

CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE SIMULADORES

T-L. BATUECAS

En los últimos años, los sistemas de apoyo a la operación de las Centrales Nucleares, están siendo, cada vez más, objeto de atención por parte de diferentes organismos reguladores, normalizadores o evaluadores.

Los simuladores de entrenamiento del personal de operación no forman parte, hasta la fecha, de estos sistemas; no obstante, las líneas actuales de evolución en el campo de la simulación, tienden a considerar los simuladores como bancos de prueba de los mismos.

Por otra parte, los simuladores son sistemas complejos, con ciclos de vida muy largos, que involucran áreas diversas, cada una de las cuales están crecientemente requeridas a calidad.

In recent years, Nuclear Power Plants Operation Support Systems, have rapidly gained the attention of different regulatory and standardisation bodies.

Operation personnel training simulators are not considered, so far, as belonging to this type of systems; however, present evolution trends in the simulation area, are considering simulators as test beds of these systems.

On the other hand, simulators are complex systems, with very long life cycles, involving diverse areas, each of them being increasingly requested to Quality.

INTRODUCCIÓN

Históricamente, los requisitos de Garantía de Calidad más estrictos dentro de la industria nuclear se han centrado en estructuras, sistemas y componentes de las plantas relacionados con la seguridad.

En los últimos años, los sistemas de apoyo a la operación de las plantas, están siendo cada vez más, objeto de atención por parte de organismos reguladores, normalizadores o evaluadores, tales como NRC, INPO, IEEE, ASME, etc.

Los simuladores de entrenamiento utilizados para la formación del personal de operación de las centrales nucleares en su cualificación inicial y su re-cualificación periódica, no forman parte, hasta la fecha, de este tipo de

sistemas relacionados con la seguridad.

No obstante, las líneas actuales de evolución en el campo de la simulación, tienden a considerar los simuladores como bancos de prueba de sistemas de apoyo a la operación en áreas críticas tales como las de filtrado de alarmas, procedimientos computerizados de operación, sistemas predictivos, sistemas de supervisión u optimización de rendimiento, etc.

Por otra parte los simuladores son sistemas complejos, con ciclos de vida muy largos, que involucran áreas diversas: "software", "hardware", "teachware", etc, cada una de las cuales por su lado están crecientemente requeridas a calidad en el marco actual de la normativa vigente general o específica aplicable.

La Calidad en su concepto más global, se convierte así en una parte esencial de métodos y procesos asociados con el ciclo completo de vida de los Simuladores.

El presente artículo analiza, desde la experiencia acumulada de Tecnatom, s.a. en la gestión de diferentes proyectos de desarrollo de Simuladores de alcance total, los aspectos diferenciadores relativos a la implantación de un Sistema de Calidad en esta área, así como los elementos motivantes, y los beneficios derivados. Se establece así mismo y en primer lugar un marco de referencia conceptual relativo a las diferentes perspectivas asociadas a la Calidad : Control de Calidad, Garantía de Calidad, Calidad Total y Mejora

Permanente, como paso previo a describir la manera concreta en la que Tecnatom,s.a. viene respondiendo a las mismas.

¿QUÉ ENTENDEMOS POR CALIDAD?

De una forma amplia, la Calidad debe concebirse como un medio para lograr la satisfacción del cliente y unos resultados cada vez mejores.

El concepto de Calidad, debe por tanto incluir dos aspectos principales:

- El grado con el que un sistema, componente, o proceso cumple los requisitos especificados.
- Y aquel con el que las necesidades y expectativas del cliente o usuario son satisfechas.

Por lo tanto dentro de este amplio paraguas de la Calidad, se pueden y deben diferenciar una serie de conceptos o aspectos: Control de Calidad, Garantía de Calidad, Calidad Total y Mejora Permanente.

El Control de Calidad establece los medios para detectar y eliminar defectos y errores y controlar los procesos a través de diferentes técnicas como muestreo, auto-control, inspecciones y ensayos para comprobar si un determinado producto cumple las especificaciones establecidas previamente.

La Garantía de Calidad se puede considerar como el conjunto de acciones sistemáticas y planeadas consideradas como necesarias para asegurar

razonablemente que el sistema o componente se comportará satisfactoriamente, detectando la raíz del problema, analizando los problemas antes de que surjan, y asegurando la calidad de las operaciones, de los procesos y de los suministros externos de productos y servicios. En ese sentido integra el control de Calidad e incorpora, entre otras cosas, una política de "prevención".

La Calidad total significa, simplemente, satisfacer las necesidades del cliente, entendiendo cliente en un significado amplio, no sólo como el destinatario final del producto, sino como el cliente tanto interno como externo y como cada uno de los actores participantes en las diferentes etapas del proceso. La Calidad total debe por tanto considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- La opinión del cliente: Conocimiento de sus exigencias y expectativas
- Dirección de la relación con los clientes
- La evaluación de la entrega del servicio: Métodos de medición de la satisfacción de los clientes y de los resultados
- La anticipación de las expectativas del cliente.
- La Automotivación.

Un Sistema integral de Mejora Permanente es la respuesta operativa a la problemática de la Calidad para que:

- Todos los agentes involucrados mejoren
- Y en el proceso mejore nuestro servicio
- Y mejoren nuestras actuaciones
- Con la participación de todos y en beneficio de todos

Un aspecto importante adicional es el hecho de que un enfoque riguroso y sistemático durante el proceso de desarrollo da como resultado, no sólo un producto de una calidad superior, sino más eficiente desde el punto de vista del coste.

LOS SIMULADORES Y LA CALIDAD EN TECNATOM, S.A.

Tal como se ha mencionado, los Simuladores de alcance total utilizados para el entrenamiento del personal de operación de centrales nucleares son sistemas complejos que involucran áreas tecnológicas diversas: software,

hardware, interfaz hombre-máquina y material didáctico asociado (Fig.1), con un ciclo de vida muy largo, toda vez que la evolución de los mismos debe ser paralela a la de sus centrales de referencia obligando a un seguimiento estricto de éstas durante toda su vida operativa, lo que conduce también a la necesidad de establecer sistemas de control de la configuración rigurosos.

El cumplimiento de requisitos de calidad por parte de los Simuladores en el marco actual de actuación, deriva por un lado de la obligatoriedad, de cada una de las áreas involucradas en la construcción de un simulador, de garantizar su conformidad con la normativa general vigente aplicable (ISO, UNE, IEEE, etc) así como la de tener en cuenta normativa o guías específicas (ANSI, INPO, etc)

Para asegurar este cumplimiento, Tecnatom, s.a. tiene establecido un Sistema de Calidad que aplica a las distintas áreas de la compañía y en concreto a la de desarrollo de Simuladores de Entrenamiento. Tal Sistema certificado de acuerdo con la norma ISO-9001-94, comprende tres niveles:

- Manual de Calidad (MC)
- Programa y Planes de Calidad para el desarrollo y actualización de Sistemas Informáticos (PC-SI)
- Procedimientos de Calidad

Este Sistema de Calidad desarrolla los diferentes Criterios de Calidad que se establecen en la referida norma.

El Sistema de Calidad de Tecnatom, s.a. considera los siguientes estándares de referencia:

- US NRC 10 CFR 50 (Appendix B)
- US NRC 10 CFR 55
- US NRC 10 CFR 21
- ANSI/ASME NQA-1
- ANSI/ANS-3.1
- ANSI/ANS-3.5
- ANSI/IEEE STD 323
- IEEE STD 730
- IAEA Safety Series No. 50-C/SG-Q (Code and Safety Guides Q1-Q14)
- EN-45.001
- EN-45.004
- UNE-73.401, UNE-73.402, UNE-73.403, UNE-73.404
- INPO 85-006

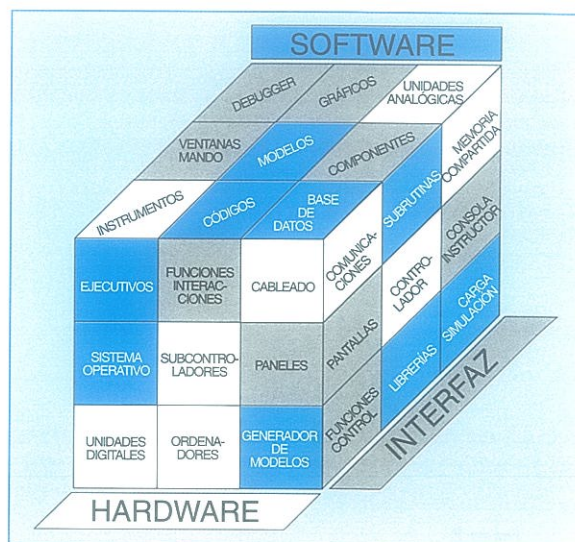


Figura 1.

- UNE-EN-ISO-9.001
- Guías de Seguridad del CSN.
- Colección de Guías SNE
- ISO/CEI Guides numbers 25, 38, 43, 45, 49

Para cada proyecto concreto de desarrollo de simuladores se genera al principio del mismo un Plan de Calidad específico derivado del mencionado Sistema, que consiste básicamente en la adaptación del Programa de Calidad genérico PC-SI al alcance concreto y aspectos particulares del proyecto.

En estos Planes de Calidad y en los Procedimientos asociados que los desarrollan y complementan, se establecen medidas para el desarrollo y control de las actividades relacionadas con las siguientes áreas:

- Descripción de la Organización
- Comunicación con el cliente
- Normas, Prácticas y Convenios aplicables
- Cualificación del personal
- Ciclo de Vida del Simulador: Fases de especificación, diseño, desarrollo, prueba y aceptación
- Planificación del Proyecto
- Control de la Configuración
- Suministro de equipos
- Herramientas, técnicas y metodología aplicables
- Control de Códigos
- Control del Sistema
- Planificación de Auditorías
- Documentación y Registros

que complementan a su vez las medidas establecidas en el Sistema General de Calidad.

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SIMULADORES

ESPECIFICACIÓN	DESARROLLO	VALIDACIÓN	INTEGRACIÓN	ACEPTACIÓN
• MODELOS • PANTALLAS • CONSOLAS • ORDENADORES • INSTRUMENTACIÓN • CABLEADO • MECANIZADO	• DISEÑO • CODIFICACIÓN • ELABORACIÓN MANUALES • ACEPTACIÓN • FABRICACIÓN PANELES • CONTROL CONFIGURACIÓN • DOCUMENTACIÓN	• PRUEBAS A ELEMENTOS AISLADOS DEL DESARROLLO	• CONEXIÓN DE MODELOS • GENERACIÓN DE CARGA EN TIEMPO REAL • GRABACIÓN DE CONDICIONES INICIALES • AJUSTES • ENSAMBLADO DE PANELES • CONEXIÓN Y ENCENDIDO DE INSTRUMENTOS	• PASO DE MANUAL DE ACEPTACIÓN • MATRIZ DE TRANSITORIOS DE VALIDACIÓN • RESOLUCIÓN DE DISCREPANCIAS
COORDINACIÓN				
PARTICIPACIÓN CLIENTE				

Figura 2.

Figura 3.

PARTICIPACIÓN DEL CLIENTE EN EL DESARROLLO

ETAPA	ACTIVIDADES
ESPECIFICACIÓN	• DEFINICIÓN DE ALCANCE - SISTEMAS-COMPONENTES - INTERFAZ USUARIO - MALFUNCIONES • ACOPIO Y FILTRADO DE DATOS DE DISEÑO
ACEPTACIÓN	• PARTICIPACIÓN EN MANUALES DE ACEPTACIÓN • APORTACIÓN DE DATOS DE REFERENCIA • APROBACIÓN MANUALES DE ACEPTACIÓN • PARTICIPACIÓN DIRECTA EN PRUEBAS
BENEFICIOS	• DEFINICIÓN MÁS ADECUADA A NECESIDADES • FAMILIARIZACIÓN PREVIA A EXPLOTACIÓN • ADECUADO SEGUIMIENTO Y CONTROL

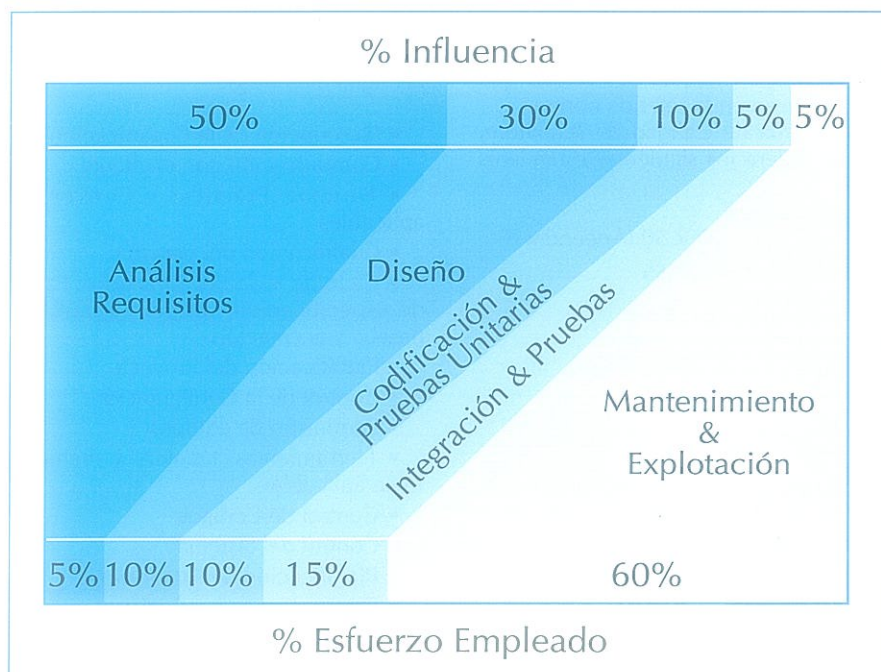


Figura 4. Esfuerzo vs. influencia.

Una organización independiente de Tecnatom,s.a., se encarga de supervisar su correcta aplicación, es decir de asegurar la Calidad por medio de las pertinentes mediciones y normas, control de documentación, auditorías; pero la construcción de la Calidad se lleva a cabo, paso a paso, en base a la aplicación de una metodología de desarrollo, mantenimiento y explotación de simuladores, resultado de más de 20 años de experiencia acumulada en este campo, que contempla diferentes etapas y que busca el máximo de participación del cliente y la mayor coordinación con el mismo (Fig.2 y 3)

Nos centraremos ahora concretamente en el área de la Calidad del Software de Simulación

El software en general y el software de simulación en particular es un producto más y como tal tiene un ciclo de vida.

Cuanto más tarde se descubre un error durante el ciclo de vida, más costoso es corregirlo; la Figura 4 muestra los porcentajes de esfuerzo empleado en cada una de las fases del ciclo de vida frente al porcentaje de influencia que tienen. A la hora de valorar la calidad, tratamos de predecir el perfil de fallo del software. Todos los errores software se originan durante la fase de desarrollo, siendo errores bien de especificación o diseño o errores de implementación.

Un Programa de Calidad de Software de Simulación debe incluir, al menos, los siguientes aspectos:

- Un Plan de Calidad, que defina el modelo del ciclo de vida
- Un documento de requisitos, piedra angular del sistema, que define el mismo desde la perspectiva del problema a resolver.
- Un documento de diseño, que define la solución al problema definido en el documento de requisitos.
- Un plan de pruebas con definición de tipo y alcance de las pruebas y responsabilidades.
- Un Sistema de Control de la Configuración
- Documentación de Mantenimiento y Explotación
- Documentación de Usuario

La figura 5 muestra las diferentes etapas y documentación asociada a un Plan de Calidad de Software de Simulación tipo.

Los objetivos primarios de este Programa son:

- Reducir los costes de desarrollo e instalación del software

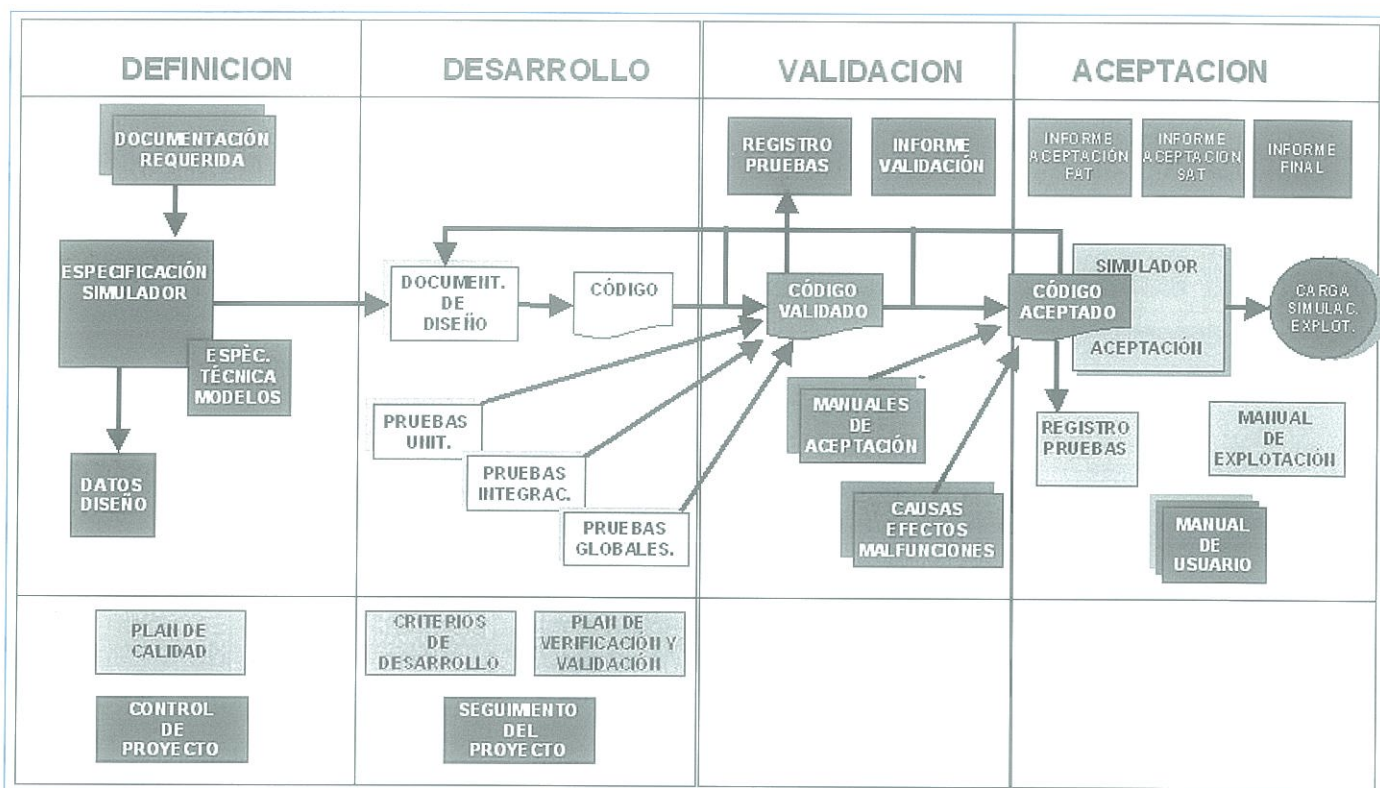


Figura 5. Plan Documental.

- Prevenir las discrepancias reduciendo los errores software y las acciones correctoras necesarias
- Incrementar la productividad del personal involucrado en el proceso de desarrollo software

Y los objetivos directos que se persiguen son:

- Mejora de la Calidad del producto
- Reducción de costes a medio y largo plazo
- Reconocimiento externo por parte de los clientes
- Satisfacción interna del personal

Contemplando, adicionalmente a los estándares de ámbito general anteriormente mencionados, los siguientes específicos:

- Específicos de Simulación
 - ANSI/ANS-3.5-1998 "NPP Simulators for Use in Operator Training and Examination."
 - IAEA-TECDOC-685 "Simulators for Training Nuclear Power Plant Personnel."
- Específicos de Entrenamiento
 - ANSI/ANS -3.1-1993 "Selection, Qualification and Training of Personnel for NPP's."
 - NRC Regulatory Guide 1149."NPP

Simulation Facilities for Use in Operator License Examinations"

- Específicos de Ingeniería Software / Garantía de Calidad

- IEEE Std 610.12-1990 : Standard Glossary of Software Engineering Terminology.
- IEEE Std 730-1989: Standard for Software QA Plans.
- IEEE Std 828-1990: Standard for Software Configuration Management Plans.
- IEEE Std 829-1983: Standard for Software Test Documentation.
- IEEE Std 830-1984: Guide to Software Requirements Specifications.
- IEEE Std 1012-1986: Standard for Software Verification & Validation Plans.

El estándar ANSI /ANS 3.5-1998 es, por su relevancia en el área de desarrollo de simuladores de entrenamiento, particularmente tenido en cuenta. Este estándar cuyo objetivo es "Establecer los requisitos funcionales para los simuladores de alcance total replica de sala de control", contempla los siguientes aspectos principales

- Requisitos Generales
 - Capacidades del Simulador (Tiempo Real, Reproducibilidad,

Limites de la Simulación, Evoluciones Normales, Malfunciones)

- Alcance del Simulador (Fidelidad física y Factor Humano, Sistemas a ser simulados y grado de completitud)
- Funcionalidad de la Consola de Instructor (Condiciones Iniciales, Malfunciones, acciones del operador local, etc)

- Requisitos de Prueba

- Pruebas de Verificación y Validación
- Pruebas de Comportamiento (Pruebas anuales de operabilidad, Pruebas basadas en escenarios previas a entrenamiento o examen de Operadores

- Gestión de la Configuración del Simulador

- Medios para verificar el comportamiento del Simulador y demostrar conformidad con los requisitos, contemplando la configuración base de diseño, la revisión del alcance de la simulación, y la incorporación y control de cambios al Simulador.

El Control de Configuración de Simuladores utilizado por Tecnomat, s.a. (Fig. 6), conforme con los estándares, y herramienta fundamental a la hora de abordar el desarrollo, mantenimiento y explotación de simuladores.

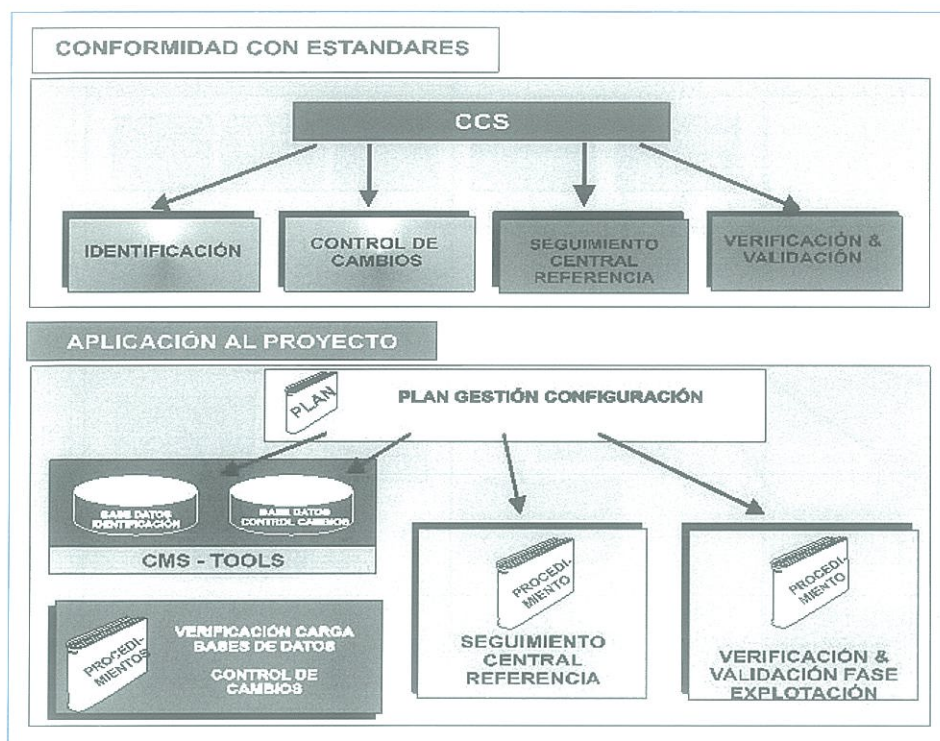


Figura 6. Sistema de Control de Configuración de Simuladores (CCS).

comprende un conjunto de bases de datos interrelacionadas y procedimientos técnicos y administrativos asociados, con el fin de mantener el máximo de fidelidad física y funcional del simulador con respecto a la central de referencia, distinguiéndose cuatro grupos funcionales principales:

- Identificación de la configuración
 - Instrumentación de la Sala de Control, Cableado, Componentes hardware y software del simulador, pantallas gráficas, funcionalidad de la Consola de Instructor, Documentación de Referencia, Documentación de Proyecto, etc
- Seguimiento de la Central de referencia
 - Control y análisis de toda la documentación procedente de la central para evaluar su potencial impacto en la configuración del simulador.
- Control de Cambios a la Configuración
 - Supervisión y registro de todas las actuaciones sobre el simulador originadas por discrepancias en el funcionamiento, modificaciones al diseño de la planta u otros cambios generales.
- Verificación y Validación de la Configuración

- Ejecución de diferentes pruebas para comprobar que no se ha generado ninguna degradación en la configuración como consecuencia de los cambios introducidos. (Pruebas de no regresión)

Por último mencionar un par de ejemplos concretos como muestra de la forma en la que Tecnatom,s.a. aborda el compromiso con la Calidad Total y la Mejora Permanente en el área de construcción de Simuladores.

Una vez finalizado un proyecto específico de simulación y con el fin de recibir la adecuada realimentación por parte del cliente, se le remite una encuesta de indicadores de satisfacción con respecto a parámetros tales como:

- Disponibilidad
- Cumplimiento de objetivos
- Flexibilidad
- Identificación de interlocutores
- Integración
- Confianza y credibilidad en las personas
- Satisfacción con el trabajo realizado

Las respuestas obtenidas se discuten, analizan y documentan conjuntamente.

Por otra parte, Tecnatom,s.a. organiza Grupos de Progreso, como por ejemplo el que ha tenido lugar relativo a "Optimización del proceso de desarrollo de simuladores" que ha propues-

to medidas concretas de actuación para la mejora permanente, en varias de las siguientes áreas:

- Elaboración de Ofertas Técnica y Económica
- Adecuación de perfiles
- Documentación de referencia, especificación técnica y datos de diseño
- Elección de herramientas, metodología y normas
- Control de configuración
- Codificación
- Manuales de Aceptación
- Definición de criterios de validación
- Pruebas unitarias, globales y de integración
- Pruebas y registros de aceptación
- Explotación

Como conclusión resaltar que un enfoque adecuado de la política de Calidad, proporciona claramente medios efectivos para satisfacer los requisitos reguladores; pero más allá de la mera motivación del cumplimiento, la calidad y su aseguramiento, representa una buena y aceptada práctica y proporciona la disciplina adecuada para conseguir los resultados demandados.



Tomás-Luis BATUECAS SUÁREZ es Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares. Comenzó su carrera profesional en Empresarios Agrupados en 1983 como ingeniero del Departamento de Seguridad Nuclear, participando en actividades de Licenciamiento de la Central Nuclear de Cofrentes. En 1986 pasa a desempeñar su actividad profesional en Tecnatom,s.a., donde actualmente es Jefe de Proyectos de la División de Simulación, habiendo desempeñado diferentes puestos primero como ingeniero de simulación asignado al mantenimiento y explotación del simulador replica de Cofrentes, y posteriormente como responsable de diferentes proyectos relacionados con la implantación del Programa de Calidad para el desarrollo y mantenimiento de simuladores y la actualización de tecnologías de simulación.