

## Obtención de un simulador de transitorios termohidráulicos de la CN Cofrentes utilizando la plataforma SNAP-TRACE

A. Escrivá<sup>(1)</sup>, J.L. Muñoz-Cobo<sup>(1)</sup>, A. Concejal<sup>(2)</sup>, A. Soler<sup>(3)</sup>, J. Melara<sup>(4)</sup>, M. Albendea<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Ingeniería Energética. Universidad Politécnica de Valencia  
Camino de Vera 14, 46022 Valencia

Tel.: +34 963879245, Email: [aescriva@iqn.upv.es](mailto:aescriva@iqn.upv.es)

<sup>(2)</sup>Iberdrola Ingeniería y Construcción, S.A.U., Av. Manoteras 20 28050-Madrid

<sup>(3)</sup>SEA Propulsión SL. Av. Atenas 75. Madrid

<sup>(4)</sup>Iberdrola Generación Nuclear c/ Tomás Redondo 1 28033 Madrid

**Resumen** – Las herramientas de simulación SNAP-TRACE están siendo desarrolladas y actualizadas por la NRC y el grupo de usuarios de las mismas, con el fin de que simulen el comportamiento termohidráulico de una instalación o central nuclear. Dentro de las líneas de investigación del Grupo de Termohidráulica e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia, así como IBERDROLA, se encuentra el estudio, análisis y utilización de estas nuevas herramientas. En esta ponencia se presentan los últimos trabajos realizados conjuntamente entre Iberdrola y el grupo TIN para la obtención de un simulador de planta de la CN de Cofrentes y su correspondiente versión interactiva animada, que se pueda utilizar con estas nuevas herramientas. El modelo desarrollado utiliza cinética puntual y permite simular diversos transitorios de forma interactiva, como son el disparo de las turbo-bombas de agua de alimentación o el cierre de las válvulas de vapor principal (MSIVs). Los modelos desarrollados permiten visualizar, a través de diferentes pantallas, el comportamiento de toda la planta, así como de su sistema de control.

### 1. INTRODUCCIÓN

La obtención de un simulador de transitorios termohidráulicos de la CN Cofrentes, utilizando la herramienta SNAP-TRACE [1-2], es un trabajo de I+D+i que se está realizando conjuntamente entre IBERDROLA y el Grupo de Termohidráulica e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia.

El modelo que se tomó de base en este trabajo estaba desarrollado para su utilización con el código TRAC-BF1 [3]. Este modelo se tradujo en varias etapas al nuevo código TRACE [4-8] y se actualizó incorporando nuevos componentes y cinética puntual.

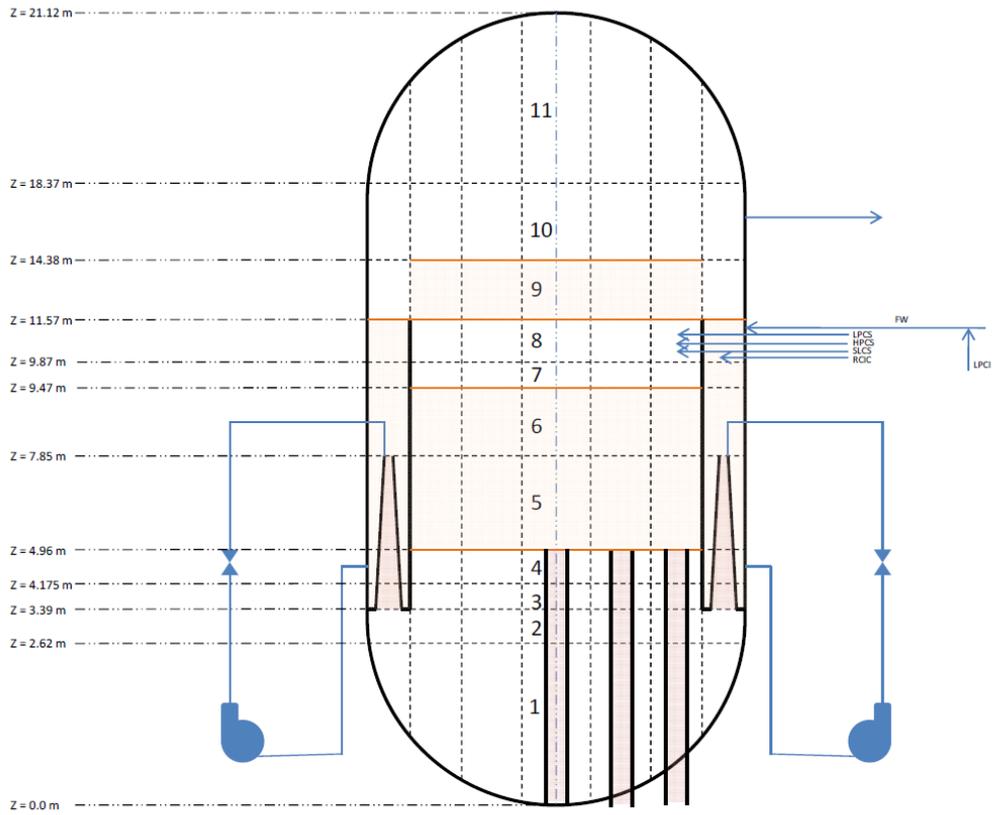
En esta ponencia se muestra el estado actual del simulador y sus principales características.

### 2. MODELO DE PARTIDA

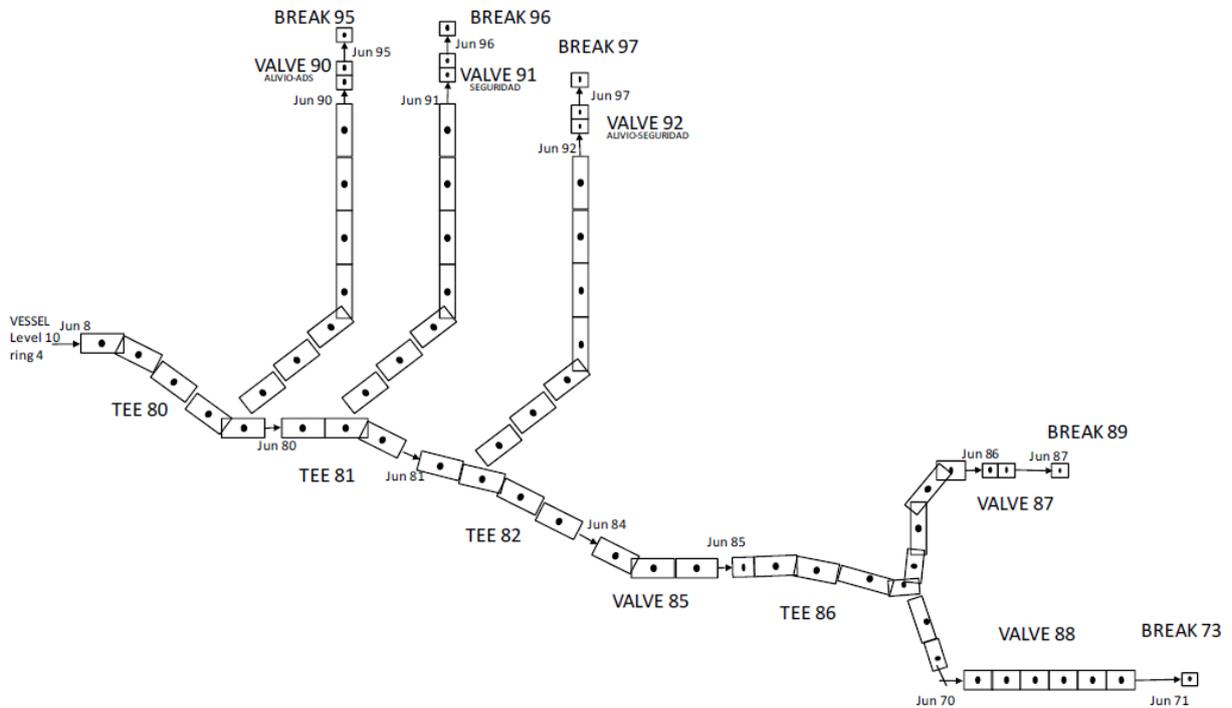
En las figuras 1 y 2 se muestra el esquema del modelo de la CN de Cofrentes que se utilizó como base en este trabajo de I+D+i, en la primera se muestra la vasija y en la segunda la línea de vapor. Como se puede apreciar en la primera figura la vasija está dividida en 11 niveles axiales y 4 anillos radiales, e incluye los sistemas de refrigeración de emergencia.

En la línea de vapor que se utilizó como base se puede apreciar que las válvulas de alivio y seguridad se han agrupado en 3 grupos.

**CN COFRENTES TRAC-BF1 MODEL. VESSEL**



**Figura 1. Modelo de la vasija de la CN de Cofrentes.**



**Figura 2. Modelo de línea de vapor de la CN de Cofrentes.**

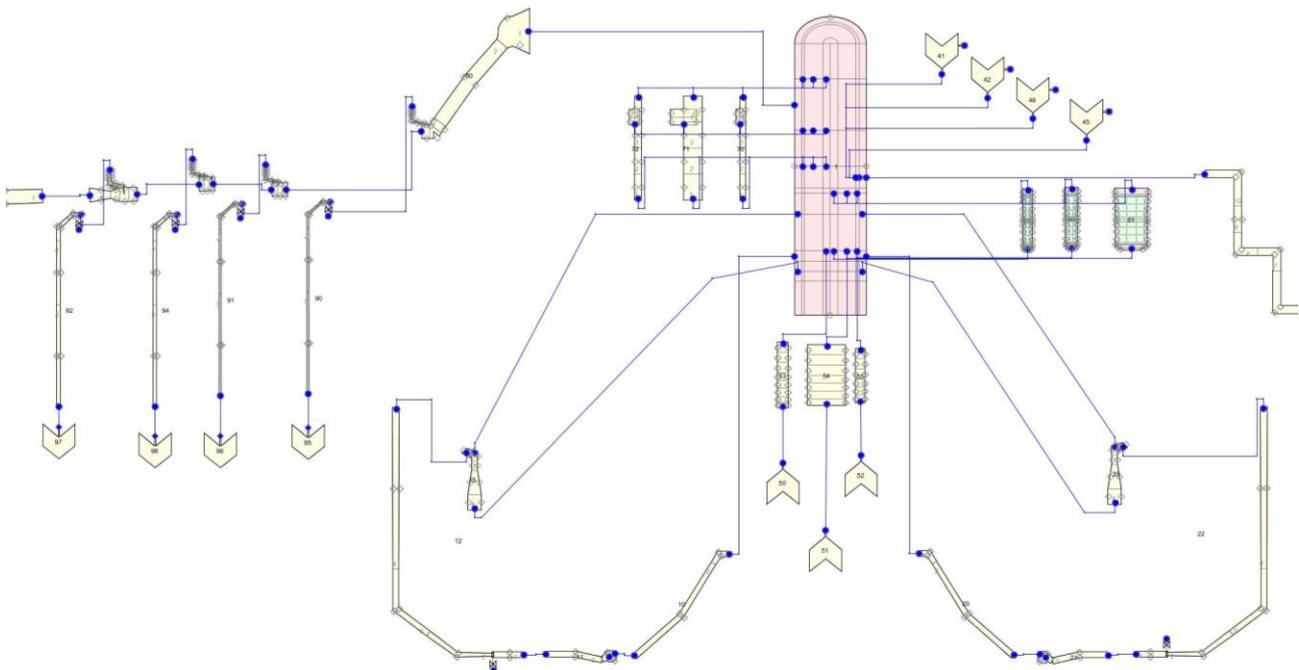
### 3. ACTUALIZACIONES Y MEJORAS AL MODELO

El modelo anterior fue traducido al código SNAP-TRACE [4-5]. Posteriormente se le incluyeron los componentes SEPD para simular los separadores –secadores, ya que en el modelo base se modelaba como si fuera perfecto [6].

En los últimos meses se ha seguido actualizando y mejorando el modelo. Estas mejoras y actualizaciones han sido:

- Modificación de las líneas de vapor para incluir 4 grupos de válvulas (los 3 primeros con lógica LOW-LOW y un 4º con función ADS).
- Actualización de los sistemas de control.
- Incorporación de un modelo de cinética puntual con tabla de reactividad por SCRAM.
- Incorporación al modelo interactivo de SNAP de CN Cofrentes de la totalidad de los sistemas de control.
- Mejora en la funcionalidad de la máscara de SNAP para el modelo de CN Cofrentes:
  - Incorporación de distintas máscaras para seguimiento de temperaturas, fracción de huecos y nivel en la vasija.
  - Incorporación de todas las variables interactivas en un único modelo.
  - Mejora de las animaciones del simulador.

En la figura 3 mostramos el modelo de planta obtenido después de incorporar todas estas mejoras.



**Figura 3. Modelo de planta.**

## 4. ACTUALIZACIÓN DEL MODELO INTERACTIVO

El modelo interactivo también ha sido actualizado. Se le han incorporado los nuevos componentes y se han creado nuevas máscaras. En la figura 4 se muestran la máscara creada para el seguimiento de las temperaturas junto con las escalas utilizadas en el combustible y en la vasija, los lazos de recirculación y la línea de vapor.

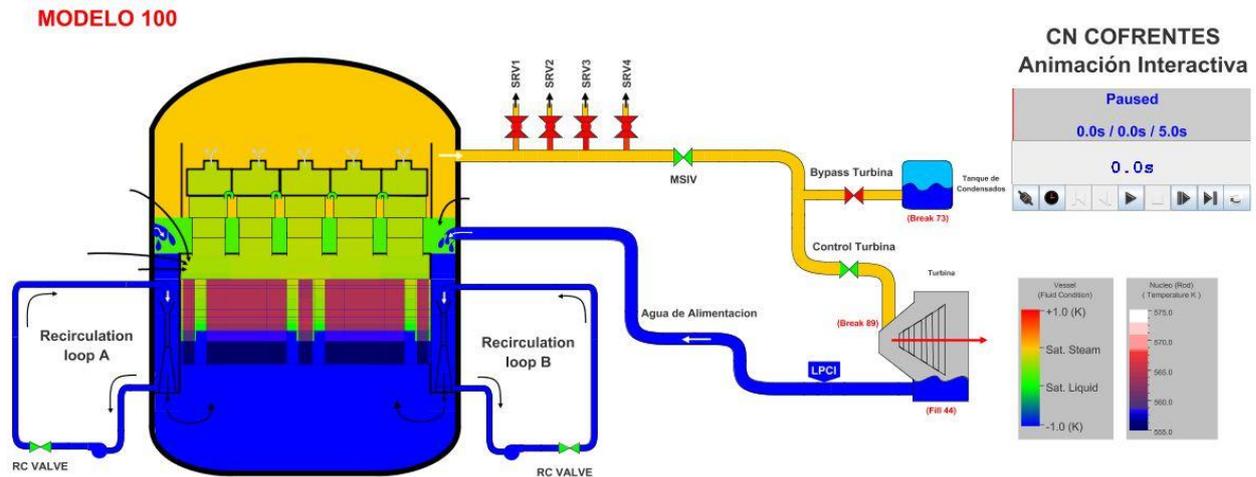


Figura 4. Máscara de temperaturas.

También se ha creado una máscara para el seguimiento de las fracciones de huecos y del nivel en la vasija. Estas se muestran en las figuras 5 y 6.

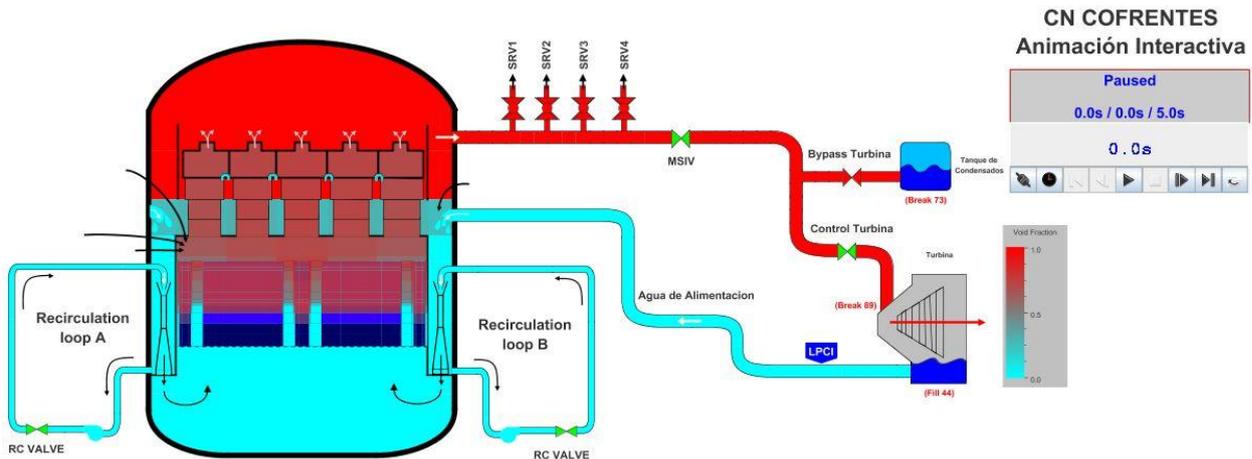
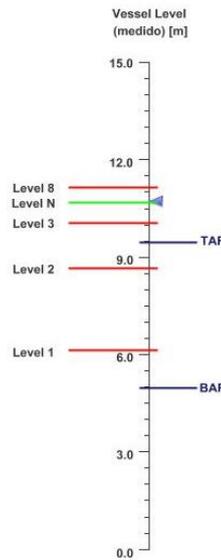
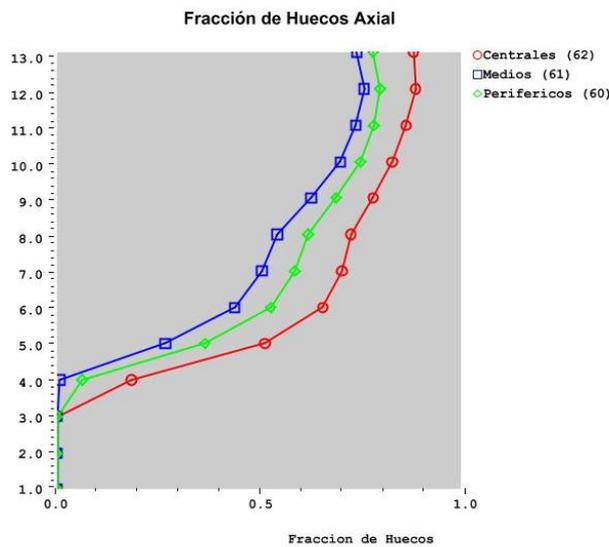


Figura 5. Máscara de fracciones de huecos.

Para poder observar con mayor detalle el comportamiento del combustible, también se ha creado una máscara que muestra el perfil de fracciones de huecos en los 3 canales que se han utilizado para modelar el núcleo (ver figura 7).



**Figura 6. Máscara de nivel en la vasija.**



**Figura 7. Máscara de fracciones de huecos en el combustible.**

Otra de las actualizaciones realizadas al modelo es la incorporación de la totalidad de los sistemas de control y la creación de las correspondientes máscaras para cada uno de estos sistemas. Se han creado máscaras independientes para los siguientes sistemas de control:

- Control de presión
- Sistema de protección del reactor
- Control de aislamiento de la línea de vapor principal
- Sistema de control del caudal del agua de alimentación.
- Sistema de control de la temperatura del agua de alimentación.
- Sistema de control de la apertura de las válvulas de recirculación.
- Disparo de bombas de recirculación.

- Sistema de control de las bombas de recirculación.
- Sistemas de control de las SRVs del grupo 1.
- Sistemas de control de las SRVs del grupo 2.
- Sistemas de control de las SRVs del grupo 3.
- Sistemas de control de las SRVs del grupo 4.
- Sistema de control de inyección de spray al núcleo a baja presión (LPCS).
- Sistema de control de inyección a baja presión (LPCI).
- Sistema de control de la aspersión del núcleo a alta presión (HPCS).
- Sistema de control del RCIC.

Como ejemplo, en las figuras 8 a 10 se muestran tres de estos sistemas.

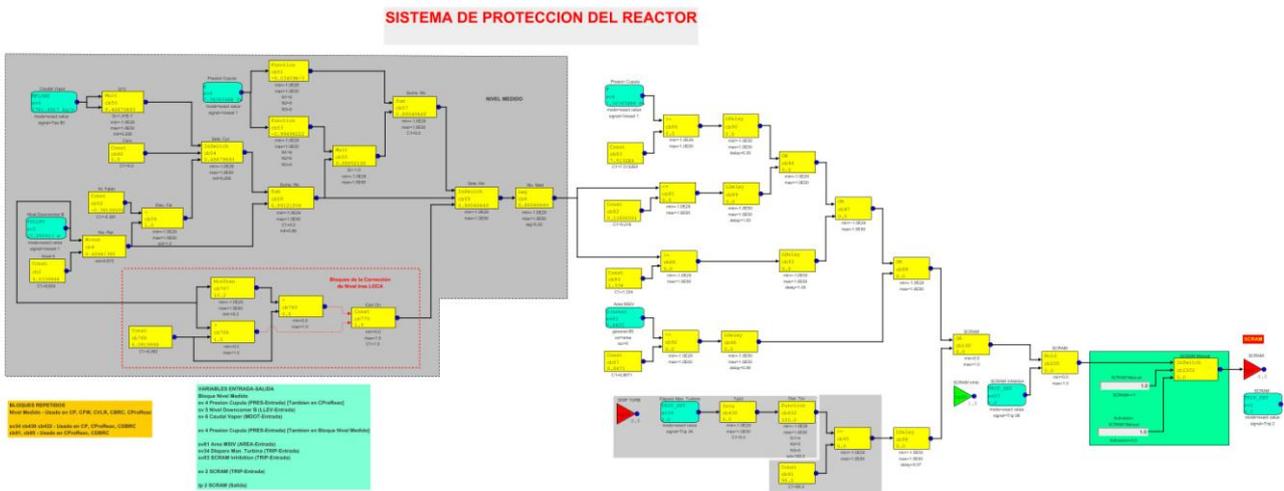


Figura 8. Máscara del sistema de protección del reactor.

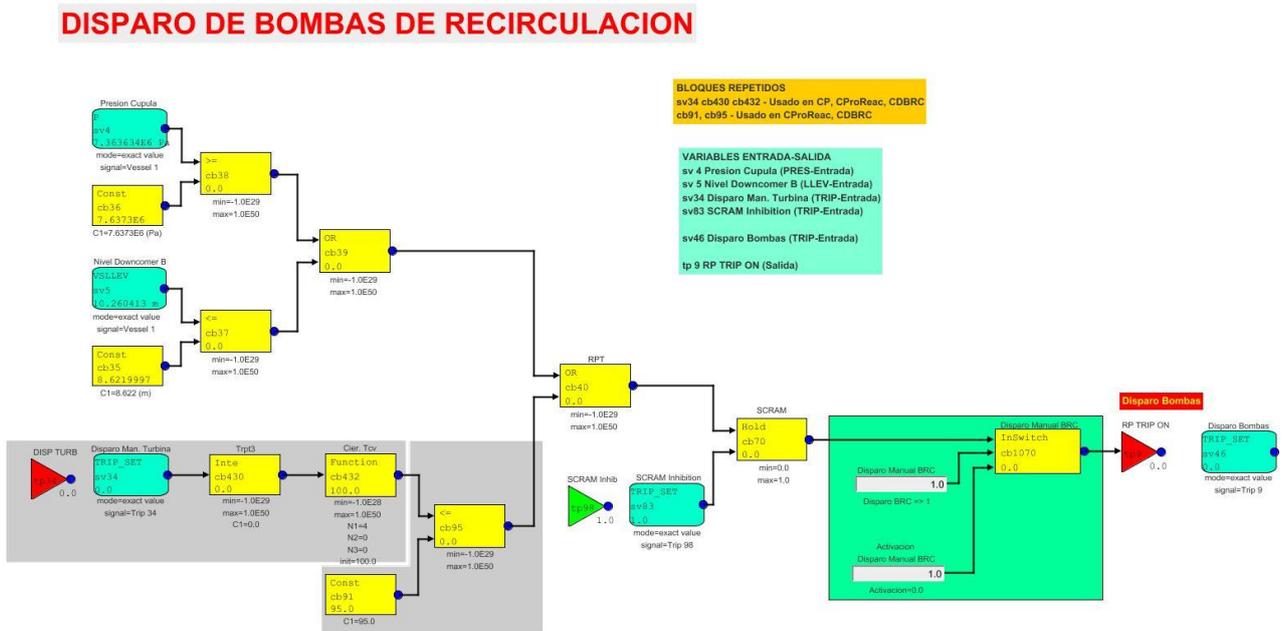
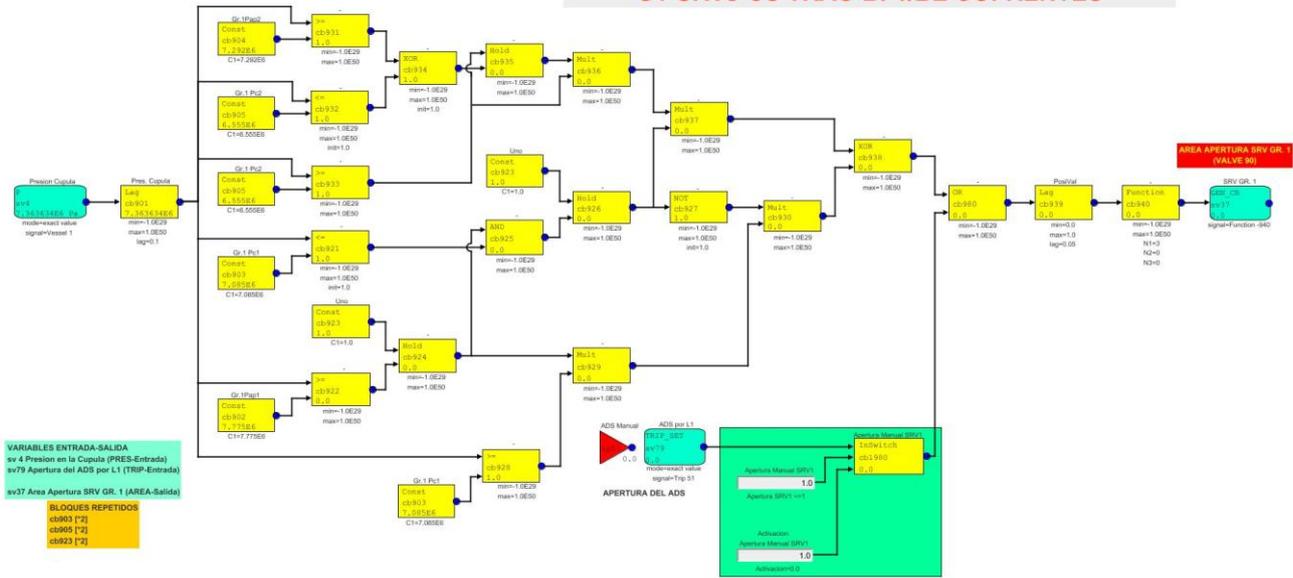


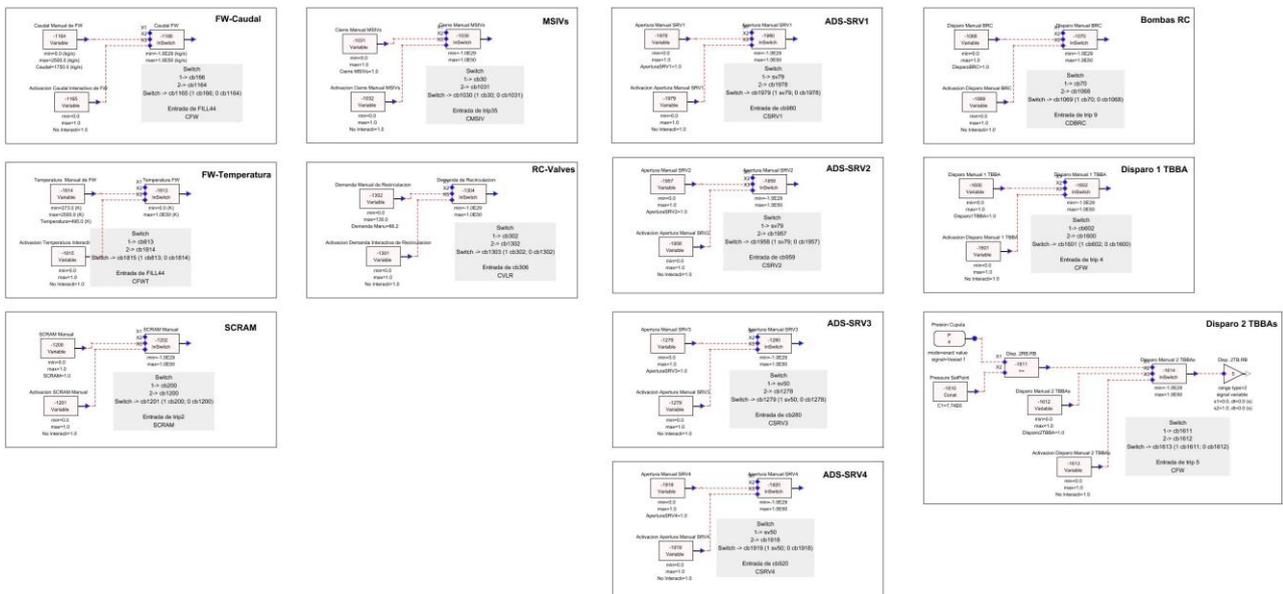
Figura 9. Máscara del sistema de disparo de bombas de recirculación.

**SISTEMA DE CONTROL DE LAS SRVs DEL GRUPO 1  
 G1-SRVs-CS TRAC-BF1/BE COFRENTES**



**Figura 10. Máscara del sistema de control de las SRVs del grupo 1.**

Además, para mejorar la funcionalidad del modelo se han incorporado todas las variables interactivas en este modelo. De esta forma se puede, por ejemplo, abrir o cerrar los grupos de válvulas SRV, variar el caudal y temperatura del agua de alimentación, realizar un SCRAM, actuar sobre las bombas de recirculación, etc.



**Figura 11. Variables interactivas del modelo.**

## 5. CONCLUSIONES

En esta ponencia se ha presentado el trabajo de I+D+i que se está realizando conjuntamente entre el grupo Iberdrola y el grupo TIN para la obtención de un simulador de transitorios termohidráulicos de la CN de Cofrentes, utilizando las nuevas herramientas SNAP y TRACE.

El modelo de TRACE incorpora varias mejoras y actualizaciones con respecto a los modelos anteriores, que principalmente son la inclusión de 4 grupos de válvulas de alivio-seguridad, el uso de cinética puntual y la actualización del sistema de control.

El modelo animado también ha sido actualizado y mejorado. Se le han incorporado todas las mejoras del modelo de TRACE y se han desarrollado máscaras para el seguimiento de las temperaturas y las fracciones de huecos, así como para todos los sistemas de control de la planta simulados. Además se le ha incorporado la posibilidad de interactuar con multitud de componentes (válvulas y bombas) de forma que el comportamiento de estos componentes se puedan controlar directamente con el modelo animado interactivo.

Actualmente se están realizando simulaciones interactivas para verificar el correcto comportamiento del modelo.

## REFERENCIAS

- [1] "SNAP. Symbolic Nuclear Analysis Package". Version 2.1.1. (2012)
- [2] "TRACE V5.0. User's Manual. Volume 1: Input Specification" (2011)
- [3] "TRAC-BF1/MOD1: An advanced best estimate computer program for Boiling Water Reactor accident analysis. Volume 1: Model Description". NUREG/GR-4356. EGG-2626 (1992).
- [4] H. Algarra. "Traducción del modelo de planta de un BWR del código TRAC-BF1 a TRACE". Trabajo Fin de Máster (Junio 2010).
- [5] A. Escrivá. "Traducción del Modelo de Planta de Cofrentes del código TRAC-BF1 a TRACE E". GTIN-12/6. 2012
- [6] A. Escrivá. "Modelo Estacionario de la CN. de Cofrentes para el código TRACE". GTIN-12/7. 2012
- [7] A. Escrivá. "Modelos Transitorios Animados Interactivos de la CN de Cofrentes para el código TRACE". GTIN-13/1. 2013
- [8] A. Escrivá. "Proyecto SNAP-TRACE 2013-2014. Actividad A-1: Incorporación de distintas mejoras del modelo de Cofrentes para TRACE y SNAP". GTIN-13/1. 2013