



EL RELEVO GENERACIONAL Y LA FORMACIÓN EN LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS



JOSÉ LUIS DELGADO

Gerente de Servicios de Formación y director de la filial USA
TECNATOM, S.A.
Ingeniero de Organización Industrial e
Ingeniero Técnico Mecánico.



SUSANA DEL ÁLAMO

Responsable de Excelencia de las
Operaciones de Formación
TECNATOM, S.A.
Ingeniero Industrial



FRANCISCO RAMÍREZ

Responsable de Operaciones
de Formación
TECNATOM, S.A.
Ingeniero Industrial

Las centrales nucleares españolas (CCNNEE) que actualmente se encuentran en operación iniciaron su fase de funcionamiento entre los años 1983 y 1988. El lapso transcurrido hasta hoy, de entre 30 y 35 años, conlleva el que, de forma natural, la mayor parte de aquellos que participaron en la puesta en marcha e iniciaron las operaciones hayan alcanzado la edad de retiro hace tiempo y unos pocos estén a punto de hacerlo.

Uno de los activos más críticos en la operación segura de las centrales nucleares lo constituye la competencia del personal directamente implicado en las actividades explotación. Esto hace que el relevo de estas personas se considere un proceso relacionado con la seguridad.

PLANIFICACIÓN DEL RELEVO GENERACIONAL

Siendo conscientes de su criticidad, las CCNNEE se han preocupado por establecer y mantener una planificación detallada de los relevos del personal a corto, medio y largo plazo.

Los primeros programas de relevo a una escala cuantitativamente importante empezaron a producirse en el año 2000 y han pasado por diversas fases, alcanzando el volumen máximo entre 2009 y 2012. El aumento de 2017 es consecuencia de la incorporación de 60 profesionales proce-

dentales de la central nuclear de Sta. M.^a de Garoña al resto de CCNNEE (Figura 1).

Desde el comienzo, el sector nuclear puso el foco en la actuación sobre los siguientes aspectos claves del proceso de relevo:

- Las necesidades de personas y su perfil y las consecuentes fuentes de reclutamiento.
- La estructura y los contenidos y de los programas iniciales de cualificación.
- La infraestructura necesaria para la implementación de dichos programas de cualificación.

NECESIDADES DE PERSONAL Y FUENTES DE RECLUTAMIENTO

La dotación de los diferentes departamentos de las centrales nucleares se establece considerando los aspectos de seguridad recogidos en el Reglamento de Funcionamiento. Los requisitos de cualificación de las personas se determinan, asimismo, siguiendo las recomendaciones establecidas en guías internacionales. En este caso, se aplica la norma ANSI 3.1 *Selection, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants*.

Respecto a las fuentes de reclutamiento, los centros de formación profesional (FP) españoles no han desarrollado programas orientados a la cualificación de técnicos para el sector nuclear, lo que crea una necesidad de “nuclearización” de estos jóvenes profesionales, antes de incorporarse al trabajo en una industria en la que la seguridad tiene una importancia vital.

Por su parte, los trabajadores de mayor cualificación, requeridos para ocupar puestos de supervisión y los puestos de operación de sala

de control se han cubierto principalmente con ingenieros de grado medio y las universidades españolas tampoco han desarrollado programas con contenidos de tecnología nuclear. Por lo tanto, también para este colectivo, que junto con el de técnicos de FP, constituyen aproximadamente un 80 % del personal, las centrales nucleares han tenido la necesidad de desarrollar programas extensos que aborden los aspectos básicos y fundamentales de la industria nuclear antes de su incorporación a los puestos de trabajo.

La Universidad sí que dispone de estudios de Ingeniería Superior de especialidad nuclear en algunas de sus Escuelas Técnicas. Los ingenieros superiores que demandan las centrales nucleares para sus puestos de ingeniería y de gestión (aproximadamente el 20 % de la plantilla) se han cubierto principalmente con ingenieros procedentes de estas escuelas, aunque una buena parte de ellos también procedan de otras especialidades de la Ingeniería, así como de las facultades de Física y Química de la Universidad española.

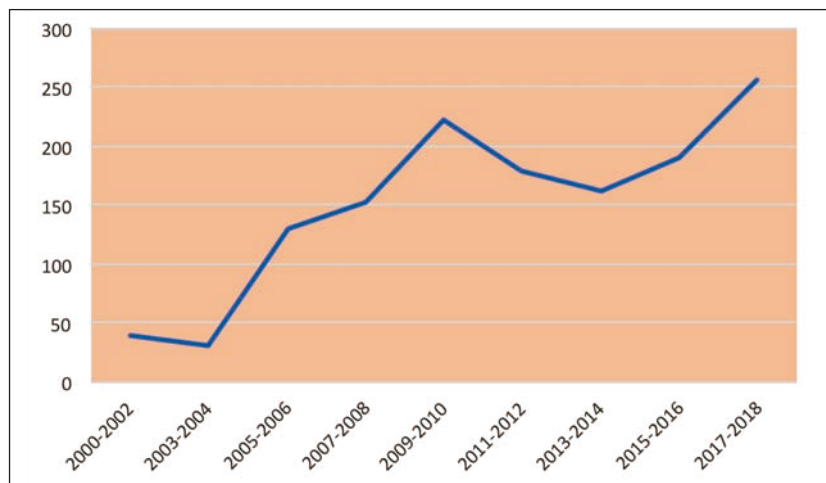


Figura 1. Personal incorporado a las CCNNEE 1999 - 2018.

FORMACIÓN COMÚN NIVEL 1	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 1)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 1)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 2)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 2)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 3)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 3)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC n)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC n)
FORMACIÓN COMÚN NIVEL 2	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 1)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 1)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 2)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 2)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 3)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 3)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC n)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC n)
FORMACIÓN COMÚN NIVEL 3	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 1)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 1)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 2)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 2)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC 3)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC 3)
	FORMACIÓN ESPECIALIZADA (ESPEC n)	ENTRENAMIENTO EN EL PUESTO DE TRABAJO (ESPEC n)

Figura 2. Estructura de los programas de formación inicial.

	Formación común	Formación específica
Operarios	2 meses	1 mes
Supervisores, encargados	4 meses	2 meses
Auxiliares de operación	3 meses	10 meses
Titulados superiores	1 mes	11 meses
Operadores de sala de control	12 meses	22 meses

Tabla 1. Duración de los programas de formación inicial por categorías.

DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE CUALIFICACIÓN

Ante la situación descrita, las centrales nucleares desarrollaron programas específicos de formación siguiendo las recomendaciones internacionales del OIEA, WANO y otros organismos. En este caso, la metodología *Systematic Approach to Training (SAT)* que también se recomienda en la normativa específica del CSN español como la metodología de referencia. Los requisitos reguladores en cuanto a formación de personal de centrales nucleares están descritos en las Instrucciones de Seguridad del CSN IS-06, IS-11 e IS-12.

Los programas de formación en todas las centrales españolas se configuran esquemáticamente como se presenta en la Figura 2. La estructura da respuesta a los requisitos que demanda la metodología SAT de la forma más eficiente, con una parte común a varios puestos de trabajo que da acceso a los módulos específicos de cada puesto de trabajo.

Los bloques de formación común incluyen conocimientos y habilidades genéricas de la industria nuclear (tecnología, física nuclear, descripción de la central nuclear, protección radiológica, seguridad nuclear, cultura constructiva, factores humanos, prevención del error humano, prevención de riesgos laborales, contra incendios...). El bloque de formación específica incluye los conocimientos y habilidades de cada puesto de trabajo, definidos en base a las tareas que cada empleado deberá ser capaz de realizar y categorizados en términos de dificultad, importancia y



frecuencia. La duración de estos programas, a modo orientativo, se indica en la Tabla 1.

La última fase es la que se realiza en el entorno de trabajo (*On the Job Training, OJT*). En este entorno se entrenan y evalúan las tareas que definen cada puesto, integrando en ellas los conocimientos y habilidades adquiridos previamente. En esa etapa, guiados por sus supervisores, los alumnos practican las tareas y son evaluados por personal que ya desarrolla habitualmente esas tareas.

LOS ENTORNOS DE FORMACIÓN PERFORMANCE-BASED

Los programas de formación y entrenamiento requieren de los materiales y los medios más adecuados. Desde 2003, todas las centrales españolas disponen de simuladores de sala de control de alcance total específicos, desarrollados y operados siguiendo la normativa ANSI 3.5. Las referencias de estos entornos de entrenamiento, que son imprescindibles para el entrenamiento del personal que opera las centrales desde la sala de control, responden a los mejores estándares internacionales. A lo largo de los últimos años, se han desarrollado otras herramientas y medios para soportar los programas de entrenamiento haciendo posible la máxima de "entrenar como se trabaja y trabajar como se entrena". Como resultado de ello en la actualidad todas las centrales cuentan con simuladores de campo, simuladores de factores humanos, simuladores gráficos interactivos, y todo un conjunto de herramientas que siguen evolucionando, incorporando las tecnologías digitales.

IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN Y CUALIFICACIÓN

En 2009, coincidiendo con el inicio de la mayor oleada de incorporaciones a los programas de formación para el relevo, el sector nuclear acometió un *benchmarking* para impulsar los estándares de los programas de formación hacia la excelencia. Para ello contó con el apoyo del Institute of Nuclear Operators (INPO) de la industria nuclear americana, considerado globalmente como la mejor referencia. El proyecto aportó solidez y robustez a los programas y contribuyó de for-



Figura 3. Entornos de entrenamiento en las centrales nucleares. En el sentido de las agujas del reloj: Simulador de Campo/Factores Humanos; Simulador de Sala de Control; Aula; Simuladores Gráficos Interactivos y Simuladores "Glasstop".

ma importante a la homogeneización de los mismos en todo el sector.

Posiblemente, una de las recomendaciones del proyecto con mayor efecto haya sido la implantación de los comités u observatorios de la formación. Los comités de Formación gobiernan los programas de formación mediante una estructura en la que participa toda la organización, desde el director general hasta empleados de todos los departamentos de la central y los instructores. En los comités/observatorios se toman las decisiones estratégicas y tácticas relacionadas con la cualificación del personal; se planifican los programas, se supervisa su implementación, se miden los resultados y se elaboran indicadores que permiten diseñar planes de mejora continua y una vigilancia estratégica del estado de "salud"

de todo el proceso. En resumen, son el mecanismo para que los contenidos se adapten a las necesidades del puesto de trabajo y el propio departamento identifique y decida el alcance y contenidos de sus programas formativos.

LA PARTICIPACIÓN DE LOS INSTRUCTORES Y EXPERTOS EN LA MATERIA

Al igual que los medios de formación y el contenido de los programas, los instructores son una parte fundamental del proceso de cualificación del personal que trabaja en las centrales nucleares desempeñando, al menos, tres roles fundamentales:

- Tutorizan a los alumnos para garantizar que éstos adquieren los conocimientos y habilidades críticas, sirviendo de modelo en relación a las prácticas seguras.

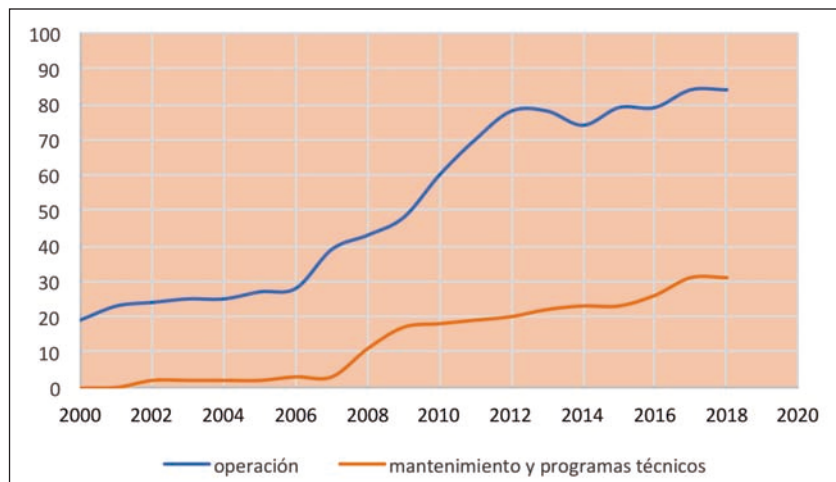


Figura 4. Evolución de la dotación de instructores en las CCNNEE.



- Resuelven las dudas que puedan tener los alumnos durante su proceso de aprendizaje y durante los periodos de recualificación.
- Aportan un enfoque orientado a la seguridad en las discusiones y explicaciones de carácter técnico.

Los instructores reciben unos programas de cualificación específica y están sometidos a los requerimientos de procedimientos de calidad y a lo establecido en la Instrucción del CSN IS-12. Los programas contienen los aspectos técnicos asociados a su especialidad y un importante bloque de habilidades y conocimientos relativos a los métodos de aprendizaje que les capacitan (metodología SAT, habilidades pedagógicas, inteligencia emocional, coaching, refuerzo positivo, técnicas de prevención del error, tutori-

zación de alumnos, evaluación de la actuación en simulador...).

El relevo generacional en las centrales también conllevó una adaptación del dimensionamiento de instructores y una mejora de su formación. Muchos instructores han seguido programas de cualificación complementaria en INPO y han participado en programas internacionales de *benchmarking*.

A lo largo de los últimos años el número de instructores que trabajan en las centrales nucleares españolas ha evolucionado tal como se puede apreciar en la Figura 4.

LA MEJORA CONTINUA. FASE DE EVALUACIÓN DEL SAT

Todo proceso formativo es susceptible de mejorar, adaptarse y evolucionar. Para ello es esencial

la fase de evaluación del proceso formativo, que sigue el modelo de Kirkpatrick. En los mencionados comités de formación, se evalúa la efectividad de los procesos formativos mediante indicadores, encuestas de satisfacción, supervisiones de mandos, aportaciones de los instructores, análisis de tendencias, etc.

Todos esos datos se utilizan para realimentar el proceso formativo y modificar contenidos, duración, alcance, herramientas y/o entornos de entrenamiento.

De ese modo, se trata de garantizar que la formación sigue estando enfocada en el desempeño, sigue estando actualizada y sigue siendo útil para que los alumnos adquieran las habilidades necesarias para desarrollar las tareas de su nuevo puesto de trabajo.

RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE RELEVO GENERACIONAL. SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURO

Teniendo en cuenta el personal de plantilla y los trabajadores permanentes de empresas colaboradoras, las centrales nucleares españolas emplean en la actualidad aproximadamente 3400 profesionales nucleares. Más del 70% de esos profesionales se han incorporado a sus puestos de trabajo en los últimos 18 años.

La Figura 5 muestra la evolución de las categorías profesionales del personal de plantilla de las CCNNEE en los últimos años.

La media de edad de los profesionales españoles que trabajan en las CCNNEE se sitúa, en este momento, en el entorno de los 45 años.

En la actualidad todavía hay un grupo de programas que siguen su curso normal de implementación

en todas las centrales en operación. Habiéndose realizado el relevo casi completo del personal que participó en la puesta en marcha y en las primeras fases de operación de las centrales.

La principal preocupación de los operadores de las centrales nucleares cuando se enfrentan a un relevo generacional de tal magnitud es el posible impacto que este proceso pudiera tener sobre la seguridad en la operación.

	FP	TM	TS	Total
Plantilla de las CCNNEE	1050	630	420	2100
Plantilla permanente de Empresas Colaboradoras	910	260	130	1300

Tabla 2. Número total de profesionales en las CCNNEE por categorías en 2018.

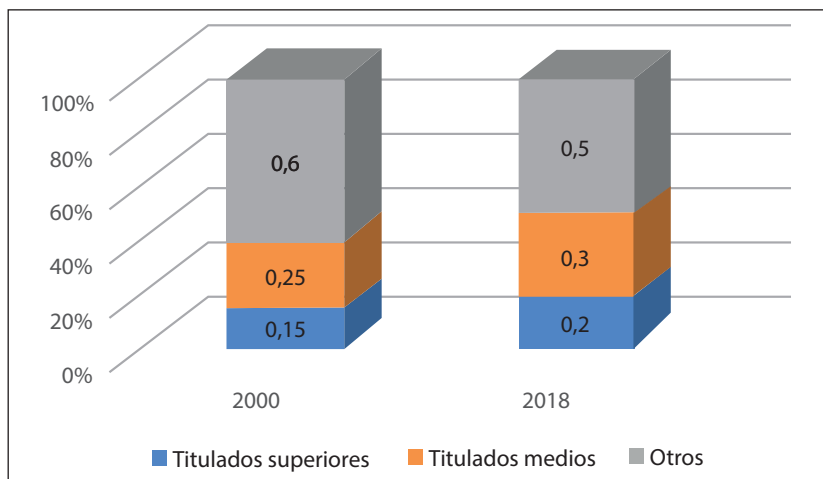


Figura 5. Distribución de plantilla por grupos profesionales. Fuente: elaboración propia.

Año	Núm. de plantas en operación con datos	Factor de carga %	Factor de operación %	Factor de disponibilidad %	Factor de indisponibilidad no programada %
2013	437	72,6	72,2	73,5	4,1
2014	435	73,9	75,8	75,2	3,0
2015	442	73,2	75,7	75,8	3,2
2016	447	73,3	76,3	75,0	4,1
Factores integrales incluidas todas las centrales en operación y paradas desde el inicio de la operación comercial hasta finales de 2016					
MUNDIAL	567	-	77,8	76,8	5,9
ESPAÑA	10	-	85,3	84,5	4,1

Figura 6. Indicadores de funcionamiento. Fuente: Nuclear España, noviembre 2017.

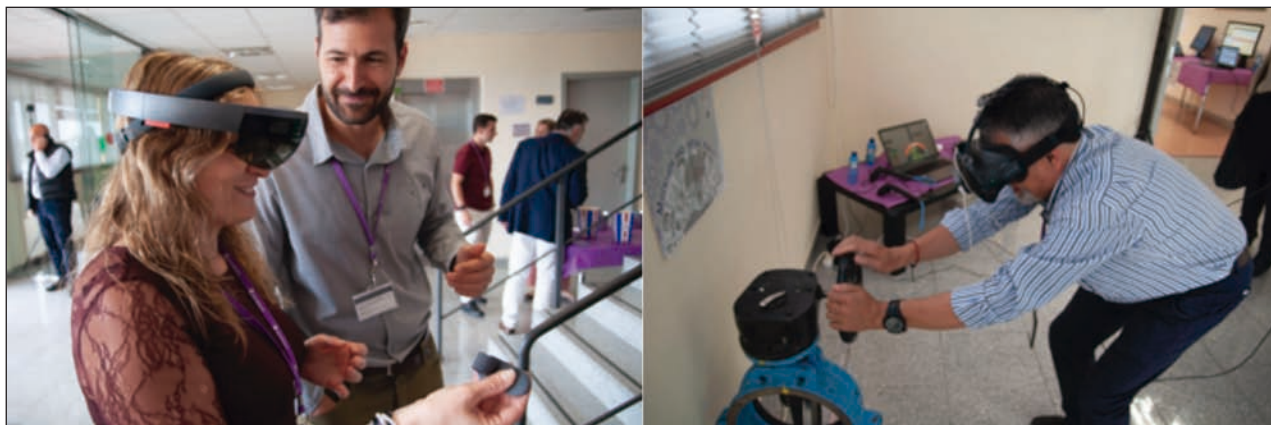


Figura 7. Medios avanzados de formación. Realidad Virtual, Realidad Aumentada y simuladores 3D

medirlo deberíamos referirnos a la evolución de los Indicadores de Funcionamiento, que permiten realizar una comparación entre centrales de todo el mundo, o al Sistema Integrado de Supervisión de las Centrales del CSN (SISC), que también se emplea, con pocas diferencias, en la mayoría de los países nuclearizados. La evolución histórica muestra una mejora general de los indicadores de funcionamiento de las plantas a escala mundial (ver Figura 6). En España, los resultados son más favorables que la media mundial, tanto en los valores anuales, como en los integrales, situándose entre los ocho primeros puestos. Los indicadores SICS también han evolucionado positivamente. A la luz de ambos resultados se puede concluir que las centrales funcionan

en los mejores niveles de seguridad y el personal que trabaja en ellas lo hace aportando sus competencias, es decir sus conocimientos, sus actitudes y sus habilidades, adquiridas durante su proceso de cualificación y mantenidas a través de los programas de formación continua.

El presente y el inmediato futuro de los procesos de relevo se están viendo muy influidos por dos fenómenos nuevos, que también afectan a muchos otros procesos de nuestro tiempo: las características personales de las nuevas generaciones (los *millennials*) y el efecto de la era digital. Las nuevas teorías con resultados positivos empíricos proponen una evolución tanto de los procesos de formación como los de selección/incorporación. Con esta evolución se reorientan las fases de

la metodología SAT hacia el mecanismo del aprendizaje, frente al de enseñanza, típico del modelo tradicional [1] al mismo tiempo que se aumenta la eficiencia de los procesos mencionados. La incorporación de los *millennials* demanda una transición progresiva de los medios para hacerlos mucho más interactivos, abiertos y flexibles. Lo que está provocando una verdadera revolución en las herramientas empleadas en todas las fases de los procesos de cualificación y entrenamiento.■

- [1]. "Panorama Energético y Energía Nuclear a octubre 2017". Nuclear España, Noviembre 2017.
- [2]. "Evolving Knowledge Transfer to 4.0". ANS Globe. Jun 2018.

REFERENCIAS