

LA FUERZA DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO. DE LA IDEA INNOVADORA AL PRODUCTO

E. TENCKHOFF - J. JUNG

La I+D avanzada y una gestión innovadora son factores decisivos a la hora de desarrollar con éxito productos y procesos. Antes de poder lanzarse al mercado, habrá que tomar varios pasos previos, empezando por una estrategia alineada con los requisitos de mercado, un entorno abierto hacia nuevas ideas, la implementación consecuente del desarrollo como proyecto, así como la introducción creativa dentro del mercado.

El concepto se presenta utilizando ejemplos del área de la tecnología nuclear. Dentro del sector de centrales nuevas, se describen sistemas innovadores para conseguir un aumento de la seguridad. En línea con la actual situación de mercado, el peso de las actividades se centra en el sector de servicios. Para este sector, se han ido desarrollando muchos productos y procesos innovadores como, p.ej., componentes mecánicos y eléctricos y sistemas de instrumentación. Objetivos a medio y largo plazo se definen en los mapas de productos / procesos.

Advanced R&D and innovation management is a decisive factor for the development of successful products and processes. Before marketability is attained, several steps have to be taken, starting with strategic alignment under due consideration of market requirements, an environment that is open to new ideas, the consistent implementation of development like a project, and creative introduction into the marketplace.

This conceptual approach is presented using examples from the field of nuclear technology. For the new plant sector, innovative systems for further enhancement of safety are described. In line with the current market situation, the focus of activities lies in the services sector, for which many innovative products and processes have been developed such as mechanical and electrical components, and instrumentation systems. Medium- and long-term targets are defined in product/process roadmaps

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos con un alto grado de innovación es de-

cisivo para el éxito de una empresa. El concepto innovación se utiliza a veces como un concepto de moda, sin embargo debería entenderse en sentido estricto como el desarrollo de un producto o procedimiento completamente nuevo —innovación de ruptura— o como mejora sustancial de un producto o procedimiento ya existente —innovación por mejora—. Junto a la innovación impulsada por la técnica, la innovación de mercado juega igualmente un papel muy importante. La investigación y el desarrollo en la industria han estado sometidos en los últimos años a transformaciones y a una fuerte rigidez. Por un lado se le atribuye mucha importancia al carácter innovador, en tanto en cuanto se potencian e introducen de manera sistemática las diversas técnicas creativas, desde el clásico *brainstorming* hasta las llamadas técnicas de confrontación. Por otro lado la industria está cada vez más obligada a realizar mejoras en productos que tengan éxito a corto plazo y con el menor riesgo posible, y a fomentar y perseguir la investigación de base en escuelas universitarias así como desarrollos con interés para la economía nacional en instituciones de investigación.

Una propuesta de investigación y desarrollo debería llevarse a cabo como un proyecto, es decir teniendo en cuenta el plazo, los costes y las especi-

ficaciones técnicas de las etapas (Figura 1). Esto se puede realizar sólo de manera parcial en muchas ocasiones, ya que el progreso del desarrollo y el éxito no se pueden planificar siempre. Según las circunstancias, hay que decidir si una propuesta de investigación y desarrollo será realizada por un equipo de desarrollo clásico o bien en un proceso de intercambio entre responsabilidad de I+D y de producto. Ambos métodos tienen ventajas e inconvenientes. En un trabajo exclusivamente de investigación y desarrollo, la concentración en un único tema es ventajosa desde el punto de vista de un desarrollo continuado, pero por otro lado existe el peligro de que la relación con su aplicación quede en un segundo plano. Justamente esto es lo que se evita con el trabajo mixto de I+D y producto, aunque, según la experiencia, el desarrollo del producto recibe una mayor prioridad y el trabajo de I+D, al ser secundario, no se acomete con la suficiente orientación al objetivo.

Para garantizar la relación con la aplicación de los distintos I+D, es importante tener en cuenta las condiciones del mercado, es decir las necesidades del cliente, las intenciones de la competencia, la situación de la patente y el estado de la investigación en universidades e instituciones de investigación.

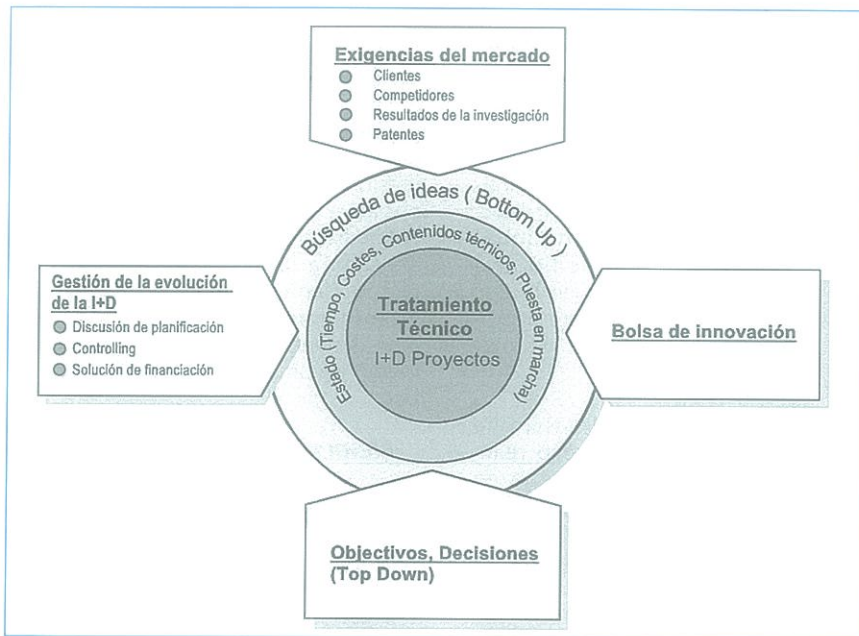


Figura 1.-

ORIENTACIÓN ESTRATÉGICA DE LA I+D EN EL ÁMBITO DE LA TÉCNICA NUCLEAR

La energía nuclear contribuirá a largo plazo a una generación de energía segura, económica y ecológica. Esto es importante ya que:

- con el crecimiento de la población mundial habrá una mayor demanda de energía
- contribuye al ahorro de materias primas, especialmente de los materiales combustibles fósiles

- se puede reducir el problema climático, causado principalmente por la emisión de CO₂

A continuación algunos ejemplos de desarrollos innovadores sin pretensión de exhaustividad.

Nuevas instalaciones

Basándose en experiencias de años con reactores refrigerados por agua se han desarrollado líneas de construcción de reactores de agua a presión y reactores de agua en ebullición, en las

que el actual alto grado en la técnica de seguridad se ha mejorado aún más al mismo tiempo que su rentabilidad. El objetivo principal es que ante un supuesto fallo en los sistemas de seguridad se puedan reducir los efectos de un accidente (con fusión del núcleo) sobre las instalaciones, y que en los alrededores de la planta no sea necesario tomar medidas drásticas. Por un lado se toman medidas adicionales para reducir aún más la probabilidad de que ocurran accidentes graves, y por otro lado, para dominar, desde el punto de vista técnico, las consecuencias de un supuesto fallo de todos los dispositivos técnicos de seguridad.

En el reactor europeo de agua a presión (EPR), desarrollado en colaboración con nuestros socios franceses (Figura 2), se han desarrollado subsistemas innovadores para este nuevo concepto de seguridad, como por ejemplo:

- Un sistema reductor de presión especial para evitar un fallo de la vasija de presión del reactor cuando está sometida a alta presión originada por la fusión del núcleo.
- Recombinadores de hidrógeno que impiden que cuando haya comenzado la fusión del núcleo tengan lugar deflagraciones o detonaciones debido al hidrógeno generado.
- Sistema de retención del núcleo fundido en la cavidad del reactor con capas antiabrasivas de material cerámico que garantiza el dominio del accidente.

Figura 2.-

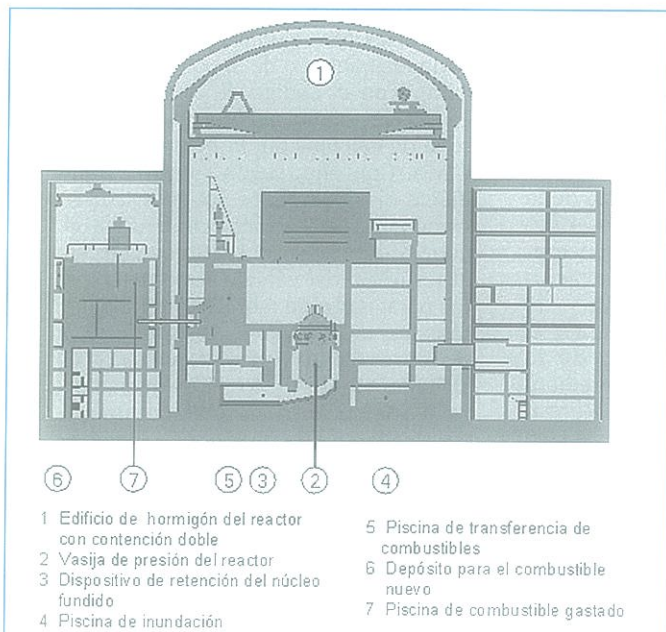
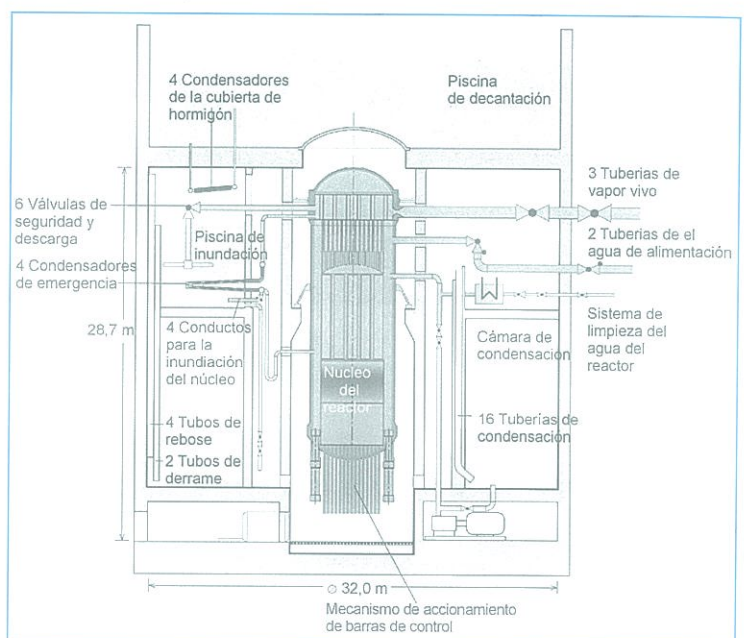


Figura 3.- Disposición de la contención primaria del reactor de agua en ebullición SWR 1000.



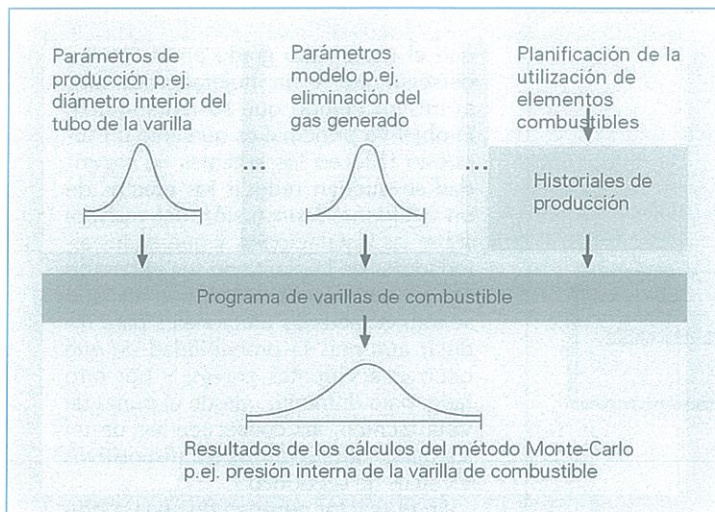


Figura 4.- Diseño de la varilla de combustible con métodos estadísticos.

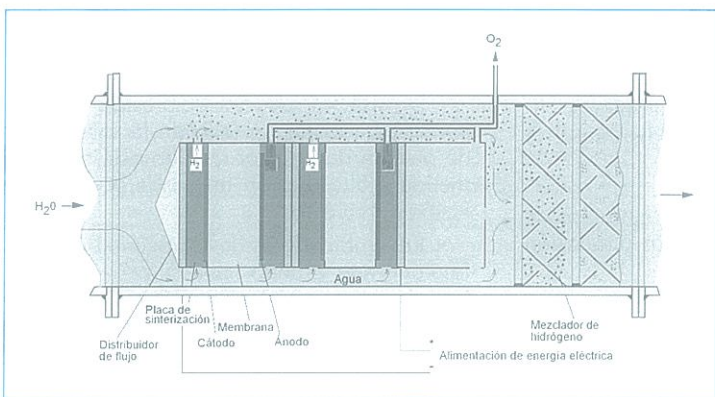
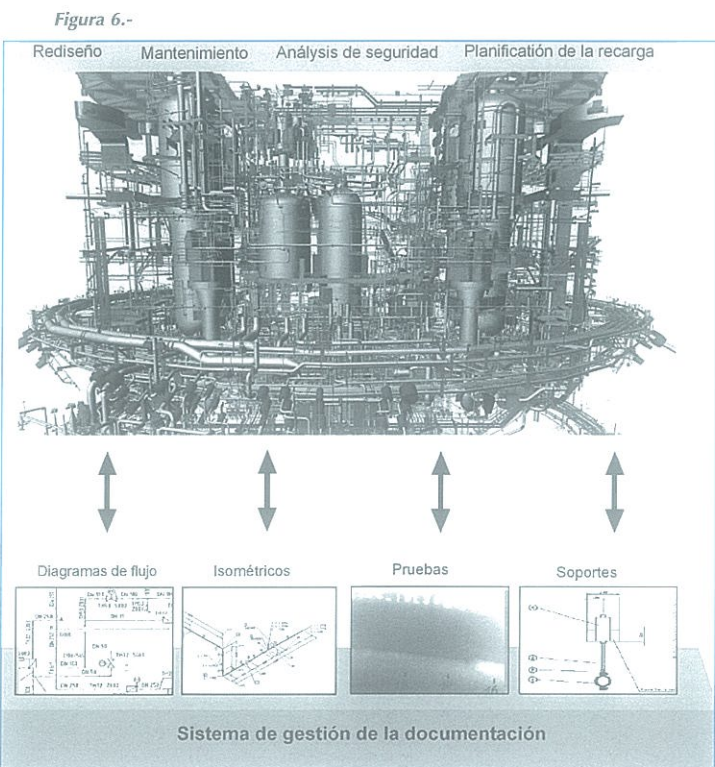


Figura 5.-



• Espacio anular de aspiración mediante una construcción de doble contención que garantiza una protección adicional del medio ambiente en lo que se refiere a protección radiológica.

En el desarrollo del nuevo reactor de agua en ebullición SWR 1000 se persigue un concepto innovador para dominar un caso de fallo, mediante unos dispositivos automáticos pasivos (Figura 3). Estos dispositivos aumentarán aún más el ya gran segmento de seguridad en la actual generación BWR y conllevará, por su sencilla estructura, ventajas económicas.

Estos sistemas actúan automáticamente, es decir sin influencia externa, y no necesitan para su funcionamiento ningún tipo de energía externa. Su efecto se basa exclusivamente en mecanismos como el reflujo de agua mediante la fuerza de la gravedad, el flujo térmico mediante variaciones de la temperatura y el aumento de la presión mediante el calentamiento de los gases o los líquidos encerrados. Un ejemplo de un sistema así, es el condensador de emergencia que actúa de

manera pasiva. Éste elimina, en caso de accidente y con el reactor parado, el calor residual de desintegración del núcleo del reactor a la piscina de inundación. Tras el descenso del nivel de presión en la vasija del reactor, el vapor fluye al intercambiador de calor, se condensa allí y vuelve como agua condensada a la vasija del reactor. Con ello se cierra el circuito y se garantiza el enfriamiento del núcleo sin tener que alimentar la vasija del reactor por medio de un sistema que utilice bombas.

Elementos combustibles

Los trabajos de desarrollo incluyen el desarrollo de los elementos combustibles en los subsectores de materiales, diseño mecánico y aseguramiento del comportamiento operacional de los elementos combustibles mediante las pruebas más diversas en laboratorios de ensayo y exámenes de los elementos irradiados. Los procesos de fabricación constituyen otro ámbito de desarrollo, con el objetivo de alcanzar una mayor calidad del producto y una reducción de los residuos en la fabricación, en el sentido de un menor impacto para el medio ambiente.

Un ejemplo de un aporte innovador en el desarrollo de los elementos combustibles, lo constituye el diseño mecánico de la varilla de combustible con métodos estadísticos, mediante lo cual, se aseguran unas altas exigencias (Figura 4).

Estos métodos de diseño tienen en cuenta la pretensión de agotar todos los datos existentes para presentar las pruebas necesarias, inclusive la valoración de las distancias a los límites del diseño, en diseños sometidos a grandes exigencias (por ejemplo aumentos del enriquecimiento o de la potencia generada). Con el código de cálculo de la varilla de combustible se realiza una serie de cálculos por el método Monte Carlo. Con ello, según su correspondiente distribución, se varían estadísticamente aquellos datos de entrada al código que influyen sensiblemente en el resultado del cálculo —por ejemplo los parámetros de fabricación y los parámetros del modelo—. La distribución de los resultados de los cálculos con el método Monte Carlo se evalúan con métodos estadísticos y se comparan con los límites de diseño. En comparación con el método de diseño determinista usado hasta ahora, el diseño con métodos estadísticos ofrece ventajas como por ejemplo una descripción consistente del comportamiento de la varilla combustible en condiciones de funcionamiento normal y en casos

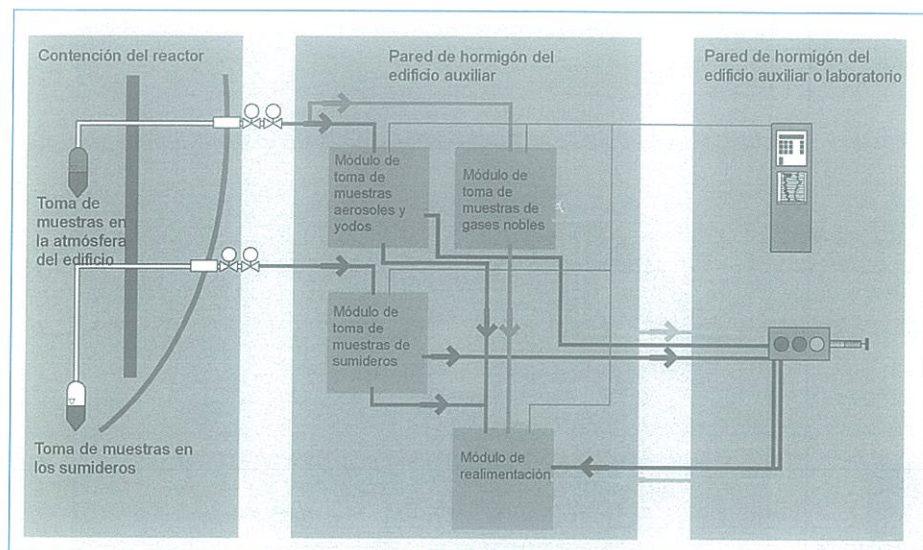


Figura 7.-

permisibles de fallo, o la valoración realista de las distancias existentes a los límites del diseño y con ello un aprovechamiento óptimo de los márgenes del diseño.

Servicio Sistema de inyección de hidrógeno

Al añadir hidrógeno de manera continuada al agua de alimentación del reactor se suaviza de manera efectiva la corrosión en los internos de la vasija del reactor, en los reactores de agua en ebullición. Con esta técnica desarrollada recientemente, se genera directamente en el propio sistema de refrigeración del reactor, y sin ayuda de sistemas auxiliares, tanto el hidrógeno como el oxígeno necesario para la posterior eliminación del hidrógeno sobrante en el sistema de tratamiento de gases. Una pequeña parte del condensado se disocia continuamente mediante electrólisis por medio de membranas de electrolito polímero (MEP)—se conocen con la función inversa en la tecnología de las pilas de combustible—en cantidades de gas que se

inyectan directamente en la correspondiente zona del sistema de refrigeración del reactor. (Figura 5).

Esta solución se caracteriza por una serie de ventajas técnicas, que en su conjunto conllevan claras ventajas económicas en comparación con otros sistemas de inyección de hidrógeno en reactores de agua en ebullición. Los costes de su funcionamiento son muy bajos ya que además de energía eléctrica no necesitan otro elemento para su funcionamiento. Además, las inversiones necesarias son en comparación pequeñas ya que, por ejemplo, no se necesitan recipientes adicionales para el gas. Hay que destacar además la técnica sencilla del sistema y su regulación, la alta seguridad, así como la construcción compacta, que posibilita un montaje directo en el edificio de turbina. Además la instalación es de fácil acceso y fácil de mantener.

Documentación tridimensional de la central

Para poder planificar con exactitud y realizar con rapidez los trabajos de servicio, la documentación de la central debe actualizarse constantemente. Para ello, se realizaban hasta ahora mediciones manuales, lo cual resultaba costoso y complicado.

Con el sistema PHOCAS (Fotogrametría y diseño asistido por ordenador en

3D en el servicio de centrales) se toman medidas en las centrales existentes de manera fotogramétrica y se convierten en un modelo de diseño asistido por ordenador en tres dimensiones (Figura 6). El observador del modelo en tres dimensiones puede moverse de manera virtual por la central—por ejemplo para realizar análisis de seguridad—e interrogar a los componentes y las piezas en el campo visual sobre los datos consignados. El desarrollo del trabajo puede ser simulado y optimizado por adelantado, con lo que se reduce el tiempo necesario para mantenimiento, revisiones o modificaciones. El menor tiempo de permanencia en un cubículo conlleva una clara reducción de la dosis recibida por el personal.

Sistema de muestreo para determinación del radionúclidos

Hasta ahora existían unas insuficientes posibilidades para determinar las concentraciones de radionúclidos en la atmósfera del edificio de contención en situaciones de fallo o accidente.

Para permitir la toma de muestras sin exposición del personal, las muestras de la atmósfera de la contención se extraían hasta ahora hacia fuera a una zona bien blindada, a través de un sistema de tubos de 50 a 100 metros de longitud. Con ello se deposita el yodo y los aerosoles en el sistemas de tubos de toma convencionales. La solución innovadora consiste en lavar el yodo y los aerosoles in situ en el edificio de contención durante el muestreo (Figura 7). El líquido de lavado no retiene los gases nobles, que se miden en una barra separada. Gracias a la técnica de impulsos de presión, a continuación se transportan sin pérdidas, el yodo y los aerosoles con el líquido de lavado a través de una gran longitud de tubería. La subsiguiente diluición, realizada de manera automática, posibilita un manejo simplificado de las muestras, así como un análisis con los equipos estándar que hay en todo laboratorio. En base al análisis del laboratorio se pueden sacar conclusiones sobre el estado del núcleo del reactor y del desarrollo del accidente.

Método de medición on-line del B-10 para el control del refrigerante del reactor

En las centrales de agua a presión para el control de la reactividad se mezcla el refrigerante con ácido bórico, que en una mezcla natural de isótopos, contiene hasta aproximadamente un 20% de isótopo B 10 activo a los

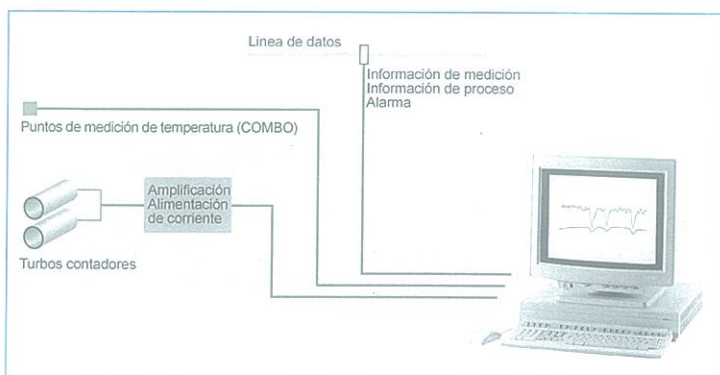


Figura 8.-

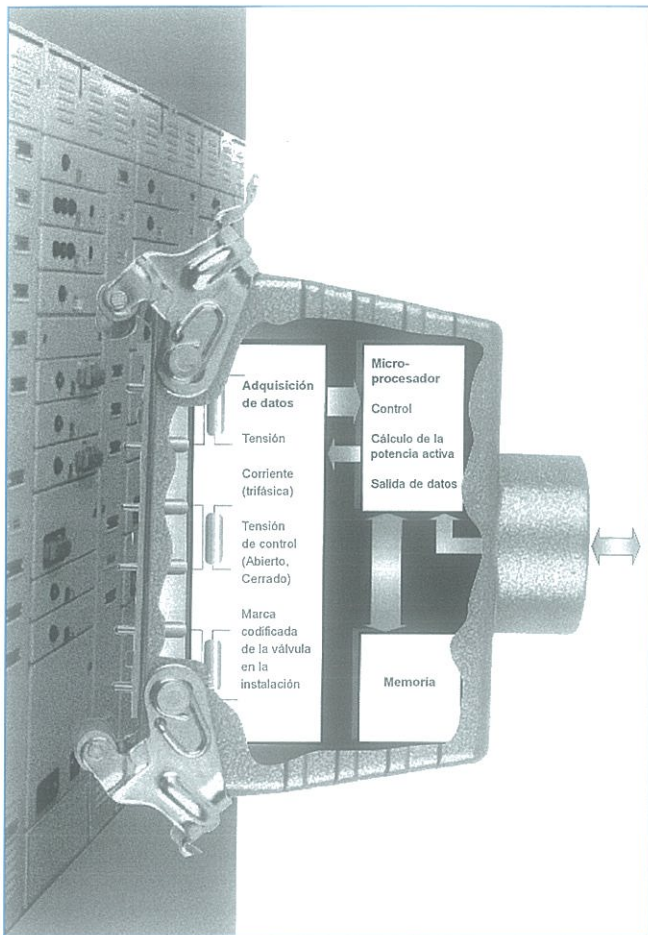


Figura 9.-

neutrones. La concentración de ácido bórico, es decir la cantidad total de boro, se mide de manera casi continuada mediante análisis químicos (titrador). Con COMBO (Continuous Measurement of Boron Concentration) está a nuestra disposición un sistema de medida que permite un control on-line de la concentración de B 10 (Figura 8). El sistema hace posible un control de la reactividad en cualquier condición operativa y durante los procesos de carga y descarga del reactor. Los procesos de alimentación o dilución erróneos se detectan a tiempo en cualquier estado de funcionamiento y permite tomar medidas correctoras.

El principio de medición se basa en la absorción de neutrones moderados que depende de la concentración de B 10 en el líquido refrigerante. Los neutrones necesarios para la medición se generan en una fuente AmBe y penetran en el líquido refrigerante, con lo que se absorbe una parte de los neutrones. La radiación restante se mide a continuación en unos tubos contadores dispuestos de manera adecuada. COMBO se instala directamente en tuberías o en recipientes sin que sea necesario

Las válvulas motorizadas importantes para la seguridad de las centrales nucleares están sometidas a inspecciones periódicas. Hace años se desarrolló un procedimiento de me-

realizar modificaciones, por lo que es adecuado cuando se efectúan ampliaciones.

Módulo de diagnóstico para el control on-line de válvulas

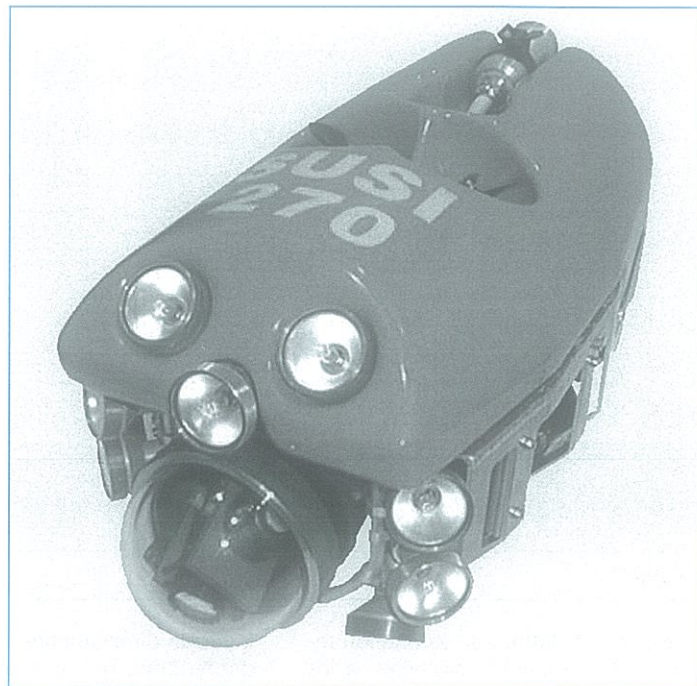


Figura 10.-

dición desde el centro de control de motores. SIPLUG® constituye otro hito innovador en la diagnosis de válvulas. Se trata de un módulo de adquisición de datos eléctricos, autónomo (alimentado por baterías), móvil y económico con un transformador de corriente y de tensión integrado que registra magnitudes eléctricas procedentes de los mecanismos de control del actuador de la válvula. (Figura 9). Un microprocesador, que está integrado en un conector, registra los datos eléctricos relevantes de la operación del actuador y los

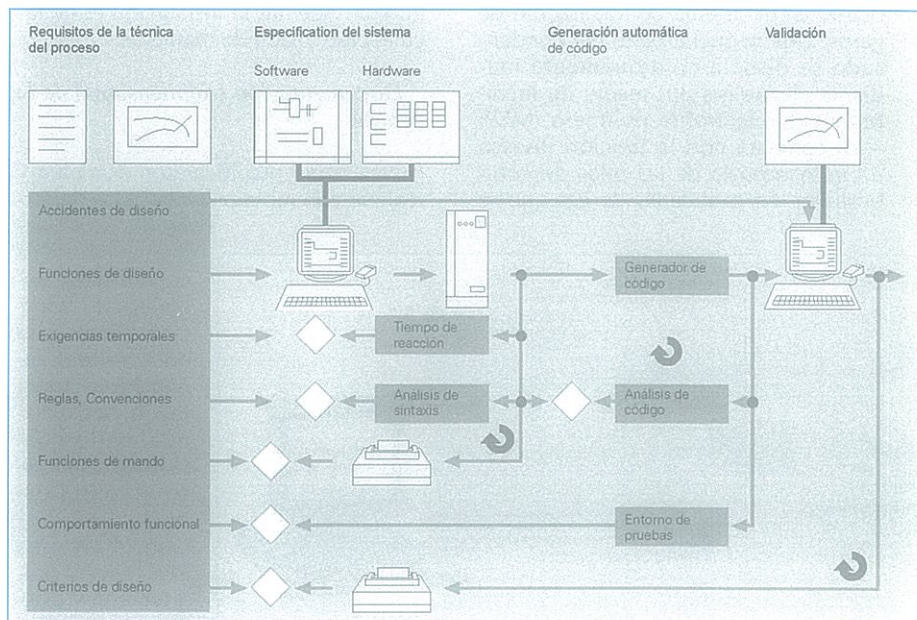


Figura 11.-

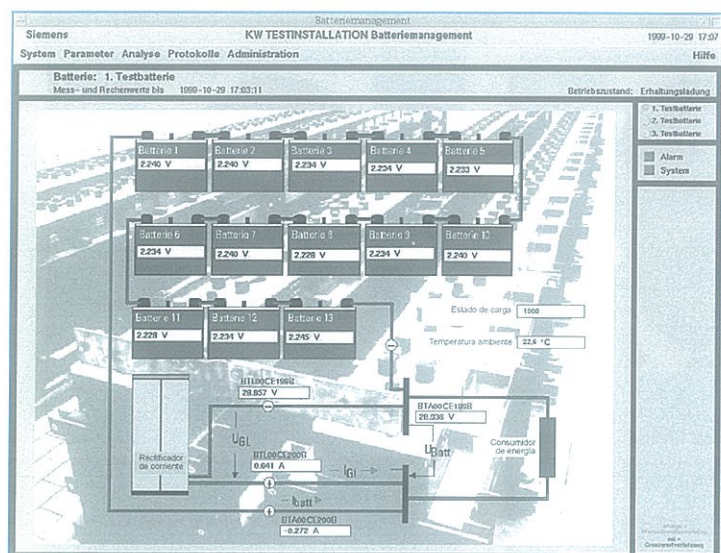


Figura 12.- SIBAT@ Sistema de diagnóstico de baterías de Siemens. Superficie de operación.

mantiene disponibles para su evaluación. Una gestión inteligente del consumo de energía hace posible que el tiempo de empleo útil de las baterías sea de varios meses. En este periodo, el mecanismo de control del microprocesador se vigila continuamente. Gracias a la integración de SIPLUG en los centros de control de motores se puede construir un sistema de diagnóstico on-line con la posibilidad de desmontarlo del correspondiente centro de control de motores para ofrecer un tele-service. El personal queda así libre de obligaciones rutinarias y está informado en todo momento sobre el comportamiento del funcionamiento de las válvulas. Las perturbaciones se detectan a tiempo y se pueden deducir las medidas de mantenimiento necesarias, con lo que se abre el camino hacia un mantenimiento orientado al estado.

con zoom (función de giro e inclinación), una cámara adicional orientada hacia atrás, así como con un dispositivo de iluminación (Figura 10). En caso necesario, pueden montarse herramientas adicionales variadas (equipo de medición de dosis, herramientas de recuperación, técnicas de medición ultrasónica). El vehículo se caracteriza por su pequeño tamaño, gran maniobrabilidad, montar piezas eléctricas y mecánicas resistentes a la radiación, propulsores para moverse en todas direcciones, tiempos breves de montaje y desmontajes, así como, por un manejo del vehículo, la cámara y la iluminación de fácil compresión.

SUSI 270, con un diámetro de 270 mm, puede realizar inspecciones en todas las vasijas de reactores y sus componentes internos, así como en bombas. Gracias a un sensor de profundidad incorporado, que permite una regulación de la profundidad con una precisión de centímetros, se añaden nuevas posibilidades de utilización como por ejemplo inspecciones visuales de todas las soldaduras de la vasija. Para zonas con una alta tasa de dosis puede montarse una cámara tubular resistente a la radiación en lugar de una cámara en color

Sistema de inspección submarino

En las centrales nucleares los internos de las vasijas de los reactores se revisan frecuentemente. Para tales inspecciones es especialmente apropiado el vehículo de inspección submarino SUSI 270, que es de nuevo desarrollo, está construido modularmente, y está provisto con una cámara en color

con zoom. Por medio de una mecanismo prensor pueden recuperarse de forma fácil y segura cuerpos extraños. Una sonda gamma posibilita realizar medidas de dosis y de este modo la identificación de puntos calientes en zonas hasta ahora inaccesibles.

ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Herramienta de planificación para sistemas de control relativos a la seguridad

Los sistemas de control relativos a la seguridad en centrales nucleares se componen de grupos constructivos únicos y análogos que están fuertemente cableados y cuya planificación se hace de manera manual y con gran esfuerzo. La herramienta de planificación SPACE (Specification and Coding Environment) realiza de manera automática y extremadamente fiable la transferencia de los datos procedentes de la ingeniería de sistemas a la codificación de los procesadores del nuevo sistema de instrumentación y control digital TELEPERM XS (Figura 11). Gracias a SPACE se hace posible también la utilización de la técnica digital en los sistemas instrumentación y control de seguridad de las centrales nucleares. Las modificaciones del sistema de control pueden realizarse por el mismo explotador sin perder la calidad.

Control on-line de baterías de emergencia

En las centrales nucleares de cualquier tipo es práctica habitual desde hace mucho tiempo la utilización de acumuladores de emergencia de plomo. La operatividad de estos acumuladores se garantizaba hasta ahora mediante trabajos de inspección y mantenimiento regulares, lo que suponía un enorme esfuerzo en tiempo y personal para el explotador.

Con SIBAT se desarrolló un paquete modular de hardware y de servicios que garantiza una adecuada disponibilidad y la capacidad necesaria de las baterías de emergencia en caso de necesidad con poco esfuerzo de personal (Figura 12). La construcción modular posibilita soluciones óptimas y específicas para cada cliente.

Las herramientas del hardware permiten:

- la detección continuada y automática y el procesamiento de parámetros de funcionamiento esenciales, tales co-

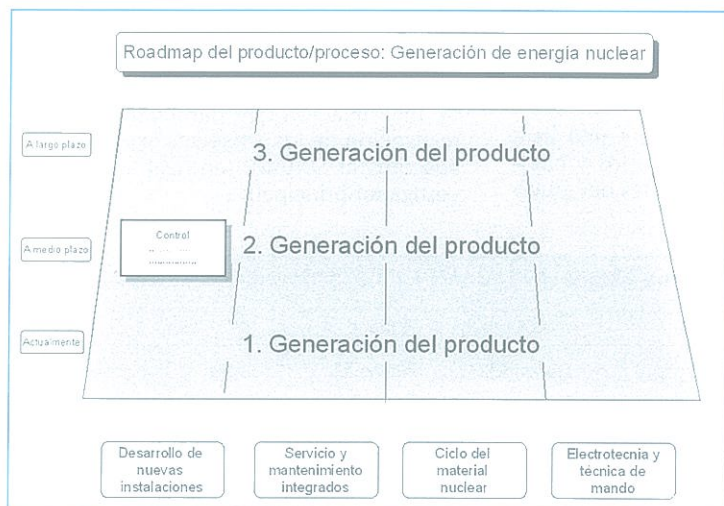


Figura 13.-

mo, tensión, densidad de los ácidos, temperatura, de todos los elementos de la batería.

- la realización automática o parcialmente automática (según la configuración) de las inspecciones y pruebas de capacidad necesarias.

- un funcionamiento económico de las baterías y con ello una prolongación de su tiempo de funcionamiento.

- la transición hacia el mantenimiento y la conservación orientados al estado de las baterías.

RESUMEN

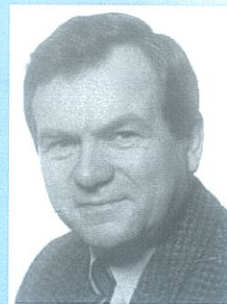
Una estrategia de innovación en la industria implica por un lado, para los desarrollos a corto plazo, el seguimiento consecuente del proceso descrito en la Figura 1, por otro lado, para los objetivos a medio y corto plazo, visiones que están representadas en los llamados roadmaps. Como ejemplo, en la Figura 13, donde está representado de manera esquemática un roadmap de un producto para distintas áreas de negocio.



Erich TENCKHOFF es el jefe del Centro Tecnológico de Ingeniería y Ensayos de Siemens, en el área de Generación de Energía, que pone a disposición tecnologías básicas para plantas generadoras de energía.

Ha cursado estudios de ingeniería mecánica en las Universidades Técnicas de Aquisgrán y Munich. Después de su doctorado, se dedicó durante dos años a la investigación en los Laboratorios Nacionales de Oak Ridge, en los EEUU, antes de entrar, en el año 1970, en Siemens AG en Erlangen.

Fue admitido en el cuerpo docente de la Universidad de Erlangen – Nürnberg, donde actualmente da conferencia sobre diferentes temas técnicos, en el marco de una cátedra auxiliar.



Jürgen JUNG es el jefe de la coordinación de I+D para el área nuclear de Siemens/KWU. Después de haber cursado estudios sobre la tecnología de materiales y haberse doctorado con un tema físico-químico en la Universidad RWTH de Aquisgrán, entró en el año 1969 en la empresa Interatom GmbH en Bergisch Gladbach que, en el año 1991, se integró en Siemens AG mediante fusión.

Sus actividades abarcan trabajos de ingeniería y proyectos en el ámbito de reactores avanzados y de potencia.