

# PARTICIPACIÓN DE TECNATOM EN EL DISEÑO DE LA CENTRAL DE LUNGMEN (ABWR). UN NUEVO PARADIGMA

A. MANRIQUE

En este artículo se presentan nuevos conceptos relacionados con las cuestiones y metodología que conducen al desarrollo de un nuevo paradigma o al cambio de uno ya existente, es decir, se va a describir el cambio en la forma y la metodología tradicional de realizar el diseño y construcción de una sala de control. Las antiguas recetas ya no funcionan. Hay que dejar atrás los enfoques tradicionales para buscar nuevas fórmulas. Se debe ir hacia nuevos paradigmas, hacia el cambio de las ideas y metodologías tradicionales.

## INTRODUCCIÓN

La palabra paradigma proviene del griego y se emplea en la actualidad con el sentido de modelo, teoría, método, percepción o marco de referencia. En el sentido más general, es el modo en que vemos el mundo, no en el sentido de la vista, sino como percepción, comprensión, interpretación.

El cambio de paradigma determina que pasemos de una forma de ver las cosas a otra. Ese cambio genera grandes transformaciones.

En el mundo se producen cambios de paradigmas de continuo y la industria nuclear no iba a ser menos; en concreto se ha producido uno en la forma y el método de realizar el diseño y construcción de cualquier interfase hombre-máquina y en particular, la sala de control en sus diversas funciones de información, comunicación, vigilancia, control y supervisión.

Este cambio de paradigma se ha debido a la búsqueda de la excelencia, a la mejora en escalón y para alcanzar el objetivo de mejorar la operación desde la sala de control, a través de la inclusión de los nuevos avances tecnológicos, nuevas interfases hombre-máquina avanzadas, aumento del número de operaciones automáticas en la central, y sobre todo a través de tener en cuenta al operador, las tareas que realiza, sus fortalezas y debilidades como ser humano, en el diseño, construcción, verificación y validación de la sala de control.

## PROGRAMA CENTRALES NUCLEARES AVANZADAS

Desde hace bastantes años el Sector Eléctrico Español viene patrocinando el diseño, desarrollo, verificación, validación e instalación de interfases hombre-máquina avanzadas, enfocadas y teniendo en cuenta al operador, a la persona que posteriormente tiene que utilizar estos equipos para la operación de la central, siendo un caso representativo el Programa de Centrales Nucleares Avanzadas.

Dicho Programa estaba dirigido y coordinado por las empresas eléctricas de UNESA y con la financiación en su mayor parte por OCIDE y en menor parte por todos los demás participantes. Posteriormente DTN pasó

a dirigir y coordinar el Programa.

En este Programa TECNATOM participó en el diseño y desarrollo de interfases hombre-máquina, principalmente para los reactores ABWR y SBWR de

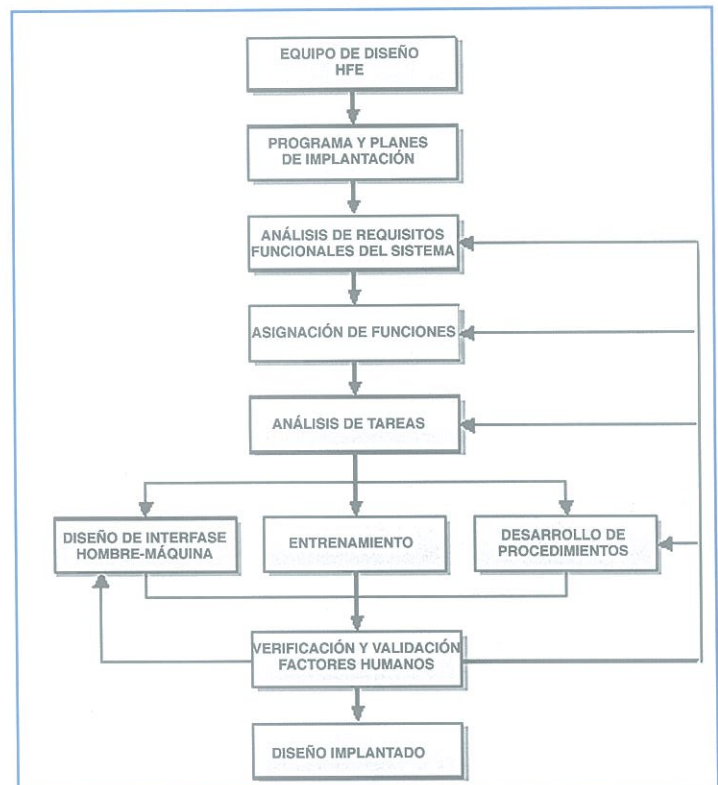


Figura 1. Proceso implantación diseño interfase hombre-máquina.

General Electric, y AP-600 de Westinghouse, mereciendo destacar las siguientes actividades:

- Generación de las nuevas metodologías de diseño de sala de control (nuevo paradigma), basadas en el proceso de Certificación del ABWR, en el NUREG-711 "Human Factors Engineering Program Review Model" y en el documento de EPRI Advanced Light Water Reactor, Utility Requirements Document. Ver figura I.

- Análisis requisitos funcionales.
- Asignación de funciones hombre-máquina.
- Análisis de tareas del operador.
- Diseño de interfase hombre-máquina.
- Procedimientos.
- Entrenamiento.
- Verificación y validación.

- Diseño y evaluación del panel de parada remota del ABWR. Se validaron las metodologías anteriores con su implantación.

- Diseño y evaluación de un prototipo computerizado de alarmas, siendo la primera vez en la industria nuclear española que se verifica y valida un sistema de este tipo desde el punto de vista de factores humanos, utilizando el simulador de TECNATOM y operadores de sala de control, para comprobar si el diseño del sistema es adecuado desde el punto de vista de la seguridad y ayuda que debe prestar a los operadores.

- Generación de la especificación de un sistema computerizado de procedimientos.

- Generación de procedimientos de Operación de Emergencia.

### CENTRAL NUCLEAR LUNGMEN (TAIWAN)

El Programa de Centrales Nucleares Avanzadas ha ayudado a mantener e incluso mejorar la posición tecnológica de la industria nuclear española. Esto ha hecho posible la consecución, a través de un proceso coordinado por DTN, de un contrato importante con General Electric

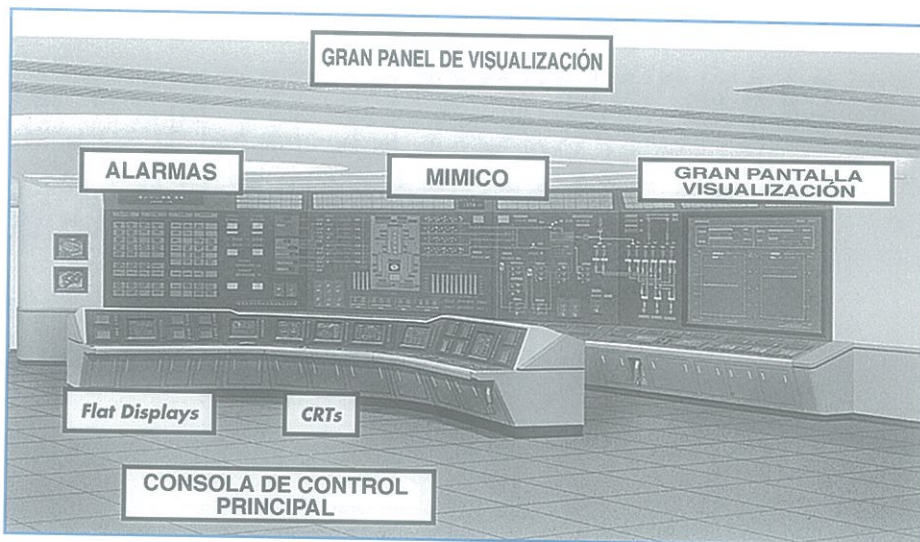


Figura II. Sala de Control de Kashiwazaki-Kariwa. (Referencia de C.N. Lungmen)

para participar en el diseño de la sala de control de la C.N. Lungmen.

Esta central, propiedad de Taiwan Power Company, empresa eléctrica de Taiwan, consiste en dos reactores avanzados del tipo ABWR, cada uno de ellos con una potencia de 1350 MWe, que incorpora la más avanzada tecnología en el campo de los BWRs tras haber sido certificado el diseño por la NRC americana.

El proyecto de construcción empezó en Octubre 1996 y se espera que la unidad 1 empiece su operación comercial en Julio 2004 y la unidad 2 en Julio 2005.

Los principales componentes de la sala de control avanzada son: una consola de control principal compacta, para las funciones de vigilancia y control por el operador, y un gran panel de visualización que presenta una panorámica general del estado de la central, siendo este panel claramente visible a todos los miembros del equipo de operación. Cada uno de estos dos elementos incorpora tecnología probada para mejorar la operabilidad y fiabilidad.

Los sistemas de instrumentación y control incorporan múltiples niveles de redundancia y diversidad en apoyo de la interfase del operador con la sala de control, para asegurar que fallos simples de componentes o sistemas no afectarán adversamente a la operación de la central.

### PARTICIPACIÓN DE TECNATOM EN LA C. N. LUNGMEN

TECNATOM está participando actualmente en los siguientes proyectos, contratado por General Electric:

#### 1.- Diseño de la sala de control

El proyecto consiste en realizar las siguientes actividades de diseño de la sala de control, siguiendo las metodologías generadas:

- Revisión Experiencia Operativa.

Realización de una revisión de la experiencia operativa que ha tenido lugar, con objeto de verificar la incorporación en el diseño de las características y modificaciones adecuadas de anteriores diseños, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas.

- Análisis de los requisitos funcionales de sistemas. El objetivo de este análisis es obtener y definir las funciones de los sistemas, así como los diferentes alineamientos y requisitos de apoyo de los mismos.

- Asignación funciones hombre-máquina. A partir de la información resultante del análisis funcional anterior, se procede a su análisis con objeto de asignar las funciones al operador, a la máquina o a ambos.

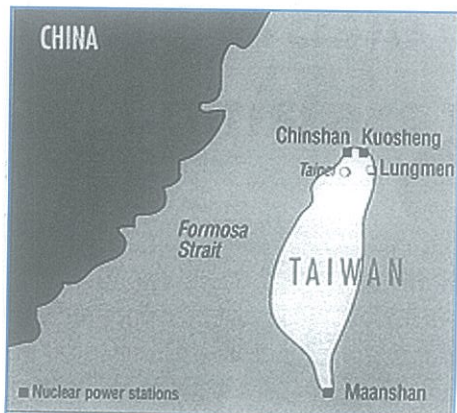
- Análisis de tareas del operador. Aquellas funciones asignadas al operador son analizadas tanto en operación normal, anormal como en emergencia, para determinar entre otras cosas, lo siguiente:

- Tareas a realizar por el operador.
- Requisitos de información y control.
- Requisitos de comunicaciones y personal.
- Carga de trabajo del operador.
- Espacio de trabajo.
- Riesgos asociados con la tareas.

- Diseño de pantallas de la sala de control. Ver figura III. Con la información obtenida del análisis de tareas, se realiza el diseño de todas las interfases hombre-máquina de la central (sala de control, paneles locales, etc.), se generan los procedimientos de operación y se diseña el entrenamiento de los técnicos de Operación.

Dentro del alcance de este trabajo está incluido el diseño de las pantallas para vigilar y controlar los sistemas de la central.

Este proyecto ha sido conseguido en competencia internacional por TECNATOM, que es el líder del proyecto y la empresa



contratada por General Electric, y una UTE creada por Initec y Empresarios Agrupados, necesitando una dedicación de recursos de unas 100.000 horas por hombre para su realización.

### 2.- Sistema de alarmas de sala de control.

Consiste, inicialmente, en la realización de la especificación de diseño del sistema de alarmas, que incluye capacidades de filtración, supresión y priorización de alarmas, así como la generación de alarmas individuales, de sistemas y de planta, y una interfase hombre-máquina adecuada, lógica y práctica para el operador.

### 3.- Simulación del NSSS.

En este proyecto se elaboran los modelos termohidráulicos y de cinética neutrónica del NSSS con el código de seis ecuaciones TRAC-S (desarrollado conjuntamente por General Electric y TECNATOM), adaptación de TRAC a un entorno de tiempo real. El modelo será integrado con el resto de modelos de planta para conformar un simulador replica de alcance total. Este proyecto avala la eficacia del código TRAC-S para la simulación termohidráulica y neutrónica, y que está siendo aplicada en centrales PWR-BWR-ABWR-VVER-PHWR.

## CONCLUSIÓN

Volviendo a los paradigmas y en relación al contenido de este artículo, un cambio de paradigma ha ocurrido en TECNATOM al evolucionar de ser una

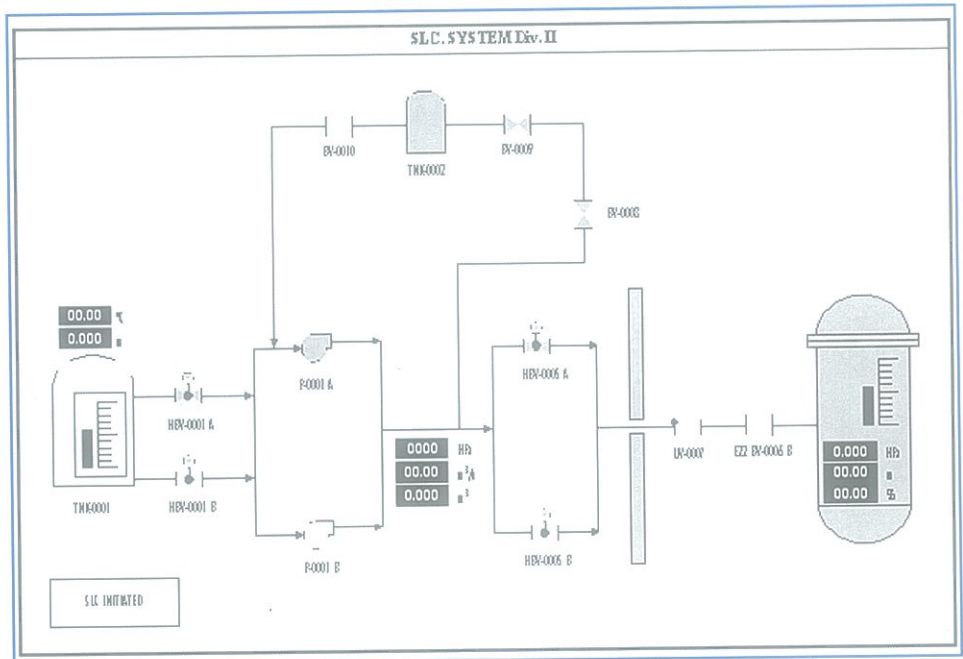


Figura III. Ejemplo de Pantalla de Sala de Control

empresa cuyas actividades principales eran la inspección en servicio, el adiestramiento y las pruebas, a ampliar sus actividades a otro área de trabajo que es el diseño de interfaces hombre-máquina y el diseño de interfaces proceso-sala de control. Ver figura IV.

TECNATOM, con la realización de estos proyectos junto con otros muchos realizados anteriormente (Revisiones de diseño de salas de control, SPDs, sistemas de alarmas, sistemas de instrumentación

y control, etc.), consigue una experiencia y posición idónea de cara al futuro, en temas de diseño, construcción y pruebas de salas de control digitales y en general de cualquier sistema de sala de control e Instrumentación y Control.

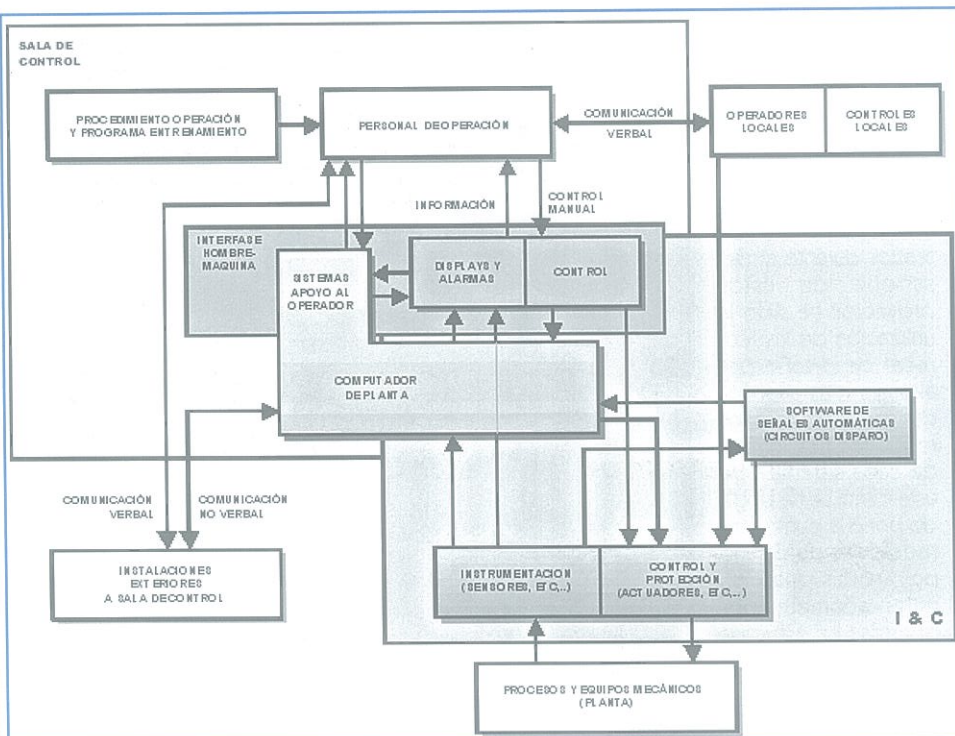


Figura IV. Sistema de Sala de Control e Instrumentación y Control



Alberto MANRIQUE MARTÍN es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 1984 ha desarrollado su actividad profesional en TECNATOM, S.A., habiendo sido instructor de operadores de centrales nucleares, y jefe del grupo de Ayudas a la Operación de Centrales, así como director del área de sistemas hombre-máquina del Proyecto Nacional Halden. Actualmente es el responsable de la unidad de Estudios de Operación y el jefe del proyecto de Diseño de Sala de Control de Lungmen.