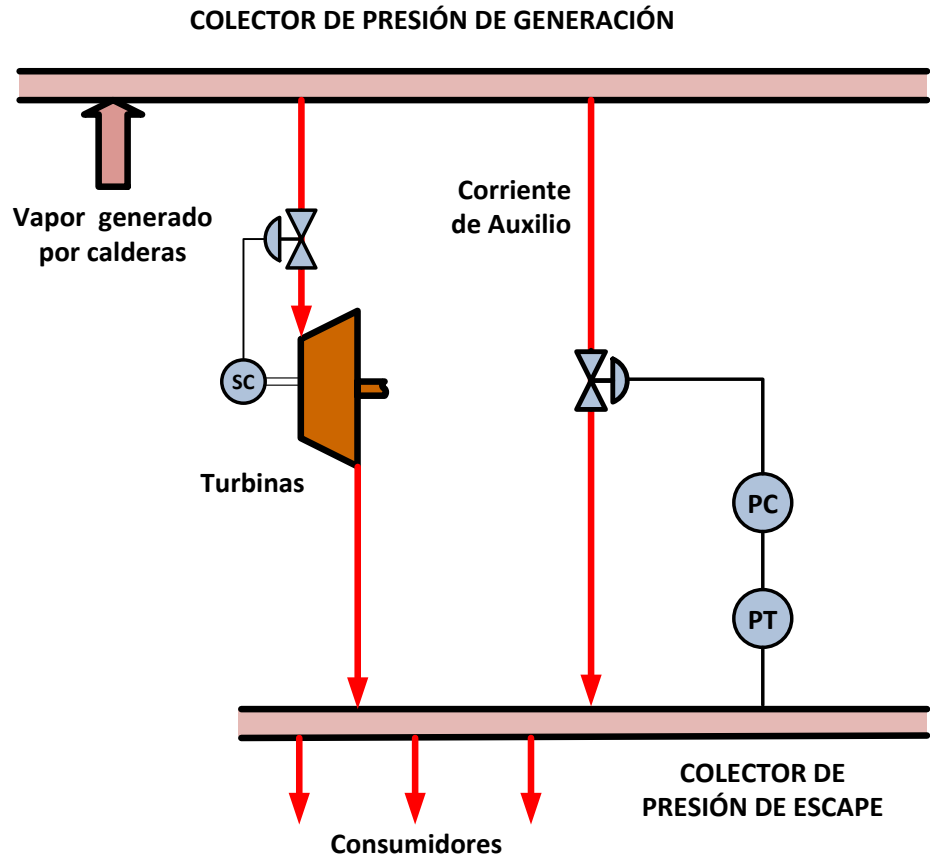


Control selectivo por relevo en colectores de vapor

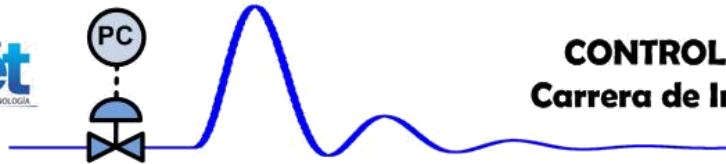
Una fábrica que genera su propia energía eléctrica posee un colector de alta presión (valor nominal de trabajo: 20 bar) que es alimentado por dos calderas. De este colector se surten turbinas de contrapresión (que tienen su propio sistema de control de velocidad) tal como se esquematiza en la figura.

El vapor de escape (valor nominal de trabajo: 2 bar en el colector) es aprovechado por varios procesos que requieren de este fluido como medio de calefacción.



Para asegurar que la presión de escape se mantenga dentro de un margen razonable de presiones, de acuerdo a las necesidades operativas de las turbinas y de los consumidores de vapor, existe un sistema de control de presión manipulando el flujo de vapor de auxilio. Este sistema de control se mostró muy efectivo para mantener la presión del colector de escape, pero en determinadas circunstancias, debido a un consumo excesivo, se produjeron descensos peligrosos de la presión de generación.

- Proyectar un sistema de Control Selectivo por Relevo que tenga por misión evitar que la presión del colector de alta presión sea abatida por debajo de los 18 bar por acción un auxilio excesivo que no pueda ser compensado por la planta de generación.
- Especificar todos los elementos del sistema de control. Elija acción de válvula y controladores. Indique el tipo de controlador y el set point que deberán tener.
- Indicar la secuencia de eventos que se sucederán por efecto del sistema de control, cuando por una disminución en la capacidad de generación de vapor, la presión de vapor descienda hasta valores considerados peligrosos. ¿Cómo sería el retorno a la situación normal una vez que se recupera la plena capacidad de generación de vapor?



Análisis del lazo simple de presión

Para mantener controlada la presión de vapor de escape, se debe gobernar la válvula en la corriente de auxilio, para proporcionar vapor adicional al escape de las turbinas que se requiere para equilibrar el consumo. Esta es la función que cumple el lazo simple de presión de escape del diagrama P&I.

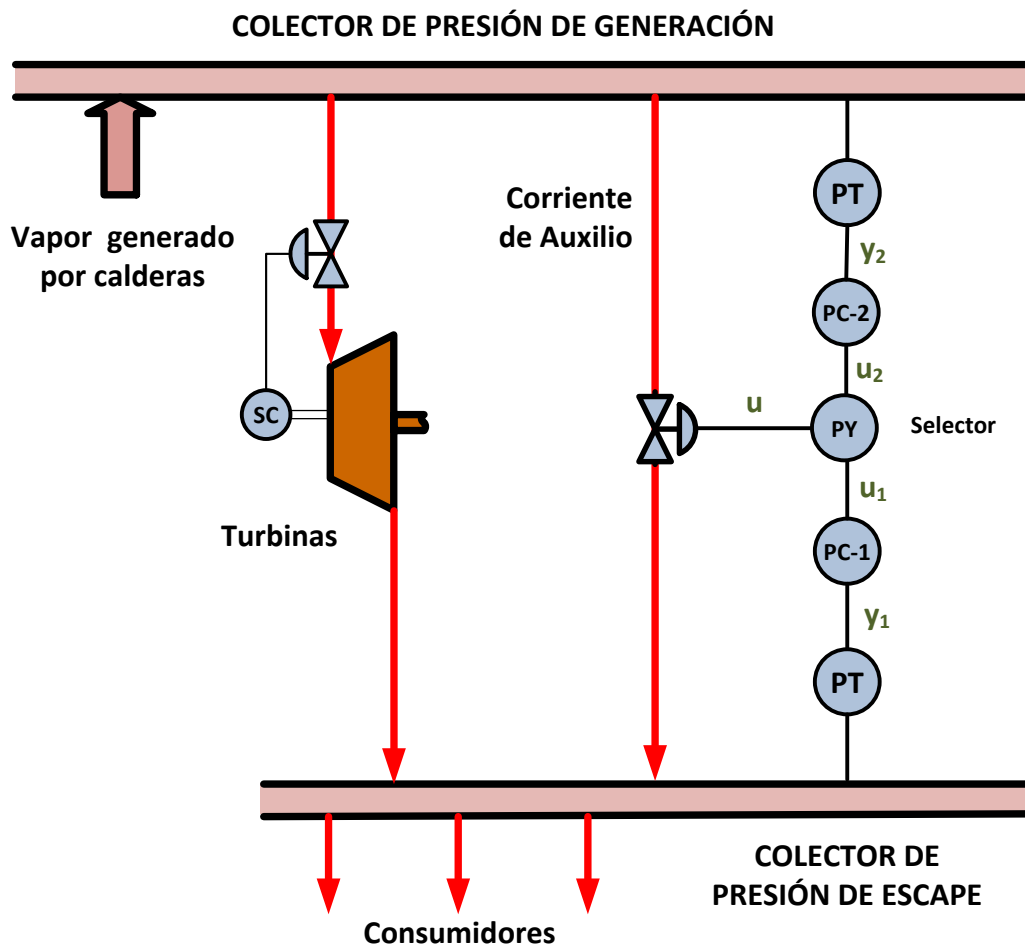
La acción de la válvula que manipula el auxilio ser FC (Normal Cerrada) de modo que ante una falla, la válvula cierre y de esta forma se evitan dos problemas:

- Afectar la presión del colector de generación que es de suma importancia por que alimenta turbinas.
- Evitar sobrepresiones en el colector de escape diseñado para bajas presiones.

El controlador es de acción inversa ya que a un aumento de la presión de escape (y por lo tanto de la señal del transmisor), la válvula de auxilio debe cerrar. Al ser ésta de tipo FC, para que cierre, debe disminuir la señal de control. En resumen, para $y \uparrow$ se requiere $u \downarrow$, y el controlador es inverso como se dijo.

Control Selectivo por relevo

Implica la existencia de un nuevo lazo de control (adicional al anterior) que compite para manipular la válvula de auxilio. En definitiva, hay dos controladores con dos variables controladas pero una sola variable manipulada.





Por esa razón, solo un lazo está activo en cada momento:

- **El lazo de presión de escape está ACTIVO** si no hay problemas con la presión de generación que se encuentra por encima del valor considerado crítico de 18 bar.
- **Lazo de presión de generación está ACTIVO** si por problemas en las calderas que proporcionan el vapor, la presión es igual ó menor a la de peligro de 18 bar.

El elemento que se encarga de elegir cuál es la señal de control que actúa sobre la válvula es un selector, que lleva a cabo una operación lógica. Hay dos tipos de selectores:

SELECTOR DE MÍNIMA SEÑAL		$u = u_1 \quad \text{si} = u_2 > u_1$ $u = u_2 \quad \text{si} = u_2 < u_1$
SELECTOR DE MÁXIMA SEÑAL		$u = u_1 \quad \text{si} = u_2 < u_1$ $u = u_2 \quad \text{si} = u_2 > u_1$

Elección del tipo de selector

La pieza clave en este sistema de control es el selector y debe elegirse uno de los dos tipos mencionados antes. Para esto, **lo primero que se debe hacer es fijar el tipo de acción de la válvula.**

En este caso ya se determinó que debe ser N/C. La acción del controlador de presión de escape (PC-1) se estableció que es **inversa**. En cuanto al controlador de presión de generación (PC-2) deberá ser de **acción directa**, ya que si la presión de generación crece ($y \uparrow$) la válvula de auxilio debe abrir, lo que implica que $u \uparrow$.

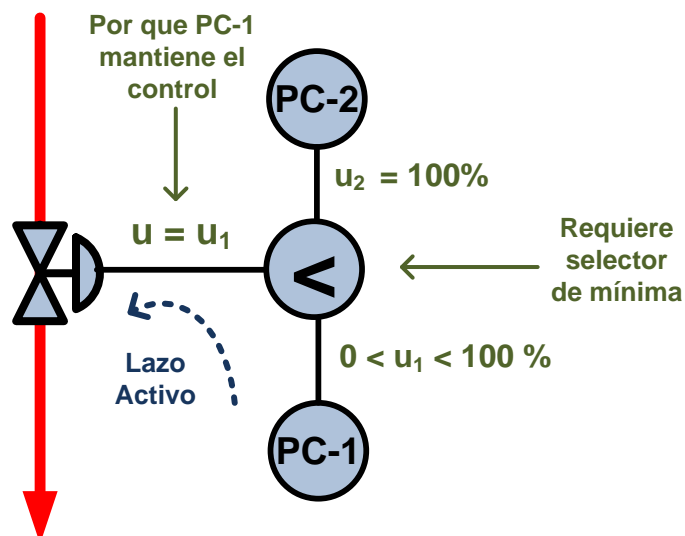
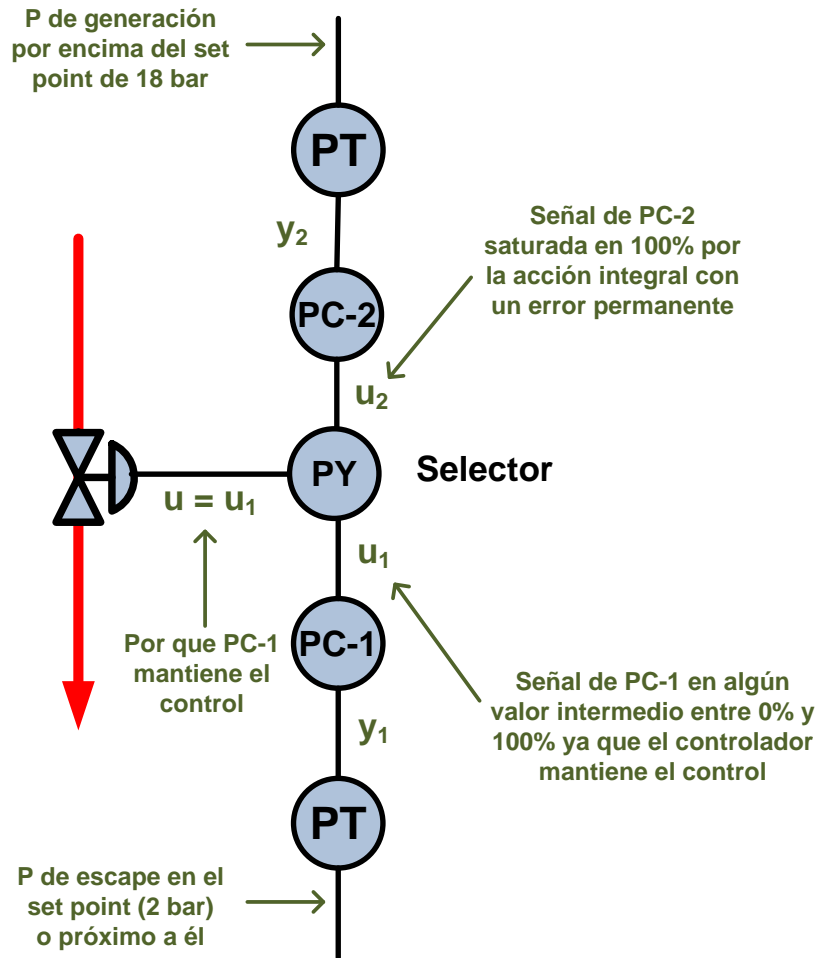
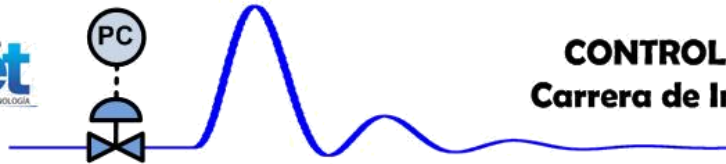
La elección del tipo de selector puede hacerse considerando una de las dos posibilidades:

- El lazo de presión de escape está ACTIVO
- Lazo de presión de generación está ACTIVO

Si se supone que el **lazo de presión de escape está ACTIVO**, entonces la presión de generación estará en su valor normal (20 bar). En esas condiciones el controlador PC-2 observará un error permanente (su set point es de 18 bar). Debido a la acción integral, la señal de salida del controlador u_2 irá aumentando hasta llegar al 100 %.

El controlador PC-1 por su parte, al mantener el control, tendrá una salida que no estará saturada entre 0 y 100% y por lo tanto MENOR que u_1 . Como la señal que debe ser seleccionada es u_1 , el selector que se precisa es un selector de mínima señal.

Una observación que es relevante en este punto: *el tipo de selector depende de la particular acción de la válvula.* Por ejemplo, si en este caso la acción ante fallas de la válvula hubiera sido FO (Fail Open), el selector hubiera resultado de máxima señal.



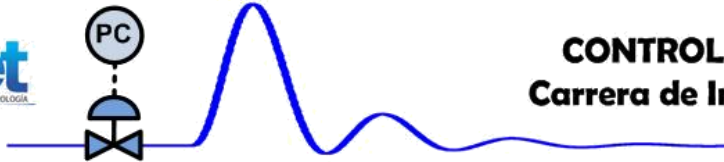
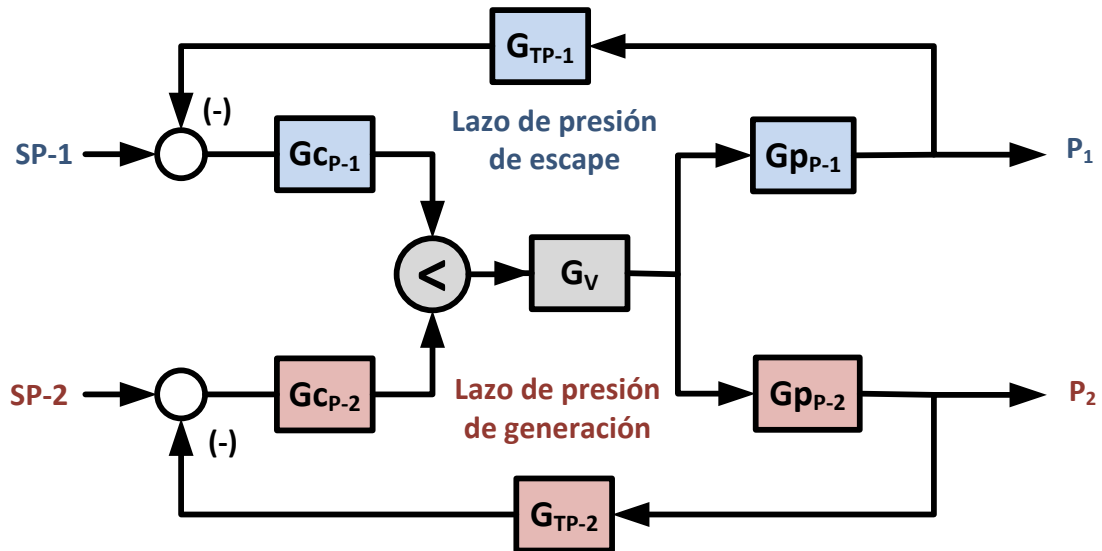


Diagrama en bloques

La estrategia de control tiene un elemento, el selector de señal, que realiza una operación lógica y por lo tanto no puede ser representado en un diagrama en bloques. No obstante, tomando la licencia de representar el selector en el diagrama en bloques, se puede apreciar la relación entre los dos lazos que compiten por el control.



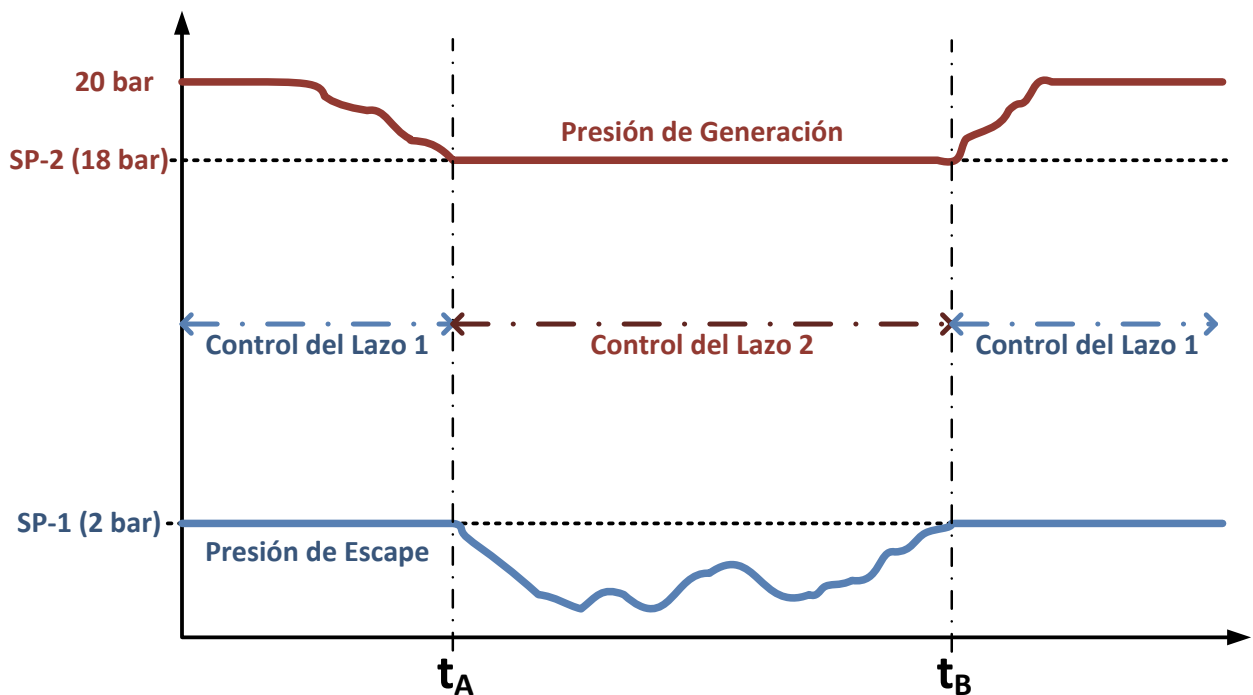
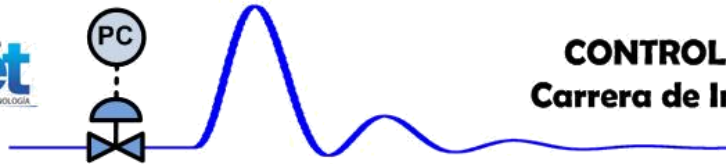
Queda en claro también que hay dos variables controladas con una sola manipulada, por lo que sólo uno de los dos lazos puede estar activo en un momento dado.

Respuesta del sistema una perturbación

La presión de generación, en condiciones normales, se mantiene en 20 bar mediante el control automático de los generadores de vapor. En esa situación, el auxilio es manipulado por el controlador PC-1 que mantiene la presión en el set point de 2 bar.

Si se produce una disminución en la capacidad de generación de vapor por problemas en las calderas, la presión de generación comenzará a descender hasta llegar al valor mínimo de seguridad que corresponde al set point de PC-2 (18 bar) en el tiempo t_A . En ese momento, al invertirse el signo del error del controlador PC-2, su señal u_2 se hace menor que u_1 y comienza a controlar la presión de generación en su valor deseado de 18 bar. El controlador de presión de escape perdió el control (lo que pide de auxilio a través de u_1 es mayor que el caudal que realmente pasa que viene establecido ahora por u_2). En esas circunstancias, la presión de escape tenderá a caer.

Si se supone ahora que la actividad de las calderas comienza a normalizarse, éstas enviarán más vapor al colector. Como consecuencia, el caudal de auxilio comienza a crecer (hay que recordar que se está manteniendo la presión en 18 bar), es decir u_2 comienza a incrementarse hasta que se iguala a la señal u_1 (en el tiempo t_B). En ese momento, el lazo que comienza a controlar es el de presión de escape a través de PC-1. La presión de generación comienza a restablecerse hasta alcanzar el set point que le impone el control de las calderas, que nuevamente podrán satisfacer los requerimientos de vapor.



Hay un detalle muy importante en esta estrategia de control. Para que funcione, como se dijo, los controladores deben tener acción integral, que provoca la saturación (en 0% o 100%) de la señal de control de uno de ellos por efecto del error permanente de su variable medida. Hay una operación que se realiza con la acción integral denominada *realimentación externa* (*external reset*) que permite que la transición de control (relevo) de un controlador por el otro se haga en condiciones de error nulo, esto es, sin sobresaltos en la variable controlada. Esto es lo que se observa en las transiciones de los tiempos t_A y t_B .