

## EDITORIAL

El equipo de EcosimPro/PROOSIS sigue muy activo en la mejora de las herramientas de simulación y en los toolkits de aplicaciones. Cada día estos productos se hacen más sofisticados y complejos, lo que exige ir mejorando todos los aspectos de testeo de los mismos. Una de las áreas que se está mejorando mucho para la nueva versión son los resolvers numéricos. Se han incorporado nuevos resolvers mucho más potentes y rápidos que usan de manera más eficiente los recursos de los nuevos procesadores multi-núcleo y hacen que las simulaciones sean mucho más rápidas y eficientes.

Una nueva herramienta que estará disponible en la versión de 2016 permitirá simular directamente desde el esquemático, de esta manera se podrán ver los resultados sobre el sistema diseñado gráficamente. Esto puede ser muy útil para usuarios nuevos que quieren ver de forma rápida los resultados de la simulación y no quieren hacer particiones ni experimentos sofisticados. También en la versión de este año se mejorarán sustancialmente otras áreas como un monitor de simulación mucho más rápido, mejoras en el post-proceso, simulación de Monte Carlo, herramientas de testeo automático, etc.



En el área de librerías seguimos mejorando los toolkits, incluyendo en esta newsletter tanto las principales mejoras introducidas en las mismas como ejemplos de aplicaciones.

Estos últimos meses se han impartido bastantes cursos, que además de formar a los usuarios en nuestros productos, sirven para recibir recomendaciones de mejoras a tener en cuenta en nuevas versiones.

Por último mencionar que hemos tenido la oportunidad de asistir como invitados al comité ASME SAE de estandarización de programas de Turbinas de Gas en Cleveland, USA con los principales actores

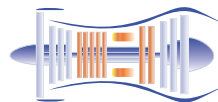
en este campo. Esta invitación reconoce el esfuerzo realizado por el equipo de EcosimPro/PROOSIS y nos permite poder participar en la definición de los estándares de uso de este tipo de programas y además confirma que PROOSIS es reconocido a nivel internacional en el mundo de la aeronáutica.

Pedro Cobas (pce@ecosimpro.com)

Jefe del Equipo de Desarrollo EcosimPro/PROOSIS

## ÍNDICE

Simulación desde el esquemático	2	Curso de PROOSIS en ISAE, Toulouse	10
Mejoras en el uso de workspaces	3	Curso de EcosimPro en ESA/ESTEC	10
Hardware in the loop (HIL) con modelos EcosimPro	4	Comité de estandarización ASME SAE de turbinas de gas	10
Nueva versión de ESPSS	5	Symposium on Space Flight Dynamics (ISSFD)	11
Futura plataforma para simulación de satélites	5	Simulación de sistemas termosolares avanzados	11
Nueva versión de CRYOLIB	6	Congreso de propulsión espacial 2016	12
Nueva versión THERMAL_BALANCE	7	Librería para el modelado, reconciliación de datos y	12
Nueva versión de FLUIDADRO	7	operación óptima de redes de hidrógeno	
Librería termosolar en PROOSIS	8		



### 1. SIMULACIÓN DESDE EL ESQUEMÁTICO

ANTONIO RIVERO, ECOSIMPRO/PROOSIS

En EcosimPro el Monitor permite de forma intuitiva interactuar con las simulaciones y visualizar los datos mediante gráficas, tablas de valores, listados, ficheros de resultados, etc.

Sin embargo, para poder explotar todas estas capacidades en el Monitor, se requiere un proceso de trabajo detallado que comienza cerrando matemáticamente el modelo para a continuación definir los escenarios de ejecución, o lo que es lo mismo, establecer las condiciones iniciales del modelo, indicar el tipo de ejecución y los algoritmos de integración...etc., lo que, para los habituados a usar EcosimPro, se conoce como generación de particiones (dotar de causalidad al modelo) y creación de experimentos EL.

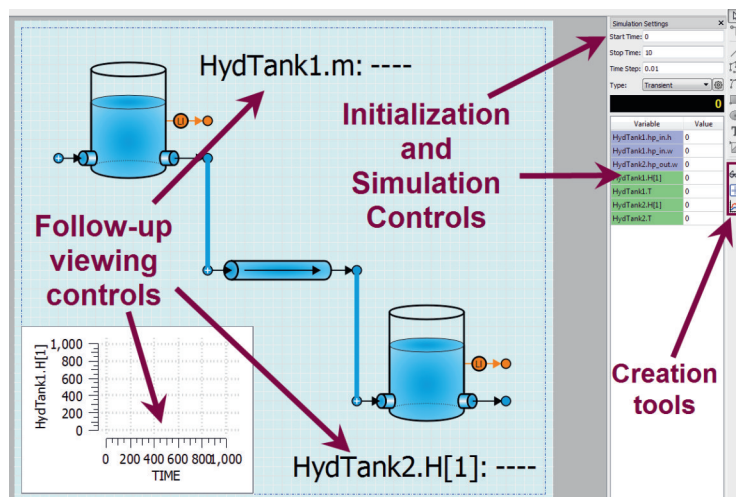
Cuando el usuario se enfrenta a análisis complejos, esas particiones y experimentos son el método de trabajo ideal en EcosimPro, pero en casos más simples, o bien al principio de la construcción de un modelo, es muy útil disponer de un mecanismo visual, ágil y rápido, que pueda simular directamente desde el propio modelo, de manera que, por ejemplo, sea sencillo entender las dinámicas de los procesos modelados o ajustar parámetros en los componentes.

En las versiones próximas de EcosimPro existirá esa capacidad de simular "directamente".

#### ¿Qué es la simulación desde esquemáticos?

Con ese nombre se define la nueva capacidad de EcosimPro para ejecutar simulaciones desde los esquemáticos sin tener que crear particiones ni experimentos.

Para ello, el usuario, partiendo de un esquemático, sólo tiene que inicializar los valores que considere oportunos para la simulación, añadir controles de visualización de variables y definir las condiciones de ejecución: tiempo, intervalo de comunicación,...etc.

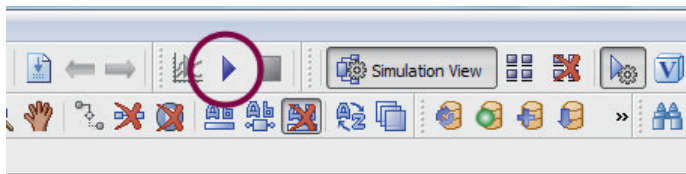


En la figura se pueden diferenciar fácilmente:

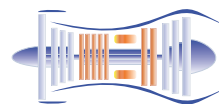
- Los controles de inicialización de las condiciones iniciales del modelo
- Los controles de visualización de seguimiento de las variables del modelo
- Los controles de definición del escenario de ejecución: tiempo de inicio, de fin, CINT,...

#### ¿Cómo se simula desde un esquemático?

El proceso es tan sencillo como activar la vista de simulación de esquemáticos y pulsar PLAY en la barra de simulación. Es decir, basta con dos clicks de ratón.



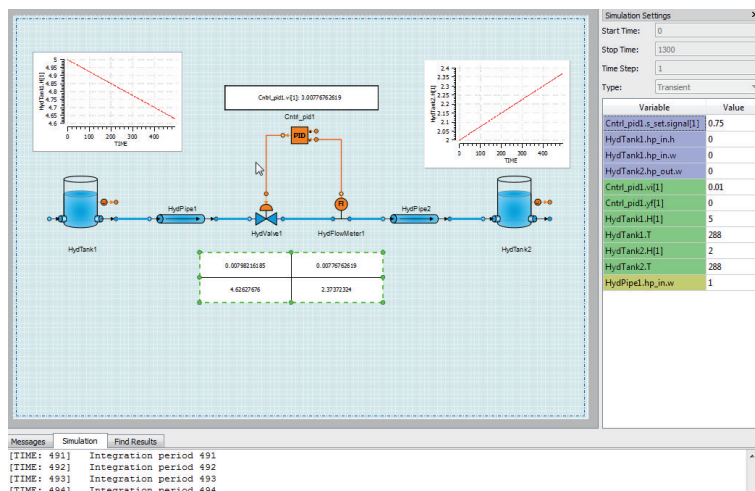
Por supuesto, en casos en los que las necesidades lo requieran, esas condiciones por defecto se pueden modificar mediante diálogos y sistemas de configuración.



## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016

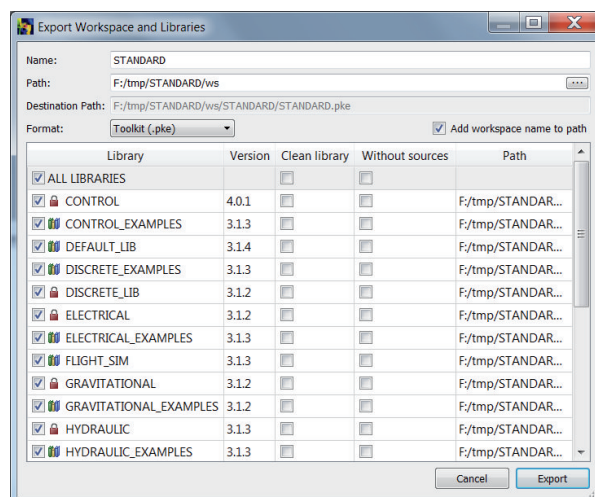
El resultado final es un esquema en el que los controles se actualizan durante la simulación:



## 2. MEJORAS EN EL USO DE WORKSPACES

FERNANDO PUECH, ECOSIMPRO/PROOSIS

EcosimPro incluye una nueva funcionalidad que facilita enormemente la exportación e importación de los workspaces y las librerías que estos cargan. La funcionalidad gira entorno a un nuevo concepto de EcosimPro denominado toolkit. Un toolkit es un fichero que contiene un workspace y todas las librerías que hacen falta para que el workspace funcione. Al ser un fichero con toda la información es muy fácil de compartir con colaboradores o clientes finales del workspace y sus librerías. A continuación se muestra el aspecto del asistente de exportación que permite generar el toolkit:



### ¿Qué aporta la simulación desde esquemáticos?

Las ventajas de esta nueva herramienta son múltiples, destacando:

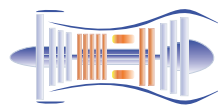
- La posibilidad de asociar conceptos físicos o lógicos representados en el esquema con las variables matemáticas del modelo y los resultados obtenidos en la simulación.
- La agrupación de datos que permite organizar la información en base a los criterios del usuario (orden, localización, facilidad de uso...)
- La capacidad de síntesis que permiten los gráficos y las etiquetas de monitorización, al mostrar sólo aquellos valores que se consideran relevantes
- La mejora en la difusión y en la presentación de resultados a terceras personas que gracias a las relaciones entre elementos gráficos y variables pueden entender mejor los modelos y resultados obtenidos.

Resumiendo, la nueva herramienta permitirá al usuario final múltiples posibilidades de interacción, presentación y manejo de los datos desde un esquema. En definitiva, aportan la capacidad de personalizar las simulaciones y su presentación.

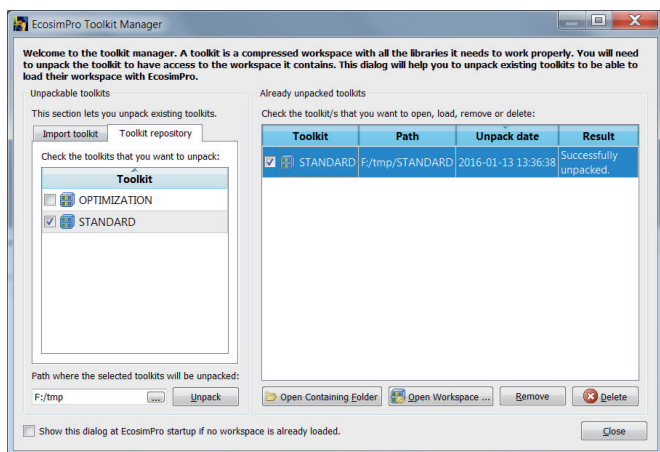
Además, son una plataforma de futuro sobre la cual se pueden imaginar múltiples mejoras como esquemas animados en los cuales por ejemplo los elementos del dibujo interactúan con las variables (depósitos que suben y bajan de nivel, alarmas que se iluminan,...)

Como se puede observar el asistente permite generar el toolkit con todas o sólo algunas de las librerías, limpiar las librerías o incluso no exportar los códigos fuente de las librerías. Para poder generar el toolkit basta con indicar el nombre que se le quiere dar y especificar en el formato la extensión .pke.





A continuación se muestra el aspecto que tiene el asistente para importar toolkits en EcosimPro.



El asistente permite elegir el toolkit desde cualquier carpeta del disco duro o elegir de una lista de toolkits preexistentes. Los toolkits no se pueden consumir directamente, sino que han de ser desempaquetados en una carpeta para que se puedan cargar el workspace que contiene y las librerías. El asistente de importación de toolkits permite elegir uno o más toolkits y desempaquetarlos de manera simultánea en la carpeta que el usuario desee. Una vez que el proceso de desempaquetado ha finalizado se mostrará una lista de los lugares y fecha en los que se desempaquetaron los diversos toolkits, pudiendo cargar el workspace o eliminar el workspace y todas las librerías asociadas. El asistente permite desempaquetar el toolkit tantas veces como se quiera, de manera que es fácil reinstalar el workspace y las librerías o sencillamente desempaquetar una nueva copia en un lugar diferente.

### 3. HARDWARE IN THE LOOP (HIL) CON MODELOS ECOSIMPRO

J.M. ZAMARREÑO, R. MARTÍ & C. DE PRADA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (UVA) & F. CARBONERO, V. PORDOMINGO, ECOSIMPRO/PROOSIS

En la industria actual cada vez es más necesaria la simulación de sistemas complejos. Es frecuente que estos sistemas sean módulos que necesiten pruebas individuales, tanto a nivel de simulación, como de prototipado físico o pruebas en planta. Para llegar a estas pruebas físicas por módulo no es necesario tener todos los elementos listos para ser usados, sino que se puede tener uno de los componentes (por ejemplo, un motor) y el resto podrían ser simulados por ordenador (por ejemplo,

el control, la planta,...). A esta incorporación de un elemento físico dentro de un entorno simulado es a lo que llamamos HIL (Hardware In the Loop).

EcosimPro / PROOSIS ha incorporado un mecanismo de exportación de modelos para ser utilizados en un sistema HIL. A través de un DECK, el modelo puede ser fácilmente exportado a Simulink y una vez allí, a través de la herramienta Simulink Coder se obtiene un paquete listo para ser utilizado en plataformas PXI de National Instruments.

La Universidad de Valladolid (UVA), con la colaboración de National Instruments, ha realizado una serie de pruebas para comprobar el proceso de principio a fin, desde el modelo en EcosimPro hasta la prueba final con elementos software y hardware.

En particular se han realizado dos configuraciones distintas:

- En la primera configuración, figura 1, se tiene un motor simulado mediante un modelo EcosimPro controlado mediante un dispositivo físico, un PLC. En la figura 2 se puede ver el cableado entre los distintos elementos. En esta prueba se han utilizado varios modelos con distinta complejidad para poder ver la capacidad del PXI de simular en tiempo real. Así mismo se ha modificado el paso de integración para llevar la carga computacional al límite. En ambos casos se han obtenido resultados satisfactorios.
- En la segunda configuración, figura 3, se ha utilizado un motor real de laboratorio. En este caso para el control se ha utilizado un modelo de EcosimPro implementando un control PI. Los resultados obtenidos han sido adecuados, consiguiendo llevar al motor a los puntos de funcionamiento deseados.

En conclusión, se ha probado con éxito un sistema completo compuesto de elementos software (modelos de EcosimPro) y físicos.

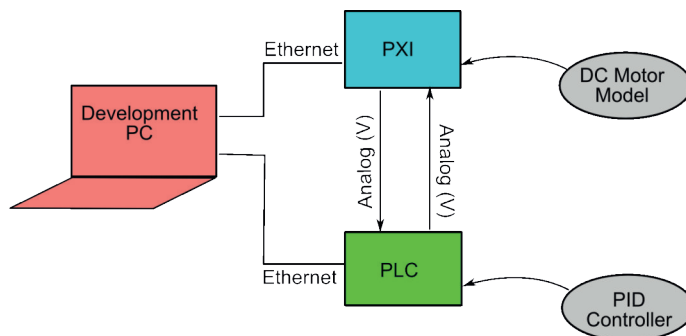
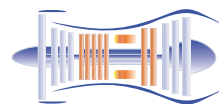


Figura 1. Configuración "motor simulado / control físico en PLC"



## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016



Figura 2. Conexión PXI (simulación) / PLC (control físico)

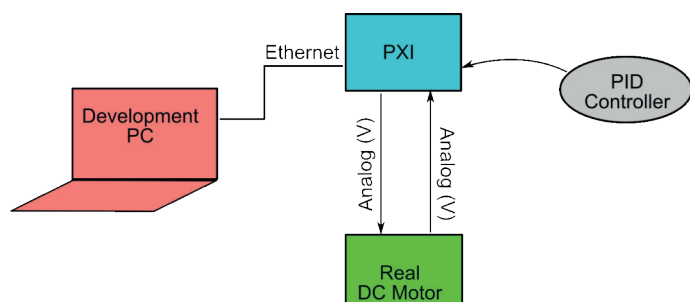


Figura 3. Configuración "motor físico / modelo simulado de control"

## 4. NUEVA VERSIÓN DE ESPSS

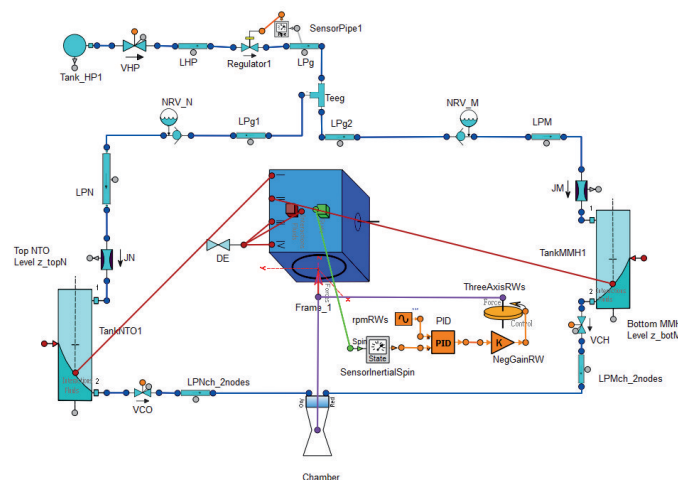
JOSÉ MORAL & JAVIER VILÁ, ECOSIMPRO/PROOSIS

Ya está disponible la nueva versión 3.1 de las librerías ESPSS con importantes mejoras provenientes de la tercera fase del programa de mantenimiento recientemente concluido, así como algunos nuevos desarrollos del proyecto Multiphase Flow Modelling que está finalizándose.

Uno de los temas más importantes abordados en este mantenimiento ha sido la adaptación de las librerías a compiladores de 64 bits, que ha supuesto una notable reducción del tiempo de simulación principalmente en modelos complejos. Otros puntos a destacar han sido la incorporación de nuevos componentes como un regulador de presión o una turbina hidráulica, la extensión de la librería STEADY con estimación de masas, la inclusión de conducción térmica en líquidos o la posibilidad de usar propiedades reales para gases no condensables.

También se han realizado las tareas habituales de mantenimiento como la corrección de algunos bugs en el código, la implementación de nuevas opciones demandadas por los usuarios o la mejora de la documentación y los ejemplos proporcionados.

Particularmente, en cuanto a los desarrollos provenientes del proyecto Multiphase Flow Modelling incluidos en esta versión, se encuentran la inclusión del efecto Hump y el factor de escala para motores sólidos/híbridos, el desarrollo de un nuevo esquema numérico AUSM, o la extensión de la librería SATELLITE con nuevos escenarios y su acoplamiento con el sistema de propulsión.



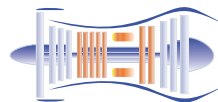
Acoplamiento del vehículo con el sistema propulsivo

Esperamos que todas estas mejoras sean de gran utilidad para los usuarios, al mismo tiempo que continuamos con el desarrollo de nuevas capacidades y la mejora de las existentes a través de nuevos proyectos.

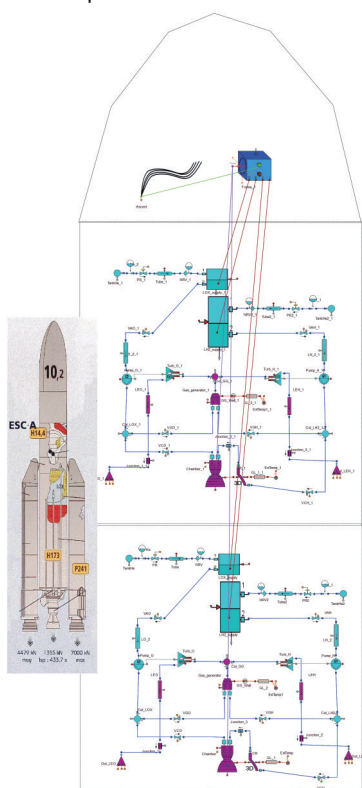
## 5. FUTURA PLATAFORMA PARA SIMULACIÓN DE SATÉLITES

JOSÉ MORAL & JAVIER VILÁ, ECOSIMPRO/PROOSIS

Con el objetivo de ampliar el campo de aplicación y las capacidades de las librerías ESPSS, se ha propuesto un nuevo proyecto a ESA con la ayuda de colaboradores especializados. Este proyecto consistiría en el desarrollo de un toolkit complemento de ESPSS para dotar a las librerías de nuevas capacidades de simulación alrededor de tres áreas:



- Guiado de la ascensión de un vehículo lanzador, con control de la secuencia de encendido y apagado de los motores, separación de las diferentes fases y carga de pago y optimizando la orientación del vector de empuje.
- Mejora de las capacidades de simulación de AOCS, incluyendo un mayor nivel de detalle de las perturbaciones y de la dinámica de los subsistemas del vehículo.
- Capacidades avanzadas de simulación de satélite, entre las que se puede incluir la simulación de cuerpos flexibles o un modelo simplificado del movimiento del combustible dentro de los tanques.



Vehículo lanzador de dos etapas y satélite

El proyecto constituye un primer paso para extender el clásico campo de simulación de sistemas de propulsión de ESPSS y convertir a estas librerías en una plataforma de simulación de satélites válida para cualquier necesidad de simulación que pueda surgir en una misión espacial, incluyendo particularmente:

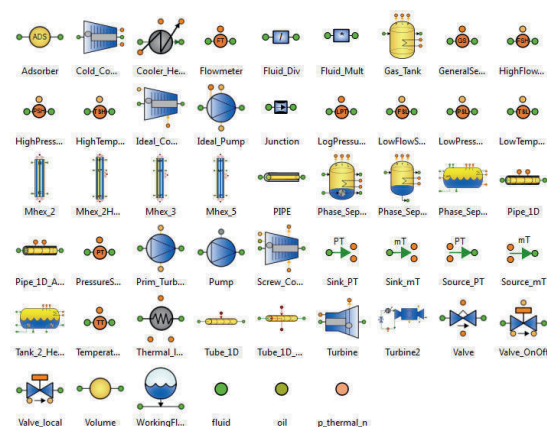
- Sistema de propulsión y guiado del lanzador
- Control orbital y de actitud
- Análisis térmico
- Control térmico
- Sistemas de potencia

## 6. NUEVA VERSIÓN DE CRYOLIB

ANA VELEIRO, ECOSIMPRO/PROOSIS

La versión 1.2.4 del Toolkit de CRYOLIB incluye múltiples mejoras respecto a la última versión oficial v1.1. Entre ellas destaca la optimización de las funciones de cálculo de propiedades de fluidos que ha permitido mejorar notablemente los tiempos de cálculo. Adicionalmente la nueva versión soporta ya los compiladores de 64 bits, lo que permite un manejo de información mayor, especialmente útil para modelos de gran tamaño.

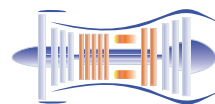
Incluye también nuevos componentes que posibilitan la conexión de CRYOLIB con la librería estándar THERMAL como p. ej. los componentes "tube" (venas fluidas sin pared asociada) y se han modificado algunos de los existentes con el mismo objetivo. De esta forma la librería permite explotar las capacidades de la librería THERMAL para análisis térmico. Por ejemplo los nuevos componentes "tube" se podrán conectar al componente "Cylinder" de la librería THERMAL para analizar el efecto de la conductividad tanto en la dirección radial como en la axial. Otro ejemplo son los intercambiadores de placas, en los que ahora el usuario podrá elegir entre calcular las pérdidas al ambiente en función de un dato de diseño definido por el usuario como se venía haciendo hasta ahora o bien calcularlas de forma más detallada usando componentes de la librería THERMAL para modelar la carcasa y su intercambio con el ambiente.



Paleta de librería CRYOLIB

Otras novedades son la posibilidad de definir la configuración de las válvulas en función del Cv de la válvula o de su geometría específica (área de orificio y coeficiente de pérdida





## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016

de carga) según la preferencia del usuario. Además se ha modificado la ley de apertura en válvulas para mejorar la precisión para pequeñas aperturas de válvula.

Asimismo se han introducido nuevas funciones para el cálculo del factor de fricción debido a codos en pipes y se ha incluido la posibilidad de que el usuario introduzca pérdidas de carga adicionales. Además se ha continuado con la mejora y corrección de errores en la librería gracias al feedback recibido por parte de los usuarios.

En la librería de ejemplos se han añadido y documentado dos nuevos modelos de refrigeradores: un refrigerador de He a 80K y otro de LN2. Esto permitirá a los nuevos usuarios disponer de una mayor colección de ejemplos que les facilite familiarizarse con la librería y sus múltiples capacidades.

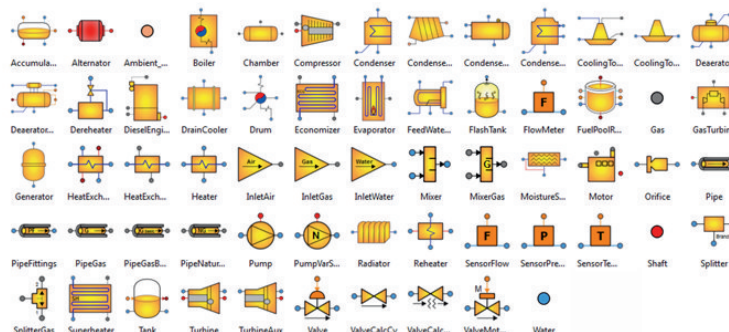
### 7. NUEVA VERSIÓN THERMAL\_BALANCE

RAÚL AVEZUELA, ECOSIMPRO/PROOSIS

Ya se encuentra disponible una nueva versión de la librería THERMAL\_BALANCE (4.0) que ha experimentado una profunda remodelación en la entrada de datos, aspecto visual y documentación de la librería. Además se ha adaptado para poder funcionar con compiladores de 64 bits.

La librería THERMAL\_BALANCE permite evaluar balances térmicos de plantas de energía y realizar estudios de sensibilidad ante diferentes parámetros o condiciones de operación de la planta. Aunque la librería está fundamentalmente diseñada para cálculos estacionarios del modelo, también permite analizar la evolución dinámica del sistema ante cambios lentos de las condiciones de operación o del sistema de control.

La nueva paleta de componentes de la librería se muestra a continuación donde se pueden distinguir componentes que permiten modelar tanto la parte del ciclo agua-vapor como la parte aire-gas del sistema.



### 8. NUEVA VERSIÓN DE FLUIDAPRO

JOSÉ MORAL, ECOSIMPRO/PROOSIS

Una nueva versión 3.4 saldrá próximamente, incorporando numerosas actualizaciones esperadas por los usuarios. Incluye mejoras tanto en FLUID\_PROP como en FLUIDAPRO, sus dos librerías principales.

En cuanto a la primera, centrada en el cálculo de propiedades, merecen mención novedades como:

- La remodelación de las ecuaciones de estado, permitiendo seleccionar fluidos definidos por el usuario con propiedades de gas o líquido simplificado para ser usados como combustible.
- La adición de los combustibles JP\_10 y keroseno con propiedades simplificadas, y la posibilidad de seleccionar como combustibles algunos fluidos ya existentes como MON1, MON3, meta- y para-hidrógeno.
- La posibilidad de seleccionar propiedades reales para los gases no condensables.

Con respecto a la actualización de la librería FLUIDAPRO se han incorporado componentes como el nuevo cambiador de calor de placas, se han mejorado los mapas genéricos de turbomaquinaria en la extrapolación en puntos fuera de diseño, se han añadido nuevas opciones en válvulas, uniones y otros componentes, y se han corregido diversos bugs.

Como resultado se han añadido nuevos casos de aplicación, siendo destacable el sistema de propulsión satélite típicamente usado en aplicaciones espaciales.

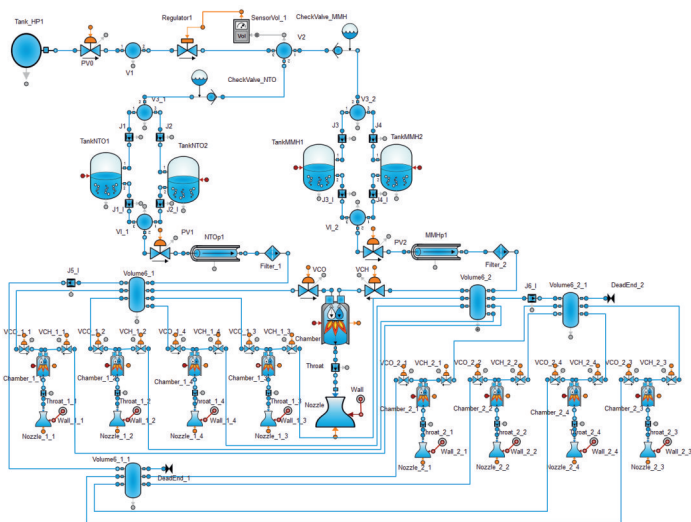
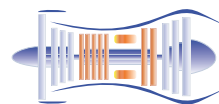


Figura 1. Modelo complejo de propulsión satélite

Para el caso de propulsión satélite se han añadido dos variantes, una compleja con cámaras de combustión y toberas y otra simplificada con el componente "RCT" que calcula un empuje y un impulso específico aproximado en función de correlaciones sencillas. El objetivo del primer caso es el análisis de la combustión (presiones y temperaturas en las cámaras, diseño de diferentes geometrías, etc.), mientras que en el segundo se busca el estudio de los procesos de priming y golpe de ariete, caídas de presión y respuestas de válvulas y thrusters.

Como ejemplo, en la siguiente gráfica se muestran los resultados de presión y temperatura obtenidos en las cavidades de la cámara de combustión principal con el modelo complejo.

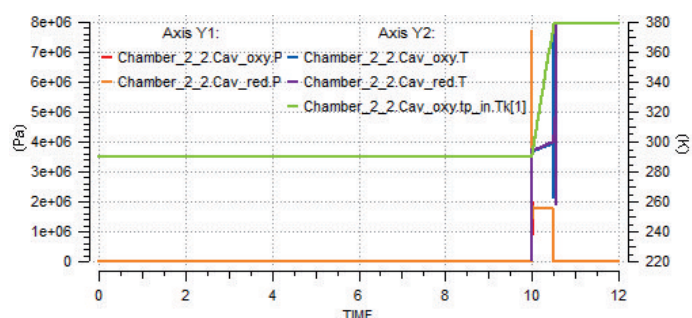


Figura 2. Resultados del modelo complejo

Por último, la gráfica a continuación muestra la respuesta de los thrusters del modelo simplificado, constante para el thruster principal y 0 para el resto hasta tiempo 1500, mientras que a partir de ese momento se apaga el principal y comienzan las actuaciones de los secundarios.

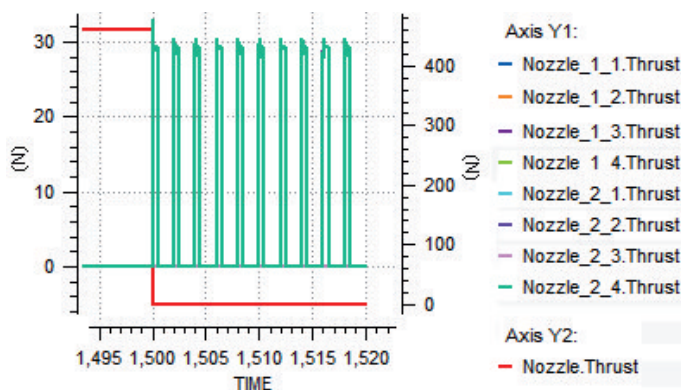


Figura 3. Resultados del modelo simplificado

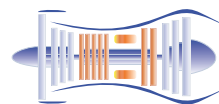
## 9. LIBRERÍA TERMOSOLAR EN PROOSIS

CHRIS KALATHAKIS & ALEXIOS ALEXIOU, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS (NTUA)

La necesidad de reducir la dependencia de los combustibles sólidos ha conducido a buscar nuevas alternativas de producción de energía eléctrica basadas en energías renovables como las centrales solares termoelectricas. Esto se traduce en sustituir parcialmente o incluso totalmente la fuente de energía térmica de un ciclo Brayton, Rankine o ciclo combinado basado en un combustible fósil por una fuente de energía solar.

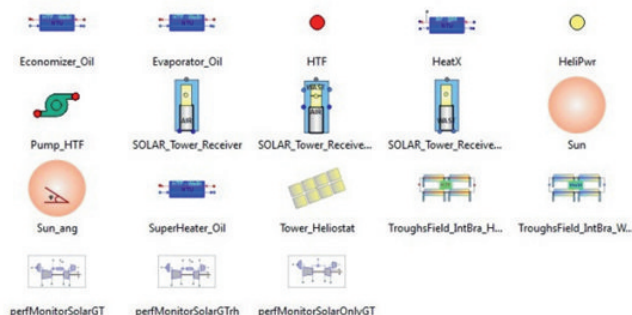
Para predecir el comportamiento de este tipo de plantas y por lo tanto estimar sus aspectos económicos, se requieren modelos de simulación predictivo de generación eléctrica precisos. Existen en el mercado herramientas para llevar a cabo este tipo de análisis, sin embargo estas herramientas o bien carecen de la precisión necesaria, o están limitadas a la hora de simular cierto tipo de plantas, o no dan la misma importancia a la producción de energía y a la parte solar. Por lo tanto, el Laboratorio de Turbo-máquinas Térmicas de la Universidad Nacional Técnicas de Atenas (LTT-NTUA) ha desarrollado la librería SOLAR en PROOSIS que da la misma importancia al sistema de generación de energía y al sistema solar con el deseado grado de fidelidad. La librería SOLAR usa puertos de otras librerías de PROOSIS (p. ej. la librería TURBO) por lo que se puede usar conjuntamente con estas librerías para el modelado y simulación de centrales solares termoelectricas. La siguiente figura muestra la paleta de componentes de la librería SOLAR.





## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016



Paleta de componentes de la librería SOLAR

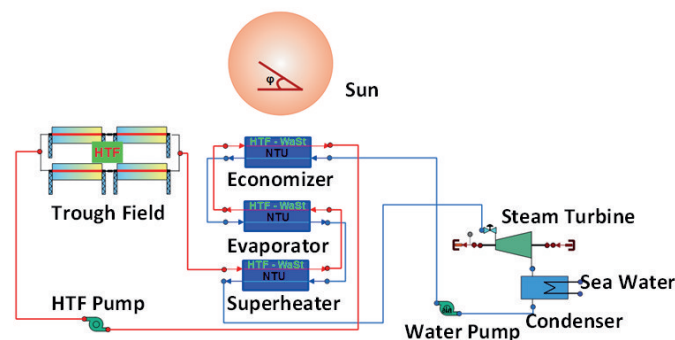
La librería SOLAR incluye los siguiente componentes: cambiadores de calor fluido calefactor-agua, receptores de torre, radiación solar (sol), colectores cilindro parabólicos, campo de heliostatos y dispositivos de monitorización de rendimiento. Los Puertos son usados para transferir las propiedades del fluido calefactor y la planta termo-solar. Los Cambiadores de Calor son modelados con el método NTU y tienen en cuenta la transferencia de calor sensible y latente. El componente Sun permite el cálculo del vector de radiación solar calculando los ángulos de cénit y acimut para cada intervalo horario deseado. Además si no se dispone de datos experimentales de radiación solar, el componente Sun permite estimar el flujo de radiación solar para la localización deseada usando un modelo de cielo descubierto.

El componente Through simula el calentamiento del fluido de trabajo y las pérdidas de carga a través de un colector cilíndrico parabólico equipado con un receptor en vacío. El fluido de trabajo puede ser un aceite térmico o agua. En el caso de agua, se utilizan expresiones adecuadas para flujo bifásico que permite simular operaciones de generación directa de vapor. El modelo de colector se divide en un número de partes definidas por el usuario. En cada una de las divisiones del colector se lleva a cabo un balance de energía en el que se tiene en cuenta las diferentes pérdidas (coseno, conducción, convección y radiación) y los factores de eficiencia (ópticos y de absorción). Este balance de energía permite el cálculo de la temperatura en cada capa del receptor y por lo tanto el cálculo del estado termodinámico final del fluido de trabajo.

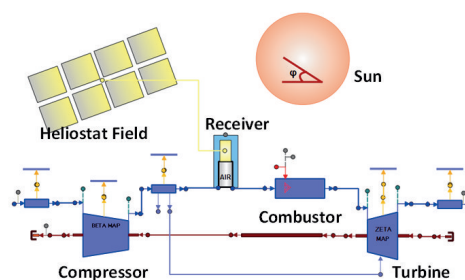
El componente Heliostat permite el cálculo de la potencia solar reflejada por los espejos al receptor de torre teniendo en cuenta los vectores sol-espejos y espejo-receptor (que son calculados para cada uno de los espejos del campo), las eficiencias del coseno, de reflejo, de sombreado-bloqueo y de atenuación. Además, si no se dispone de datos del campo de

heliostatos, existe la posibilidad de calcular las coordenadas de cada espejo para minimizar el efecto de sombra y bloqueo. Los componentes que representan el receptor central suponen que es un receptor volumétrico presurizado que es modelado como un cuerpo negro y que calcula la presión y temperatura de salida del fluido de trabajo. El estado termodinámico del fluido de trabajo a la salida (aire o agua) es calculado a partir del balance de energía teniendo en cuenta el flujo de radiación reflejado desde el campo de heliostatos, las eficiencias de absorción y ópticas, y las pérdidas por radiación. También existe la posibilidad de fijar un límite para la temperatura de salida del fluido de trabajo reduciendo la potencia solar usada mediante la simulación del desenfoque de los espejos.

Las siguientes dos figuras muestran un ejemplo de una planta termo-solar de cilindros parabólicos y una planta termo-solar híbrida de receptor central y turbina de gas modelada en PROOSIS con la ayuda de la librería SOLAR.

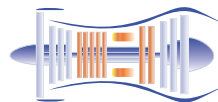


Modelo de Planta Termo-Solar de colectores cilindros parabólicos

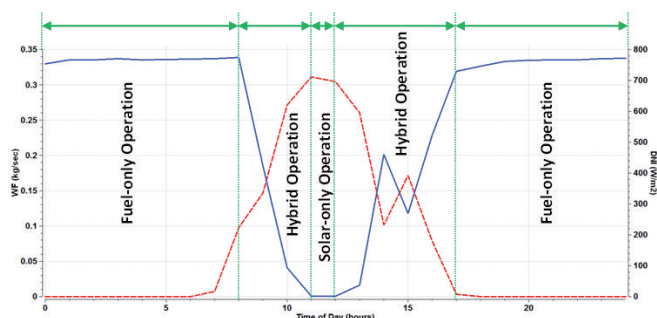


Modelo de Planta Termo-Solar híbrida de receptor central y turbina de gas

Como ejemplo de un caso de planta termo-solar híbrida de receptor central y turbina de gas, se ha elegido un punto de diseño de la turbina de gas y se han usado datos reales atmosféricos para examinar su rendimiento. Los rayos solares son reflejados por el campo de heliostatos al receptor donde



se calienta el flujo de aire antes de su entrada en la cámara de combustión de la turbina de gas. El escenario de operación pretende mantener constante la temperatura de entrada a la turbina (TIT). Si no hay disponible radiación solar, el motor opera solamente con combustible. En el caso de que la cantidad de radiación sea adecuada para calentar todo el flujo de aire a la TIT deseada, la planta operará únicamente con energía solar y el consumo de combustible será nulo. En situaciones intermedias, la planta operará en modo híbrido en el que el valor deseado de TIT se alcanzará mediante calentamiento por radiación solar y por quemado de combustible. La siguiente figura muestra el consumo de combustible y el flujo de radiación solar a lo largo de un día de operación.



Modelo de Planta Termo-Solar híbrida de receptor central y turbina de gas

## 10. CURSO DE PROOSIS EN EL ISAE, TOULOUSE

DAVID CASTAÑO, ECOSIMPRO/PROOSIS

A lo largo de los últimos años, PROOSIS se ha convertido en una herramienta muy extendida en la industria aeroespacial europea. Muestra de ello es el interés creciente no sólo de las propias empresas, sino también de las escuelas más prestigiosas, las cuales ven en PROOSIS una herramienta magnífica tanto para la formación de futuros ingenieros como para su uso en investigación científica.

El Institut Supérieur de l'Aéronautique de Toulouse (ISAE), escuela de referencia a nivel mundial, apuesta por una buena formación de sus ingenieros con vistas a su futuro profesional. El pasado mes de diciembre este centro acogió un curso avanzado de PROOSIS enfocado al diseño y simulación de motores aeronáuticos, al que asistieron tanto profesores del centro como alumnos de máster y doctorandos.

## 11. CURSO DE ECOSIMPRO EN ESA/ESTEC

ANA VELEIRO & VÍCTOR PORDOMINGO, ECOSIMPRO/PROOSIS

El pasado mes de diciembre se impartió un curso general de la herramienta EcosimPro en ESTEC, el principal centro tecnológico de la agencia espacial europea (ESA). A él asistieron ingenieros del departamento de Power Systems, encargados de la generación, almacenamiento, acondicionamiento y distribución de energía en las misiones de la ESA.

EcosimPro se viene utilizando desde hace tiempo en Power Systems para verificar el diseño de la batería de los satélites y asegurar que la energía disponible es suficiente para cubrir los requerimientos de todos los subsistemas del satélite a lo largo de la misión, mediante librerías que ESTEC ha desarrollado. El carácter multidisciplinar de la herramienta y su versatilidad permite simular este tipo de modelos en los que es necesario integrar diferentes elementos como son la batería, los paneles solares, la electrónica y el cálculo del flujo solar en función de la órbita, actitud y geometría del satélite entre otros.

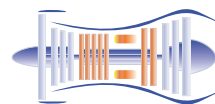
## 12. COMITÉ DE ESTANDARIZACIÓN ASME SAE DE TURBINAS DE GAS

PEDRO COBAS, ECOSIMPRO/PROOSIS & ALEX ALEXIOU (NTUA)

Durante los días 20 y 21 de Octubre de 2015 EA participó en el Comité de Estandarización de ASME SAE S-15 sobre "Gas Turbine Performance Simulation Nomenclature and Interfaces" en Cleveland, USA. En las reuniones participaron representantes de algunas de las empresas y centros de I+D aeronáuticos más importantes (General Electric, NASA, Lockheed Martin, Pratt Whitney, Rolls Royce, MTU, NLR, etc).

Era la primera vez que se invitaba a EA a participar en este comité y se presentó PROOSIS de forma detallada a los asistentes. Igualmente se presentó el estado de implementación de los distintos estándares internacionales en la última versión de PROOSIS, entre los que merece destacar:

- ARP 5571 y AS755 sobre la estandarización de la nomenclatura de variables, stations y objetos.
- ARP468 para la estandarización de un API de acceso a los modelos de motor desde C y Fortran



## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016

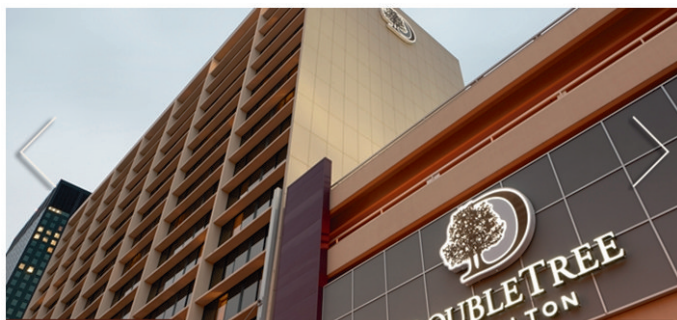
- AS4191 que implementa un API para acceso especial desde programas Fortran

Durante los dos días se discutieron los documentos de referencia de cada uno de los estándares y se decidieron nuevas modificaciones en alguno de ellos.

También fueron presentadas las últimas novedades de NPSS y GSP que son herramientas de modelado de performance de motores similares a PROOSIS. NPSS ha sido desarrollada por un consorcio de empresas liderados por NASA y bajo la ejecución del Southwestern Research Institute (SWRI), y GSP es un programa desarrollado por NLR (Holanda).

Estas jornadas fueron muy interesantes para intercambiar puntos de vista sobre distintos aspectos de los programas de simulación de performance de motores aeronáuticos por parte de los usuarios finales de los mismos y que sin duda serán tenidos en cuenta en nuevas versiones de nuestro producto PROOSIS.

Además al participar en el comité de desarrollo de los estándares nos permitirá estar más al día en la evolución de los mismos y facilitar su incorporación en PROOSIS. También permitirá que EA pueda proponer mejoras en los estándares en futuras versiones en base a nuestra experiencia con los usuarios de PROOSIS.



### 13. SYMPOSIUM ON SPACE FLIGHT DYNAMICS (ISSFD)

FERNANDO RODRÍGUEZ, ECOSIMPRO/PROOSIS

EcosimPro estuvo presente en el 25th International Symposium on Space Flight Dynamics celebrado en Munich los días 19 – 23 de octubre. El simposio reunió a los principales expertos internacionales en mecánica de vuelo espacial de las principales agencias y centros de investigación espaciales,

como NASA, JPL, ESA, JAXA, Johns Hopkins University, DLR, etc.

Durante esos días, los participantes compartieron sus experiencias en la operación de sondas y satélites espaciales, análisis de misión, técnicas de mitigación de basura espacial etc, así como los retos matemáticos asociados, y los métodos y herramientas usados para su resolución.

El equipo de EcosimPro, en colaboración con el Grupo de Dinámica Espacial (SDG) de la Universidad Politécnica de Madrid, estuvo presente en el simposio mediante la presentación de un poster basado en el artículo “Novel dynamical model for an object-oriented space tether simulator” que puede encontrarse en nuestra web. En dicho trabajo, se presenta un nuevo conjunto de librerías para la simulación de Space Tether Systems (varios satélites unidos por cables) y para aplicaciones comunes de mecánica espacial, como propagación orbital, dinámica y control de actitud, vuelo en formación, etc.

### 14. SIMULACIÓN DE SISTEMAS TERMOSOLARES AVANZADOS

RAÚL AVEZUELA, ECOSIMPRO/PROOSIS

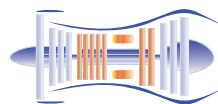
EA participó el día 23 de octubre de 2015 en la jornada de “Herramientas y Experiencias de Análisis de Producción de Sistemas TermoSolares Avanzados” organizado por el Instituto IMDEA Energía, en el marco de colaboración del proyecto europeo STAGE-STE y el proyecto ALCCONES del Programa de Actividades de I+D de la Comunidad de Madrid.

La jornada estaba enfocada a la presentación de herramientas de simulación y experiencias de aplicación a nuevos esquemas y conceptos de planta termo-solares. La jornada tuvo una gran acogida tanto en centros de investigación como en empresas del sector.

EA presentó la ponencia “Casos de aplicación de EcosimPro a plantas termo-solares” en la que se mostró algunos estudios de simulación de sistemas termo-solares llevados a cabo con EcosimPro, entre ellos cabe destacar:

- Desarrollo de un simulador de ingeniería de una planta termo-solar de colectores cilindro parabólicos
- Análisis de la estrategia de operación de una planta termo-solar de receptor central con acumuladores de vapor





La ponencia generó gran interés entre los asistentes debido a la flexibilidad y al carácter multi-disciplinar de EcosimPro.



Foto cedida por IMDEA

## 15. CONGRESO DE PROPULSIÓN ESPACIAL 2016

JOSÉ MORAL & JAVIER VILÁ, ECOSIMPRO/PROOSIS

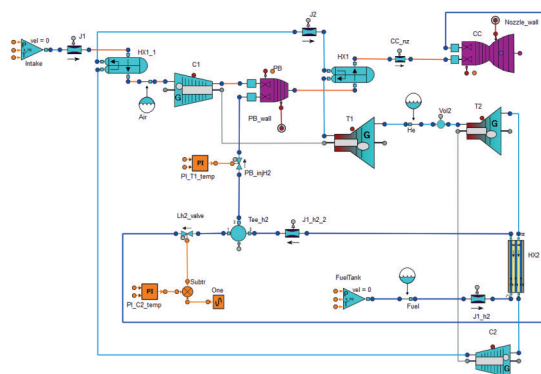
Al igual que en anteriores ediciones, el equipo de EcosimPro-ESPSS estará presente en el próximo congreso Space Propulsion que tendrá lugar en mayo de 2016 en Roma. Para esta ocasión se presentarán varios papers basados en los trabajos de mejora de las librerías de simulación ESPSS realizados durante el proyecto Multiphase Flow Modelling, en el que han colaborado algunas de las empresas e instituciones europeas de mayor prestigio en propulsión espacial.

Por parte de los diferentes partners se presentarán los siguientes temas:

- Implementación del esquema numérico AUSM para conseguir una mayor precisión en los resultados de los modelos reduciendo el tiempo de simulación en comparación con otros esquemas similares, por Universidad "La Sapienza" de Roma.
- Desarrollo de un modelo de flujo bifásico no homogéneo en ESPSS basado en el esquema numérico AUSM, por Von Karman Institute.
- Desarrollo de un código para el cálculo de la evolución de geometrías complejas de fuel en motores cohetes de propulsante sólido, por ONERA.

- Mejoras en la simulación de la dinámica de un vehículo espacial y su acoplamiento con el sistema de propulsión, por KopooS.

El equipo de ESPSS presentará adicionalmente el paper titulado "ESPSS Model of a Simplified Combined-Cycle Engine for Supersonic Cruise", que muestra las capacidades de las librerías para simular un motor de alta velocidad. El modelo combina un motor atmosférico con un motor cohete de combustible líquido, incluyendo también un ciclo cerrado de helio con un sistema de cambiadores de calor para aumentar su eficiencia.



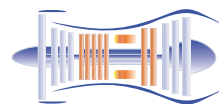
Esquemático del motor combinado de alta velocidad

Además, el equipo contará con un stand para poder realizar demostraciones en vivo de la herramienta y se organizará un workshop en el que los usuarios presentarán sus modelos y necesidades, y los desarrolladores presentarán las últimas novedades de las librerías.

## 16. LIBRERÍA PARA EL MODELADO, RECONCILIACIÓN DE DATOS Y OPERACIÓN ÓPTIMA DE REDES DE HIDRÓGENO

ELENA GÓMEZ SAYALERO & CÉSAR DE PRADA, UNIV. DE VALLADOLID (UVA)

El hidrógeno es un recurso caro usado en muchos procesos en las refinerías de petróleo, principalmente en unidades de hidrodesulfuración y craqueo, y que tiene una importancia creciente en el balance económico global de la refinería. En el marco de un proyecto orientado a la operación óptima en tiempo real de la red de H2 de Petronor, se ha desarrollado la librería de EcosimPro H2NET. La librería H2NET consta de modelos basados en primeros principios de los principales equipos y operaciones involucrados en la gestión de la red:



## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 12 · Febrero 2016

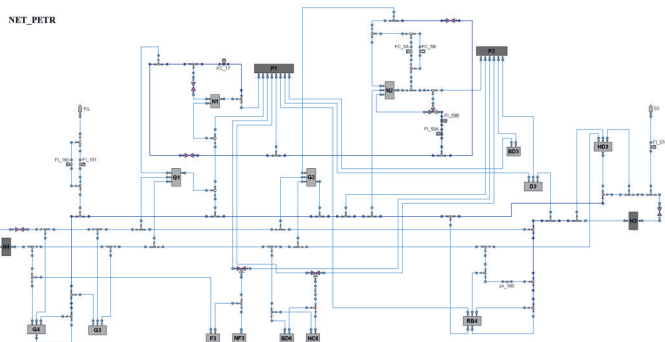
corrientes de gas, reactores, separadores de alta presión, operaciones de separación a baja presión, tanques, membranas, compresores, medidores, válvulas, y mezcladores y divisores de corrientes considerando también líneas con sentido de flujo desconocido a priori.

El modelo de la red construido con la librería H2NET se ha usado con diferentes fines. Para análisis What-If en simulación; en un proyecto en cooperación con el Centro de Tecnología de Repsol en Móstoles (Madrid) orientado al rediseño de la red de H<sub>2</sub> de Petronor, donde se exploraron y evaluaron nuevas conexiones y alternativas; como caso de estudio para la formulación de indicadores de eficiencia de recursos REIs en el proyecto europeo MORE; así como para la operación óptima en tiempo real.

En relación a este último objetivo de apoyo a la decisión en línea, en primer lugar se resuelve mediante técnicas de optimización un problema de reconciliación de datos, formulado como la minimización de las desviaciones medida-modelo aprovechando toda la redundancia en caudalímetros; los parámetros del modelo se calibran en esta etapa, y se estiman también tanto las variables medidas como las desconocidas. La operación óptima se ha abordado con un enfoque de optimización en tiempo real RTO como la minimización del coste de producción de H<sub>2</sub> en base al modelo de red una vez calibrado en la etapa de reconciliación de datos, e incluyendo todas las restricciones de proceso y especificaciones. Se han obtenido resultados razonables, listos para ser implementados como apoyo a la decisión en la operación, y asimismo se han analizado las soluciones respecto de la producción en las plantas productoras, los flujos de aporte fresco a las plantas consumidoras desde los distintos colectores, así como las purgas de alta presión y los caudales en membranas. Como resolutor en ambos problemas de optimización se ha utilizado Snoop, basado en un algoritmo SQP.

La librería H2NET incluye algunas características adicionales: i) estructura de configuración que permite un enlace sencillo con el SCADA para la adquisición de datos de proceso; ii) funciones para llevar a cabo el correspondiente tratamiento de datos e inicialización de variables; iii) funciones para la generación automática del código necesario para implementar ambos problemas de optimización; iv) gestión de las restricciones lineales para acotar convenientemente la región de búsqueda en ambos problemas de optimización, explotando la estructura del modelo.

Se agradece significativamente la financiación económica recibida del MICINN y la cooperación e implicación del grupo Petronor-Repsol.



Red de H<sub>2</sub> de Petronor, con las plantas consumidoras y productoras y los distintos colectores

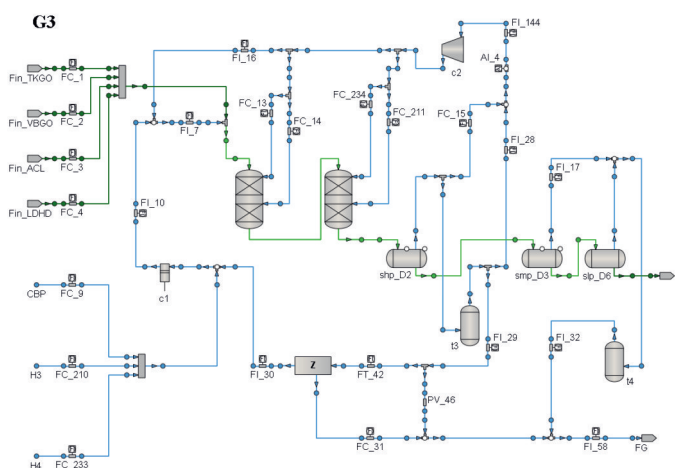


Diagrama de flujo de proceso de una planta consumidora hidrodesulfuradora de gasóleo

EA Internacional S.A.  
Magallanes, 3 Madrid  
28015 Spain  
E-mail: [info@ecosimpro.com](mailto:info@ecosimpro.com)  
URL: <http://www.ecosimpro.com>  
Phone: +34 91 309 81 42  
Fax: +34 91 591 26 55



MAQUETADO POR: DAPHNE-DIANA JIMÉNEZ  
REVISADO POR: ÁNGEL BARRASA