



Capítulo 3

Caso de estudio

Este capítulo describe el estado actual y los componentes que forman parte de la planta piloto de laboratorio. Como se ha indicado en la introducción de este proyecto se ha elegido la planta piloto por su diseño para simular reacciones químicas exotérmicas y por contar con componentes industriales como el autómata programable. La planta servirá como banco de pruebas para comprobar la eficacia de distintas técnicas de control. Por todo ello, es una planta que nos permite diseñar y probar controladores dirigidos a funcionar en la industria.

Se detallará la reacción exotérmica que simulará la planta y las razones por las que se ha elegido. Además se presentará un modelo de la misma hecho en Simulink® que nos permitirá desarrollar y verificar las distintas estrategias para el control.

Por último se justificará la necesidad de crear una plataforma de pruebas que conectará el PLC y el modelo hecho en Simulink que permitirá que futuros investigadores puedan desarrollar sus técnicas de control para la planta sin necesidad de tener que trabajar directamente con la planta piloto.

3.1. Planta piloto de laboratorio

La planta piloto esta situada en el laboratorio L1 de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla y se ha utilizado en numerosas aplicaciones de sistemas de control como se puede comprobar en la bibliografía. Es una planta piloto en la que se controla la temperatura de un reactor.

3.1.1. Descripción de la planta

La planta piloto consta de un tanque cilíndrico que puede llenarse de agua a través de dos tuberías de abastecimiento, una de ellas con agua fría y la otra con agua caliente, obtenida a partir de un calentador o termo. El tanque posee un respiradero y un desagüe y el caudal que circula por las tuberías de abastecimiento es controlado por las válvulas automáticas. El tanque posee una resistencia interna que permite calentar el agua y que puede ser activada o desactivada según convenga. Además

la potencia calorífica que aporta la resistencia puede ser controlada indicando el porcentaje de potencia deseado sobre la máxima potencia que puede ceder.

El tanque también posee un circuito de recirculación cuyo caudal es controlado por una válvula automatizada. El circuito de refrigeración atraviesa un intercambiador de calor que permite variar la temperatura del agua que recircula, con lo que también puede variar la temperatura del agua del tanque.

Para abastecer de agua el sistema se ha colocado un depósito de agua con un sistema de refrigeración de tal forma que el agua que contiene pueda mantenerse a una temperatura aproximadamente constante.

La planta cuenta con válvulas automáticas y manuales para el control del flujo en los distintos circuitos de agua, con un sistema de toma de medidas a través de transductores y caudalímetros repartidos por toda la unidad y con un pupitre de control que se encarga de automatizar todo el proceso. En la Figura 3.1.1 se puede ver una imagen de la planta actual con la indicación de sus componentes.

Finalmente, la planta está equipada con una serie de bombas para forzar la circulación del agua por las tuberías.

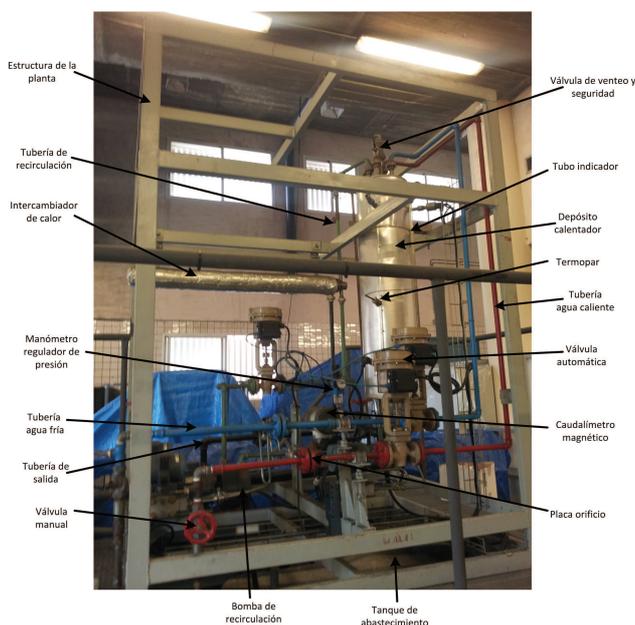


Figura 3.1.1: Componentes de la planta piloto.

Se dispone de un armario que contiene el cuadro eléctrico de la planta y que alberga al autómata, entre otros dispositivos. Está situado en el frontal de la planta junto al armario del grupo frío y se encuentra derivado a tierra para evitar contactos indirectos en caso de manipulación en el cuadro por parte del operario.

Para el control automático de la planta, se dispone de un Autómata programable (PLC), modelo Modicon M340 de Schneider Electric. La estación PLC está formada por un módulo principal, la CPU (procesador), tarjetas de E/S digitales, módulos de E/S analógicas, de comunicación y un módulo de alimentación, todos conectados y distribuidos a lo largo de un bastidor de 12 slots.



Figura 3.1.2: Fotografía del bastidor con el autómata programable M340 y sus módulos.

Como ya se ha comentado la planta piloto está diseñada para la simulación de reacciones químicas exotérmicas. El proceso se basa en los cambios de temperatura sufridos en el depósito de la planta, gracias a la acción de elementos tan importantes como la camisa de refrigeración y la resistencia en su interior, el intercambiador de calor y las tuberías de agua caliente (termo eléctrico) y fría abastecidas por la bomba de alimentación que succiona agua desde el tanque de abastecimiento de la planta.

La planta a lo largo de los años ha sufrido multitud de cambios y mejoras. Las últimas modificaciones realizadas en la planta han sido las siguientes:

- La primera y más importante de todas ha sido la instalación del nuevo pupitre de control, que cuenta con el PLC M340 de *Schneider Electric*, slots de entradas/salidas analógicas y digitales, slot de alimentación, de conexión por puerto serie, etc., magnetotérmicos para las bombas de alimentación y recirculación, 2 relés de estado sólido para la resistencia del termo y la interna al depósito, un proveedor de alimentación para todo el cuadro y regletas de entradas/salidas, entre otros.
- Instalación de nuevos sensores de temperatura y presión para mediciones y toma de datos más fiables, además de un caudalímetro electromagnético en el circuito de recirculación.
- Colocación de canaletas metálicas a modo de rejillas por donde pasar todos los cables eléctricos de la planta, con el fin de mejorar la distribución y el orden en el entorno de trabajo.
- Instalación de un Software de simulación SCADA con el que poder trabajar sin tener que renovar y abonar periódicamente la licencia (*Vijeo Citect*).
- Instalación de un nuevo sensor de presión para medir el nivel en el interior del depósito.



Figura 3.1.3: Sensor para el nivel del depósito.

- Purga de todos los caudalímetros eléctricos de la planta.

Se describe a continuación las características de los elementos que componen la planta:

Depósito

El depósito es el elemento principal de la planta que alberga en su interior una resistencia para el calentamiento de agua contenida y una camisa de refrigeración para la reducción de la temperatura en dicho depósito. Éste recibe el agua por las tuberías de entrada de agua caliente y fría. Tiene una capacidad de 31 l.

Intercambiador de calor

El intercambiador de calor está situado en el circuito de recirculación y permite enfriar el agua que proviene de la camisa de refrigeración del depósito.

Termo eléctrico

El calentador es un termo eléctrico de 12000 W y 400 l de capacidad que tiene un termostato regulable. Está situado en la parte trasera de la planta.

Grupo de presión

El grupo de presión formado por la bomba de alimentación, el calderín esférico y el presostato es el encargado de inyectar el flujo inicial de agua en todo el sistema.

Bomba de recirculación

Electrobomba situada en el circuito de recirculación, encargada de recoger el agua a enfriar de la camisa de refrigeración del depósito y bombearla hacia el intercambiador de calor.

Tanque

El depósito es el dispositivo en el que se almacena el agua que se utiliza en el proceso. Para evitar el calentamiento del agua del depósito, se ha incorporado una planta de frío que permitirá mantener la temperatura del agua en un rango de $\pm 1^{\circ}$ respecto a la temperatura deseada.

Grupo de frío

Dispositivo ubicado junto al cuadro de control de la planta, cuyo objetivo es el de mantener un determinado valor de temperatura el agua fría que se encuentra almacenada en el tanque de abastecimiento.

Tuberías

En la planta existen diversas tuberías destinadas a diferentes circuitos de agua. La tubería de color rojo es la que transporta el agua caliente, la tubería de color azul es la que transporta el agua fría, la tubería de color verde es la que se encarga de tomar el agua de la camisa de refrigeración del depósito y llevarla hasta el intercambiador de calor, y por último la tubería de color negro transporta el flujo de salida del depósito. Además el depósito cuenta con una tubería rebosadero para el caso en el que el nivel de agua en el depósito sobrepase un valor.

Válvulas

Existen diversas válvulas en toda la planta, tanto manuales como automáticas. La apertura de estas válvulas varía entre los valores analógicos 0-100 %. La planta cuenta con tres válvulas automáticas correspondientes a los circuitos de agua caliente, fría y de recirculación.

Caudalímetros

Estos instrumentos miden el caudal de agua que fluye por las distintas tuberías de la planta. En la planta existen dos tipos de caudalímetros: el eléctrico y el electromagnético. Los circuitos de agua fría, agua caliente y circuito de salida disponen de un caudalímetro eléctrico respectivamente. Los caudalímetros eléctricos que hay en la planta miden la diferencia de presión entre las dos cámaras que traen, cámara alta y cámara baja. De este modo detecta el caudal, mediante la diferencia de presión entre estas dos cámaras. Esta diferencia de presión se debe a la presencia de una placa-orificio (ver Figura 3.1.4) por la que pasa el fluido y que hace que la presión en un lado y otro de la placa sea distinta al pasar un fluido.

El circuito de recirculación cuenta con un caudalímetro electromagnético de mayor precisión y fiabilidad en la toma de medidas, de bajo mantenimiento y poco intrusivo.

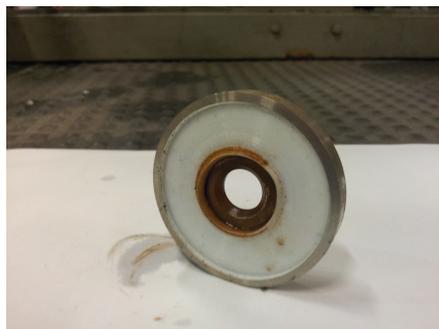
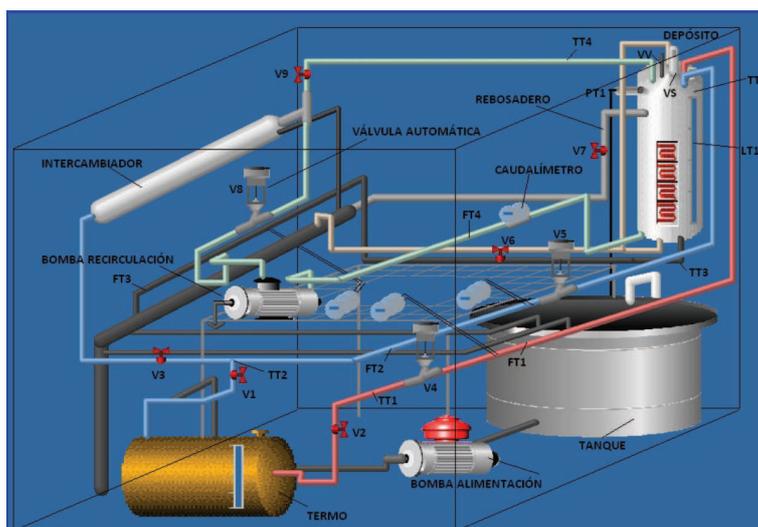


Figura 3.1.4: Placa orificio de un caudalímetro eléctrico.

Transductores

Instrumentos de toma de medidas que convierten el valor físico tomado de las magnitudes de interés de la planta. La planta cuenta con sensores de medida de temperatura, de presión y de flujo.

Para tener una idea más clara de la distribución de los componentes se ha utilizado el siguiente diagrama de [5] junto con la Tabla 3.1.


 Figura 3.1.5: Esquemático de la planta piloto hecho con *Vijeo Citect*.

3.1.2. Reacción exotérmica

El proceso de laboratorio, representado por una planta piloto, puede simular reacciones químicas exotérmicas a base de cambios en la temperatura. Se ha elegido esta reacción por su no linealidad, lo que nos permitirá evaluar la eficacia de controladores borrosos.

ENTRADAS ANALÓGICAS		SALIDAS ANALÓGICAS	
- Caudal circuito de agua fría	FT2	- Válvula agua fría	V5
- Caudal circuito de agua caliente	FT1	- Válvula agua caliente	V4
- Caudal circuito de recirculación	FT4	- Válvula circuito de recirculación	V8
- Caudal circuito de salida	FT3		
- Presión en el interior del depósito	PT1		
- Nivel de agua en el interior del depósito	LT1		
- Temperatura en el interior del depósito	TT5		
- Temperatura circuito de agua fría	TT2		
- Temperatura circuito de agua caliente	TT1		
- Temperatura circuito de recirculación	TT4		
- Temperatura circuito de salida	TT3		

Cuadro 3.1: Listado de parámetros analógicos de la planta.

Como ya se ha indicado, los elementos principales de la planta piloto son el reactor, el intercambiador de calor, la camisa de refrigeración y la válvula de recirculación para manipular el flujo en la camisa de refrigeración.

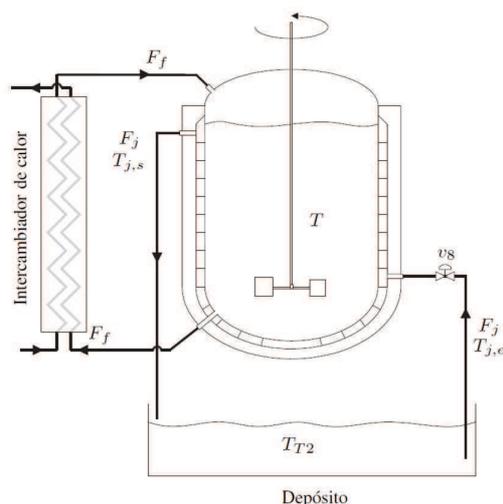


Figura 3.1.6: Diagrama de la planta piloto con los cuatro elementos: reactor, intercambiador de calor, camisa de refrigeración y válvula de recirculación.

La reducción de la temperatura del contenido del reactor se realiza mediante una camisa de refrigeración. La disipación de calor provocado por la camisa de refrigeración puede ser regulada mediante la válvula v_8 que manipula el flujo en la camisa.

La relación experimental entre el flujo F_j que circula por la camisa de refrigeración y la apertura de la válvula v_8 se puede ver en la Figura 3.1.7. El líquido de refrigeración, agua, entra en la camisa con una temperatura constante. Con el flujo de alimentación $F_{f,e}$ se suministra el reactivo de la reacción al reactor con el fin de mantener la reacción activa. Antes de entrar al reactor, el flujo de alimentación pasa por el intercambiador de calor para reducir la diferencia de temperatura entre el flujo

de alimentación y el contenido del reactor. Para mantener el volumen del contenido del reactor constante se utiliza el flujo saliente $F_{f,s}$. Por consiguiente, como el flujo entrante y el flujo saliente tienen el mismo caudal y casi la misma temperatura, los dos flujos juntos apenas provocan cambios en la energía interna del reactor.

El calor de la reacción, que es función de la concentración del reactivo, puede ser emulado empleando para tal efecto la resistencia eléctrica según la ley que rige esta reacción.

Este procedimiento de simulación de reacciones ha sido empleado por diversos autores.

3.1.2.1. Modelado de la válvula

Aunque la planta cuenta con tres válvulas de regulación, para la simulación de la reacción exotérmica sólo se utilizará una, v_8 . El modelado de la válvula de regulación se va a realizar obteniendo la curva característica Acción de control - Caudal. Modelamos la válvula mediante el siguiente polinomio que nos proporciona la curva característica de la Figura 3.1.7. Se ha escogido este polinomio debido a su parecido a los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la planta con la válvula en [13].

$$F_j = 7,5471e^{-2} + 2,1841e^{-2} \cdot v_8 - 3,4592e^{-4} \cdot v_8^2 + 2,9692e^{-5} \cdot v_8^3 - 1,7873e^{-7} \cdot v_8^4 \quad (3.1.1)$$

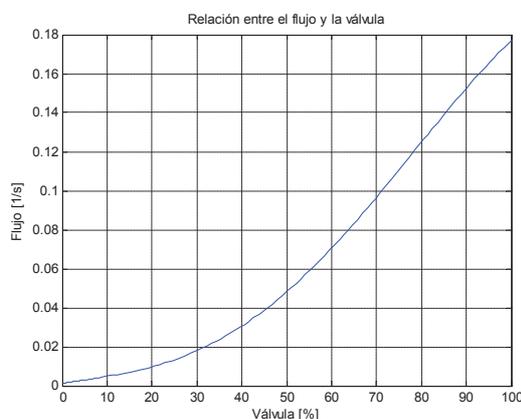


Figura 3.1.7: Característica Acción de control-Caudal de la válvula.

3.1.2.2. Modelo matemático

En esta sección se presenta el modelo del proceso (ver [10]) para poner de manifiesto las características no lineales del mismo y la forma de emular el calor generado en la reacción química mediante la resistencia. La reacción química simulada representa un proceso de refinamiento.

En el modelo, se ha considerado que el flujo de alimentación y el flujo saliente del reactor son equivalentes, así que $F_f = F_{f,e} = F_{f,s}$. Como consecuencia de esta suposición el volumen V y masa M son constantes. Los cambios de la temperatura en el reactor de la planta piloto vienen definidos en la ecuación 3.1.2, donde el primer término corresponde a la disipación de calor por la camisa de refrigeración y el segundo término denota la energía generada por la reacción química exotérmica. Las variables F_j , $T_{j,e}$ y $T_{j,s}$ representan el flujo que circula por la camisa de recirculación así como la temperatura del agua entrando y saliendo de la camisa, respectivamente. C_A es la concentración del reactivo en el reactor.

Como el flujo de alimentación pasa por el intercambiador de calor y entra en el reactor casi son la misma temperatura que tiene el contenido del reactor, se ha supuesto que el flujo de alimentación ni suministra ni extrae calor del reactor.

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{F_j}{V} (T_{j,e} - T_{j,s}) + \frac{(-\Delta H) \cdot V}{M C_p} k_0 e^{-E/(RT)} C_A^2 \quad (3.1.2)$$

La concentración C_A del reactivo en el reactor de la planta se calcula como la ecuación 3.1.3, donde $C_{A,e}$ representa la concentración del reactivo en el flujo de alimentación. Los parámetros del modelo y las variables con valores constantes están mostrados en la Tabla 3.2.

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{F_f}{V} (C_{A,e} - C_A) - k_0 e^{-E/(RT)} C_A^2 \quad (3.1.3)$$

Como la temperatura del fluido de refrigeración es variable y no corresponde a la temperatura en el reactor, se ha utilizado la siguiente aproximación, obtenida experimentalmente, del modelo matemático para calcular el intercambio de calor:

$$F_j \cdot (T_{j,s} - T_{j,e}) = \frac{T - \alpha}{\beta} (1 - e^{-\gamma F_j}) \quad (3.1.4)$$

con los parámetros $\alpha = 292,19\text{K}$, $\beta = 14,94 \text{ s/l}$ y $\gamma = 13,18 \text{ s/l}$.

Parámetros	Valor	Unidad
k_0	$1,2650 \cdot 10^{17}$	$\frac{1}{\text{mol} \cdot \text{s}}$
C_p	4.18	$\frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{kg}}$
ΔH	-105.57	$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
E/R	13550	K

Variable	Valor	Unidad
V	25	l
M	25	kg
$C_{A,e}$	1.2	$\frac{\text{mol}}{\text{l}}$
F_f	0.05	$\frac{1}{\text{s}}$
$T_{j,e}$	291.15	K

Cuadro 3.2: Parámetros del modelo y variables constantes.

La mayor parte de la no linealidad del modelo matemático es estática, pero debido a los términos exponenciales y cuadráticos en las ecuaciones diferenciales

de la temperatura (3.1.2) y de la concentración 3.1.3 el modelo posee también una dinámica no lineal. A la no linealidad estática del modelo habría que añadir la relación no lineal entre el flujo de refrigeración F_j y la apertura de la válvula v_8 , como se mostró en la Figura 3.1.7.

3.1.2.3. Identificación del sistema

La identificación de parámetros de modelos consta en la mayoría de los casos de cinco partes: elección de la estructura del modelo, elección de señales de entrada adecuadas, ensayos con aplicación de las señales elegidas para conseguir datos de tipo entrada-salida, la propia identificación de los parámetros del modelo y la validación del modelo identificado.

Se ha aplicado una PRMSS (*Pseudo-Random Multilevel Step Sequence*) en la válvula con periodos lo suficientemente largos como para observar la reacción de la planta piloto a los cambios en la entrada. Como puede observarse en dicha Figura 3.1.8 la temperatura del tanque se estabiliza en cada escalón en algo más de dos horas. Puede observarse como la ganancia es negativa y claramente variable (mayor cuando se trabaja en aperturas bajas de v_8).

De estos datos se obtiene un modelo de función de transferencia de primer orden más retraso. Claramente este modelo de bajo orden no puede describir correctamente la dinámica de la planta, pero nos servirá más adelante para sintonizar los controladores. Usando los datos de la Figura 3.1.8 se ha obtenido un modelo de primer orden más retraso:

$$G(s) = \frac{-0,975}{950s + 1} e^{-31,25s} \quad (3.1.5)$$

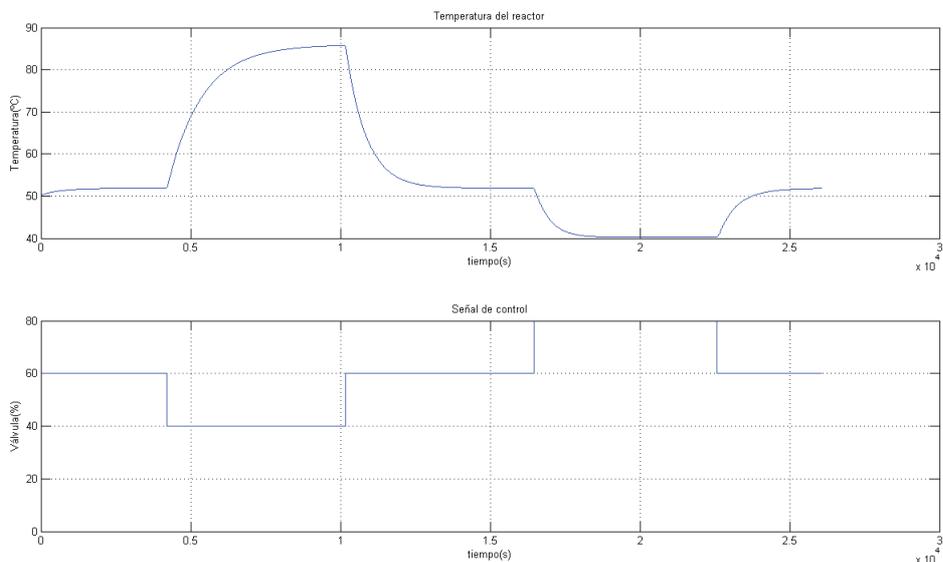


Figura 3.1.8: Reacción de la planta piloto a cambios en la entrada. Arriba la temperatura del tanque y abajo la apertura de la válvula.

3.2. Simulación de la planta piloto

Para poder realizar pruebas y diseñar estrategias de control de la planta, se utilizará Simulink. Simulink es un entorno para simulación y diseño basado en modelos para sistemas dinámicos e integrados. Proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto personalizable de bibliotecas de bloques que permiten diseñar, simular, implementar y probar gran cantidad de variables de un sistema. También permite comunicaciones, control, procesamiento de señales, procesamiento de vídeo y procesamiento de imágenes.

Todas las características mencionadas, junto con su perfecta integración con el entorno MATLAB, convierten a Simulink en una herramienta muy útil para los propósitos de este proyecto.

En la Figura 3.2.1 se puede ver el modelo de la planta diseñado en Simulink.

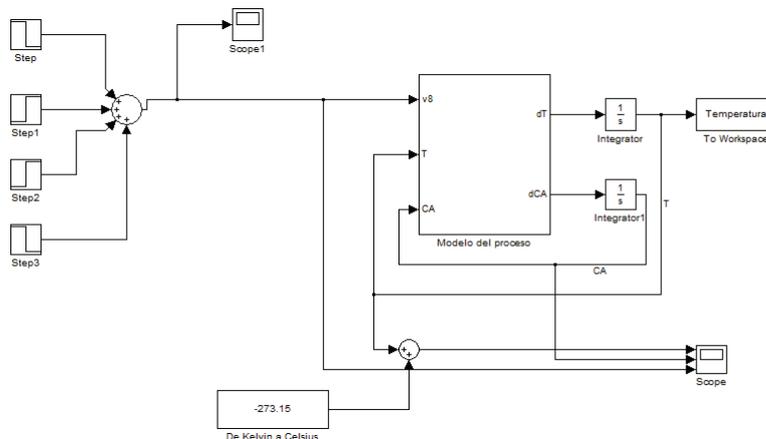


Figura 3.2.1: Modelo de la planta desarrollado en Simulink.

El modelo del proceso esta formado por varios subsistemas que implementan el modelo matemático de la reacción exotérmica. En la Figura 3.2.1 se aprecia un bloque principal, que se encarga del modelo de la reacción y de otros bloques de la librería que se utilizan para configurar adecuadamente el sistema.

Puesto que las ecuaciones 3.1.2 y 3.1.3 nos dan la variación de la temperatura y concentración del reactor respectivamente, utilizamos dos bloques de integradores para obtener la temperatura y la concentración en cada instante. Un aspecto importante que hay que tener en cuenta es la configuración de las condiciones iniciales de los integradores (ver Figura 3.2.2).

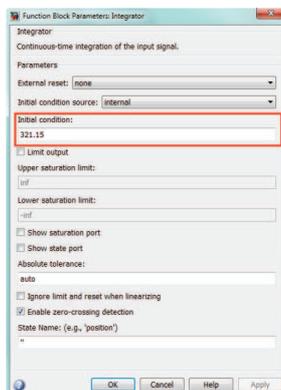


Figura 3.2.2: Configuración de la condición inicial de un integrador.

En la parte inferior del modelo aparece un bloque de una constante de -273.15 que se utiliza para pasar la temperatura en grados Kelvin a grados Centígrados. Por último aparece un bloque *Scope* con el que podremos visualizar la evolución de la temperatura, concentración y apertura de la válvula durante el tiempo de simulación.

A continuación se muestra la configuración de cada subsistema. En primer lugar, el bloque principal está formado por dos subsistemas: aproximación flujo de entrada y aproximación intercambio de calor, además de los bloques de la librería necesarios para implementar las ecuaciones 3.1.2 y 3.1.3.

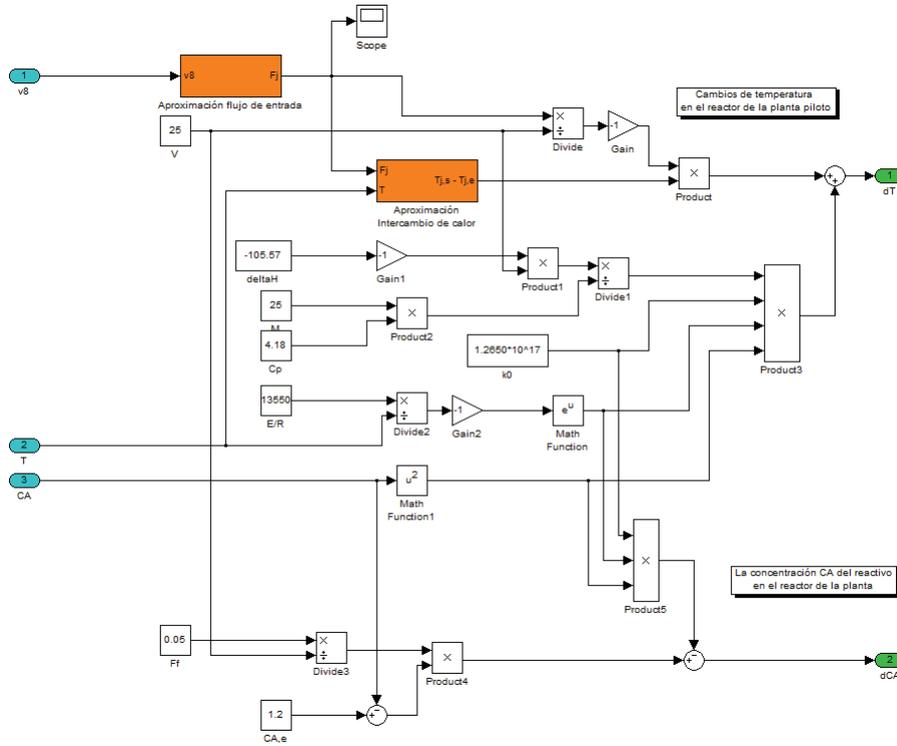


Figura 3.2.3: Estructura interna del modelo de la planta en Simulink.

Los subsistemas 3.2.4 y 3.2.5 modelan el polinomio 3.1.1 que aproxima la característica apertura de la válvula - flujo y la ecuación 3.1.4 que hacía una aproximación para el intercambio de calor.

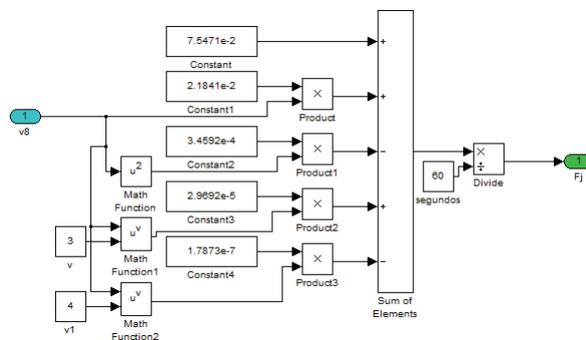


Figura 3.2.4: Subsistema que aproxima el caudal de entrada.

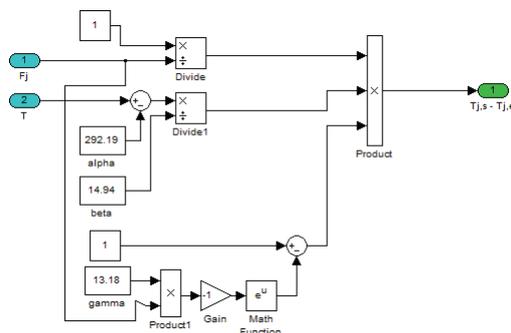


Figura 3.2.5: Estructura del subsistema que aproxima el intercambio de calor.

Para comprobar que el modelo se ha diseñado correctamente se han introducido diferentes escalones a la entrada del sistema; que corresponden a la apertura de la válvula; obteniéndose el siguiente resultado:

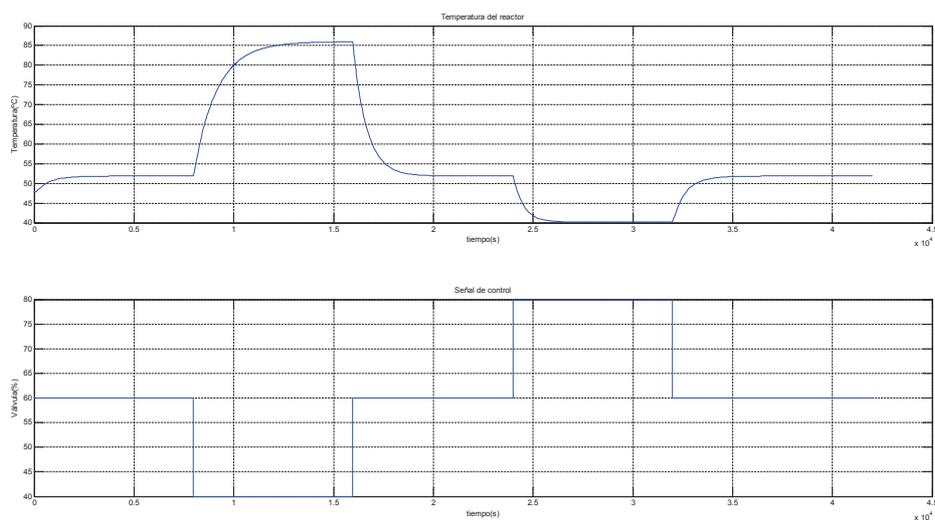


Figura 3.2.6: Respuesta de la temperatura a diferentes valores de apertura.

Como se puede observar el modelo se comporta adecuadamente y de forma similar al proceso real.

3.2.1. Plataforma de interconexión Unity - Simulink

Puesto que el proyecto está orientado a la planta piloto, se probarán todas las estrategias de control que se diseñen en el software Unity Pro de *Schneider Electric*. Para ello se ha desarrollado una plataforma para la interconexión del Unity Pro y Simulink a través de una conexión por OPC (*OLE for Process Control*). Esto permitirá a futuros investigadores realizar ensayos de sus técnicas de control en la planta piloto sin necesidad de tener que utilizar la planta del laboratorio. También

servirá como paso previo antes de realizar los ensayos con la planta piloto real, permitiendo ajustar los controladores de forma más exacta y eficiente.

Para poder realizar esta conexión se utilizará el estándar de comunicaciones OPC. Para tener más información sobre el código y la conexión por OPC consultar el capítulo Conexión por OPC. Mediante un servidor OPC podremos interconectar diferentes programas de manera fácil y sencilla. A través de la Figura 3.2.7 se muestra un esquema de la conexión entre los dos programas.

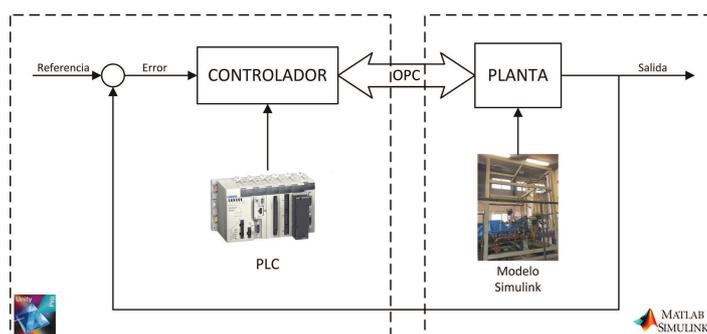


Figura 3.2.7: Esquema conexión Unity-Simulink por OPC.

De esta forma, con el Unity Pro podremos implementar controladores reales y probarlos en procesos que simularemos en Simulink.

La secuencia que sigue el programa que simula el proceso es el siguiente:

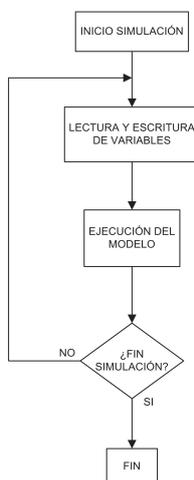


Figura 3.2.8: Diagrama de flujo del programa de simulación del modelo.

Primero se espera el inicio de la simulación, una vez iniciada la simulación se leen y escriben las variables pertinentes del servidor OPC y se ejecuta la simulación del modelo en Simulink con las variables actualizadas. Este proceso se repite mientras dure la simulación.

Para poder utilizar el modelo de Simulink de la reacción exotérmica, es necesario realizar algunas modificaciones a la configuración original.

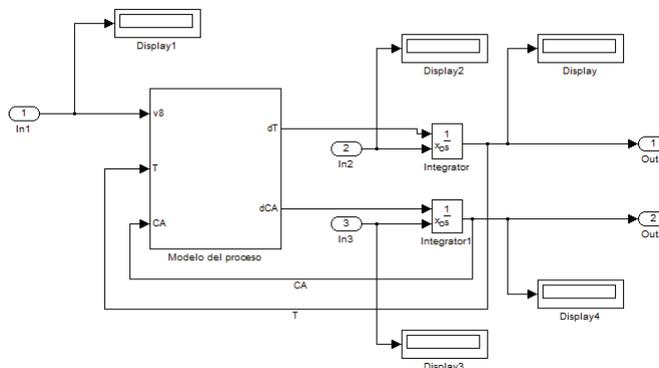


Figura 3.2.9: Modelo de la planta desarrollado en Simulink preparado para la conexión por OPC.

Como necesitamos leer y escribir las señales de entrada y salida al modelo, mandaremos las señales de interés al *Workspace* de MATLAB donde a través de la conexión por OPC podremos leerlas y escribirlas. Lo primero será identificar estas variables de interés.

Nombre de la variable	Descripción	Tipo (entrada o salida)
u	Apertura de la válvula	Entrada al modelo
T	Actualización del valor de la temperatura del integrador	Entrada al modelo
Ca	Actualización del valor de la concentración del integrador	Entrada al modelo
yout	Temperatura del reactor	Salida del modelo
yout2	Concentración en el interior del reactor	Salida del modelo

Cuadro 3.3: Identificación de las variables de interés del modelo.

Para que las variables que necesitamos sean visibles desde el *Workspace*, hay que configurarlas desde el menú de simulación en configuración de parámetros de simulación. Seleccionamos en la barra de herramientas superior “*Simulation*” y en el menú emergente que nos aparece “*Configuration Parameters...*” tal y como aparece en la Figura 3.2.10.

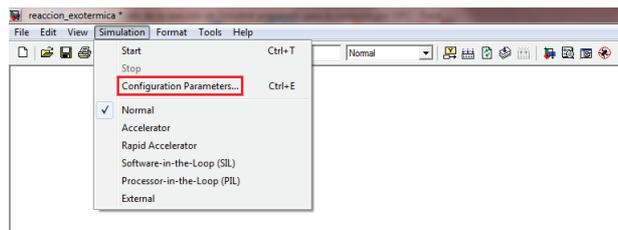


Figura 3.2.10: Captura de pantalla del menú de simulación de Simulink.

Una vez estemos en el menú de configuración de parámetros de simulación, seleccionaremos en el menú izquierdo “*Data Import/Export*” y nos aparecerá la pantalla que aparece en la Figura 3.2.11.

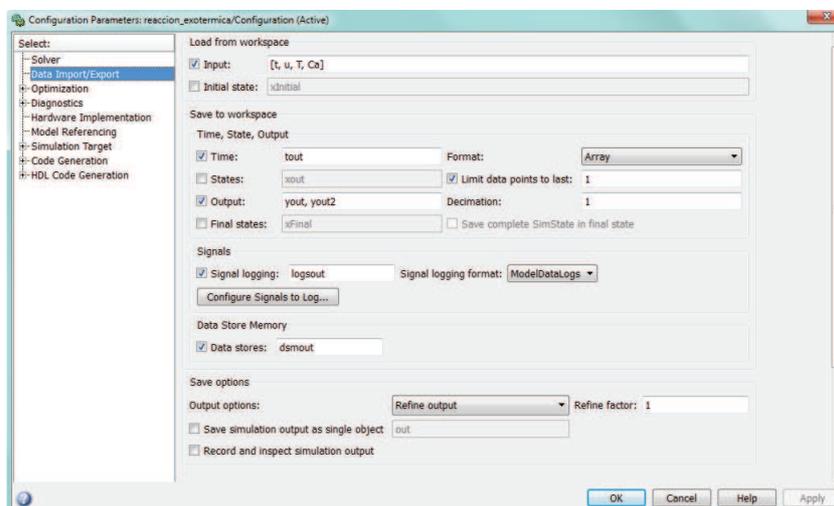


Figura 3.2.11: Menú de configuración de parámetros de simulación de Simulink.

Desde este menú se puede configurar los datos que quieres exportar y cargar desde el *Workspace*. Únicamente tendremos que seleccionar *Input* y escribir el nombre de las variables que queremos cargar desde el *Workspace*, de este modo podremos leer las variables que modifiquemos a través de la conexión OPC. Y seleccionar *Output* y escribir el nombre de las variables que queremos guardar en el *Workspace*, lo que nos permitirá escribir en ellas y que a través de la conexión OPC se puedan leer.

Además para que la simulación sea lo más parecida al proceso real hay que configurar el formato de salida de las variables, en nuestro caso como *Array*; ya que únicamente nos interesa el valor de la variable; y también el número de puntos que deseamos guardar de cada variable. Sólo guardaremos un único punto, el último valor que se obtenga de la simulación.

Se configura el tiempo de simulación en un segundo y el tiempo de muestreo del programa que se encarga de actualizar las variables también se fija en un segundo. De este modo cada segundo actualizaremos las variables del proceso y ejecutaremos la simulación (con un tiempo de simulación de un segundo) en el modelo de Simulink. De esta manera se conseguirá aproximadamente que un segundo simulado sea un segundo real. El tiempo de simulación oscilará un poco debido a que el tiempo de ejecución del programa que actualiza las variables no siempre será el mismo, pues depende de la carga que tenga el microprocesador del ordenador en ese momento y del retraso que se produce en la comunicación por OPC.

En los próximos capítulos se aplicarán diferentes técnicas de control al modelo presentado en este capítulo. Mediante la interconexión Unity-Matlab conseguimos una plataforma para realizar pruebas sin necesidad de utilizar la planta piloto real,



pudiendo realizar largas simulaciones sin ningún tipo de riesgo. Permitirá también que aquellos controladores que se desarrollen pueda ajustarse mejor antes de conectarlos a la planta real, ahorrando costes en forma de tiempo.