



Entrenamiento de operadores de plantas de proceso

La seguridad y la productividad de las plantas de proceso dependen del correcto funcionamiento de sus sistemas de control y seguridad, normalmente centralizados en las salas de control, gracias a los sistemas de control distribuido (DCS). Disponer de operadores perfectamente entrenados en su funcionamiento será determinante en asegurar la producción.

PALABRAS CLAVE:

Simulación dinámica, OTS, Seguridad, Control de Procesos, Inprocess, Aspen HYSYS

Safety and productivity in processing plants highly depend on the accurate performance of the control and safety systems, normally centralized in control rooms, through the distributed control systems and safety instrumented systems (DCS, SIS). In order to ensure the plant production, it is key to have staff perfectly trained in the operation of such automated systems..

KEYWORDS

Dynamic simulation, OTS, Safety, Process Control, Inprocess, Aspen HYSYS

Josep Anton Feliu Gil

Director de Marketing, Inprocess Technology & Consulting Group, S.L.

LOS RESPONSABLES DEL CORRECTO funcionamiento de plantas de proceso de la industria química y petroquímica son los operadores. De estos profesionales depende que los equipos, las unidades, los sistemas auxiliares y los procesos funcionen adecuadamente, asegurando que la planta es rentable económicamente sin comprometer la seguridad de las personas, los equipos y el medio ambiente.

Aprender el funcionamiento de la instrumentación presente en la sala de control de las plantas de proceso sería equivalente al aprendizaje que siguen los pilotos de avión para conocer la instrumentación de las cabinas, o al que hacen los de fórmula 1 antes de afrontar nuevos circuitos. Nos parece obvio que ninguno de estos profesionales o deportistas se enfrenta a situaciones reales sin antes haber pasado por situaciones simuladas: los pilotos de aviación por los simuladores de vuelo, y los pilotos de fórmula 1 por los simuladores de conducción. La formación de los operadores de planta, del mismo modo, incluye etapas de entrenamiento en entornos simulados, que reproducen el comportamiento esperado durante la operación diaria de las plantas. Son los que en el ambiente formativo de operadores se conoce como Sistemas de Entrenamiento de Operadores (OTS, *Operator Training Systems*, en inglés).

Los OTS replican el funcionamiento del sistema de control de una planta real en un entorno simulado. Las salas de formación donde se instalan los OTS intentan ser idénticas a las salas de control reales para que el operador vea las mínimas diferencias entre el entorno simulado de formación y el entorno real de operación.

Para conseguir esta similitud, los OTS constan de distintas partes, cada una con un objetivo formativo claro:

- Modelo de simulación dinámico riguroso que se comporta exactamente igual que los equipos y sistemas de la planta real.
- Simulador (o emulador) del sis-

tema de control distribuido que está instalado en la planta real

- Entorno de trabajo del operador, con las mismas consolas, imágenes, teclados, ordenadores, impresoras que existen en la planta real

en las arrancadas y paradas de unidades o de toda la planta, en situaciones de emergencia, y en todas aquellas en las que, por motivos obvios de seguridad, resulta imposible formarse en el entorno real de trabajo.

El uso de un OTS permite avanzar tanto el momento de arranque de las plantas como la duración de dicho proceso de arranque

La eclosión de plataformas de software comerciales, capaces de simular dinámicamente, con alta rigurosidad, en tiempo real, el comportamiento de los equipos y las unidades presentes en las plantas de proceso y energéticas, ha posibilitado la evolución de los materiales formativos para operadores hacia sistemas capaces de representar escenarios de operación mucho más cercanos a los reales. De hecho, se está incluso ya trabajando en sistemas de realidad virtual, con visualización 3D, para completar la formación de los operadores de campo. Simuladores dinámicos rigurosos de procesos como Aspen HYSYS, UniSim Design, VMGSim y otros, proporcionan a los desarrolladores de material formativo entornos en los que programar simulaciones del comportamiento real de equipos individuales (bombas, compresores, intercambiadores de calor, columnas de destilación, reactores, etc.), de unidades productivas (hidrodesulfuradoras de refinería, deshidratadoras de gas natural, cracker de etileno, etc.) e, incluso, de plantas completas (producción de fenol, licuefacción de gas natural, producción de amoníaco, etc.).

La ventaja de los entornos de formación virtuales, basados en simuladores rigurosos de procesos, es que permiten formar al operador (o al piloto) no sólo en las situaciones de operación habitual de la planta, sino, y mucho más importante, en las situaciones anormales de funcionamiento,

Es de remarcar que los OTS no son sólo una herramienta de formación "inicial". Muchas empresas de ingeniería consideran los OTS como aquello necesario para que el operador entienda cómo hay que ejecutar la puesta en marcha inicial de la planta y, de hecho, muchos de los proyectos de OTS en el mercado se han vendido y ejecutado con esa idea en mente. Las compañías operadoras, las que después del arranque inicial deben mantener la planta en producción segura y económicamente viable, en cambio, necesitan los OTS como una herramienta de formación "inicial" y de formación "continuada". Para estas compañías, los OTS son el complemento para entrenar los operadores en cambios de carga, en cambios de estrategia de control, en posibles nuevas regulaciones de seguridad, para formar a los nuevos empleados, para re-entrenar las tareas más Difíciles, Importantes y (poco) Frecuentes (criterio DIF).

En la estrategia de implantación internacional de Inprocess, los proyectos de OTS han jugado un papel determinante. Desde campos remotos de extracción de crudo en Alaska o en la selva boliviana, hasta plantas de producción de productos químicos en Suecia o China, pasando por unidades de refinería en Turquía, han entrenado a sus operadores de sala de control con un OTS desarrollado por Inprocess. En las siguientes secciones se detallaran dos de los casos de éxito de los proyectos OTS desarrollados internacionalmente por Inprocess.

¿QUÉ ES UN OTS?

Como se ha mencionado en la introducción, un OTS es una herramienta para el entrenamiento de los operadores de la sala de control de una planta de proceso. En ellos normalmente se distinguen las tres partes mencionadas: la que representa a los equipos y procesos de la planta real, la que representa al sistema de control existente en la planta y la sala de control reales, y la que representa el entorno físico de trabajo del operador.

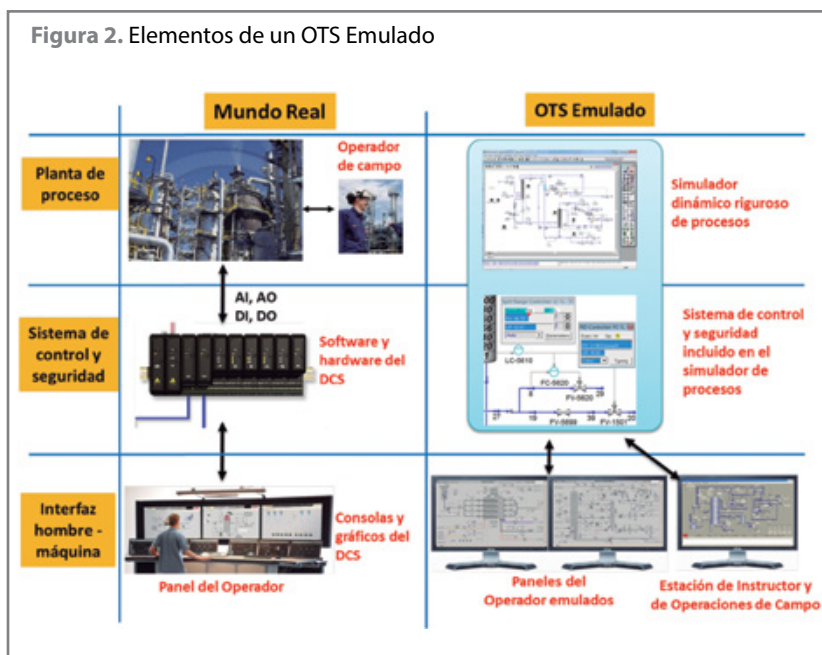
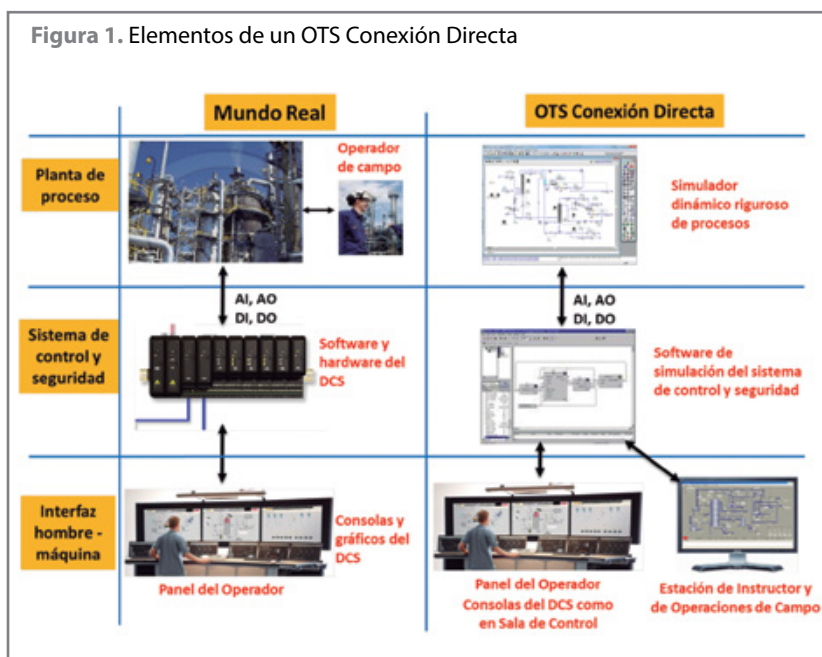
Según cómo se decida implementar en el OTS la réplica del sistema físico de control de la planta real, se estará desarrollando un OTS de conexión directa (aquellos en los que se incorpora un software de simulación del sistema de control distribuido, que el mismo fabricante del DCS comercializa), o de un OTS emulado (aquellos en los que el sistema de control se simula en el mismo simulador de los procesos de planta). La Figura 1 muestra un esquema de cómo un OTS de conexión

directa reproduce un entorno real de operación, mientras que la Figura 2 muestra cómo lo reproduciría un OTS emulado. Habría que mencionar que, como los OTS son herramientas formativas, necesitan también de un punto desde donde el instructor pueda lanzar los ejercicios, corregir las acciones de los operadores y evaluar sus respuestas a los escenarios propuestos.

Las diferencias que un operador detecta entre un sistema de conexión directa y uno emulado son mínimas, pero existen. Algunas compañías operadoras optan por la solución emulada para abaratar costes; otras prefieren soluciones más costosas, pero más fieles a la realidad.

DOS CASOS INTERNACIONALES DE ÉXITO

En una reciente convención de usuarios de software de simulación, organizada por AspenTech Inc. en Boston, durante mayo del 2015 (www.optimize2015.com), dos de los clientes de Inprocess que implementaron la solución de OTSs de conexión directa para el entreno de sus operadores en dos plantas de nueva construcción presentaron sus experiencias al resto de asistentes.



NUEVAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE CUMENO Y FENOL EN SHANGHAI, DE CEPESA CHEMICALS [1]

Cepsa inició la producción de las nuevas plantas de fenol (250 kMt/año) y acetona (150 kMt/año) en el Shanghai Chemical Industry Park (SCIP) a principios de 2015. Esas plantas iban a ser una réplica aumentada de las plantas que la misma compañía opera en Palos de la Frontera, Huelva (España), con la particularidad de un cambio del proveedor del sistema de control, pasando de un sistema Honeywell a un sistema Emerson. Antes de esa puesta en marcha, Cepsa entrenó a sus operadores chinos, tanto en el proceso productivo, con visitas a las plantas existente en Huelva, como en el nuevo sistema de control con el OTS

desarrollado por Inprocess. El número de escenarios que incluyó el OTS fue extenso, incluyendo la operación normal de las plantas, su arranque y su parada, el mal funcionamiento de algunos equipos e instrumentación, y las situaciones de emergencia.

El principal reto del OTS fue la incorporación de múltiples reacciones químicas al modelo de simulación dinámica riguroso, que en este proyecto se desarrolló usando Aspen Hysys, sin olvidar las hasta dieciocho columnas de destilación y el gran volumen de corrientes de reciclo que retornaban aguas arriba reactivos no reaccionados y disolventes recuperados. En total, el modelo de la planta de cumeno constaba de 60 equipos, 130 válvulas (90 de ellas, de control) y unas 1.000 señales de entrada/salida. El modelo de la planta de fenol, en cambio, constaba de 132 equipos, 313 válvulas (200 de control) y unas 2.000 señales de entrada/salida. Habría que mencionar que no sólo la cinética rigurosa de los reactores fue incluida en el modelo dinámico, sino que la hidrodinámica de los reactores (de lecho fluidizado) también fue considerada, a pesar de la falta de un bloque equivalente en la paleta de objetos de Aspen Hysys.

Como muestra la Figura 3, se buscó que la arquitectura del sistema fuera simple, con una única estación de operador (que incluía el emulador del sistema de control, con las pantallas del operador idénticas a las reales) y una estación de instructor (con los modelos dinámicos del proceso, y el software de gestión de los ejercicios y de los protocolos de comunicación entre todos los actores del OTS).

Un aspecto importante a resaltar en los proyectos OTS de conexión directa para plantas de nueva construcción es que el desarrollo del sistema de entrenamiento sigue un camino paralelo al del desarrollo del DCS y de su base de datos por parte de la empresa comercializadora del mismo. En estos casos, como muestra la Figura 4, la disponibilidad de un modelo dinámico de alta fidelidad, como el que se desarrolla

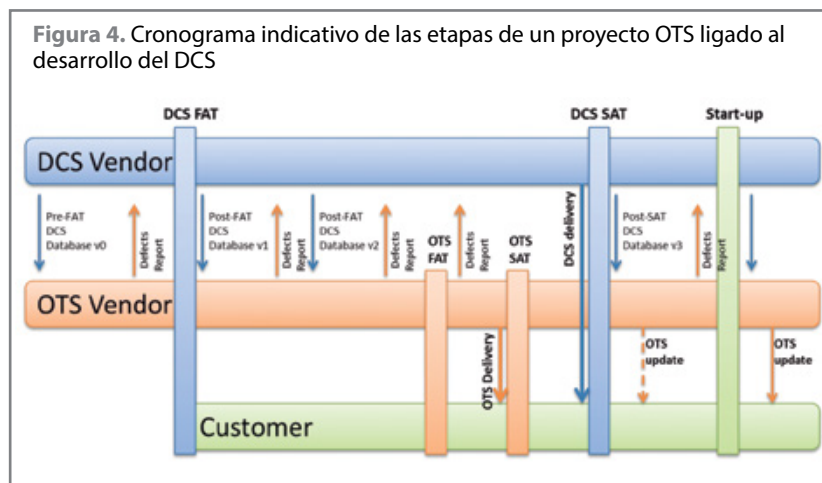
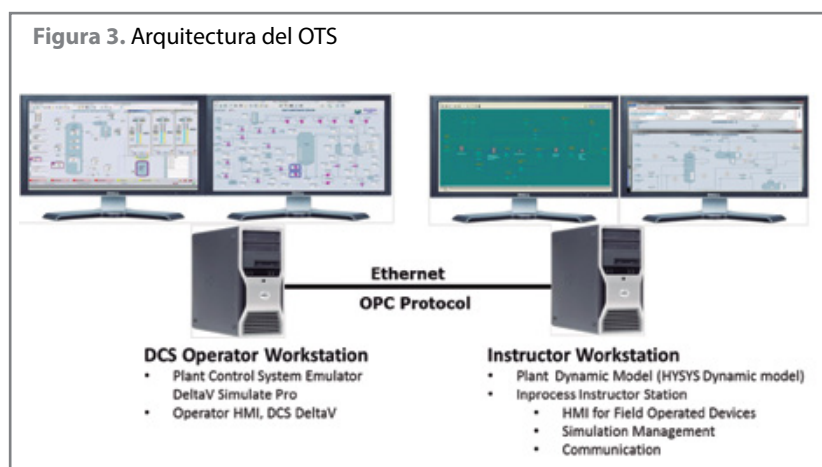
para el OTS, permite efectuar los tests de aceptación de las bases de datos del DCS contra unos valores de variables y unas respuestas de las mismas mucho más cercanas a las reales que las que se obtienen con los simplificados *step-tests*.

En el proyecto de Cepsa Química, este proceso de testeo del DCS contra el modelo de simulación dinámica de la planta disponible permitió corregir errores en la base de datos, tanto de lazos de control mal implementados como de acciones de controladores equivocadas, rangos de los sensores mal calibrados y tipos de controladores erróneos.

Por lo que respecta a la formación de los operadores, 2.000 horas de formación han sido impartidas para entrenar hasta a 46 operadores de los distintos turnos, los cuales han conseguido familiarizarse con los procesos

productivos y sus procedimientos de operación, así como con las interfaces, la navegación y los controles de las pantallas. Los operadores han mejorado los procedimientos de seguridad y de operación, han uniformizado los niveles de conocimientos, se les ha inculcado el pensamiento racional, y se ha mejorado el tiempo de reacción a los imprevistos. Como resultado, se ha aumentado la seguridad de la planta, se ha reducido el tiempo que se había previsto de arranque de las nuevas plantas y, como consecuencia, se ha reducido también la cantidad de producto fuera de especificación que se ha generado.

Además, como beneficio paralelo al de la formación de los operadores, el uso del modelo dinámico como herramienta de ingeniería de operación ha permitido a Cepsa evaluar distintos escenarios alternativos de operación pa-



ra el caso de potenciales cambios en las materias primas (principalmente, propileno), dependiendo del proveedor local escogido.

NUEVA PLANTA DE ALDEHÍDO VALÉRICO EN SUECIA, DE PERSTORP AB [2]

En el corto periodo de seis meses, Perstorp tuvo que arrancar dos nuevas plantas: una completamente nueva, de diseño propio, para la producción de aldehído valérico, y una segunda que era la modificación de una existente para la producción de alcohol 2-propylheptanoico (2-PH). Para la planta de nueva construcción decidió ayudarse de un OTS de conexión directa desarrollado por Inprocess para el entreno de sus operadores en el arranque de la planta. Para la planta sólo modificada decidió que no necesitaría un OTS debido al conocimiento previo que ya se tenía sobre la misma.

En este caso, el reto de modelaje dinámico en Aspen Hysys fue incluir hasta doce reacciones simultáneas de equilibrio en el reactor, con sus respectivas cinéticas, donde la velocidad de agitación afectaba el alcance de la reacción. La lógica del sistema de seguridad de la planta fue implementada a través de las matrices causa-efecto de Aspen Hysys. Otras lógicas adicionales se incluyeron usando hojas de cálculo del propio simulador. El sistema de

control distribuido de la planta real era comercializado por Honeywell, y su emulador por Proconex. Se utilizó la Inprocess Instructor Station como software responsable de la comunicación de datos a través del standard OPC, así como para ejecutar las acciones de los operadores de campo y para gestionar las sesiones de formación como instructor.

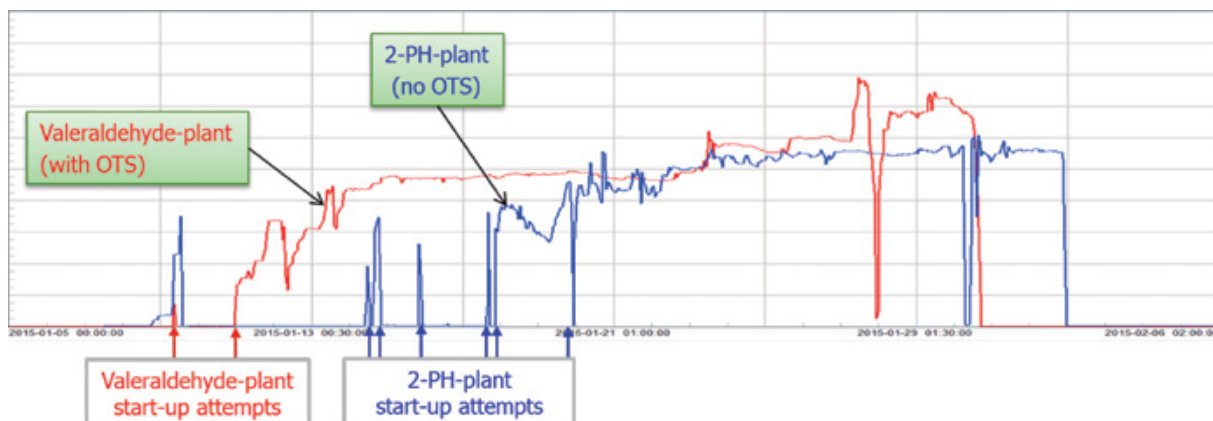
Según los datos presentados por Pertorp AB en la misma reunión de usuarios de AspenTech mencionada anteriormente, el hecho de haber entrenado a los operadores de la futura planta de aldehído con el OTS supuso una arrancada estable (una vez superados unos problemas de hardware iniciales) mientras que la arrancada de la planta de 2-PH, a pesar de ser una planta ya conocida, tuvo muchos más problemas y fueron necesarios más de un intento de arranque para conseguir llevar la planta al punto de operación deseado. La Figura 5 presenta gráficamente cómo comparan a lo largo del tiempo los arranques de las dos plantas

En este proyecto, el hecho de usar un OTS supuso para Perstorp la validación del diseño propio del proceso productivo (dimensiones de equipos, disposición de los mismo, filosofía de control), la validación del sistema de control (sistema de seguridad, pantallas de operador, pre-sintonización de lazos) y el entrenamiento de los operadores (familiarización con el proceso, entreno del arranque).

La revisión de la base de datos del DCS de la nueva planta, que se llevó a cabo durante las cuatro semanas que duró el proceso de integración del modelo dinámico del proceso con el simulador del sistema de control, supuso la corrección del código del DCS, modificando rangos de instrumentos y controladores *feed-forward*, detectando problemas en otros controladores, implementando mejoras en las matrices causa-efecto, y modificando algunos de los márgenes de las alarmas. Después de este trabajo de mejora en la base de datos, esta fue directamente importada en el sistema de control de planta, requiriendo un mínimo de

La seguridad en las plantas aumenta cuando los operadores son entrenados para su arranque usando OTS, y cuando son reentrenados periódicamente en las situaciones de emergencia

Figura 5. Comparación de los intentos de arranque de las plantas de aldehído valérico y de 2-PH de Perstorp, con y sin OTS



ajuste fino para su entrada en funcionamiento.

CONCLUSIONES

La industria de proceso está demandando cada vez más el uso de herramientas para el entreno de sus operadores de sala de control que sean capaces de reproducir fielmente el comportamiento de la planta real, tanto en las condiciones habituales de operación como en aquellas no esperadas que puedan requerir la activación de los sistemas de seguridad y emergencia. Cuando alguna parte de estas herramientas, conocidas como OTS, extienden su uso a la fase de ingeniería de la planta o a la

ABREVIATURAS

DCS: Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System, en inglés)

OTS: Sistema de Entrenamiento de Operadores (Operator Training Systems, en inglés)

3D: Tres dimensiones

DIF: Difícil, Importante, (poco) Frecuente

2-PH: Alcohol 2-propylheptanoico


OPC: OLE for Process Control

OLE: Object Linking and Embedding

fase de chequeo de la base de datos del DCS, el esfuerzo, tanto económico como de tiempo empleado que pueda suponer un OTS, se ve recompensado por beneficios adicionales como los presentados por Cepsa Química y Pertorp AB en sus proyectos conjuntos con Inprocess.

Bibliografía

[1] Pedraza, M., Lahaie, P., Li, Z, Ferrer, J.M., Nougues, J.M., Tona, R., Alcoverro, C., 2015. "HYSYS-based Operator Training Simulator for a new Cumene & Phenol plant". Oral Communication at "Optimize 2015", Aspentech, Boston

[2] Oleg Pajalic, O., Rönberg, J., Ferrer, J.M., Nougues, J.M., Tona, R., Crespo, A., 2015. "Training in an Aspen HYSYS-based Valeraldehyde Virtual Plant". Oral Communication at "Optimize 2015", Aspentech, Boston. 



selenne **erp**

Industria Química

ERP especializado para la Industria Química

Software de gestión para empresas químicas

Fabricación, Planificación, Envasado, Gestión

Fabricantes de aromas, Laboratorios, Cosmética, Fertilizantes y Pesticidas, Detergentes, Productos de limpieza, Pinturas, Colorantes, Pigmentos, Tintas y barnices, principios activos e intermedios y sector químico en general.

Plataforma Selenne ERP Industria Química

<http://selenne-erp-gestion-quimica.synerplus.es>

<http://erp-selenne.es>

Info@synerplus.es

Dirección: Paseo San Isidro N.10

Bajo A - CP. 13700

Tomelloso · C. Real

Teléfono. (+34) 926 093 015