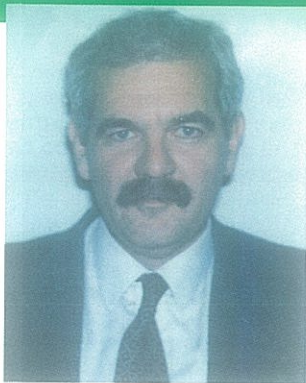




Jacinto MARICALVA GONZÁLEZ, Ingeniero Industrial (ETSII-Madrid), especialidad Técnicas Energéticas. Ha trabajado en Ferrovial y Foster Wheeler. Ingresó en el año 1975 en ENUSA, incorporándose al Proyecto de Construcción de la Fábrica de Elementos Combustibles en Juzbado (Salamanca). Tras una etapa inicial de entrenamiento en EEUU, participó en el proyecto, licenciamiento y puesta en marcha de la Fábrica. Ha ocupado en la Fábrica de Juzbado, los puestos de Jefe de Programación y Control y más tarde, de Producción y Subdirección. Actualmente es el Director de dicha Fábrica.

LA FÁBRICA DE JUZBADO: UNA RESPUESTA A LOS RETOS DEL MERCADO DE FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLE

J. MARICALVA - J. I. MARTÍN - J. I. ORTÍZ



José Ignacio MARTÍN GALÁN, Ingeniero Industrial (ETSII-Madrid), especialidad Mecánica. Ingresó en ENUSA en 1976, habiendo desempeñado desde entonces diversos puestos de responsabilidad en la Empresa, como Jefe de Aplicación del Producto, Jefe de Departamento de Ingeniería del Producto y actualmente ocupa el puesto de Jefe del Departamento de Producción y Subdirección de la Fábrica de ENUSA en Juzbado (Salamanca). A lo largo de su vida profesional ha permanecido en diferentes ocasiones en los Estados Unidos realizando programas de formación en las Ingenierías y Fábricas de Westinghouse y General Electric.

INTRODUCCIÓN

La Fábrica de Juzbado (Salamanca) propiedad de la Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA) inició sus actividades en el año 85. En ese momento los productos a fabricar eran el combustible PWR 17x17 Standard y el BWR GE-7 con tubos "non-barrier". Las características principales de la Fábrica en aquel entonces eran:

- Líneas de fabricación indepen-

dientes para los procesos PWR y BWR

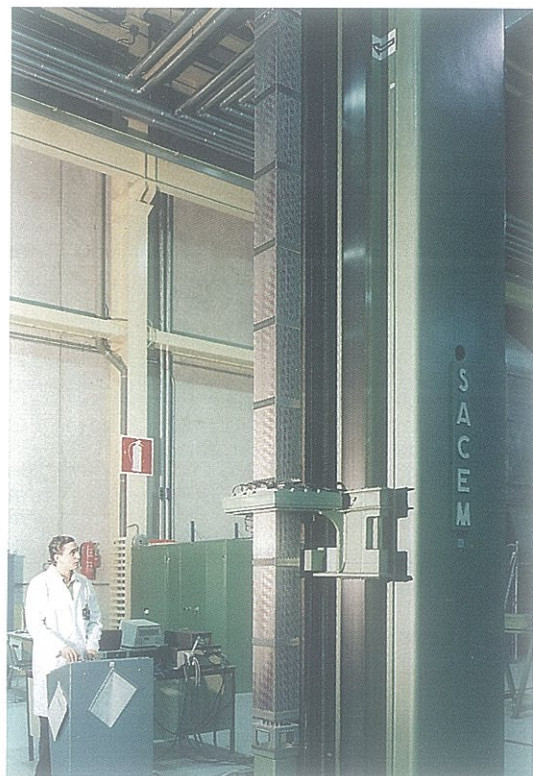
- Dos tipos de polvo diferentes: ADU e IDR
- Procesos diferentes de soldadura, carga de barras y montaje final
- Gestión manual de la trazabilidad y tratamiento de datos.

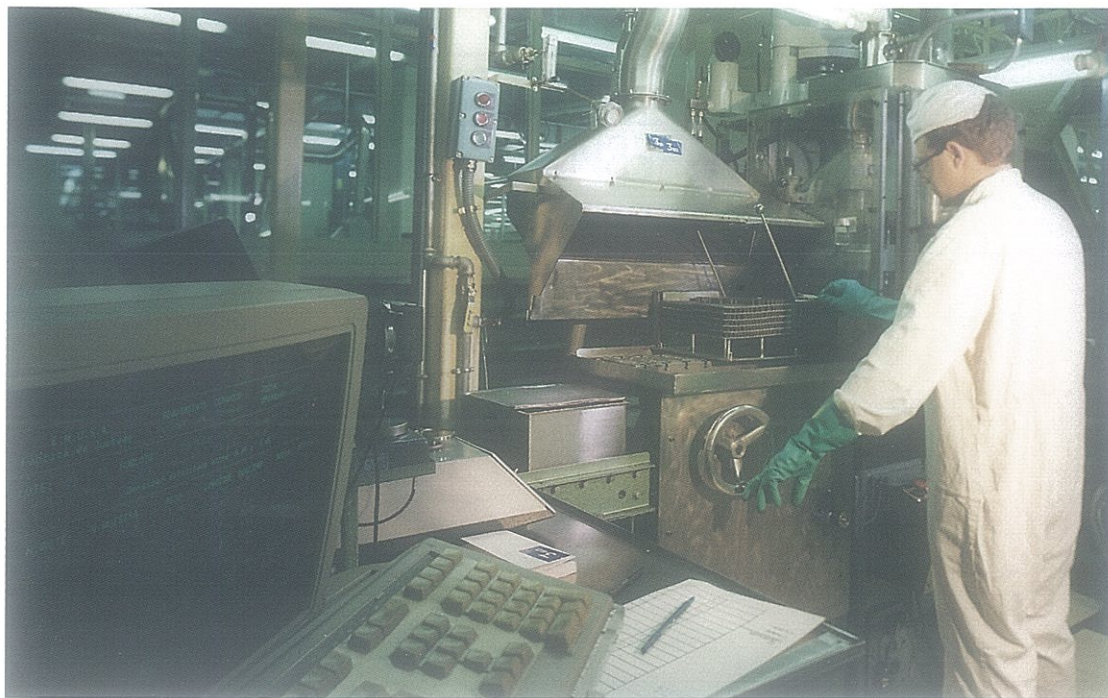
Durante los años siguientes la Fábrica de Juzbado fue acometiendo la fabricación de los diferentes tipos de combustible: PWR (17x17 STD, 17x17 OFA, 14x14 HIPAR) y BWR

Inspección final del Elemento Combustible PWR. (Fábrica de Juzbado).



José Ignacio ORTÍZ ELGUEZABAL, Ingeniero Industrial (ETSII-Bilbao), especialidad Química Metalúrgica. Ha trabajado en Imperial Chemical Industries (ICI) y Bazán. Ingresó en ENUSA en el año 1976 incorporándose al Proyecto de Fabricación de Elementos Combustibles tras una etapa de entrenamiento en EEUU. Ha ocupado los puestos de Ingeniería de Control de Calidad, Jefe de Control de Calidad, Jefe de Producción. Actualmente ocupa el puesto de Jefe de Control de Calidad.





Control estadístico del proceso de prensado de Pastillas.(Fábrica de Juzbado).

(GE-7 con tubos "barrier" y "non-barrier", GE-8 con tubos "barrier"). La continua evolución en el diseño de los elementos combustibles, la realidad de trabajar con 2 tecnologías y la dimensión de la Fábrica, creaban dificultades en un mercado tan competitivo.

ENUSA aceptó el desafío y se preparó para ofrecer los productos más avanzados dentro de la más alta fiabilidad e incrementar el valor añadido en su proceso de fabricación. Todo ello mediante un programa formativo y de inversiones, que aprovechando el conocimiento de las 2 tecnologías, permitiera la flexibilidad de sus procesos y equipos, mejorando la calidad de su fabricación y su producto.

ENUSA, en estos últimos años, ha trabajado junto con sus socios tecnológicos W y GE, [así como con empresas japonesas de fabricación de combustible] en la revisión de sus sistemas, equipos y procesos, aplicados a la Fábrica de Juzbado. Esta revisión ha permitido conseguir una fábrica de alta capacidad tecnológica manteniendo la flexibilidad y dinamismo de una pequeña fábrica. Los principales desarrollos realizados en estos últimos años se resumen a continuación.

ÁREA CERÁMICA

Fabricación de pastillas

El polvo ADU o IDR es utilizado de acuerdo con los requisitos de su especificación, sinterizándose en at-

mósfera de hidrógeno húmedo o seco y rectificándose en seco o húmedo, dependiendo del tipo de polvo a procesar.

Los hornos de sinterizado y las rectificadoras se han adaptado para poder trabajar con los 2 tipos de polvo. De esta forma las 3 líneas de fabricación pueden procesar polvo ADU o IDR indistintamente.

El control de fabricación de pastillas se realiza mediante ordenador con entrada de datos e información sobre los procesos en tiempo real, aplicándose control estadístico de proceso en las etapas de preprensado, prensado y rectificado.

En el año en curso, se instalará un sistema robotizado para el manejo de pastillas a la salida de la prensa y un nuevo horno de sinterizado con el fin de evitar cuellos de botella en la fabricación de pastillas.

Inspección de pastillas

Control de porosidad

Debido a los nuevos requisitos en el control de porosidad de pastillas, ENUSA ha instalado en sus laboratorios una unidad para el análisis de imagen en pastillas. Mediante este nuevo equipo basado en técnicas de análisis computerizado de imagen, se controla, en las pastillas, la distribución de su tamaño de poros por medio de pantalla e impresora gráfica.

Control de diámetros

Hasta al pasado año, el control del

diámetro de pastillas, se realizaba mediante el control estadístico de proceso, por muestreo, en tiempo real.

Esta técnica se está sustituyendo por un control automatizado en la línea de pastillas al 100%. El sistema comprende un micrómetro láser que realiza 35 mediciones del diámetro de cada pastilla, comparando los valores máximos y mínimos con los límites establecidos en el plano, y un ordenador y automatismo de control.

El sistema tiene un mecanismo que expulsa automáticamente las pastillas fuera de tolerancia, y dispone de un sistema informático asociado que recoge la información de los diámetros de las pastillas, representándola sobre pantalla y enviándola al sistema informático central como registro

traceable.

Gamma - scanner

En relación con el equipo GAMMA-SCANNER (control del enriquecimiento en la barra combustible) ENUSA está poniendo en marcha las mejores y más avanzadas técnicas que permitan una mayor capacidad de detección y una mayor versatilidad y rendimiento.

Para ello, se está modificando el sistema de detección, pasando de 2 a 3 detectores de INA y de 8 a 12 fotomultiplicadores, mejorando y adaptando el sistema electrónico e informático asociado.

FABRICACIÓN DE BARRAS

Fabricación de tapones

Complementando el primer torno de control numérico instalado en 1991, se ha instalado, recientemente, un segundo torno más avanzado para atender la demanda anual que requiere la Fábrica. La capacidad de fabricación de tapones ha permitido optimizar su diseño, consiguiendo la flexibilidad necesaria para adaptar la geometría del tapón al proceso de soldadura.

Carga de barras BWR

Se ha puesto en servicio un equipo para el control del diámetro de pastillas a la entrada del tubo, evitando la

introducción de pastillas de otro diseño con diámetro inferior.

Inspección de barras

ENUSA ha instalado en su línea de inspección de barras BWR, un nuevo equipo de ultrasonidos con cabezal rotatorio. Este sistema totalmente automático posee dos estaciones de medición de alta frecuencia (50MHZ), que inspecciona la soldadura circular a través de ondas longitudinales y transversales. La información obtenida (alrededor de 100.000 señales de inspección) es procesada por medio de 2 unidades informáticas que crean una imagen gráfica de la soldadura, imprimen aquellos parámetros que están fuera de especificación y aceptan o rechazan la soldadura automáticamente. La información recogida por el equipo controla poros, penetración, disminución del espesor de pared y grietas. Esta defectología es representada gráficamente en pantalla y numéricamente por la impresora. Adicionalmente y complementando la inspección por ultrasonidos, ENUSA mantiene la inspección por Rayos-X, para controlar aquellos defectos difícilmente localizables por U.T. En este momento ENUSA está trabajando en la adaptación del equipo de inspección por U.T. para el control de soldaduras PWR.

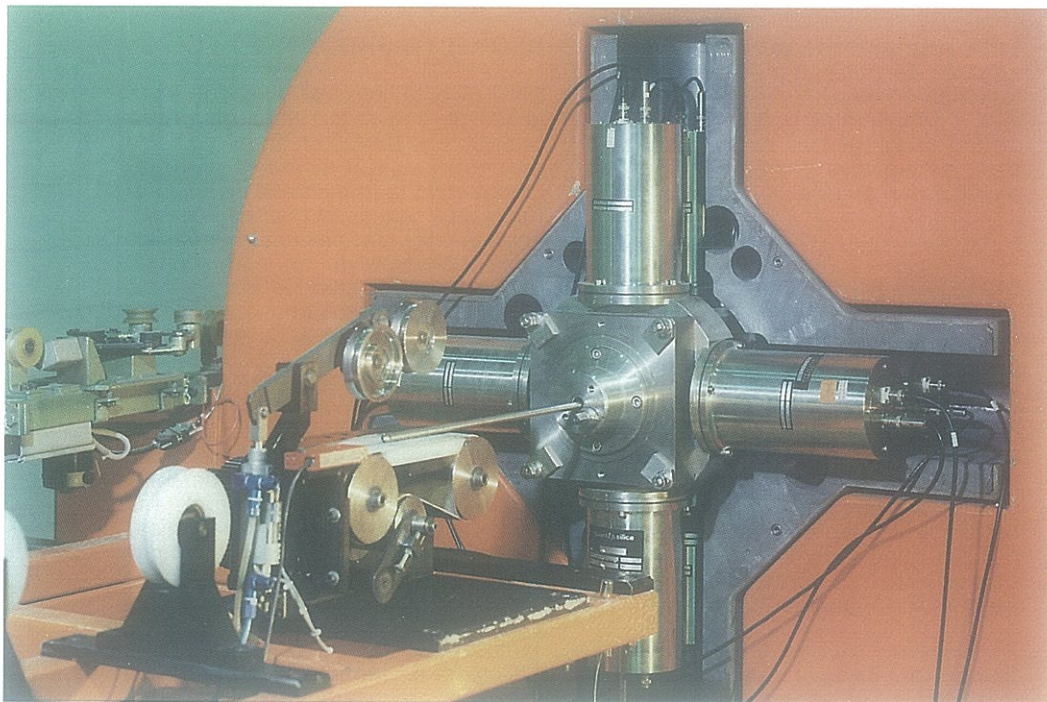
MONTAJE FINAL

Fabricación de esqueletos PWR

ENUSA ha diseñado, construido y cualificado nuevos equipos de fabricación de esqueletos con sistemas inteligentes y de control de posición por sistema CNC capaz de generar diferentes programas para cada tipo de esqueletos (esqueletos de diferente longitud, matriz y posicionado de rejillas).

Fabricación de elementos combustibles PWR

ENUSA en estos últimos años ha cambiado sus equipos de montaje, por equipos con sistemas inteligentes controlados por CNC (Sistema de Control Numérico), motores BRUSHLESS de C.C. y movimiento por "tuerca/husillo-sin fin", que realizan automáticamente la secuencia de carga programada, disminuyendo las vibraciones de las barras durante



Explorador Gamma para Control del Enriquecimiento del óxido de Uranio. (Fábrica de Juzbado).

su introducción en el esqueleto y controlando los esfuerzos durante la carga.

Inspección de contorno PWR

Este sistema se ha equipado con la última generación de PLC's CNC's, sin elementos de control electromecánico, además de software de control SCADA en el ordenador local y comunicación con el ordenador central, para la transferencia de ordenes de trabajo y procedimientos de inspección por cada tipo de combustible.

Fabricación de elementos combustibles BWR

Este equipo garantiza la calidad y fiabilidad en el manejo e introducción de barras para el montaje del Elemento Combustible BWR. El equipo incorpora un avanzado PLC, así como controles de posición por CNC, programa de trabajo sobre WINDOWS, pantalla táctil para diálogo interactivo con el operador, ordenador local, capacidad de identificación de cada barra, posicionado automático de las barras en 3 coordenadas y capacidad de carga automática para diferentes longitudes de barra. El equipo está conectado con el sistema informático central, estableciéndose una comunicación para el control del estado de las barras a procesar y su registro.

PLANTAS PILOTO

Para las actividades de desarrollo de nuevos procesos y el estudio de nuevos productos, se han instalado 2 nuevas plantas piloto; una para fabricación de pastillas y otra para soldadura de barras e inspección por ultrasonidos.

Mediante estas plantas piloto, ENUSA puede realizar actividades de investigación y desarrollo en sus procesos y productos, sin interferir en las actividades de fabricación.

MANEJO AUTOMÁTICO DE BARRAS

ENUSA está desarrollando y poniendo en servicio gradualmente un sistema para el manejo automático de barras que ha permitido aumentar la calidad de las barras.

Este sistema sigue manteniendo el manejo de barras mediante bandejas. Las barras se transportan de una estación a otra en 3 tipos diferentes de bandejas, realizándose automáticamente la carga y descarga de las barras de los 3 diferentes tipos.

En este año se está procediendo a la reimplantación de los equipos en el Área Mecánica, para que en los próximos años se pueda acometer el manejo automático de barras mediante transporte continuo horizontal, con entrada y salida automática a los equipos y sin utilización de bandejas transportadoras.

Esta reimplantación de equipos, además de posibilitar el manejo automático de barras, permitirá la mejora y simplificación del movimiento de los componentes mecánicos, barras, esqueletos y elementos combustibles en el área.

SISTEMAS INFORMÁTICOS

En estos años ENUSA ha desarrollado su propio sistema informático de control. ENUSA ha adoptado un sistema que unifica su utilización para combustible, tanto PWR como BWR. El proyecto PATMAN (Proyecto de Automatización de la Trazabilidad y control del Material Nuclear) gestiona la fabricación desde la recepción del Óxido de Uranio y diferentes componentes, hasta el envío del Elemento Combustible.

El proyecto recoge y gestiona, en tiempo real, la información generada en todos los puestos de trabajo de la Fábrica donde se maneja material nuclear o componentes, controlándose en cada fase del proceso que el producto está liberado de las etapas de fabricación anteriores. Dependiendo de los programas, el sistema gestiona estos datos según las diferentes necesidades, tales como:

- Control de Material Nuclear
- Salvaguardias
- Control de la producción
- Control de la Calidad de pastillas barras y Elementos Combustibles
- Control de Recepción de polvo de UO_2 y componentes
- Trazabilidad
- Documentación de envío
- Gestión de trazabilidad de componentes
- Control y trazabilidad de calibres e instrumentos de control

Una de las aplicaciones del programa informático es la información periódica a enviar a EURATOM. Esta información se suministra una hora después de ser solicitada. Juzbado ha sido la primera fábrica europea capaz de enviar la información por línea telefónica utilizando un programa JIP compatible desarrollado por EURATOM.

Entre otras ventajas, el sistema PATMAN permite la reducción del inventario y preinventario, la transmisión de datos al instante de las oficinas técnicas al taller, el seguimiento en tiempo real del proceso de fabricación e inspección, tanto desde la Fábrica de Juzbado como desde las oficinas de ingeniería en Madrid y envío de listas de planos, especificaciones y materiales desde Madrid a Juzbado.

PROYECTO GADOLINIO

ENUSA está llevando a cabo la instalación de una nueva línea para la fabricación de barras de gadolinio. En el momento actual se ha realizado y completado la tramitación de las autorizaciones requeridas, se ha llevado a cabo la obra civil necesaria dentro del edificio principal de fabricación y finalizado la instalación de los sistemas de seguridad, habiéndose iniciado el montaje de los equipos de fabricación.

Las instalaciones para la fabricación de barras de gadolinio se localizan en un área de nueva construcción, dentro de la nave principal de fabricación, con acceso de materiales y personas totalmente independientes del resto de las áreas de fabricación cerámica. El proyecto fue iniciado a principios del año 1992 y se completará al final del año en curso, estando previsto iniciar la fabricación de barras a principio del año 1995.

La planta de fabricación de barras de gadolinio procesará polvo de óxido de uranio ADU o IDR y fabricará barras de combustible PWR o BWR, así mismo incorpora todas las mejoras realizadas en estos últimos años en la Fábrica de Juzbado, tanto en sus sistemas y procesos, como en sus equipos.

Esta nueva línea incluye todos los procesos de fabricación necesarios, desde la recepción de polvo de óxido de uranio, y de gadolinio, hasta la presurización y sellado final de las barras combustibles.

En la planta se localiza también un área de clasificación y embidonado de residuos generados en el proceso de fabricación, con objeto de independizar el tratamiento de residuos del área cerámica de UO_2 .

Como parte de la fabricación de barras de gadolinio, se incluyen los equipos de ensayo no destructivo relativos al control de contenido y homogeneidad del óxido de gadolinio en polvo, así como la inspección final de barras terminadas en cuanto al enriquecimiento, contenido y distribución del gadolinio. Para estos propósitos se instalará un equipo de fluorescencia de Rayos-X y un Scanner magnético y pasivo.

Con objeto de mantener una total independencia entre las áreas de fabricación cerámica de UO_2 y de Gd_2O_3 , la nueva planta ha sido diseñada con servicios independientes.

Disponiendo de sala de máquinas, instalaciones de ventilación y aire acondicionado, vestuarios propios, y definiéndose un movimiento de materiales, que garantiza la imposibilidad de retorno hacia el área de UO_2 .

FORMACIÓN DE PERSONAL

La continua innovación en equipos,

junto a los requisitos de una operación segura de la instalación y de calidad del producto, requiere de un importante esfuerzo sostenido en formación de personal. ENUSA presta una gran importancia a esta actividad dedicando un 3% de las horas productivas actuales a esta actividad.

Las áreas formativas para personal no titulado que mayor atención han recibido en los últimos años han sido:

- Seguridad nuclear, convencional y protección radiológica.
- Garantía de calidad en el puesto de trabajo.
- Aplicación de técnicas estadísticas.
- Utilización de herramientas informáticas.
- Técnicas avanzadas de ensayos no destructivos.
- Reciclaje continuo en inspección visual, dimensional y radiográfica.
- Mecánica, electricidad, automatismo, neumática.
- Programación de PLC's.

RESUMEN

Esta modernización de sistemas, procesos y equipos en la Fábrica de Juzbado, está permitiendo suministrar los productos más avanzados tecnológicamente, tales como:

17x17 AEF, con cabezal superior desmontable, rejilla de Zircaloy (baja caída de presión) rejilla inferior anti-debris, pastillas de porosidad controlada con o sin rejillas mezcladoras (IFM) y tubos con longitudes de 12 a 14 pies.

14x14 LO-LOPAR y 15x15, que incorporan todas las ventajas del 17x17 AEF.

GE-11, con matriz 9x9, tubos barrier o non-barrier, classic o triclad, diferentes zonas axiales de gadolinio, diferentes zonas de enriquecimiento axial, cabezal inferior anti-debris y barras de longitud parcial.

GE-12, con matriz 10x10, e incorporando las ventajas del GE-11.

ENUSA, en la actualidad, suministra combustible, además de en el mercado español, en Francia, Bélgica, Suecia y Alemania. Participa en proyectos de investigación y desarrollo de fabricación y diseño de combustible, mereciendo destacar por su complejidad el proyecto de barras segmentadas, que pretende estudiar el comportamiento de aleaciones de circonio, distintos tipos de diseño de pastillas y diferentes procesos de fabricación de polvo de UO_2 .