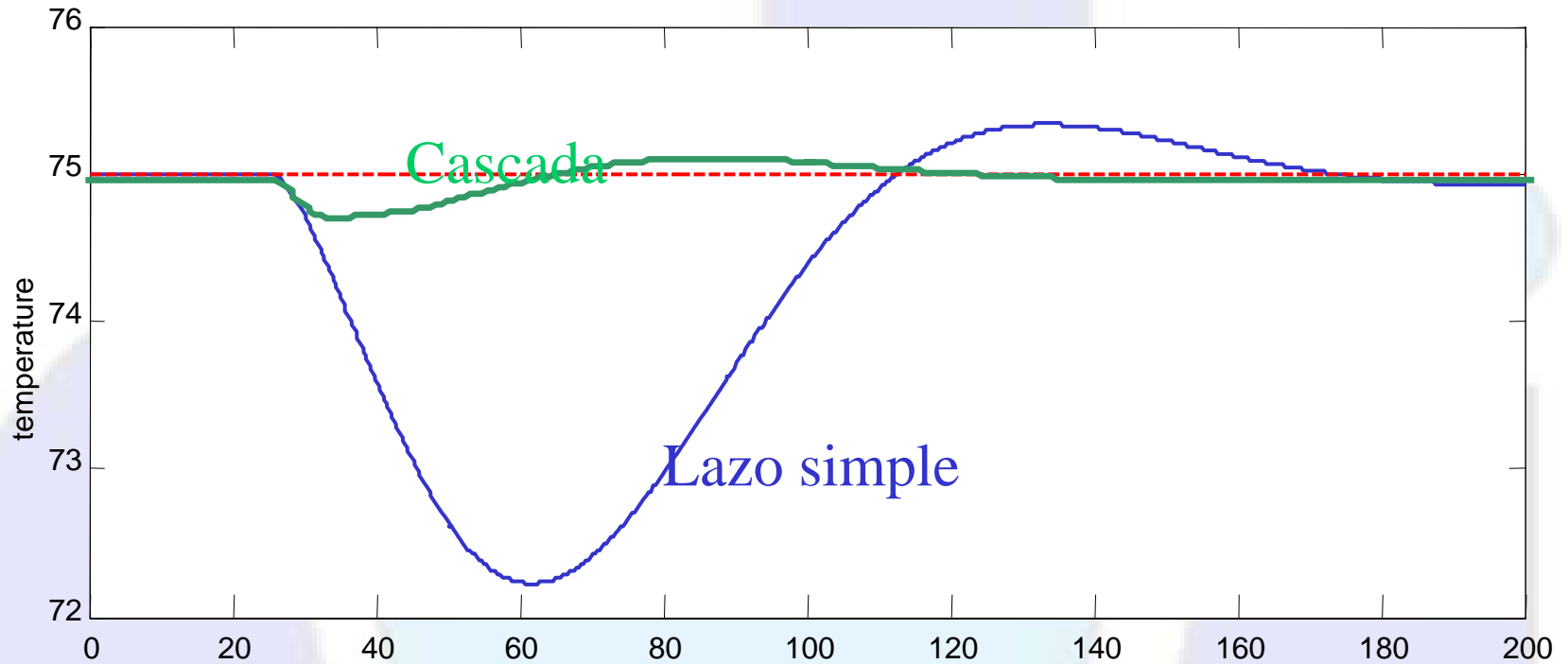
El esquema en cascada puede corregir este comportamiento



Esquema en **cascada** que permite que la perturbación se conozca y se corrija antes de entrar al proceso principal. Podemos distinguir:

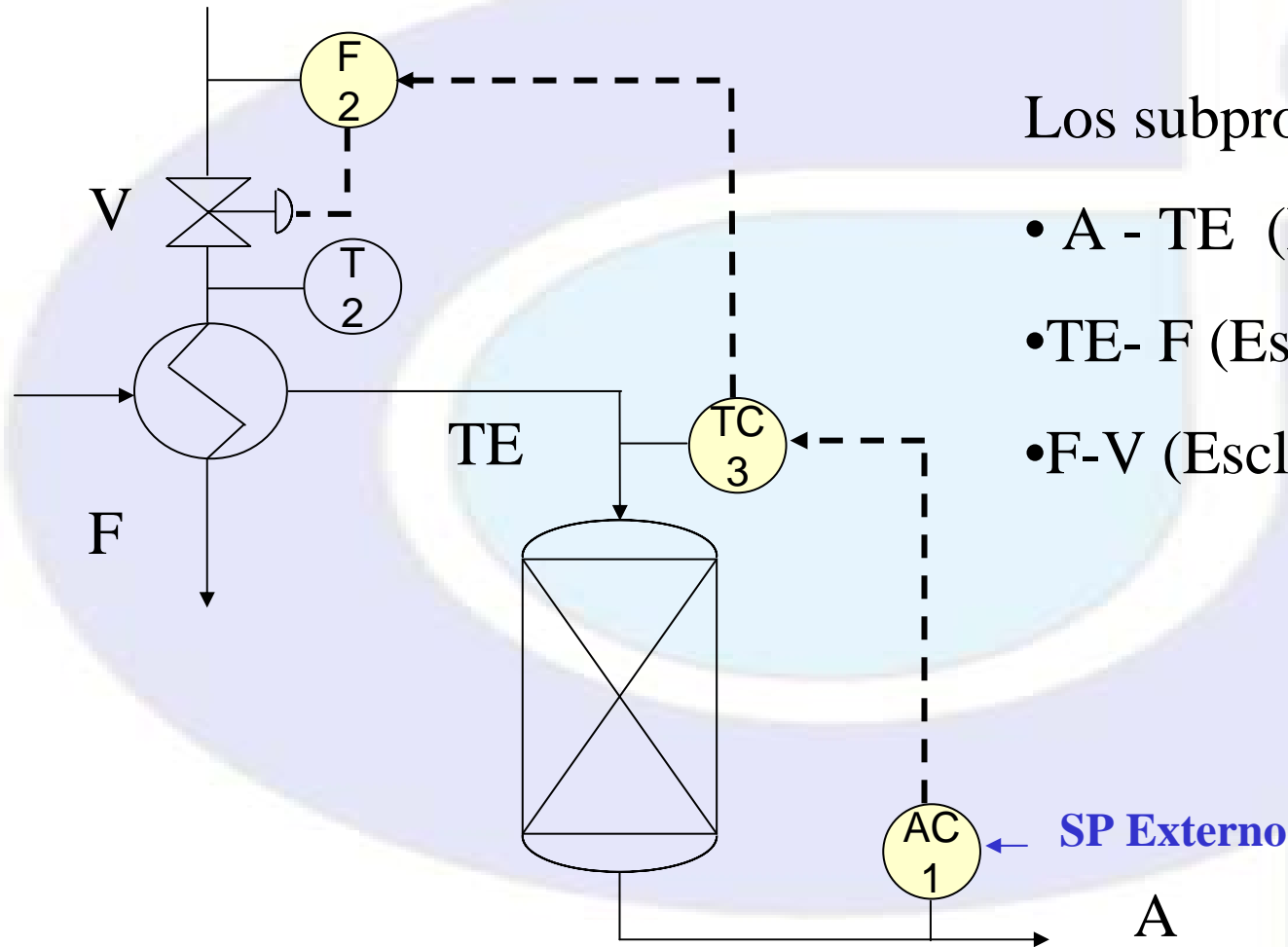
- Dos controladores ( Flujo y Temperatura)
- Dos procesos ( Válvula-Flujo Vapor; Flujo Vapor- Temperatura)
- El set-point de un controlador (Esclavo) esta determinado por la salida del otro controlador ( Maestro)

IAE = 147.9971 ISE = 285.4111



Los mejores resultados de la disposición en cascada están a la vista y son frecuentemente incorporados en lazos donde la variable manipulada está asociada directamente al flujo.

Ejemplo de Cascada triple para el control de la composición de salida de un reactor de lecho fijo que mejora la rapidez del lazo

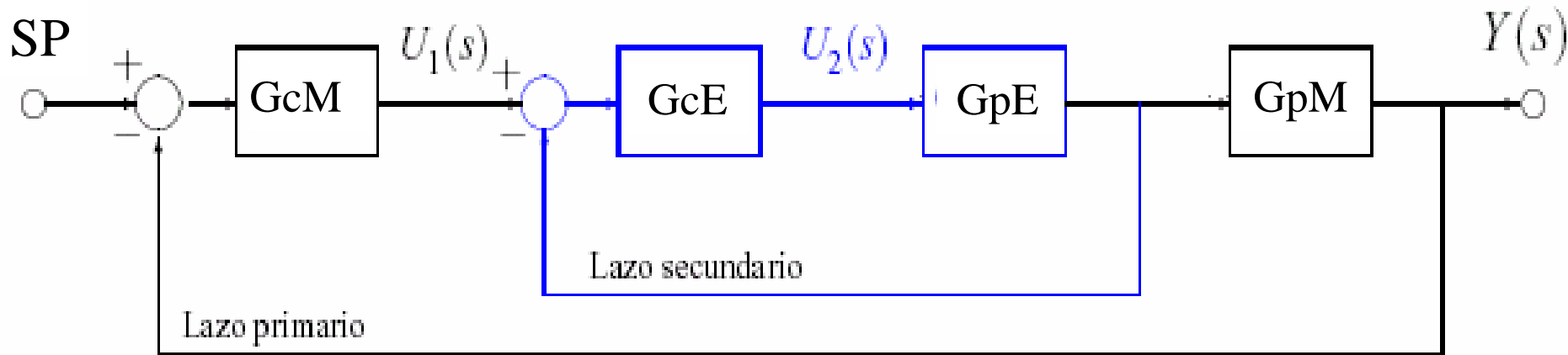


Los subprocesos son :

- A - TE (Maestro)
- TE - F (Esclavo 1)
- F - V (Esclavo 2)

En una disposición en cascada podemos distinguir un controlador maestro ( el que recibe el set-point externo y se encarga del control principal o lazo externo) y un controlador Esclavo ( que se encarga del lazo interno y su set-point es impuesto por el controlador maestro).

Un diagrama de bloque de un sistema en cascada es el siguiente:



La salida del proceso con respecto al SP esta dada por :

$$\frac{Y(s)}{Y^*(s)} = \frac{G_{cM}(s)G_{pM}(s) * \left( \frac{G_{cE}(s)G_{pE}(s)}{1 + G_{cE}(s)G_{pE}(s)} \right)}{1 + G_{cM}(s)G_{pM}(s) * \left( \frac{G_{cE}(s)G_{pE}(s)}{1 + G_{cE}(s)G_{pE}(s)} \right)}$$



## Aspectos prácticos :

- Para que la disposición tenga efecto es indispensable que el lazo interno sea mas rápido que el lazo externo
- El controlador esclavo es habitualmente Proporcional mientras que el maestro es PI o PID
- Para la sintonía se procede en secuencia, primero con el esclavo y después con el maestro (con el esclavo en lazo cerrado). Los métodos son los mismos que para los lazos convencionales.

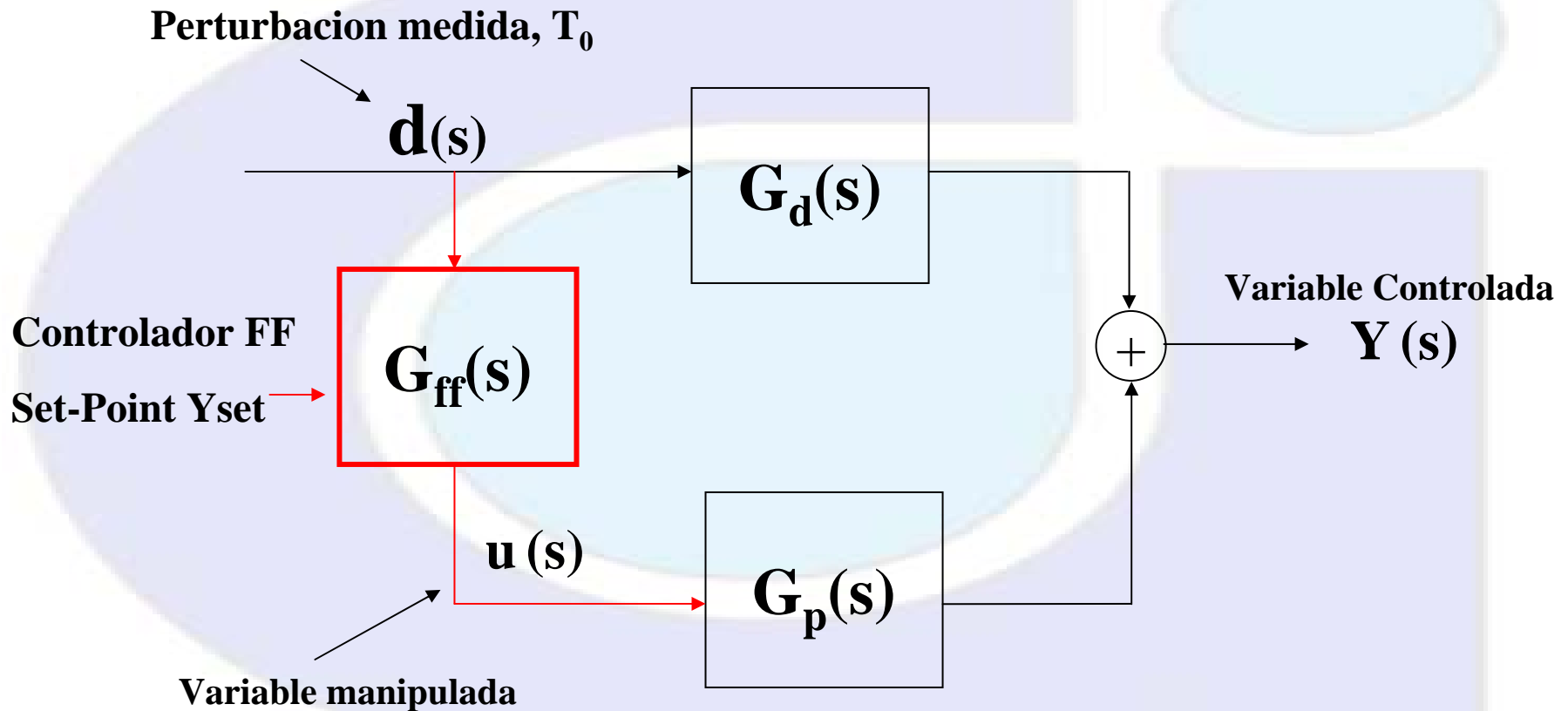
## CONTROL PRE-ALIMENTADO o "FEED-FORWARD"

El control Pre-alimentado o Feed Forward (FF) es un esquema que utiliza el concepto de control no-supervisado, es decir " si conozco bien como trabaja, no necesito medir lo que resulta".

Bajo este concepto, si se conoce bien el modelo del proceso y todas las entradas entonces se puede determinar sus salidas, o determinar cual debe ser el valor de una entrada para obtener una salida deseada .

El Esquema FF es la base conceptual de la familia de controladores basadas en modelos MBC de (Model Based Control)

# Esquema de un controlador FF

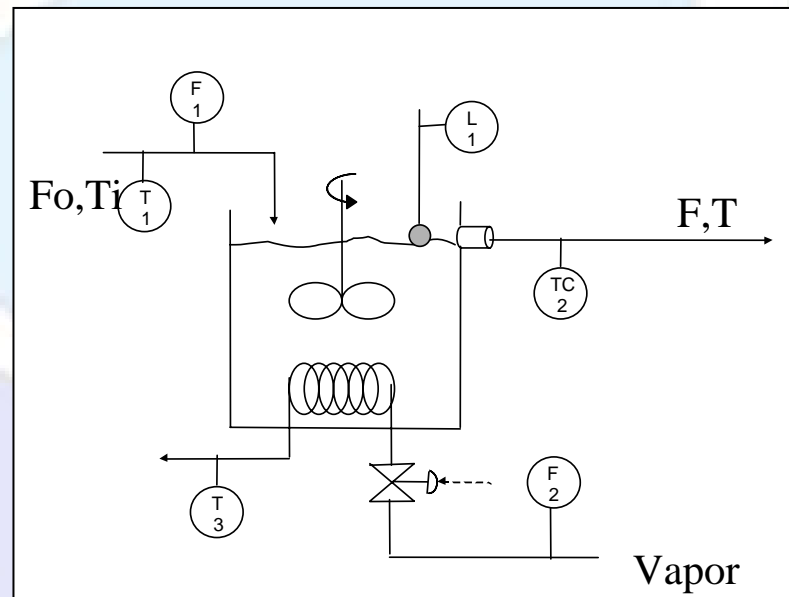


$G_{ff}$  representa una relación de cálculos para el controlador FF y dada por :

$$G_{ff}(s) = \frac{1}{G_p(s)} * Y_{set} - \frac{G_d(s)}{G_p(s)} * d$$

La ecuación anterior es denominada la ecuación de diseño de un controlador FF , que requiere el conocimiento de las funciones de transferencia del proceso y de la perturbación

Consideremos nuevamente el RTAC pero incorporemos una perturbación en la temperatura de entrada  $T_i$ . Si conocemos el valor de  $T_i$  y el modelo del proceso podremos calcular el valor de  $Q$  necesario para que la  $T$  de salida sea igual al set-point

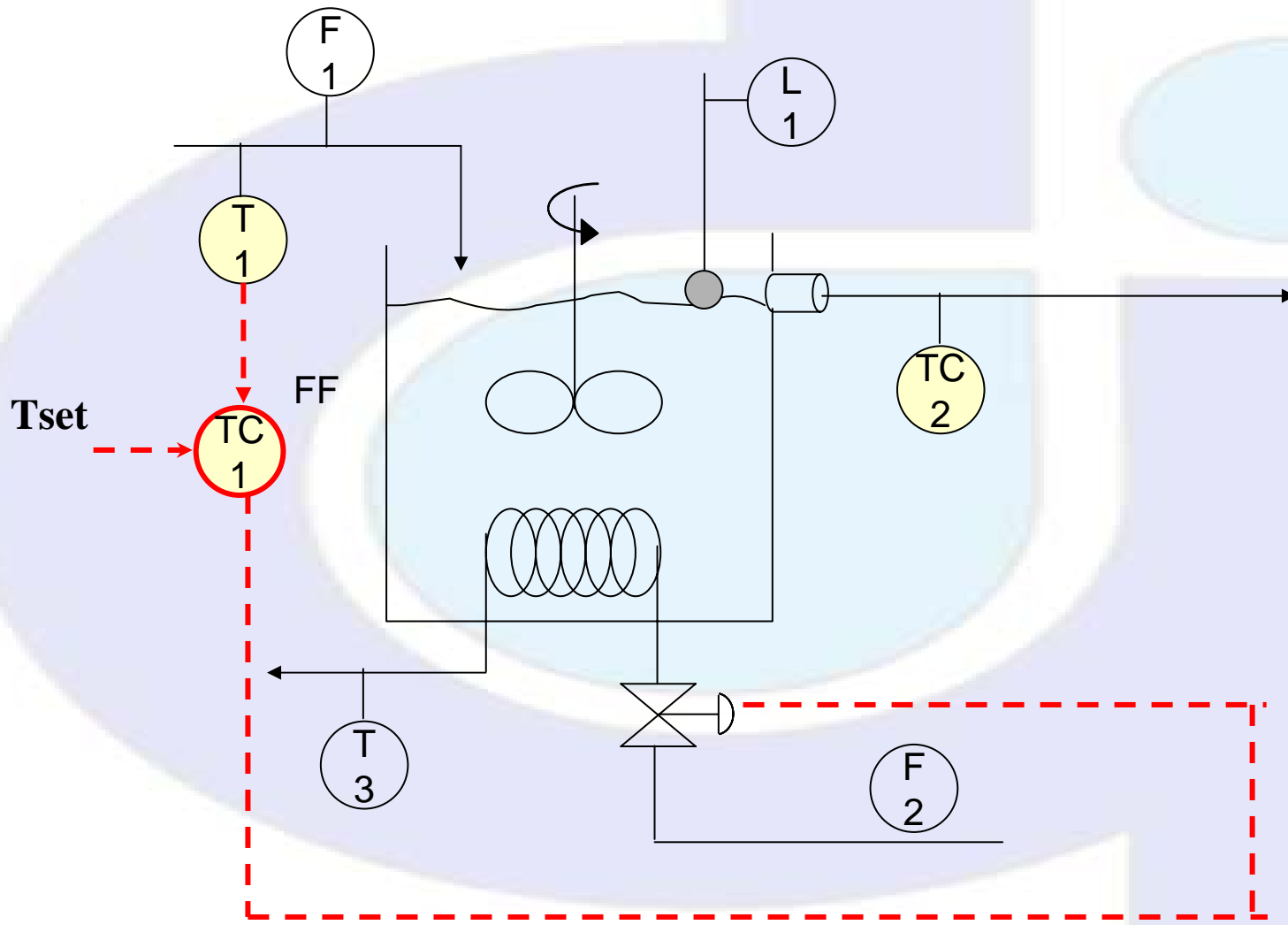


Para el RTAC tenemos que el modelo de FT es:

$$T(s) = \frac{T_i}{(\tau s + 1)} + \frac{Q(s)}{F\rho C_p(\tau s + 1)}$$

Identificando  $G_p$  y  $G_d$  entonces el controlador FF esta dado por

$$u(s) = Q(s) = F\rho C_p[(\tau s + 1) * T_{set} - T_i]$$

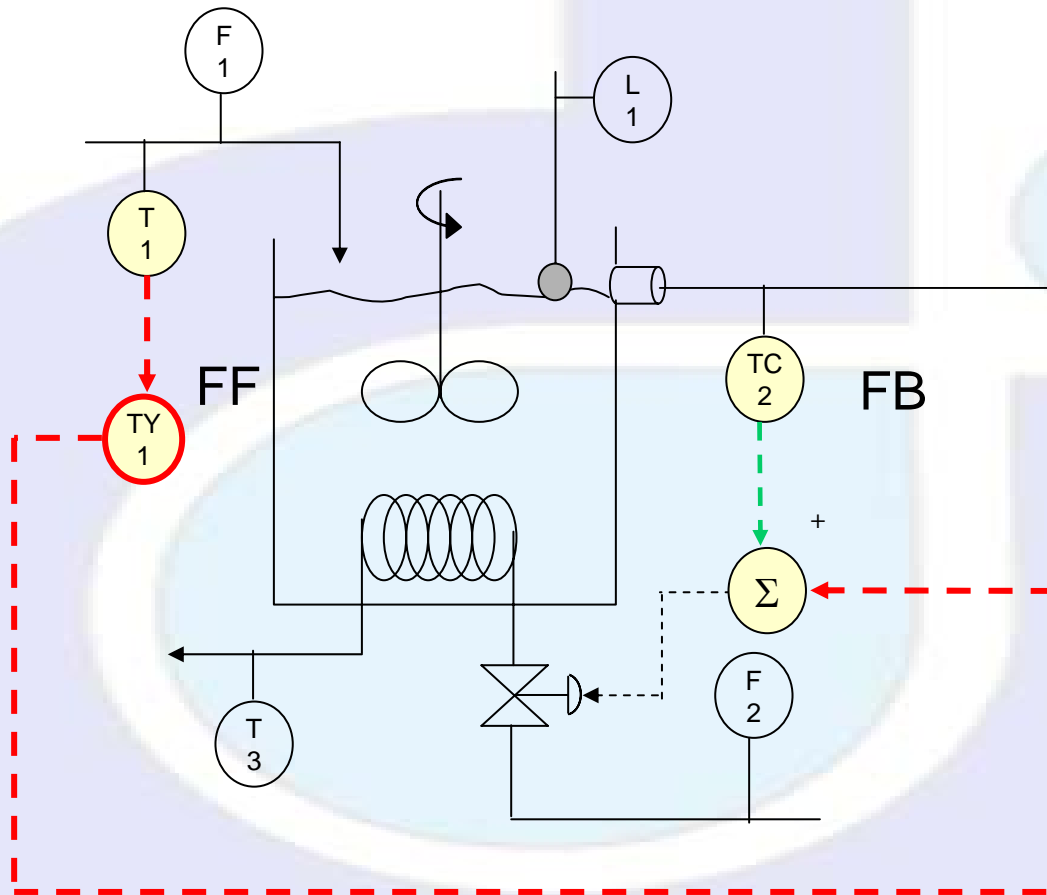


# Características de los controladores FF

- Compensa el efecto de las perturbaciones antes que afecten al proceso ( efecto de adelanto)
- Elimina la retroalimentación mejorando las características de estabilidad
- Requiere mas instrumentación para conocer las variables de entrada al proceso.
- Se deben conocer perfectamente las funciones de transferencia del proceso y perturbaciones
- No compensa offset

En la practica se combinan los modos FF y FB para mejorar las características del lazo dando a la parte FF la tarea de compensar perturbaciones y a la parte FB la eliminación de offset.





Esquema FB/FF

# Control de Razón (Ration Control)

Disposición para relaciones estequiométricas o % de exceso

