

## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 11 · Julio 2015

## EDITORIAL

Presentamos el nuevo número del boletín de información sobre nuestros productos de simulación, para dar una idea de las cosas que hacemos y también del potencial que tiene hoy en día la simulación para resolver problemas complejos.

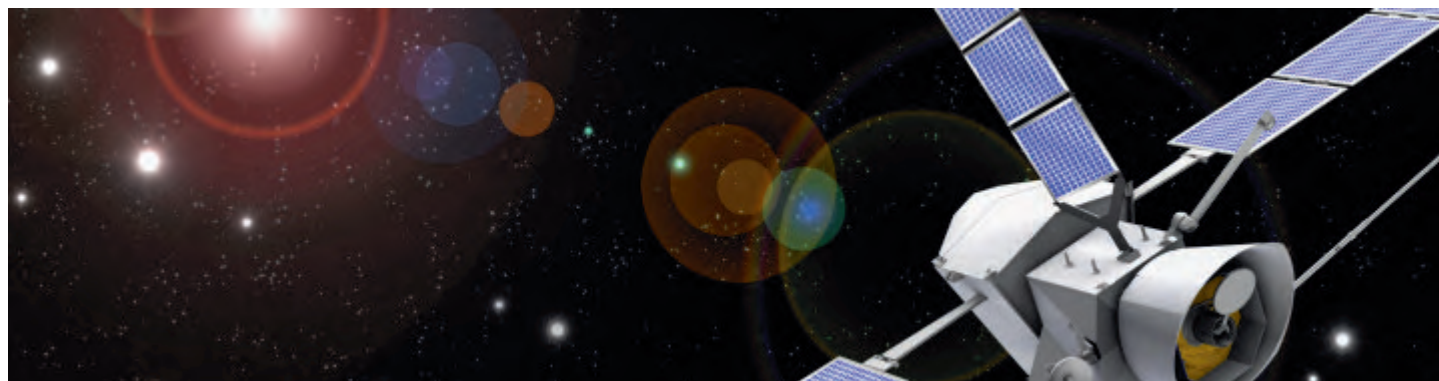
Durante los últimos meses hemos estado trabajando en un modelo de simulación criogénica de tal complejidad que la versión actual de EcosimPro no podía crear un modelo matemático de tal magnitud. Para abordarlo se creó un "comité de crisis", que permitió identificar mejoras que debíamos introducir en EcosimPro de manera que pudiera generar un modelo de más de medio millón de ecuaciones y fuera capaz de ejecutarse de una manera eficiente. Se implementaron las mejoras (entre otras el uso de compiladores de 64 bits) y por fin se pudieron resolver los problemas. La versión 5.4.14 que salió en Febrero de 2015 contenía todas esas mejoras por lo que hoy cualquier usuario de EcosimPro se puede beneficiar de estas mejoras.

Igualmente una herramienta que nos ha servido mucho para ir mejorando nuestros productos es la Base de Datos Bugzilla que usamos con nuestros usuarios. Estos, no solamente reportan errores que encuentran en la herramienta sino que, además, proponen nuevas mejoras que quedan para siempre almacenadas en esta base de datos y que poco a poco vamos implementando en nuevas versiones. Lo bueno es que el usuario cuando ve implementada su petición constata que también sus ideas se ven plasmadas en una nueva versión y que otros usuarios se pueden beneficiar de ellas.

Esperamos que este nuevo newsletter sea de vuestro interés y no dudéis en enviarnos preguntas o sugerir temas para nuevos newsletter. Estaremos encantados de contar con vuestras sugerencias.

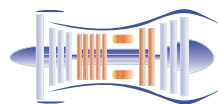
Pedro Cobas (pce@ecosimpro.com)

Jefe del Equipo de Desarrollo EcosimPro/PROOSIS  
EA Internacional



## ÍNDICE

|  |   |   |    |
|--|---|---|----|
| Nuevo portal web                                     | 2 | Visita de COMAC-SADRI a las oficinas de EA  | 7  |
| Nuevas versiones de EcosimPro y PROOSIS              | 2 | Propuesta para obtención del certificado de NQA 1 de las librerías Pipeliq y Pipeliqtran                      | 7  |
| Nueva versión de FluidaPro                           | 3 | Simulación de falta eléctrica serie en la sección de arranque de una central con la librería Electric_Systems | 7  |
| Nueva librería ECS                                   | 3 | Simulación de aplicaciones criogénicas en el proyecto ITER con la librería Cryo                               | 8  |
| Nueva versión de la librería ORC                     | 4 | Simulación de motores de avión mediante PROOSIS-Turbo y Excel   | 9  |
| Curso de modelado de turbinas de gas aeronáuticas    | 5 | Búsqueda de megavatios perdidos en una central con la librería Thermal_Balance                                | 10 |
| Curso de modelado de sistemas de propulsión espacial | 5 |   |    |
| Workshop de EcosimPro/ESPSS en Lisboa                | 6 |   |    |
| Symposium on fusion technology (SOFT)                | 6 |   |    |



### 1. NUEVO PORTAL WEB

BERNARDO DE BLAS, ECOSIMPRO/PROOSIS

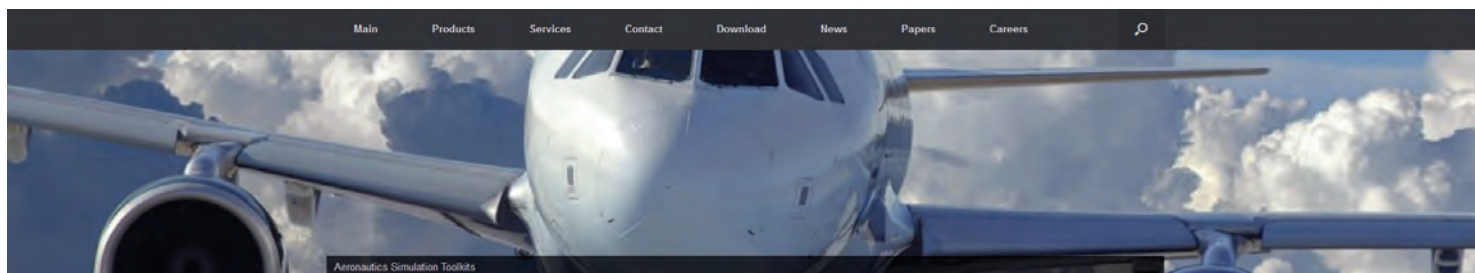
Desde el mes de mayo de 2015 disponemos de un nuevo portal web para informar a los potenciales usuarios de nuestros productos y servicios. Se puede visitar en [www.ecosimpro.com](http://www.ecosimpro.com).

Esta nueva web ha sido realizada con Wordpress, que es hoy en día una de las herramientas más populares para el diseño de portales. Además hay disponibles multitud de widgets para

folletos, videos, etc.

- News: Se incluyen los newsletter actuales y antiguos así como las noticias generadas.
- Papers: Esta sección contiene múltiples artículos escritos por los usuarios mostrando casos reales de uso en las diversas áreas de aplicación.
- Careers: Área dedicada a ofertas de trabajo.

Esperamos que la nueva web sea del agrado de los usuarios y la encuentren más atractiva que la anterior. En cualquier caso no dudeis en enviarnos vuestros comentarios a [info@ecosimpro.com](mailto:info@ecosimpro.com)



Página principal de la nueva web

distintos temas que se irán incorporando en el futuro de forma paulatina para hacer la navegación por las páginas webs más atractiva.

La web contiene una descripción en detalle de todos los toolkits de EcosimPro/PROOSIS y multitud de casos de uso que dan una buena idea al usuario del potencial de la herramienta y de cada uno de los toolkits.

La nueva web se ha dividido en los siguientes apartados:

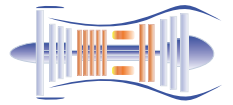
- Main: Se introduce a los productos y servicios de simulación del equipo EcosimPro/PROOSIS.
- Products: Se presentan los distintos productos de simulación y toolkits en las áreas de Espacio, Aeronáutica y en Energía-Agua y Proceso.
- Services: se informa sobre los distintos servicios ofrecidos de soporte y ayuda al modelado.
- Contact: se ofrece un formulario de contacto e incluye una descripción de la empresa, Empresarios Agrupados (EA).
- Download: se permite descargar la versión gratuita,

### 2. NUEVAS VERSIONES DE ECOSIMPRO Y PROOSIS

PEDRO COBAS, ECOSIMPRO/PROOSIS

A finales de enero de 2015 salieron al mercado las nuevas versiones de EcosimPro 5.4.14 y PROOSIS 3.6.14 con nuevas capacidades entre las que merece destacar:

- Nuevas versiones disponibles en 32 y 64 bits. La nueva versión de 64 bits ofrece una mayor potencia de cálculo, reduce los tiempos de simulación y permite trabajar con modelos mucho más grandes.
- Compatibilidad con nuevos compiladores C++ de 32 y 64 bits (Microsoft, Intel y GCC)
- Nuevos solvers disponibles o mejoras de otros existentes tales como Euler, Adams-Moulton e IDAS
- Generación automática de scripts de simulación para ejecución automática de múltiples experimentos en modo batch.



## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 11 · Julio 2015

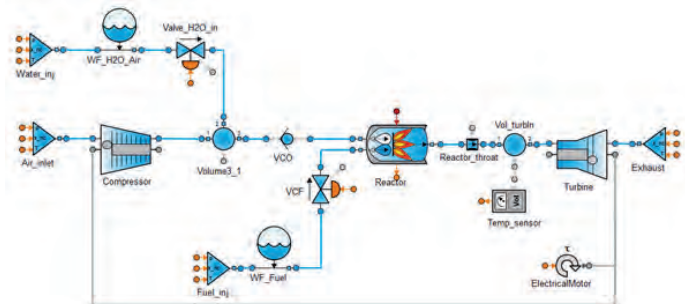
- Se ha optimizado la generación del fichero de post-proceso HDF5. Ahora permite salvar resultados de simulaciones muy grandes (de varios GBs). También se ha optimizado la lectura de ficheros de postproceso (un 35% más rápida de media).
- Nueva herramienta para analizar automáticamente la robustez de los modelos matemáticos generados
- Nueva capacidad para leer un fichero de simulación de postproceso desde el Monitor de experimentos o desde Excel.
- Mejora de la conexión con Simulink para producir automáticamente una S-Function y exportación a sistemas HIL.
- Mejora de la conexión con Excel, que ahora es más intuitiva, robusta y rápida.

### 3. NUEVA VERSIÓN DE FLUIDAPRO

JOSÉ MORAL Y JAVIER VILA, ECOSIMPRO/PROOSIS

El toolkit FLUIDAPRO, compuesto por un conjunto de librerías profesionales desarrolladas para la simulación de sistemas fluidos complejos, ha experimentado recientemente una profunda remodelación que supone un importante salto de calidad tanto en las capacidades técnicas como en el renovado aspecto visual de esta herramienta.

En cuanto a las novedades de esta nueva versión cabe destacar la posibilidad de simulación simplificada de ciertos procesos de combustión gracias al nuevo componente "Reactor". Este componente cuenta con dos inyectores que pueden trabajar con líquidos o gases y con una cámara que calcula la composición y propiedades de los productos de la combustión, que son transmitidas aguas abajo del reactor. Para que esto sea posible todos los componentes de la librería han sido adaptados para trabajar con productos de combustión.

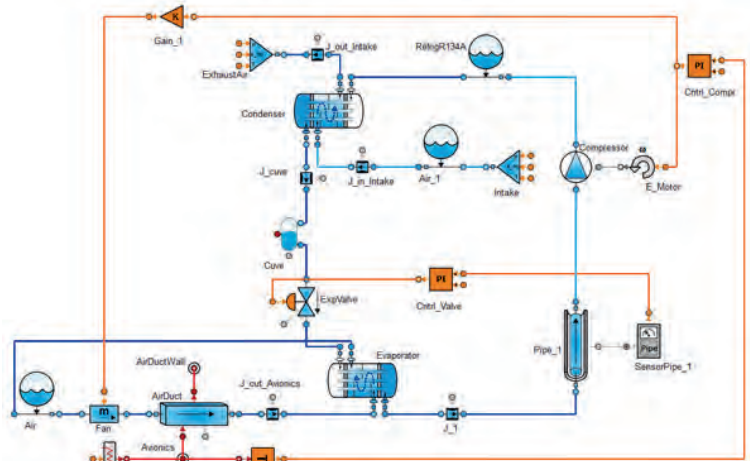


Modelo de Turbina de Gas con el nuevo componente "Reactor"

Otras mejoras importantes que se han introducido son las siguientes:

- Área variable en el componente Pipe en función de la longitud
- Opción de trabajar con fluidos definidos por el usuario en el componente Reactor
- Se ha añadido un modelo básico de vaporización en el componente Reactor
- Posibilidad de definir el fluido no condensable con propiedades de gas real
- Nueva opción en las válvulas Check para acelerar la simulación

Además se han incluido nuevos ejemplos de aplicación enfocados a demostrar las nuevas capacidades y se ha realizado un importante esfuerzo de mejora de la documentación de los mismos así como de los manuales de usuario con el objetivo de facilitar el uso de las librerías. Entre los modelos añadidos se encuentran ciclos cerrados frigoríficos en condiciones bifásicas, mezclado de 3 líneas con diferentes fluidos de trabajo, ciclos de turbinas de gas con inyección de agua y algunos ejemplos en el ámbito espacial.



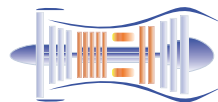
Modelo de Ciclo de Frigorífico de Refrigeración con FLUIDAPRO

### 4. NUEVA LIBRERÍA ECS

RAÚL AVEZUELA, ECOSIMPRO/PROOSIS

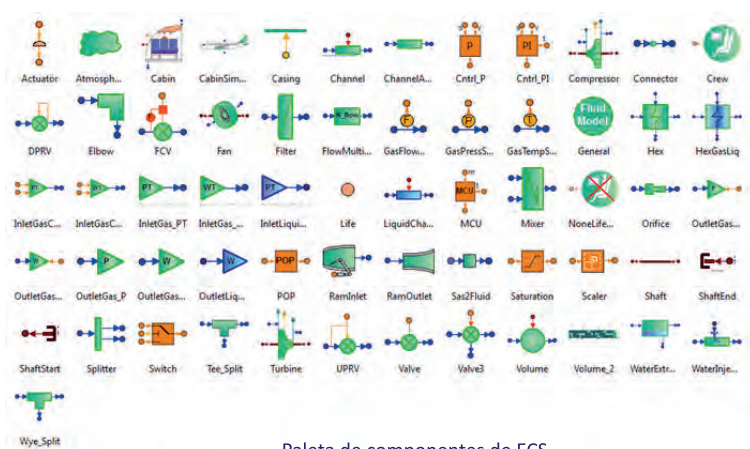
Hay una nueva librería ECS disponible en PROOSIS. La librería ECS de PROOSIS se emplea para el análisis del rendimiento y la simulación dinámica de sistemas de control ambiental (ECS) y otros sistemas neumáticos de aeronaves.





La librería ECS proporciona una serie de componentes y subsistemas típicos para el modelado y simulación del ECS de las aeronaves, tales como conductos, válvulas, intercambiadores de calor, ventiladores, etc. También incluye componentes para representar la cabina y los pasajeros.

La paleta de componentes de la librería ECS se muestra en la siguiente figura.

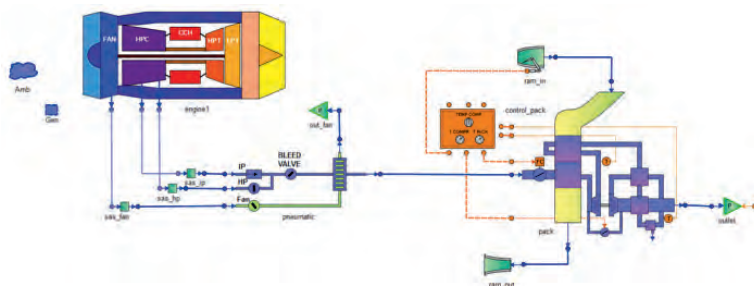


Paleta de componentes de ECS

Las características principales de esta librería son las siguientes:

- Simulación dinámica y análisis de rendimiento de los sistemas de control ambiental
- Conexión al modelo del motor del avión
- Modelado del sistema de control del ECS
- Fácil personalización de la disposición de cabina
- Evaluación de distintas arquitecturas de paquetes de refrigeración
- Análisis del confort de los pasajeros
- Fácil personalización o creación de nuevos componentes

La caja de herramientas del ECS incluye varios ejemplos de aplicación que permiten a los usuarios desarrollar sus propios modelos. En la siguiente figura se muestra el diagrama esquemático de un modelo de motor de aeronave conectado al sistema neumático del paquete de aire acondicionado del ECS.

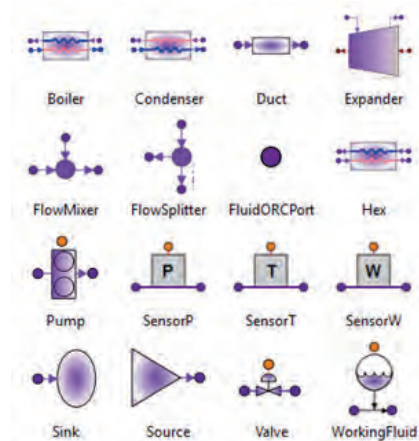


Modelo de Motor conectado al sistema neumático del ECS

## 5. NUEVA VERSIÓN DE LA LIBRERÍA ORC

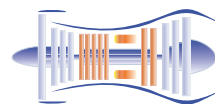
RAÚL AVEZUELA, ECOSIMPRO/PROOSIS

Ya se encuentra disponible una nueva versión de la librería ORC (1.2) cuya paleta de componentes se muestra en la figura. Esta librería facilita el cálculo de las propiedades de los fluidos y es compatible con las nuevas versiones de PROOSIS (3.6.14) y la librería TURBO (4.0). Es importante destacar la implantación de un nuevo sistema para el cálculo de las propiedades termodinámicas del fluido de operación basado en la interpolación en tablas de consulta. Esta nueva característica permite la utilización de la librería sin necesidad de una licencia para el software externo REFPROP (REferencia fluid PROPERTIES). Además, también se han incluido una serie de modificaciones menores para corregir problemas puntuales y mejorar el modelado de componentes.



Paleta de componentes de ORC

El objetivo de la librería ORC consiste en calcular las condiciones termodinámicas de diseño y fuera de diseño de un ORC (ciclo de Rankine orgánico) y en estudiar el rendimiento global del motor de la aeronave cuando se encuentra acoplado al sistema ORC.



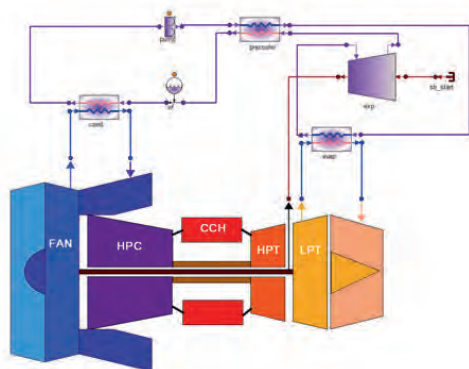
## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 11 · Julio 2015

Las características principales de esta librería son las siguientes:

- Se pueden realizar cálculos estacionarios y análisis de transitorios
- El fluido de operación se selecciona de entre los disponibles en una lista de refrigerantes ya definidos en la librería: R113; R245fa, R410a, R141b, R134a, agua y etanol. Sin embargo, los usuarios también pueden usar sus propios fluidos de operación.
- Las propiedades termo-físicas de los fluidos de operación se pueden calcular mediante el software externo REFPROP o mediante la interpolación en tablas de consulta de propiedades de fluidos.
- Los componentes de la librería ORC son compatibles con los de la librería TURBO. Esto permite la creación de modelos combinados en los que interactúan componentes de ambas librerías.
- Los componentes se pueden emplear en modo de termodiseño o en modo fuera de diseño simplemente mediante el cambio de un parámetro de entrada.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de aplicación de un turborreactor acoplado a un sistema de recuperación de calor de un ciclo ORC.



Modelo de Motor acoplado a ciclo ORC

## 6. CURSO DE MODELADO DE TURBINAS DE GAS AERONÁUTICAS

FERNANDO RODRÍGUEZ Y DAVID CASTAÑO, ECOSIMPRO/PROOSIS

Los próximos 22, 23 y 24 de Septiembre se impartirá una nueva edición del curso “Modelling Gas Turbines Engines with PROOSIS” en nuestras oficinas de Madrid. Es un curso pensado

para ingenieros que se dediquen al diseño, modelado y cálculo de performances de turbinas de gas aeronáuticas.

El curso cubre una introducción al modelado con PROOSIS y su toolkit TURBO. Se describirán los componentes necesarios para modelar motores aeronáuticos, con ejercicios prácticos de sistemas típicos tales como turbojet, turbofan, turboshaft o turbopropeller. Asimismo se explicarán y realizarán un amplio abanico de estudios como el design, off-design, transitorios, estudios de optimización, estudios paramétricos y de sensibilidad. Finalmente se mostrará cómo exportar los modelos completos como cajas negras y las distintas posibilidades de conexión con otros entornos.

Los ingenieros asistentes al curso encontrarán en PROOSIS una potente herramienta de simulación, cuyas características únicas ofrecen al usuario un entorno completo para simular tanto los diversos motores aeronáuticos como sus sistemas asociados: Control, Eléctrico, ECS, Combustible, etc.

La inscripción en el curso está abierta y cualquier interesado puede contactar con nosotros ([dji@empre.es](mailto:dji@empre.es)) y pedir más información. Descargar folleto desde:

[http://www.ecosimpro.com/wp-content/uploads/2015/05/201509\\_course\\_PROOSIS.pdf](http://www.ecosimpro.com/wp-content/uploads/2015/05/201509_course_PROOSIS.pdf)

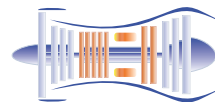
## 7. CURSO DE MODELADO DE SISTEMAS DE PROPULSIÓN ESPACIAL

JOSÉ MORAL Y JAVIER VILA, ECOSIMPRO/PROOSIS

Los próximos 6, 7 y 8 de Octubre se impartirá el curso “Modelling Space Propulsion Systems with EcosimPro/PROOSIS” en nuestras oficinas de Madrid. Es un curso pensado para ingenieros que se dediquen al diseño de sistemas de propulsión espacial.

El curso comenzará con una introducción al manejo de EcosimPro que ayudará a los asistentes a familiarizarse con la interfaz gráfica y el uso básico del lenguaje propio de programación. A continuación se trabajará en la creación gráfica de nuevos modelos relacionados con la propulsión espacial, así como en la configuración de experimentos asociados que permitirán su simulación y la visualización de los resultados.

Una vez adquiridos los conceptos básicos, la segunda parte del curso estará centrada en el modelado de sistemas y



subsistemas de propulsión espacial. Los asistentes conocerán las principales características de las librerías de propulsión espacial ESPSS y realizarán modelos de prueba para comprobar las capacidades de simulación de efectos transitorios de fluidos (water-hammer), transferencia de calor, procesos de combustión, turbomaquinaria o tanques, entre otros.

La última parte del curso estará dedicada a creación, simulación y análisis de modelos completos típicos de propulsión espacial. Se estudiarán sistemas como el llenado de una red compleja de tuberías con flujo bifásico homogéneo, un sistema de presurización de tanques de combustible con su control asociado, o la configuración del arranque, estabilización y apagado de un motor cohete incluyendo las correspondientes leyes de apertura de las válvulas. También se mostrarán las capacidades de simulación de modelos estacionarios de estos mismos sistemas en condiciones de diseño y fuera de diseño. Para finalizar se explicarán las diferentes posibilidades de conexión con software externo.

La inscripción en el curso está abierta y cualquier interesado puede contactar con nosotros ([dij@empre.es](mailto:dij@empre.es)) y pedir más información. Descargar folleto desde:

[http://www.ecosimpro.com/wp-content/uploads/2015/05/201510\\_course\\_EcosimPro.pdf](http://www.ecosimpro.com/wp-content/uploads/2015/05/201510_course_EcosimPro.pdf)

## 8. WORKSHOP DE ECOSIMPRO/ESPSS EN LISBOA

PEDRO COBAS, JOSÉ MORAL Y JAVIER VILA, ECOSIMPRO/PROOSIS

El día 4 de Marzo de 2015 tuvo lugar en la Universidad Técnica de Lisboa el workshop de usuarios de EcosimPro/ESPSS organizado por la ESA (European Space Agency) y EA (Empresarios Agrupados). La sesión comenzó con una presentación sobre las últimas capacidades de EcosimPro 5.4.14 que acaba de salir al mercado en febrero. Posteriormente, se presentó el progreso de la última versión del toolkit ESPSS. Luego, se presentaron algunos problemas planteados por los usuarios de ESPSS resueltos por EA durante los últimos meses así como el feedback obtenido de los usuarios para futuras mejoras. Para finalizar esta primera parte del workshop, se presentaron los nuevos desarrollos en marcha en EcosimPro para futuras versiones tales como la Simulación de Montecarlo, paralelización de los cálculos, visualización 3D para satélites, nueva herramienta de testeo automática, etc.

En la segunda parte del workshop varias compañías usuarias de EcosimPro/PROOSIS presentaron algunos problemas con la herramienta y se discutieron distintas soluciones para futuras versiones.

En la última parte se hizo una mesa redonda entre los usuarios para discutir nuevas mejoras en futuras versiones de ESPSS y que la ESA y EA tomaron nota para poder incluirlas en futuros desarrollos.

El workshop estuvo dirigido por Johan Steelant y Francesco di Matteo de la Agencia Espacial Europea, responsables de ESPSS.

## 9. SYMPOSIUM ON FUSION TECHNOLOGY (SOFT)

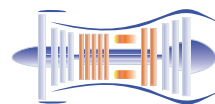
ALMUDENA RUEDA Y JENIFER SERNA, ECOSIMPRO/PROOSIS

EA participó en la 28ª edición del Simposio Internacional de Tecnologías de Fusión (SOFT) que se celebró en San Sebastián. Este simposio es el evento principal a nivel mundial en el campo de la fusión en el que se dieron cita un gran número de científicos, todo ello particularmente potenciado por el desarrollo de ITER.

El simposio ofreció la posibilidad a sus asistentes de acceder a información sobre ITER y a todo el campo de la fusión nuclear en varias sesiones de comunicaciones orales y presentación de pósters.

Dentro de esta reunión EA presentó el trabajo realizado en el modelado de TBS (Test Blanket Systems) para el que se han desarrollado un conjunto de librerías de simulación en EcosimPro. La simulación de estos sistemas resulta de interés como herramienta de apoyo a la ingeniería en distintos ámbitos como la selección de alternativas, estudio de materiales, pruebas de los sistemas en distintos puntos de operación, etc. Las características del sistema modelado, así como los detalles del modelo utilizado finalmente y resultados de las diferentes simulaciones, se explicaron con detalle a un buen número de asistentes que mostraron su interés en el tema.





### 10. VISITA DE COMAC-SADRI A LAS OFICINAS DE EA

En Diciembre del año pasado 2014 visitaron nuestras oficinas centrales una delegación de COMAC, principal constructor chino de aviones, a través de su Departamento de COMAC-SADRI de Shanghai que es responsable, entre otros temas, del ECS del avión. COMAC – SADRI ha comprado nuestra herramienta de simulación PROOSIS junto a la librería ECS para apoyo al desarrollo del sistema ECS de uno de sus aviones de última generación.

La visita se aprovechó para presentarles nuestra compañía, las herramientas y experiencias en la simulación con PROOSIS, así como las librerías ECS y ECLS (librería desarrollada para vuelos espaciales tripulados), así como nuestros servicios de asistencia al cliente en modelado de simulación.

### 11. PROPUESTA PARA OBTENCIÓN DEL CERTIFICADO DE NQA 1 DE LAS LIBRERÍAS PIPELIQ Y PIPELIQTRAN

La norma de calidad nuclear ASME NQA-1 exige para los programas informáticos que vayan a usarse en aplicaciones relacionadas con la seguridad para las nuevas instalaciones nucleares, lo que con el tiempo irá extendiéndose posiblemente a otros tipos de SW y usos, la realización de un plan específico de validación y verificación del programa informático para que pueda ser aceptado como herramienta aceptable de cálculo.

EA dispone de las librerías PIPELIQ y PIPELIQTRAN para estudios hidráulicos estacionarios y transitorios de golpe de ariete. Se plantea su homologación con dicha norma tanto para el uso propio en aplicaciones nucleares como para su distribución comercial.

El Plan de pruebas de verificación y validación de una aplicación informática importante para la seguridad nuclear se prepara a partir de la especificación de requisitos, y contiene todas las pruebas necesarias para demostrar su cumplimiento, incluyendo casos de prueba, la secuencia de ejecución de las pruebas y criterios para la aceptación de la aplicación para el uso previsto.

El procedimiento de validación y verificación se lleva a cabo comparando los resultados de los casos de tests con métodos alternativos tales como cálculos manuales, resultados de otros

códigos aceptados y validados, o datos empíricos y resultados procedentes de fuentes bibliográficas de carácter técnico.

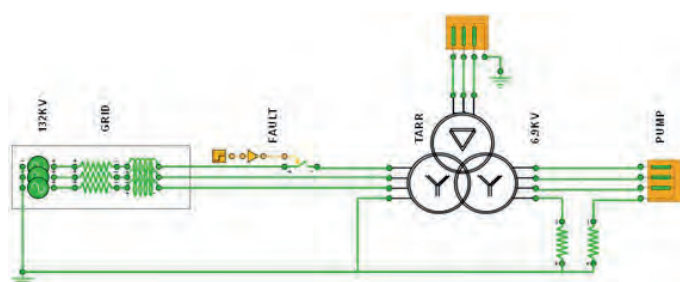
### 12. SIMULACIÓN DE FALTA ELÉCTRICA SERIE EN LA SECCIÓN DE ARRANQUE DE UNA CENTRAL CON LIBRERÍA ELECTRIC\_SYSTEMS

VÍCTOR PORDOMINGO, ECOSIMPRO/PROOSIS

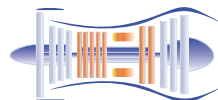
Se estudia la situación de emergencia en una central debida a una falta serie en una de sus secciones. Se ha analizado el efecto del fallo y cómo se puede detectar y hacer frente, lo que exige una simulación transitoria y simultánea de las tres fases desequilibradas del sistema mediante EcosimPro y la librería ELECTRIC\_SYSTEMS.

La sección de arranque de la central está conectada con la red exterior a 138 KV mediante el transformador de arranque de tres devanados con conexión Ydy. Este alimenta a los motores de las bombas de refrigeración de la central a 6.9 KV, que se han simulado mediante cargas RL estáticas con valores ajustados en función de la situación a reproducir: Arranque u Operación Normal.

Se trata de analizar el comportamiento de las corrientes y tensiones en las diferentes barras y en cada fase cuando se produce la falta serie en la fase a aguas arriba del transformador de arranque. El comportamiento viene determinado por la configuración de los diferentes neutros del sistema: (1) El primario del transformador en estrella tiene su neutro conectado a tierra, (2) El secundario en triángulo carece de neutro, (3) El neutro de la carga conectada a dicho secundario en triángulo se asume conectado a tierra, (4) El secundario en estrella está aislado de tierra (flotante), y (5) El neutro del motor no está accesible (flotante), obteniéndose el siguiente modelo:



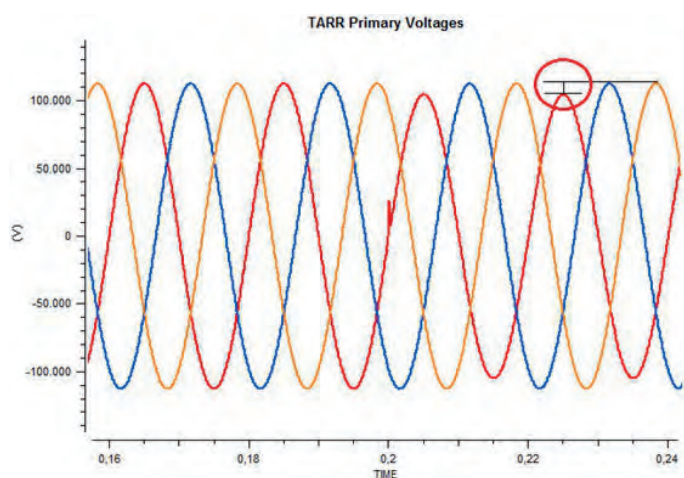
Modelo de Sección de Arranque de la Central



En la figura se observan las barras de 132 y 6.9 KV, las conexiones de los neutros de acuerdo a los criterios descritos anteriormente, la falta serie programada en la fase "a" de las barras de 132 KV y la carga estática que simula el motor. Tras configurar los componentes con valores estimados para este tipo de instalaciones y extraídos de la documentación disponible, se llevaron a cabo las correspondientes simulaciones partiendo de condiciones de operación normal para pasar en el instante 0.2 a condiciones de falta serie, obteniéndose los siguientes resultados para las corrientes y tensiones en las barras de 132 KV y 6.9 KV:

La falta serie hace que la corriente en el primario del transformador de arranque por la fase no operativa se interrumpa. Sin embargo, su conexión directa a tierra permite a las otras dos fases conservar su forma original con unos 100A de pico aunque debido al tipo de transformador empleado, una de ellas avanza su fase mientras que la otra sufre un retraso, reduciéndose el desfase entre ellas a sólo 60° en lugar de los 120° habituales.

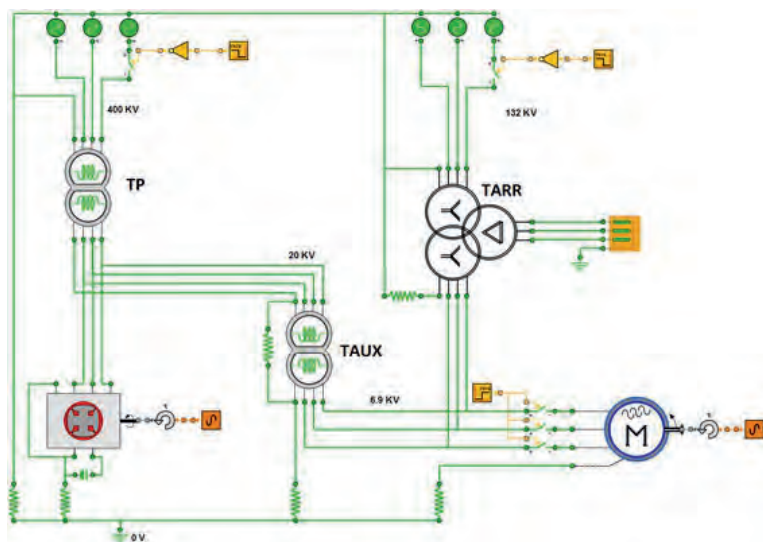
Por otro lado, los neutros aislados del secundario y los motores junto con el devanado intermedio en triángulo, hacen que el desequilibrio en las fases de tensión sea difícilmente detectable ya que las dos fases aún operativas tienden a equilibrarse con la tercera al oscilar el potencial del neutro, presentándose desequilibrios inferiores al 10% del valor de pico, como se indica en la figura. Además, se aprecia una importante caída de tensión respecto a los valores nominales debida a la impedancia con que se ha modelado la propia red y las pérdidas en el transformador.



Tensiones en devanados primarios TARR

Por último, debido a los motivos anteriores, las corrientes en la carga tampoco presentan importantes desequilibrios, haciendo difícilmente detectable a este nivel de la instalación la situación de falta que ha surgido aguas arriba.

Adicionalmente se desarrolló un modelo más detallado en el que, además de la red de arranque, se añadieron la red auxiliar y principal, así como modelos dinámicos de motor de inducción para las bombas y máquina síncrona para los generadores. Los resultados con este modelo más detallado confirmaron la dificultad de detección de este tipo de fallos, ya demostrada con el modelo anterior más simplificado.



Modelo ampliado con redes de arranque, auxiliar y principal

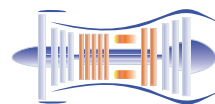
### 13. SIMULACIÓN DE APLICACIONES CRIOGÉNICAS EN EL PROYECTO ITER CON LIBRERÍA CRYO

ANA VELEIRO, ECOSIMPRO/PROOSIS

Se ha concluido la fase de modelado de los circuitos de refrigeración de los imanes de ITER responsables del confinamiento del plasma en el Tokamak.

Los imanes son los principales usuarios del sistema criogénico de ITER, por ello para asegurar el correcto funcionamiento del sistema es imprescindible disponer de modelos que sean capaces de reproducir el comportamiento dinámico del sistema en distintos escenarios. La simulación de los circuitos que refrigeran los imanes permite analizar la carga que supone para la planta dicha refrigeración y asegurar que los Cable-in-





## Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 11 · Julio 2015

Conduit que conforman las bobinas se mantienen por debajo de la temperatura crítica que en caso de rebasarse produciría la pérdida de las propiedades superconductoras y supondría la parada del reactor.

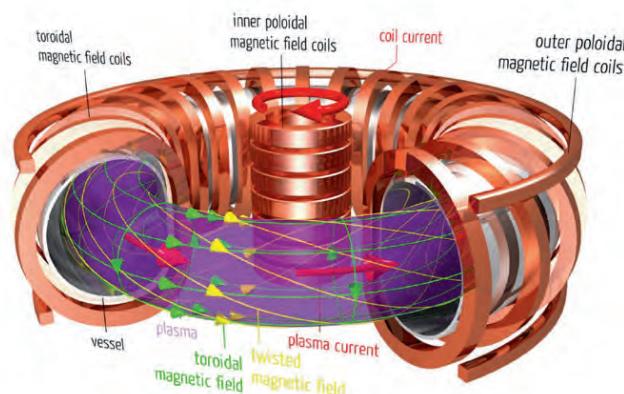
Los modelos desarrollados con la librería Cryo han permitido además analizar otros escenarios como el enfriamiento de los imanes desde temperatura ambiente a 80 K. En este caso es crítico que la estrategia de enfriamiento elegida garantice un tiempo total de enfriamiento del sistema inferior a 500 horas asegurando al mismo tiempo que no se produce una diferencia de temperaturas en el sistema superior a 50 K para evitar estrés térmico en la estructura.

Otro escenario analizado ha sido el re-enfriamiento de los imanes tras un quench. En caso de quench se produce una elevación de la temperatura y presión en el sistema de refrigeración de los imanes que obliga a desconectar la refrigeración via cold box auxiliar y liberar una cierta cantidad de refrigerante a los tanques de quench para reducir la presión en los circuitos. A continuación los imanes tienen que ser re enfriados directamente con la cold box del refrigerador de helio antes de ser reconectados al circuito de helio supercrítico. La optimización del tiempo necesario para re enfriar el sistema y volver a operación es otro aspecto de especial importancia.

El siguiente paso sería modelar los subsistemas restantes con el objetivo de llegar a tener un simulador de planta que permita dotar a los ingenieros de control de una herramienta para el diseño y optimización del control de la planta durante la etapa de diseño y commissioning, así como servir también para formación de los operadores. Para ello es necesario implementar los modelos de los refrigeradores de helio y nitrógeno, las líneas que llevan el helio desde las plantas hasta los usuarios y otros usuarios como las cryobombas incluyendo los complejos sistemas de control que regulan la operación de los distintos usuarios y los refrigeradores. Dada la complejidad y el tamaño de la planta de ITER la integración de todos los subsistemas en uno supone un reto por la carga computacional que representa para las herramientas de simulación y conllevará la optimización de la herramienta para aprovechar al máximo los recursos del ordenador y exigirá, previsiblemente, utilizar técnicas de simulación distribuida para mejorar el tiempo de simulación del modelo.

El modelo completo de la cryoplanta permitirá optimizar el trabajo en paralelo de los refrigeradores de forma que sea más eficiente y tener una visión global de la planta. El futuro

simulador servirá tras la fase de diseño para otros usos como entrenamiento de operadores e ingenieros en el funcionamiento normal de la planta y ante situaciones de fallo.



Disposición de los imanes en Tokamak

## 14. SIMULACIÓN DE MOTORES DE AVIÓN MEDIANTE PROOSIS-TURBO Y EXCEL

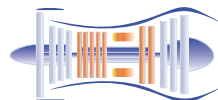
DANIEL GORDILLO Y DAVID CASTAÑO, ECOSIMPRO/PROOSIS

Los usuarios de herramientas de modelado y simulación frecuentemente deben realizar gran cantidad de simulaciones sobre un mismo modelo. El objetivo de este proceso es evaluar los diferentes resultados y así obtener la solución óptima buscada (técnica del ensayo y error). Para facilitar el trabajo de configuración, ejecución de simulaciones y obtención de resultados, el uso de una interfaz gráfica intuitiva es imprescindible.

### Excel Add-in

En este tipo de situaciones, la conexión directa que ofrece PROOSIS con Excel puede ser muy interesante para el usuario. Esta capacidad permite realizar de manera rápida y sencilla las simulaciones necesarias, en un entorno conocido y utilizado por la mayoría de los ingenieros. Asimismo, permite que los usuarios sin apenas conocimientos de PROOSIS puedan realizar todo tipo de simulaciones, ya que esta interfaz oculta la complejidad asociada a los experimentos generados en lenguaje EL.

La creación de experimentos flexibles, adaptados para su manejo desde Excel, permite la obtención de pequeñas



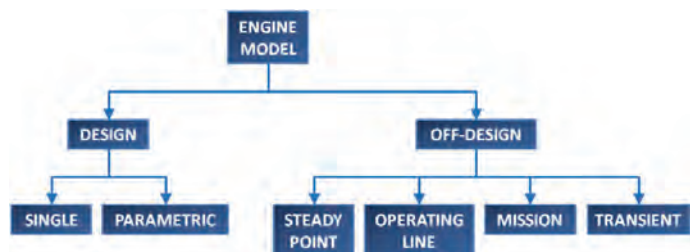
herramientas de simulación muy completas. La conexión con el software de Microsoft permite al usuario generar una interfaz gráfica totalmente adaptada a sus necesidades, posibilitando una interacción amigable con modelos generados con PROOSIS.

### Desarrollo de una nueva herramienta

En nuestro caso, la sencillez y flexibilidad de Excel ha permitido su utilización como interfaz gráfica en el diseño de una herramienta de simulación de diseño y actuaciones de Turbojets y Turbofans, presentada como Proyecto Fin de Carrera en la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid (E.T.S.I.A.).

La correcta adaptación de un experimento escrito en lenguaje "EL" en PROOSIS, y la customización gráfica de un libro de Excel, bastaron para obtener el producto final. Con esta nueva herramienta, el usuario puede realizar una amplia gama de cálculos utilizando la barra de herramientas de Excel, sin necesidad de tener conocimientos de PROOSIS ni del lenguaje "EL".

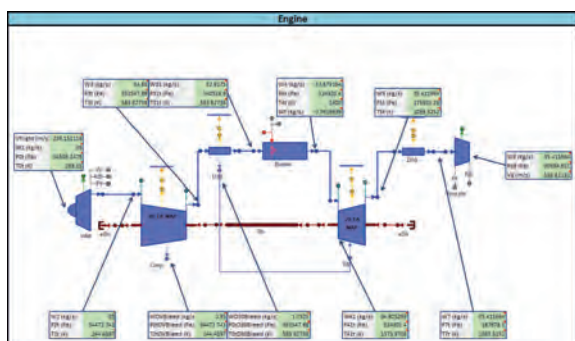
Los diversos cálculos posibles están reflejados en la siguiente figura:



Cálculos posibles para Diseño y Performances

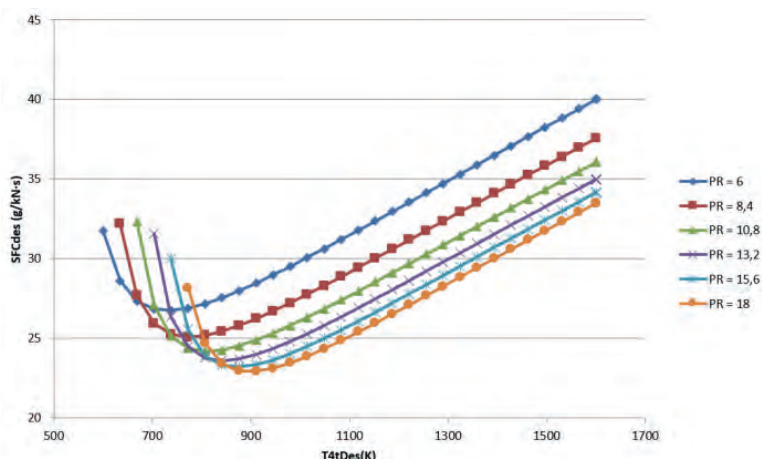
Asimismo, cada cálculo permite elegir entre distintas configuraciones para sus entradas, de forma que el usuario final dispone de gran flexibilidad en sus simulaciones.

Finalmente, las simulaciones presentan sus resultados en un formato claro, dispuestos de forma intuitiva a lo largo de las diferentes hojas de cálculo.



Representación del punto de diseño del Turbojet

La representación de los valores obtenidos para las performances del sistema se realiza tanto de forma gráfica como de forma numérica, según los requerimientos del cálculo.



Estudio paramétrico de influencia de T4t y ratio de compresión (PR) en el gasto específico de combustible (SFC)

### Herramienta Excel Autocontenida

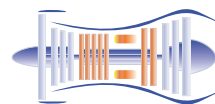
PROOSIS (v3.6.14) va aún más allá en la conexión de los modelos con Excel. La nueva versión permite la exportación de Decks autocontenidos junto con su interfaz Excel. De este modo, su distribución es posible entre clientes que no posean PROOSIS.

## 15. BÚSQUEDA DE MEGAVATIOS PERDIDOS EN UNA CENTRAL CON LIBRERÍA THERMAL\_BALANCE

RAMÓN PÉREZ VARA, EA

Empresarios Agrupados recibió el encargo de encontrar la causa raíz de una pérdida de eficiencia en el secundario (ciclo Rankine de vapor) de una central.

Los equipos que se sospechaba eran los causantes de la pérdida de eficiencia eran los calentadores dúplex de dos de los tres trenes de condensado que tiene la planta. Aun conociendo los equipos probablemente causantes, el problema estaba lejos de estar resuelto pues había que averiguar cuál era el fallo que se había producido en dichos equipos a fin de facilitar la inspección de los mismos durante la recarga.



## Modelling and Simulation Software

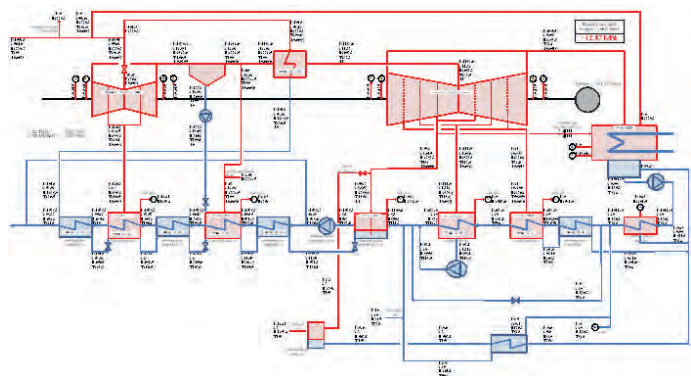
EcosimPro/PROOSIS · Newsletter Nº 11 · Julio 2015

El desarrollo de un modelo de balance energético de la planta con EcosimPro y la librería Thermal\_Balance permitió simular diferentes escenarios con alto grado de aproximación a la respuesta del ciclo, tanto en condiciones de operación nominal como en casos de funcionamiento degradado debidos al desgaste o malfuncionamiento de los equipos.

Se postularon diversas degradaciones y averías de los equipos y para cada degradación o fallo se aplicó un algoritmo de optimización en el que cambiando el nivel de degradación supuesto, se minimizase la desviación entre las variables medidas en planta y las calculadas. Lógicamente, la causa más probable de la degradación es aquella que más reduce la desviación entre variables medidas y calculadas por el balance, una vez aplicado el algoritmo de optimización.

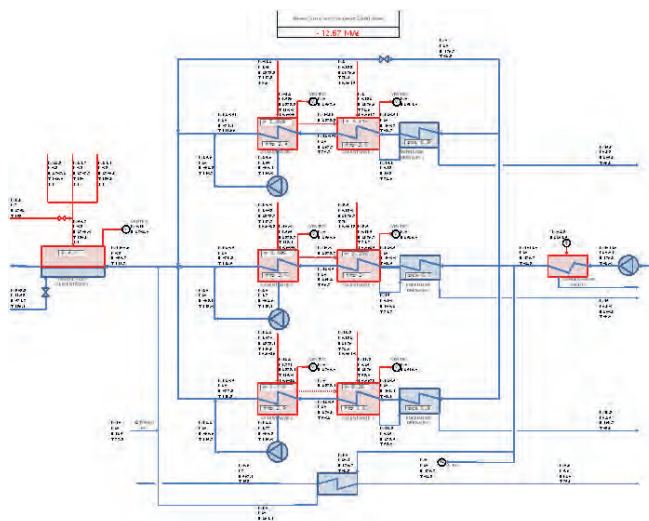
Esta técnica bastante sencilla permitió identificar la causa de la avería. Durante la parada de la central para la recarga del combustible se inspeccionaron los equipos en las zonas indicadas por el modelo de simulación y se encontró justamente el tipo de fallo que se había predicho.

El modelo de simulación del balance energético de la planta desarrollado en EcosimPro fue conectado y ejecutado en una hoja de cálculo Excel para facilitar el post-proceso de los resultados de los diferentes escenarios como se muestra en la figura siguiente.



Modelo de balance térmico de la planta

Para llevar a cabo el análisis se tuvo que desarrollar un modelo detallado de los trenes de condensado. La siguiente figura muestra los resultados del balance de dichos trenes suponiendo un fallo de operación en los mismos.



Modelo detallado de los trenes de condensado

Es importante señalar que el conjunto de averías probables no es una decisión únicamente del modelo, es una decisión básicamente de un experto basada en su experiencia y sentido físico. Un sofisticado modelo de cálculo es una valiosa herramienta pero carece de valor sin un uso adecuado y una interpretación correcta de sus resultados.

En este sentido el modelo de balance térmico de la planta desarrollado en EcosimPro ha permitido localizar e identificar de forma precisa el problema de operación/avería en los trenes de condensado que estaba afectando al rendimiento de la planta. Este estudio demuestra la flexibilidad y utilidad de EcosimPro para la evaluación de pérdidas de eficiencia y potencia en plantas de energía.



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



**EcosimPro**  
Modelling and Simulation Software 

**PROOSIS**  
Propulsion Object Oriented Simulation Software 

---

No dude en mandarnos cualquier sugerencia que pueda tener sobre la newsletter ya sea acerca del contenido, artículos o entrevistas que le gustaría ver publicadas en futuras publicaciones a [info@ecosimpro.com](mailto:info@ecosimpro.com).

Con su colaboración podemos continuar, mejorar y ampliar la newsletter con secciones que sean más relevantes para usted.