

# Factores humanos en modificaciones de diseño: panel de parada alternativa en CN Almaraz

Y. Román y J. Bote

**La Ingeniería de Factores Humanos (IFH) tiene un papel clave en el desarrollo de cualquier Modificación de Diseño (MD), donde se han de tener en cuenta todos los aspectos que tengan alguna interacción con los usuarios de la misma en cualesquiera de sus fases.**

**Siguiendo estas premisas, en los últimos años, la central nuclear de Almaraz ha estado desarrollando un programa de Ingeniería de Factores Humanos con el objetivo de alcanzar los estándares o sistemáticas reconocidas internacionalmente reflejadas por el NUREG 0711 Human Factors Engineering Program Review Model (NRC).**

**Uno de los proyectos más destacables de este programa en la central nuclear de Almaraz ha sido la implantación de los Paneles de Parada Alternativa (PPA) y sus correspondientes Paneles de Transferencia.**

*Human Factors Engineering has acquired a crucial role in the development of any design modification (DM), where every aspect relative to any interaction with the human user has to be taken into account at any stage thereof.*

*Considering this, during the last years, Almaraz Nuclear Power Plant has developed a program of Human Factors Engineering in order to reach the internationally recognized standards or systematic collected on NUREG 0711 "Human Factors Engineering Program Review Model" (NRC).*

*One of the most important projects of this program at Almaraz Nuclear Power Plant has been the implementation of the Alternative Stop Panel and their corresponding Transfer Panels.*



**YOLANDA ROMÁN ARROYO**

Técnico de Factores Humanos  
CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ.  
CNAT AIE.

Ingeniera Técnica en Telecomunicaciones.



**JESÚS BOTE MORENO**

Responsable de la Unidad de Factores Humanos  
CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ. CNAT AIE.

Ingeniero Industrial

Es evidente que los profesionales de una planta nuclear juegan un papel fundamental en la generación de energía eléctrica de manera eficiente y segura. Dentro de ellos, el personal de Operación controla y supervisa los sistemas y componentes de la planta para asegurarse de su funcionamiento adecuado a la vez que el personal de Mantenimiento ayuda en la labor de supervisión, al tiempo que pone a punto los componentes que puedan sufrir fallos.

Algunas de las lecciones aprendidas más importantes de TMI (Three Mile Island, EE UU, 1979) o Chernóbil (Unión Soviética, 1986), entre otras, son que un diseño deficiente de la Sala de Control (o de las interfases hombre-máquina, en general), los procedimientos disponibles o la formación impartida, por citar sólo algunos ejemplos, son factores contribuyentes muy significativos en los incidentes y accidentes de las plantas nucleares, tanto en su origen como en la gestión o control de los mismos.

Estos aspectos englobados en el Área de Ingeniería de Factores Humanos (IFH), que se define como "la aplicación del conocimiento científico sobre las capacidades y limitaciones humanas al diseño de equipos, sistemas y componentes de la planta", juegan, por tanto, un papel significativo en la seguridad de la planta y en la defensa en profundidad. Por ello, es importante considerarlos e incorporarlos en cualquier proceso de diseño o de mejora de los mismos.

Mediante estos criterios se asegura que tanto el diseño como las tareas a realizar por las personas, junto a las condiciones de contorno, son compatibles con los atributos sensoriales, cognitivos y físicos de las personas que operan, mantienen y prestan soporte a la planta.

Por tanto, la IFH tiene un papel importante en el desarrollo de cualquier Modificación de Diseño (MD) donde se han de tener cuenta todos los aspectos que tengan alguna interacción con las personas o usuarios de dicha



Central nuclear de Almaraz.

MD en cualquier fase de la misma: diseño (tanto en la propia concepción como en su desarrollo), implantación, operación y seguimiento de la misma.

Siguiendo estas pautas, y de manera sistemática en los últimos años, CNAT (Centrales Nucleares Almaraz-Trillo) ha estado desarrollando un programa de Ingeniería de Factores Humanos (IFH) aumentando progresivamente su aplicación en todas las fases anteriormente comentadas.

Fue en el año 2010 con el comienzo del proyecto de implantación del Panel de Parada Alternativa (PPA) y Paneles de Transferencia (PT) en CN Almaraz, que dada la importancia de esta MD para la planta se consideró la necesidad de ampliar el alcance de la IFH a desarrollar con el objeto de alcanzar, en la medida de lo posible, los estándares o pautas reconocidas internacionalmente como son el *NUREG 0711 Human Factors Engineering Program Review Model (NRC)* o el capítulo 18 del *NUREG 0800 Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants*.

Como punto de partida se diseñó un programa de IFH en el que se establecía el alcance de los aspectos que, a priori, se iban a revisar de acuerdo a la sistemática ya citada, así como las responsabilidades de las diferentes unidades para su desarrollo o revisión.

Los puntos que se fijaron para revisar, y que posteriormente fueron desarrollados a lo largo del diseño e implantación del PPA y sus PT, fueron los que aparecen en el cuadro adjunto.

Como ejemplo, el alcance y desarrollo de los mismos en este proyecto fueron:

### 1. Experiencia Operativa:

Antes de comenzar con el proyecto, se realizó un análisis detallado de las experiencias previas en la elección de un sistema de parada alternativa considerando experiencias operativas, lecciones aprendidas, sucesos, etc., tanto a nivel interno como externo.

Para ello se realizaron diferentes intercambios técnicos, cambios de ideas con un suministrador tecnológico de referencia, se analizaron los casos de Experiencia Operativa relacionados con paneles de parada remota/alternativa y se revisó otra documentación varia.

Tras este análisis, se optó por elegir un método de sistema de parada alternativa, mediante un panel de parada alternativa para tren A y los correspondientes paneles de transferencia para tren A y para aquellos equipos de tren B que se requieran en dicho PPA.

Además, también se establecieron criterios y puntos sobre los que se iba a realizar un especial seguimiento.

### 2. Análisis de requerimientos funcionales y asignación de funciones/ Análisis de tareas:

1. Revisión de experiencia operativa.
2. Análisis de requerimientos funcionales y asignación de funciones.
3. Análisis de tareas.
4. Plantilla y cualificación.
5. Análisis de fiabilidad humana.
6. Diseño de la interfase hombre-sistema.
7. Desarrollo de procedimientos.
8. Desarrollo de un programa de entrenamiento.
9. Verificación y validación.
10. Seguimiento de la eficacia / monitorización.

Se realizó un análisis de funciones y tareas para el nuevo PPA y sus PT, de acuerdo a la sistemática establecida, con la finalidad de ofrecer una seguridad adicional y tener confirmación de que las funciones y tareas necesarias identificadas se pudieran realizar de manera adecuada con los controles e indicadores previstos.

### 3. Plantilla y cualificación:

Se desarrolló un análisis interno para comprobar si eran necesarios nuevos requerimientos de plantilla para realizar las diferentes tareas y funciones de los nuevos paneles, así como de la cualificación necesaria del personal que las iba a realizar.

Primeramente se hizo una valoración teórica por parte de Operación de las tareas necesarias y la asignación de funciones a cada uno de los miembros del equipo de operación y posteriormente se realizó una prueba práctica o validación por parte de los equipos de operación para comprobar que realmente era viable la ejecución de estas tareas por parte del personal previsto y en los tiempos estipulados y necesarios para la operación segura del panel de parada.

### 4. Análisis de fiabilidad humana:

Se consideró el posible riesgo potencial de los mecanismos de error humano, aplicados sobre esta MD, que pudieran afectar a la seguridad de la planta o que por su importancia pudieran tener algún tipo de consideración.

### 5. Diseño de la interfase hombre-sistema:

Se realizó la verificación de la interfase de los paneles, revisando tanto la disposición de cada uno de los componentes para conseguir que siguiera una lógica que facilitara la operación, así como de su identificación, etiquetado o características técnicas, asegurando que cumplieran con las recomendaciones de Factores Humanos.

Para ello se utilizó principalmente como guía el documento *NUREG 0700: Human-System Intefase Desing Review Guidelines*.



Panel de Parada Alternativa.

Además se realizó por primera vez, a modo de prueba, la diferenciación de zonas en el panel mediante colores (en este caso se agruparon por sistemas).

#### 6. Desarrollo de procedimientos:

Dentro del programa de IFH se incluyó el desarrollo de procedimientos. Además de la edición de los nuevos procedimientos necesarios, se revisaron todos los afectados por la nueva modificación.

Así mismo, se hizo una revisión / validación de los mismos con el apoyo de Factores Humanos y las unidades relacionadas.

#### 7. Desarrollo de un programa de entrenamiento:

En este punto, se valoraron las necesidades de formación y se elaboró un programa de detalle dirigido tanto a Operación como al resto de unidades relacionadas con la modificación como, por ejemplo, Mantenimiento.

#### 8. Verificación y validación:

Tras la implantación de los paneles (PPA y PT), se realizó un proceso de verificación del grado de seguimiento e implantación de los criterios aportados por IFH durante la fase de diseño, detectando aquellas posibles discrepancias o pendientes de los que posteriormente se hizo un seguimiento de detalle hasta su cierre.

Además, también se realizó una validación que consistió en la revisión del procedimiento de operación del PPA a través de distintas etapas o escenarios contando con la colaboración de los equipos de Operación de

Sala de Control, Auxiliares de Planta, Formación y la participación de otras unidades como PCI o formación.

Los distintos escenarios planteados correspondieron tanto a actividades de Sala de Control y del nuevo panel del PPA o PT como a actividades locales en distintos equipos de la planta. Para ello, se realizaron comprobaciones en planta y en el propio simulador de alcance total.

#### 9. Seguimiento de la eficacia de factores humanos:

Actualmente, tras la finalización de la implantación del PPA o PT, se está realizando un seguimiento de la eficacia o efectividad de la implantación de la MD para tener confirmación que dicho proyecto ha supuesto una mejora para:

- La seguridad o fiabilidad de la planta.
- La operabilidad del sistema.
- La mantenibilidad del equipo/sistema.

Finalmente, de manera adicional a estos puntos previamente establecidos, se tuvieron en cuenta otro tipo de consideraciones como la mantenibilidad del panel, las comunicaciones, las condiciones de entorno (iluminación, ruido, temperatura, vibraciones, condiciones radiológicas, humos) o las condiciones de accesibilidad.

Tras la implantación de los paneles se realizó una valoración final del proceso de verificación llevado a cabo para obtener lecciones aprendidas o mejoras a implantar en próximos

proyectos, ya que debido al desarrollo de IFH que se está produciendo, este proceso realizado para el PPA se realizará también para otros proyectos en el futuro dada la importancia que se ha comprobado que tiene.

Estas lecciones aprendidas referentes a varios aspectos (mantenibilidad, etiquetado, diseño de la interfase, iluminación, etc.) fueron transmitidas a las unidades implicadas para su consideración y serán tenidas en cuenta en el desarrollo de futuros proyectos.

Destacar que durante todo el desarrollo del proyecto, Factores Humanos con el apoyo directo de otras unidades (Ingeniería, Operación, etc.) estuvo realizando un seguimiento continuo de todo el proceso con especial atención a los aspectos relacionados con IFH, aportándose criterios en aquellos casos necesarios y llevando, además, un control de todas las discrepancias y temas pendientes que iban surgiendo en cada una de las fases.

También se contó con el apoyo de una empresa externa (Tecnatom), elegida por su experiencia en el sector, para el apoyo en alguno de estos puntos, tales como el análisis de requerimientos funcionales y la asignación de funciones y de tareas.

Resaltar la importancia que tiene la colaboración de todas las secciones implicadas en el desarrollo y concepción de cualquier modificación (Ingeniería, Mantenimiento, Operación, etc.), ya que la cooperación entre ellas es fundamental para el buen desarrollo del proceso de IFH.

Como conclusión final, destacar el impulso que ha supuesto el trabajo realizado sobre el Panel de Parada Alternativa (y sus respectivos paneles de transferencia), en ambas unidades, para el desarrollo de la Ingeniería de Factores Humanos en CN Almaraz y CNAT, obteniéndose una experiencia a partir de la cual se ha establecido una sistemática más clara del proceso de IFH que resultará fundamental para poder seguir avanzado en el desarrollo de la Ingeniería de Factores Humanos en próximos proyectos. ■