



Utilización de LVProSim

Festo Didactic Ltée/Ltd

675 rue du Carbone
Québec QC G2N 2K7
Canada

T. +1-418-849-1000
+1-800-522-8658
F. +1-418-849-1666
www.festo-didactic.com

Índice

Acerca de LVProSim	3
Conexión de LVProSim para la adquisición de datos	3
Modo Adquisición de datos.....	3
Interfaz del usuario	4
Registro de la señal de un transmisor	6
Configuración y utilización del Registro de tendencia	7
Medidores y totalizadores.....	10
Utilización y configuración de los controladores PID	11
Funciones definidas por el usuario	15
Modo Simulación	16
Interfaz del usuario	16
Ejecución de una simulación de un proceso	17

Acerca de LVProSim

La última edición del programa LVProSim incluye modernas funciones, tales como una interfaz web y un diseño intuitivo. Este apéndice resume las funciones esenciales de LVProSim. Usted puede utilizar este programa junto con la interfaz E/S, como un dispositivo de adquisición de datos con el fin de monitorear y controlar un proceso real. También puede ejecutar LVProSim en modo Simulación para modelizar las características de un proceso y ensayar diferentes esquemas de control de procesos. Las secciones siguientes describen los modos Adquisición de datos y Simulación.

Conexión de LVProSim para la adquisición de datos

La figura 1 muestra cómo conectar un computador, en el que se está ejecutando LVProSim, a un transmisor y a un elemento de control a través de la interfaz E/S. Las conexiones que se muestran en esta figura son típicas de un proceso controlado mediante LVProSim ejecutándose en modo Adquisición de datos.

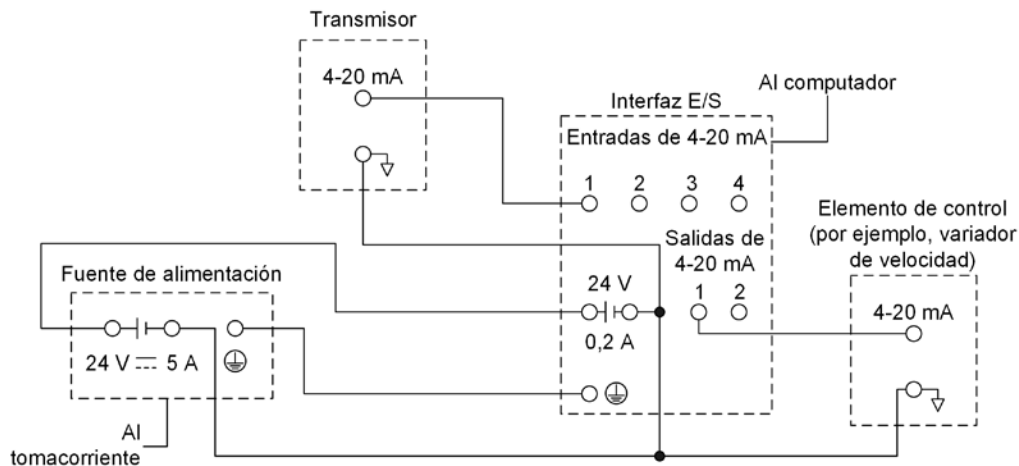


Figura 1. Conexiones típicas en un proceso de control utilizando LVProSim.

Modo Adquisición de datos

LVProSim se ejecuta en su navegador de Internet favorito. Al hacer clic en el ícono de LVProSim, se abre una nueva pestaña y el software le solicita seleccionar el modo en el cual desea ejecutar la aplicación. La fuente de entrada que LVProSim utiliza para adquirir los datos determina el modo. En primer lugar, describimos el modo Adquisición de datos, el cual utiliza la interfaz E/S conectada a un puerto USB (USB IO) como su fuente de datos primaria. El modo Simulación se aborda posteriormente.

Para seleccionar el modo Adquisición de Datos, elija USB-IO en el menú desplegable y haga clic en *Confirmar* (figura 2).

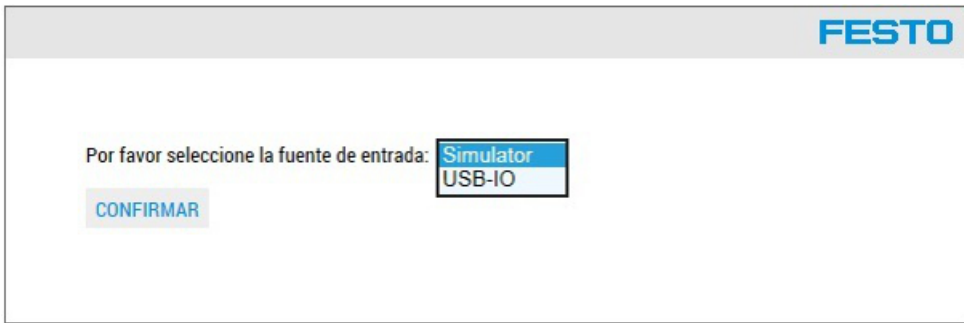


Figura 2. Selección del modo Entrada/Salida.

Interfaz del usuario

En el modo Adquisición de datos, la interfaz del programa está dividida en diferentes secciones que se muestran en la figura 3. Nos referiremos a ellas a lo largo de este apéndice.

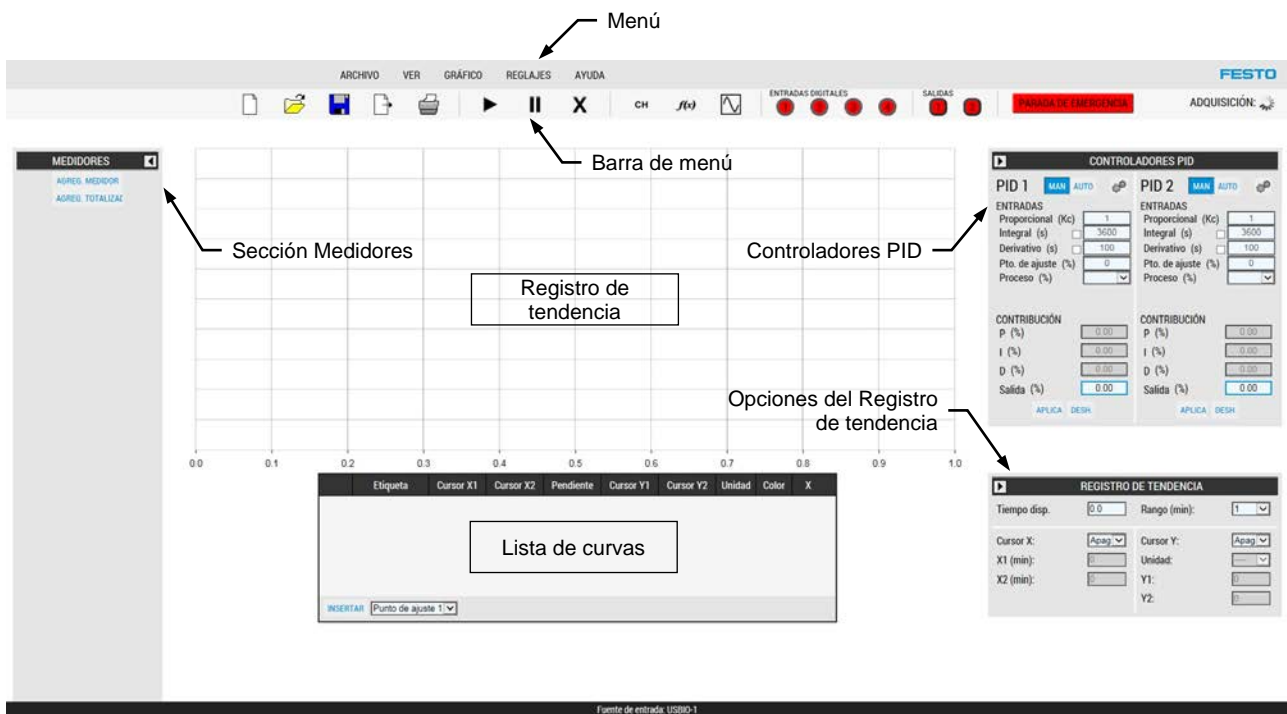


Figura 3. Interfaz del usuario.

La tabla 1 hace la correspondencia entre los íconos de la barra de menú (figura 4) y sus descripciones. Observe que dicha barra es algo diferente de aquella del modo Simulación.



Figura 4. Barra de menú en el modo Adquisición de datos.

Tabla 1. Descripción de la barra de menú en el modo Adquisición de datos.

Nombre del ícono	Descripción del ícono
Nuevo	Cierra la ventana actual y permite abrir una nueva, sea para la Simulación o la Adquisición de Datos.
Abrir	Abra un archivo de configuración. La configuración actual se perderá.
Guardar	Guarda la configuración actual en un archivo.
Exportar	Permite exportar los datos registrados actualmente y guardarlos en un archivo como valores separados por comas (CSV).
Imprimir	Imprime el gráfico actual.
Reproducir	Inicia el registro de los datos de las diferentes fuentes que se encuentran en la Lista de curvas.
Pausar	Pausa el Registro de tendencia. Esto no detiene el registro de los datos. Ningún dato se pierde durante el modo Pausar. Cuando la visualización del Registro de tendencia se reanuda, las curvas se actualizan inmediatamente con los datos faltantes.
Eliminar	Elimina todos los datos registrados.
Configurar Canales	Permite configurar los cuatro canales de entrada de la interfaz E/S.
Configurar Funciones	Permite manipular las fuentes de datos utilizando funciones simples.
Generar Función	Permite la creación de una fuente de datos a partir de una de las funciones matemáticas disponibles, tal como una función seno.

Además de estos íconos, hay cuatro indicadores que proporcionan el estado de las entradas digitales de la interfaz E/S y otros dos el estado de las salidas digitales. Un indicador verde representa una salida activada, mientras que uno rojo muestra que la salida está desactivada. A la derecha de estos indicadores se encuentra un botón de parada de emergencia. Presionando este botón se desactivan todas las salidas digitales y analógicas de la interfaz E/S. Los indicadores y el botón de parada de emergencia se muestran en la figura 5.



Figura 5. Indicadores y botón de parada de emergencia.

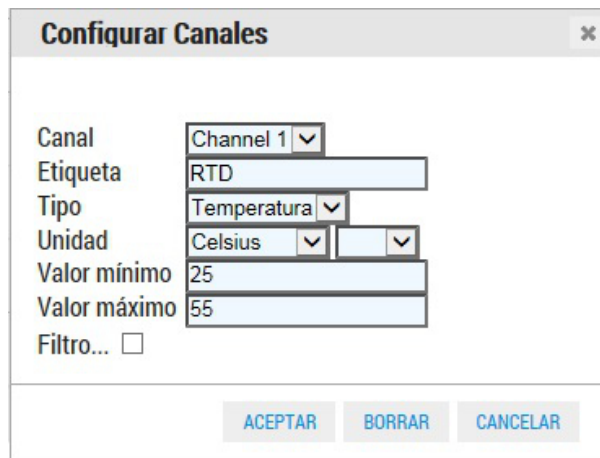
Registro de la señal de un transmisor

LVPProSim puede registrar las señales de 4-20 mA de hasta cuatro dispositivos por medio de la interfaz E/S. Para registrar la señal de un transmisor, primero conecte el dispositivo apropiadamente a la interfaz E/S (ver figura 1). Luego, haga clic en el ícono del canal de la barra de menú para visualizar la ventana [Configurar Canales](#).

En la ventana [Configurar Canales](#), seleccione el número correspondiente de la entrada a la cual está conectado el transmisor en la interfaz E/S. Luego:

- En la sección Etiqueta, ingrese el nombre que desea asignarle a este canal.
- Seleccione el tipo de variable (por ejemplo, presión, temperatura, volumen, etc.).
- Seleccione la unidad de medida.
- Seleccione el valor mínimo, el cual corresponderá a una señal de 4 mA.
- Seleccione el valor máximo, el cual corresponderá a una señal de 20 mA.

La figura 6 muestra un ejemplo en el que el canal 1 está configurado para recibir una medición de temperatura desde un transmisor. Con estos ajustes, la temperatura se visualiza en grados Celsius dentro de un rango de 25 °C a 55 °C (correspondiente a una señal de entrada que puede variar de 4 mA a 20 mA).



Canal	Channel 1
Etiqueta	RTD
Tipo	Temperatura
Unidad	Celsius
Valor mínimo	25
Valor máximo	55
Filtro...	<input type="checkbox"/>

ACEPTAR BORRAR CANCELAR

Figura 6. Configuración de canales.

Una vez que se configura un canal de entrada, usted debe agregarlo a la Lista de curvas para visualizar los datos en el Registro de tendencia. Para agregar un canal a la Lista de curvas, que se encuentra debajo del Registro de tendencia, seleccione (en la lista desplegable) la etiqueta correspondiente al canal que desea registrar y presione [INSERTAR](#) (ver figura 8).

Para iniciar el registro de datos del canal que se agregó a la Lista de curvas, presione el botón Reproducir en la barra de menú. Sólo se registran las fuentes

de señal que están en la Lista de curvas. Agregar un medidor para visualizar un valor de señal no permite grabar dicha señal.

Configuración y utilización del Registro de tendencia

Usted puede ajustar el Intervalo de muestreo antes de registrar las señales. El Intervalo de muestreo es el tiempo entre cada lectura en los canales de entrada. Se puede ajustar en 100 ms, 200 ms, 500 ms o 1000 ms en el menú [Configuración ► Intervalo de muestreo](#) (figura 7).

Note que al modificar el Intervalo de muestreo, se reinicia el Registro de tendencia; todos los datos registrados previamente se perderán.

IDIOMA	
INTERVALO DE MUESTREO	100 MS
CONFIGURAR CANALES	200 MS
CONFIGURAR FUNCIONES	500 MS
	1000 MS

Figura 7. Ajuste del Intervalo de muestreo en el menú Configuración.

Para graficar una curva en el Registro de tendencia, seleccione un ítem del menú desplegable [Etiqueta](#) y haga clic en [INSERTAR](#) (figura 8). Una vez que haya agregado una o más curvas a la lista, presione el botón Reproducir en la barra de menú para iniciar el registro. Usted puede graficar hasta 8 curvas diferentes al mismo tiempo.


	Etiqueta	Cursor X1	Cursor X2	Pendiente	Cursor Y1	Cursor Y2	Unidad	Color	X
<input checked="" type="checkbox"/>	Punto de ajuste 1	-	-	-	-	-	%		X
<div> <div>Ocultar/mostrar curva</div> <div>Agregar una curva</div> <div> <div>INSERTAR</div> <div>Proporcional 1</div> </div> </div> <div> <div>Cambiar el color a la curva</div> <div>Borrar curva</div> </div>									

Figura 8. Adición de una curva a la Lista de curvas.

En todo momento usted puede detener el registro, utilizando el botón Pausar, o puede eliminar todos los datos registrados utilizando el botón X. En la figura 9 se muestra un ejemplo en el que se registraron cuatro curvas diferentes.

El Registro de tendencia no se limita a los canales de entrada; también puede mostrar señales de las entradas digitales, de las salidas digitales y de las salidas del PID al igual que las contribuciones proporcional, integral y derivativa a las salidas del PID.

Usted puede ocultar una curva retirando la marca de verificación que se encuentra a la izquierda del nombre de la curva. Puede borrar una curva haciendo clic en la X ubicada a la derecha de la entrada de la curva. Al hacer clic

en Color, puede cambiar el color de la curva utilizando una herramienta de selección de color.

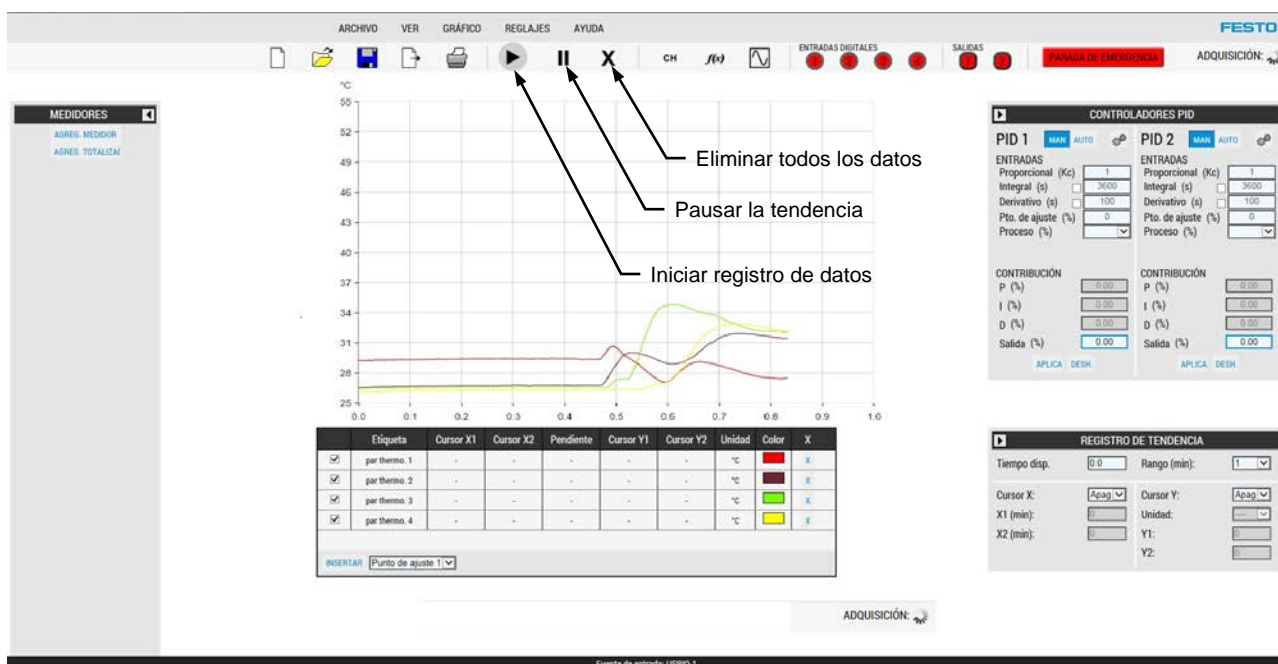


Figura 9. Trazado de curvas en el Registro de tendencia.

El menú Registro de tendencia (figura 10) ofrece dos funciones interesantes. En la sección superior, usted puede cambiar el tiempo de visualización de las curvas. Por ejemplo, si LVPProSim ha estado registrando datos durante 20 minutos, usted puede configurar el parámetro *Tiempo de disp.* en 5 minutos para que los puntos de datos sean graficados para un tiempo de adquisición mayor que 5 minutos. En esta sección también puede ajustar el parámetro *Rango*, el cual determina el lapso de tiempo visualizado. La figura 11 muestra una tendencia en la que el tiempo de visualización inicia a 2 minutos y el rango es de 5 de minutos.

REGISTRO DE TENDENCIA			
Tiempo disp.	0.0	Rango (min):	5
Cursor X:	Apag	Cursor Y:	Apag
X1 (min):	0	Unidad:	-----
X2 (min):	0	Y1:	0
		Y2:	0

Figura 10. Menú del Registro de tendencia.

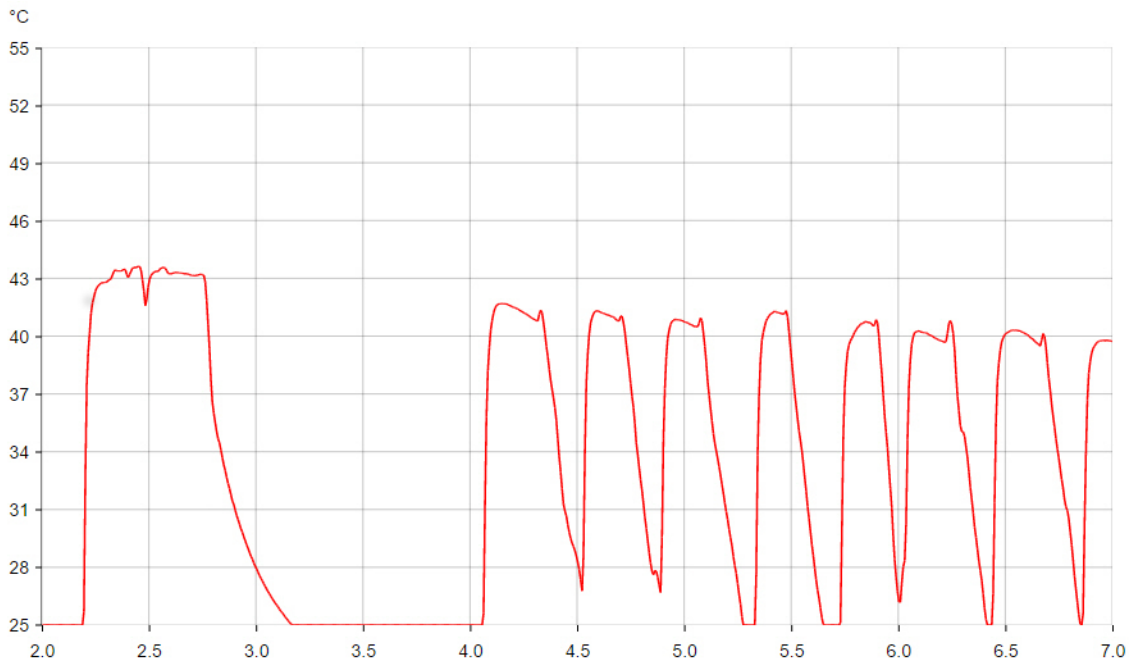


Figura 11. Tiempo de visualización y rango modificados.

En la sección inferior (figura 12), usted puede agregar cursores horizontales o verticales. Los cursores son ayudas visuales que permiten la lectura precisa de una curva para un valor horizontal o vertical dado.

REGISTRO DE TENDENCIA			
Tiempo disp.	0.0	Rango (min):	5
Cursor X:	Ence	Cursor Y:	Ence
X1 (min):	1.209	Unidad:	°C
X2 (min):	1.395	Y1:	39.667
		Y2:	47.467

Figura 12. Secciones Cursores del Registro de tendencia.

Para activar el cursor de los ejes X o Y, seleccione **On** en el menú¹ de los cursores. Esto muestra dos líneas horizontales o verticales. El punto en el que una línea del cursor intercepta una curva aparece en la Lista de curvas debajo del gráfico (ver figura 8). Adicionalmente, para los cursores del eje X, se calcula la pendiente entre los dos cursores. Además, debajo del menú Cursor X o Cursor Y, se muestra el punto en el que un cursor intercepta el eje. La figura 13 muestra un ejemplo en el que se utilizan ambos tipos de cursor. Los valores numéricos de los cursores se indican en la figura 12.

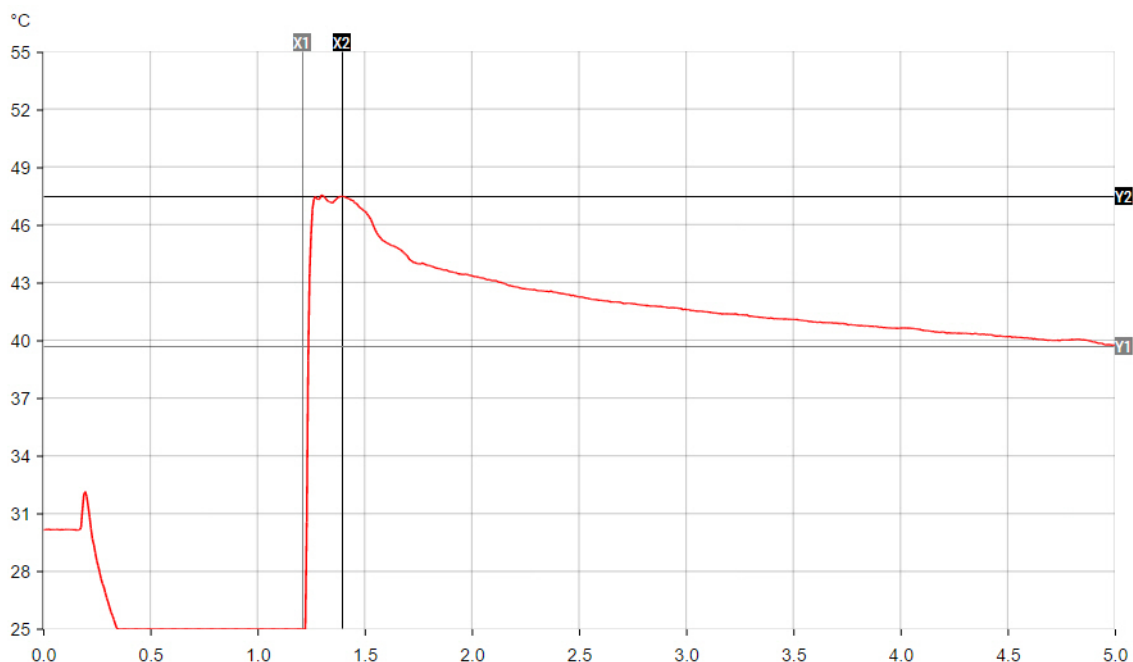


Figura 13. Utilización de los cursores.

Medidores y totalizadores

A la derecha del Registro de tendencia, usted puede agregar medidores para visualizar los valores de diferentes fuentes de datos en tiempo real. Para agregar un medidor, haga clic en **AGREGAR MEDIDOR**, ingrese un nombre de etiqueta, seleccione la fuente de datos y presione **ACEPTAR**. Una vez que se agrega un medidor, usted puede visualizar el valor de la fuente en porcentaje, editar los parámetros del medidor o borrarlo como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Agregar y utilizar medidores.

Si uno de los canales mide una cantidad por unidad de tiempo (por ejemplo, L/s o L/h), usted puede agregar un totalizador para calcular la cantidad medida desde el inicio del registro. El botón [Reiniciar](#) elimina el totalizador sin reanudar el registro. La figura 15 muestra un totalizador que calcula el número total de litros de un caudal, en litros por minuto.



Figura 15. Utilización de un totalizador para registrar el número total de litros.

Utilización y configuración de los controladores PID

A la derecha, en la sección [Controladores PID](#) (figura 16), hay dos controladores configurables (PID1 y PID2). Para cada controlador, usted puede fijar las constantes de sintonización, el punto de ajuste y seleccionar una variable controlada (Proceso %).

Cada controlador se puede utilizar en modo manual o automático. Por defecto, el controlador está en modo manual. En este modo, usted sólo puede cambiar la salida del controlador ingresando un nuevo valor en el campo del parámetro [Salida](#) y haciendo clic en [Aplicar](#). Utilizar el controlador en modo manual permite el control manual de una variable manipulada, tal como la velocidad de una bomba.

El segundo modo disponible es el modo automático. Para cambiar al modo automático, haga clic en [Auto](#) en la sección Controlador. En este modo, LVProSim utiliza un algoritmo ideal no interactivo para calcular la salida del controlador. La ecuación que describe la señal de salida en todo instante es:

$$m(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{d}{dt} e(t) \right) + b \quad 1)$$

donde

- $m(t)$ es la salida del controlador (p.e., la variable manipulada)
- K_c es la ganancia del controlador
- $e(t)$ es el error
- T_i es la constante de tiempo integral
- T_d es la constante de tiempo derivativo
- b es la desviación

La figura 16 muestra la sección Controladores PID. En la parte superior, usted puede ajustar la ganancia del controlador, el tiempo integral y el tiempo derivativo. Estos parámetros corresponden a K_c , T_i y T_d en la ecuación 1). Debajo de esos parámetros, puede fijar el punto de ajuste y seleccionar la variable controlada en la lista desplegable. Para lograr al menos el control proporcional, se necesitan la ganancia del controlador, el punto de ajuste y la variable controlada. Las acciones derivativa e integral no están activadas por defecto. Para activarlas, marque la casilla al lado del nombre del parámetro. Cada vez que modifique un parámetro, debe hacer clic en el botón *Aplicar* para aplicar los cambios; hasta que usted haga clic en este botón todos los parámetros modificados aparecen con un fondo amarillo.

Al activar el modo automático, las contribuciones proporcional, integral y derivativa a la salida del controlador se muestran en la sección inferior de la zona del controlador. En esta sección también aparece la salida del controlador. Estos cuatro valores se actualizan constantemente siempre y cuando se esté ejecutando el modo automático.

PID 1		PID 2	
MAN AUTO		MAN AUTO	
ENTRADAS		ENTRADAS	
Proporcional (K_c)	1	Proporcional (K_c)	1
Integral (s) <input checked="" type="checkbox"/>	3600	Integral (s) <input type="checkbox"/>	3600
Derivativo (s) <input checked="" type="checkbox"/>	100	Derivativo (s) <input type="checkbox"/>	100
Pto. de ajuste (%)	0	Pto. de ajuste (%)	0
Proceso (%)	Flujo	Proceso (%)	
CONTRIBUCIÓN		CONTRIBUCIÓN	
P (%)	-49.98	P (%)	0.00
I (%)	50.00	I (%)	0.00
D (%)	24.41	D (%)	0.00
Salida (%)	24.44	Salida (%)	0.00
APLICA DESH.		APLICA DESH.	

Figura 16. Sección Controladores PID.

La figura 17, la figura 18, y la figura 19 muestran los ajustes típicos para los controles P, PI y PID, respectivamente. En estos ejemplos, se registra una temperatura en el canal 1 y se utiliza como variable controlada. El punto de ajuste es 50%.

PID 1 MAN AUTO

ENTRADAS

Proporcional (Kc)		2.5
Integral (s)	<input type="checkbox"/>	3600
Derivativo (s)	<input type="checkbox"/>	100
Pto. de ajuste (%)		50
Proceso (%)		temperz ▼

Figura 17. Configuración del Control P.

PID 1 MAN AUTO

ENTRADAS

Proporcional (Kc)		2.5
Integral (s)	<input checked="" type="checkbox"/>	60
Derivativo (s)	<input type="checkbox"/>	100
Pto. de ajuste (%)		50
Proceso (%)		temperz ▼

Figura 18. Configuración del Control PI.

PID 1 MAN AUTO

ENTRADAS

Proporcional (Kc)		2.5
Integral (s)	<input checked="" type="checkbox"/>	60
Derivativo (s)	<input checked="" type="checkbox"/>	10
Pto. de ajuste (%)		50
Proceso (%)		temperz ▼

Figura 19. Configuración del Control PID.

Se dispone de otras opciones de configuración haciendo clic en el ícono con forma de engranajes. Las opciones disponibles se muestran en la figura 20. Activando el *Punto de ajuste dinámico*, el campo de entrada del punto de ajuste se convierte en una lista desplegable que permite la selección de una señal. El controlador utilizará esta señal como punto de ajuste. Esto permite esquemas de control más sofisticados, como el control en cascada. Las otras dos opciones disponibles son *Invertir acción* y *Derivativo en error*. Ambas opciones están activadas por defecto. Desactivando la opción *Invertir acción*, el controlador queda en modo de acción directa. En modo Acción Directa, un aumento en el error produce un aumento en la salida del controlador. Desactivando *Derivativo en error*, se cambia el algoritmo del controlador de tal manera que la acción derivativa utiliza en su algoritmo la variable controlada (por ejemplo, la variable del proceso), en lugar del error.

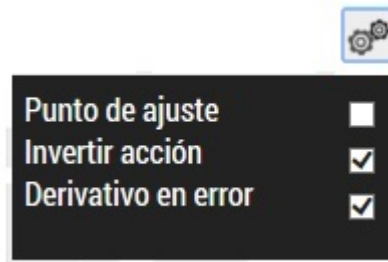
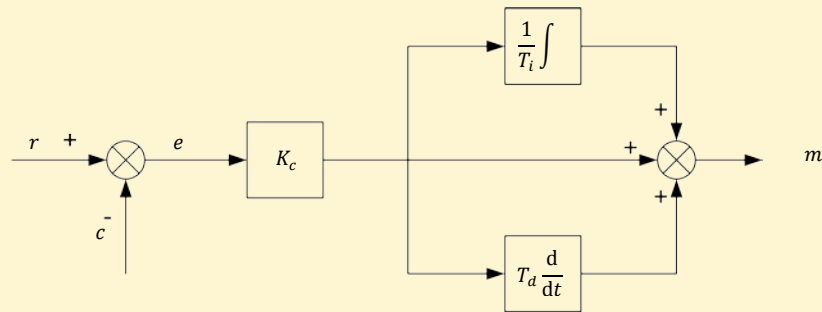


Figura 20. Opciones de configuración del Controlador.

Sintonización de los parámetros (una corta revisión)

La **ganancia del controlador**, K_c , determina la magnitud de la acción proporcional; cuanto mayor es la ganancia del controlador, mayor será la acción proporcional. Para un controlador no interactivo, al cambiar la ganancia también se afectan las acciones integral y derivativa, como se ilustra en la figura siguiente.



Controlador no interactivo.

El tiempo **integral**, T_i , determina la magnitud de la acción integral. Éste corresponde al tiempo necesario para que la acción integral repita la acción del control proporcional, asumiendo que el error es constante. Cuanto más corto es el tiempo integral, mayor será la acción integral.

El algoritmo del controlador de LVProSim contiene una función de finalización anti reinicio. Esta función desactiva la acción integral tan pronto como la salida del controlador alcanza su salida límite (sea 0% o 100%), lo cual minimiza el sobrepaso de la variable controlada siguiendo un cambio por pasos en la señal de error.

Finalmente, el **tiempo derivativo**, T_d , determina la magnitud de la acción derivativa. Éste corresponde al tiempo en el cual la acción derivativa anticipa el efecto de la acción proporcional. Cuanto mayor es el tiempo derivativo, mayor será la acción derivativa.

La acción derivativa se puede implementar tanto en el error como en el proceso (la variable del controlador). En LVProSim, la configuración por defecto es *Derivativo en error*. Cuando se implementa esta acción, los cambios en el punto de ajuste hacen que la acción derivativa genere una salida. Esto puede generar oscilaciones erráticas en la salida del controlador con las subsecuentes oscilaciones en el proceso. Al implementar la acción derivativa en el proceso, ésta produce una salida únicamente cuando el proceso está cambiando, por lo tanto no se produce ninguna acción derivativa inmediatamente después de un cambio en el punto de ajuste.

Funciones definidas por el usuario

Algunas veces la señal de una entrada o una salida debe ser tratada antes de graficarla o utilizarla como una variable controlada. El cuadro de diálogo **CONFIGURAR FUNCIONES** ofrece múltiples opciones para combinar o aplicar un tratamiento a una señal (figura 21).

The image shows a software dialog box titled "Configurar Funciones". At the top, there is a list box labeled "Funciones" which is currently empty. Below the list box are two buttons: "NUEVO" and "BORRAR". Further down is a section with a label "Etiqueta" and an empty text input field. To the right of this field is a "CREAR" button. Below the "Etiqueta" field is a formula editor. It consists of several components: a dropdown menu labeled "Valor Izquierdo", a small dropdown menu labeled "Op." containing a "+" sign, another dropdown menu labeled "Valor Derecho", an equals sign "=", a text input field labeled "Resultado", and finally a dropdown menu labeled "Unidad".

Figura 21. Cuadro de diálogo CONFIGURAR FUNCIONES.

Utilizando el cuadro de diálogo **CONFIGURAR FUNCIONES**, usted puede combinar dos señales utilizando operadores. Básicamente todo lo que se pueda graficar en la tendencia es una señal. Inclusive, puede utilizar el resultado de otra función como operando para una nueva función. La figura 22 muestra un ejemplo de función definida por el usuario para obtener la suma de dos señales de presión.

Configurar Funciones

Funciones

presión total

NUEVO BORRAR

Etiqueta

presión total EDITAR

Valor Izquierdo Op. Valor Derecho Resultado Unidad

presión 1 + presión 2 = presión 1 + presión 2 L/min+°C

Figura 22. Función definida por el usuario.

El operando izquierdo es opcional, lo cual le permite aplicar operadores tales como una raíz cuadrada o un filtro a una señal única. La figura 23 ilustra cómo se puede utilizar lo anterior para obtener una señal proporcional al caudal, a partir de la lectura de un diferencial de presión sacando la raíz cuadrada de esta señal.

Configurar Funciones

Funciones

Velocidad de Flujo

NUEVO BORRAR

Etiqueta

Velocidad de Flujo EDITAR

Valor Izquierdo Op. Valor Derecho Resultado Unidad

√ presión 1 = √(presión 1)

Figura 23. Obtención de una señal proporcional al caudal a partir de un diferencial de presión.

Modo Simulación

En el modo Simulación, usted no necesita (ni utiliza) la interfaz E/S. Las señales del proceso se generan a partir de las constantes dinámicas de su preferencia.

Interfaz del usuario

En el modo Simulación, la interfaz del programa es casi la misma que en el modo Adquisición de datos. Dado que LVProSim no puede acceder a la interfaz E/S en este modo, ninguna función relacionada con éste se encuentra disponible. Casi todas las funciones del modo Simulación son similares a las del modo Adquisición de datos; más adelante se presentan únicamente las

instrucciones de utilización y configuración del simulador. Para más detalles sobre alguna otra función, consulte en la parte superior la sección Modo Adquisición de datos.

La tabla 2 muestra la correspondencia entre los íconos de la barra de menú (figura 24) disponibles en el modo Simulación y sus descripciones.



Figura 24. Barra de menú en el modo Simulación.

Tabla 2. Descripción de la barra de menú en el modo Simulación.

Nombre del ícono	Descripción del ícono
Nuevo	Cierra la ventana actual y permite abrir una nueva, sea para la Simulación o la Adquisición de Datos.
Abrir	Abra un archivo de configuración. La configuración actual se perderá.
Guardar	Guarda la configuración actual en un archivo.
Exportar	Permite exportar los datos registrados actualmente y guardarlos en un archivo como valores separados por comas (CSV).
Imprimir	Imprime el gráfico actual.
Reproducir	Inicia el registro de los datos de las diferentes fuentes que se encuentran en la Lista de curvas.
Pausar	Pausa el Registro de tendencia. Esto no detiene el registro de los datos. Ningún dato se pierde durante el modo Pausar. Cuando la visualización del Registro de tendencia se reanuda, las curvas se actualizan inmediatamente con los datos faltantes.
Eliminar	Elimina todos los datos registrados.
Configurar Funciones	Permite manipular las fuentes de datos utilizando funciones simples.
Generar Función	Permite la creación de una fuente de datos a partir de una de las funciones matemáticas disponibles, tal como una función seno.
Simulador	Abre la ventana emergente del simulador.

Ejecución de una simulación de un proceso

El simulador es una poderosa herramienta que le permite simular un proceso de primer o segundo orden y probar diferentes configuraciones del controlador. Usted también puede agregar una perturbación a la simulación del proceso.

Para configurar una simulación se requieren algunos pasos sencillos. Primero debe seleccionar el tipo de simulación que desea ejecutar, entre los cuatro tipos que hay disponibles. Los cuatro tipos de simulación disponibles son:

- Simulación de un proceso controlado utilizando el controlador PID 1
- Simulación de un proceso controlado utilizando el controlador PID 2
- Simulación de un proceso con esquema de control en cascada utilizando el PID 1 como controlador primario (maestro) y el PID 2 como controlador secundario (esclavo)
- Simulación de un proceso con esquema de control en cascada utilizando el PID 2 como controlador primario (maestro) y el PID 1 como controlador secundario (esclavo)

Una vez que haya seleccionado el tipo de proceso que desea simular, haga clic en el botón del simulador para abrir la ventana de configuración del simulador. Para seleccionar un control de proceso de lazo único haga clic en PID 1 o en PID 2, en la barra de menú, dependiendo del controlador que desee utilizar (figura 25). Para seleccionar una simulación en cascada, primero seleccione CAS en la barra de menú y luego haga clic en PID1 o en PID2 para seleccionar el controlador que funcionará como controlador primario (figura 26).

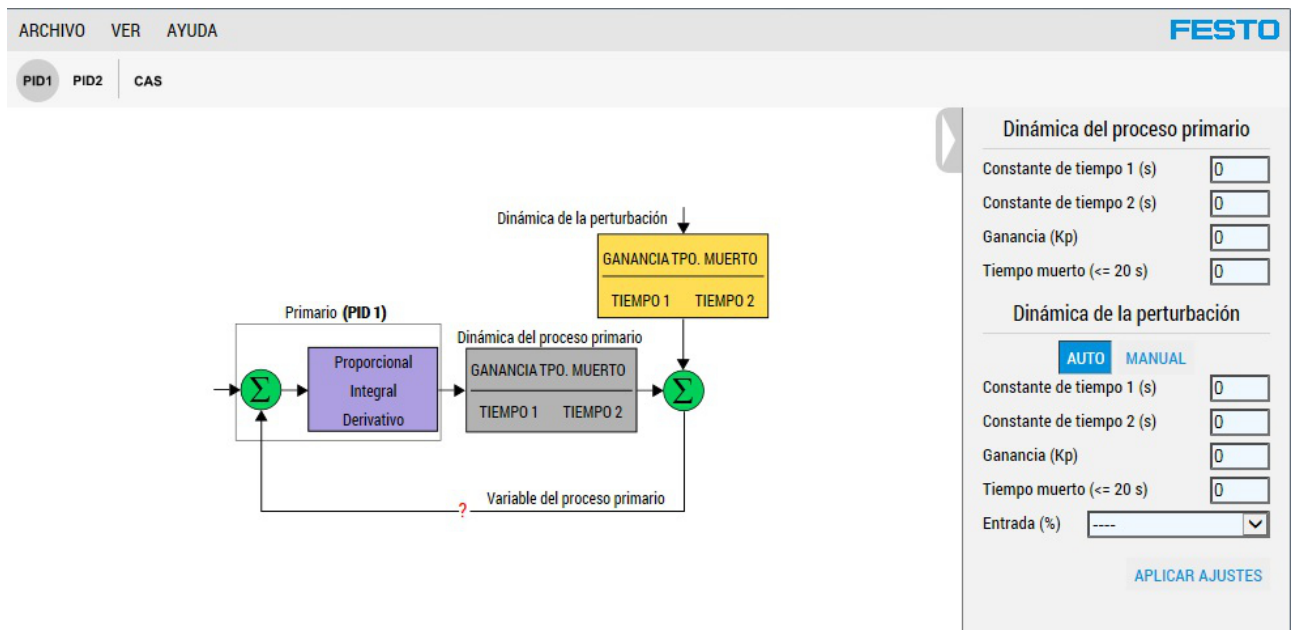


Figura 25. Selección de una simulación de lazo único.

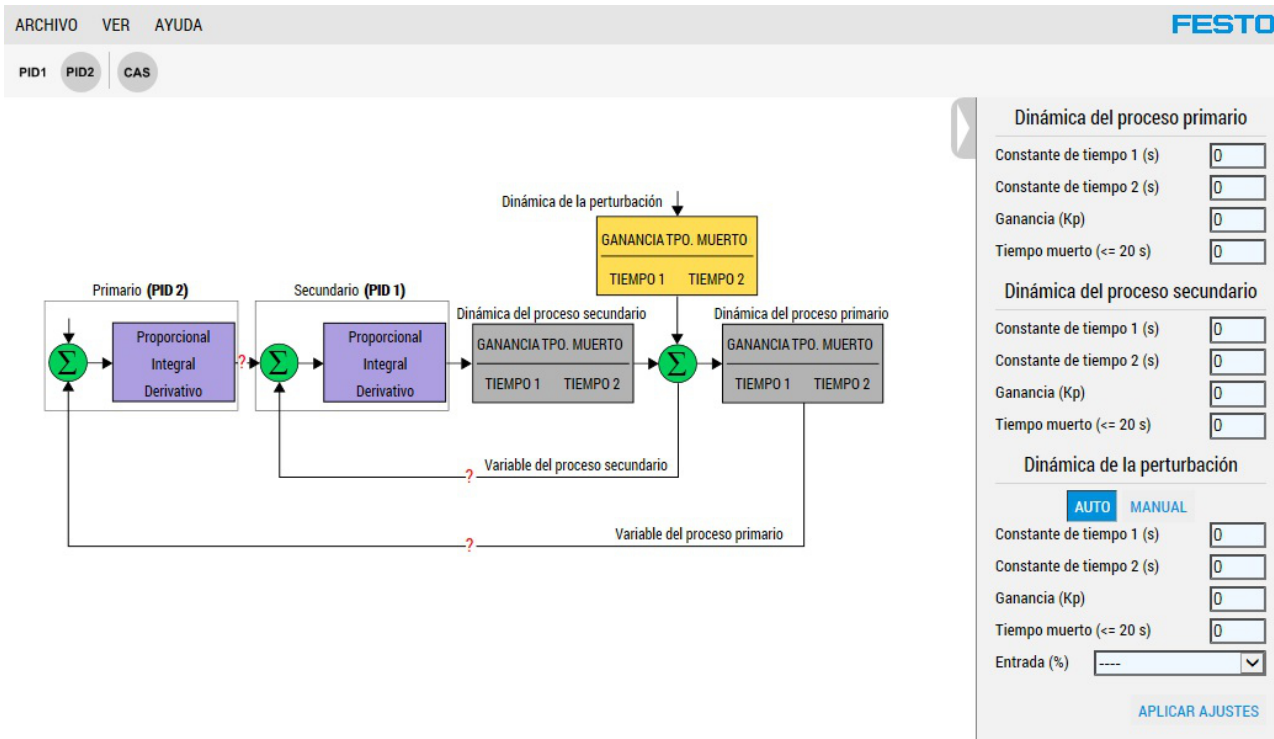


Figura 26. Selección de una simulación en cascada.

Note que, al inicio, hay uno o dos signos de interrogación rojos en el gráfico del proceso. Esto indica que el lazo de retroalimentación no está cerrado porque un elemento (o más) no se ha seleccionado aún. Por ejemplo, el programa muestra un signo de interrogación rojo en la línea de la variable de proceso primario si no se ha seleccionado ninguna fuente para la señal de proceso. En este caso, para cerrar el lazo de la simulación usted debe ir a la ventana principal y seleccionar *Salida Sim. Primaria* en la lista desplegable *Proceso* de la sección del controlador, como se muestra en la figura 27.

PID 1

MAN

AUTO

ENTRADAS

Proporcional (Kc)

1

Integral (s)

☐

3600

Derivativo (s)

☐

100

Pto. de ajuste (%)

0

Proceso (%)

Salida Sim. Primaria

Salida Sim.Secundaria

Salida Sim. de la Perturbación

Punto de ajuste 2

Salida PID 2

CONTRIBUCIÓN

P (%)

0.00

I (%)

0.00

D (%)

0.00

Salida (%)

0.00

APLICA

DESH.

Figura 27. Cierre del lazo de retroalimentación de la simulación en una simulación de lazo único.

Una vez que se cierra el lazo de la simulación, usted puede configurar las características dinámicas del proceso simulado, a la derecha en la ventana de la simulación. La figura 28 muestra el ejemplo de un lazo de proceso de segundo orden con los ajustes siguientes: la primera constante de tiempo en 10 s, la segunda en 3 s, una ganancia de 2 y un tiempo muerto de 1 s. Para simular un proceso de primer orden, simplemente fije la segunda constante de tiempo en 0 s. Con las características dinámicas configuradas, haga clic en el diagrama del proceso para visualizar las ecuaciones correspondientes en el dominio de Laplace (figura 29).

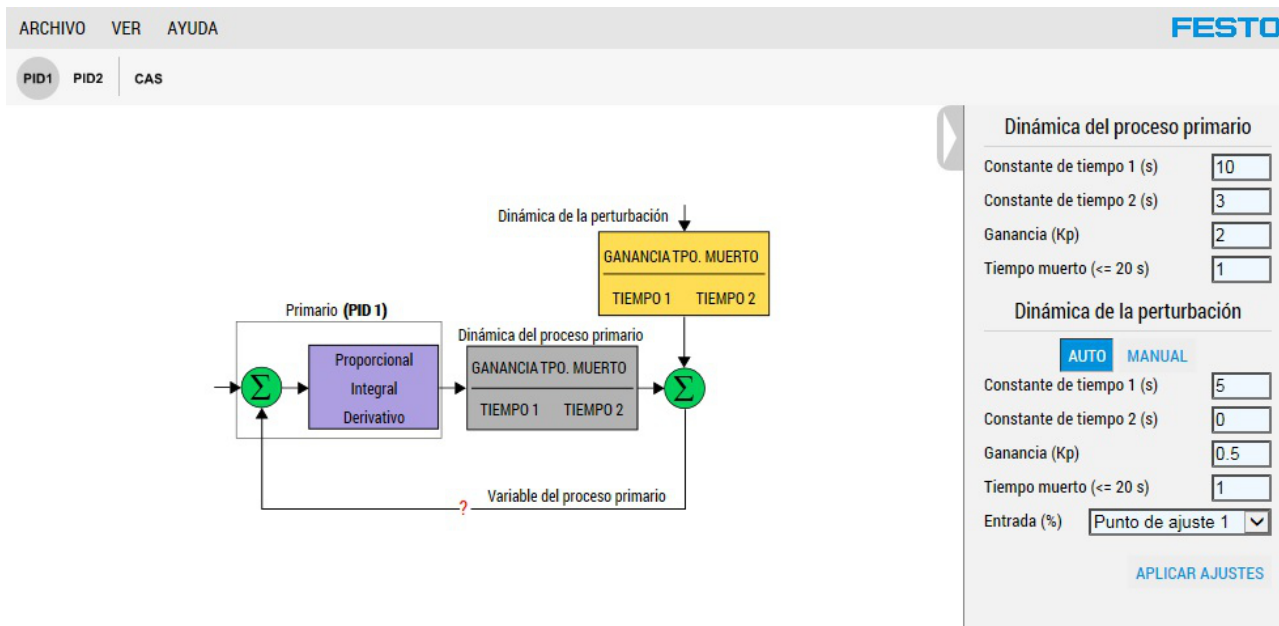


Figura 28. Configuración de las características dinámicas de un proceso simulado.

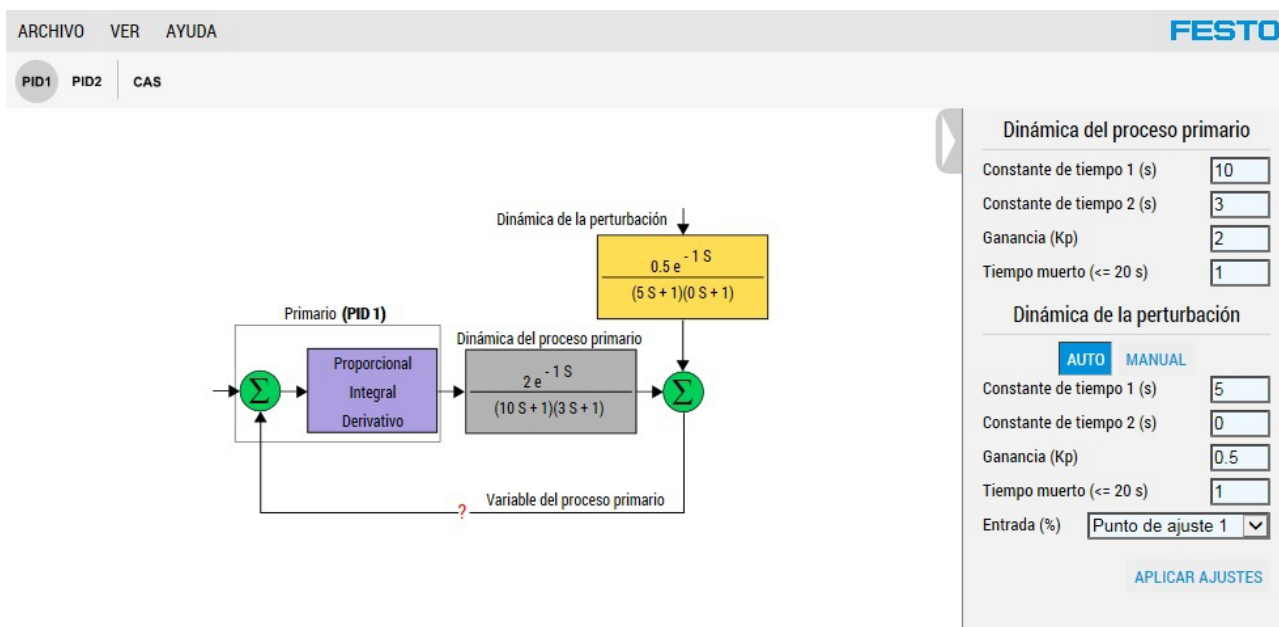


Figura 29. Visualización de las ecuaciones del proceso en el dominio de Laplace.

El procedimiento para configurar la simulación para un proceso en cascada es similar, excepto que hay dos lazos de proceso en vez de uno. El aspecto más importante es cerrar correctamente los dos lazos, seleccionando las fuentes apropiadas en ambos controladores. Por ejemplo, si usted decide utilizar el controlador PID 2 como controlador primario, tal como se muestra en la figura 26, seleccione *Salida Sim. Secundaria* en la lista desplegable *Proceso* del controlador PID 1 y *Salida Sim. Primaria* para el controlador PID 2, como se muestra en la figura 30. Una vez que la fuente del proceso esté configurada, los dos signos de interrogación rojos en las líneas de la señal de retroalimentación se transforman en una línea recta.

Sin embargo, aún hay un signo rojo de interrogación en el gráfico del proceso entre el controlador primario y el secundario. Éste indica que no se ha configurado correctamente el punto de ajuste del controlador secundario. De hecho, en un esquema de control en cascada, el controlador secundario utiliza un punto de ajuste dinámico. Para configurar un punto de ajuste dinámico en el controlador secundario, haga clic en el ícono con forma de engranajes de este controlador, seleccione *Punto de Ajuste Dinámico* y luego seleccione la salida del controlador primario en la lista desplegable *Punto de Ajuste*, como se muestra en la figura 31. Cuando hayan desaparecido todos los signos de interrogación rojos, usted puede configurar, como lo desee, las características dinámicas del proceso simulado.

PID 1

MAN **AUTO**

ENTRADAS

Proporcional (Kc)

Integral (s) ☐

Derivativo (s) ☐

Pto. de ajuste (%)

Proceso (%)

CONTRIBUCIÓN

P (%)

I (%)

D (%)

Salida (%)

APLICA **DESH.**

PID 2

MAN **AUTO**

ENTRADAS

Proporcional (Kc)

Integral (s) ☐

Derivativo (s) ☐

Pto. de ajuste (%)

Proceso (%)

CONTRIBUCIÓN

P (%)

I (%)

D (%)

Salida (%)

APLICA **DESH.**

Figura 30. Cierre del lazo de retroalimentación de la simulación para una simulación en cascada.

PID 1

MAN
AUTO

⚙️

Punto de ajuste
☐

Invertir acción
☒

Derivativo en error
☒

Pto. de ajuste (%)

Proceso (%)

Salida

CONTRIBUCIÓN

P (%)

I (%)

D (%)

Salida (%)

APLICA
DESH.

Figura 31. Configuración de un punto de ajuste dinámico.

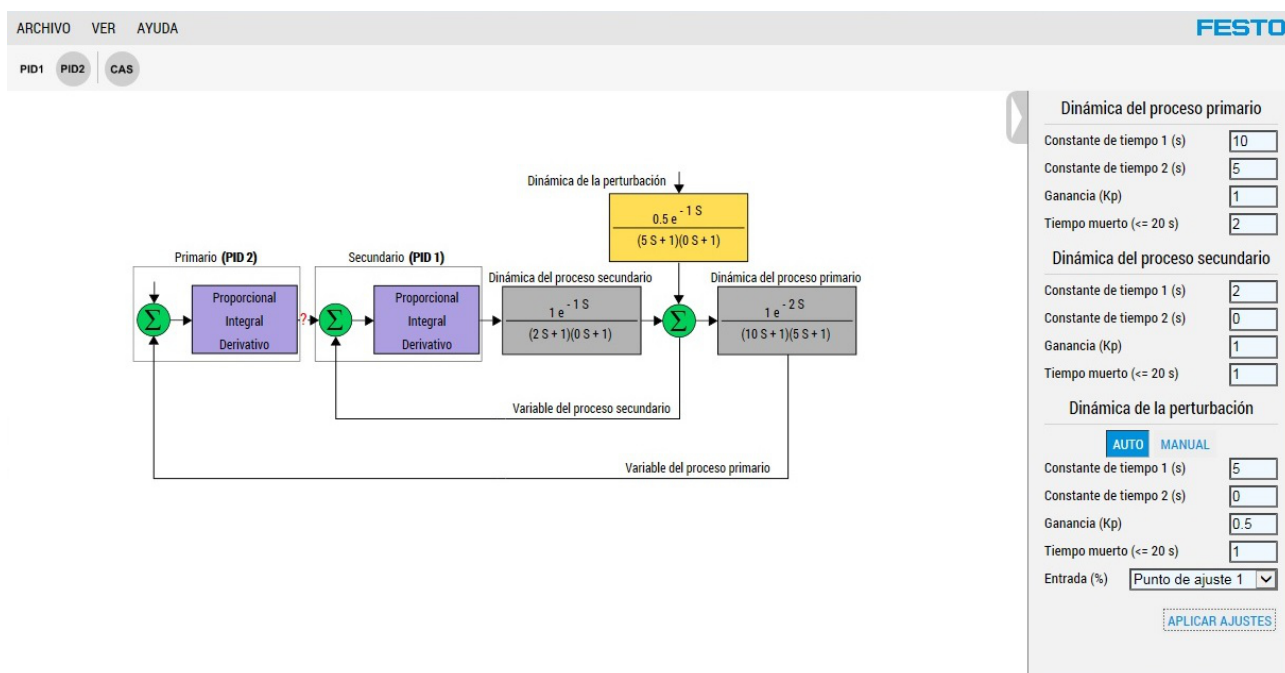


Figura 32. Configuración de las características dinámicas del proceso en cascada simulado.