



Cadena logística en la fábrica de elementos combustibles de Juzbado

The paper describes the logistics and the supply chain in the Juzbado Nuclear Fuel Manufacturing Plant, located in Juzbado in the province of Salamanca. In the article are described the principal elements in the supply chain and the difficulties of its management derived from the short period for the manufacturing of the nuclear fuel. It's also given a view in relation to the transportation by land and sea of the nuclear components, uranium oxide powder and the manufactured fuel. The characteristics of the supply chain are determined by the plant production forecast, by the origin and high technology of the raw materials and by nuclear fuel delivery site locations.

El artículo describe el alcance de la logística y de la Supply Chain en la fábrica de elementos combustibles de ENUSA Industrias Avanzadas, S.A., situada en Juzbado en la provincia de Salamanca. Se relacionan los principales elementos de la cadena de suministro y la problemática de su gestión en relación con los cortos tiempos de la fabricación del combustible. También se da una visión de los transportes terrestres y marítimos tanto para los componentes, como para el uranio y para el transporte de los elementos combustibles fabricados a las centrales nucleares. Las características de la Supply Chain en la fábrica de Juzbado están determinadas por su volumen de fabricación y por los compromisos de fechas de entrega, por los orígenes y tipo de las materias primas y por el destino de los productos fabricados.

INTRODUCCIÓN

ENUSA Industrias Avanzadas S.A., en su fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado (SALAMANCA), fabrica combustible para centrales nucleares de agua ligera en dos tecnologías diferentes, PWR y BWR, en función de sus licencias tecnológicas con Westinghouse Electric Co y con Global Nuclear Fuel respectivamente. Además, a partir de un acuerdo específico con Springfields Fuel Ltd, fabrica también combustible VVER de diseño ruso.

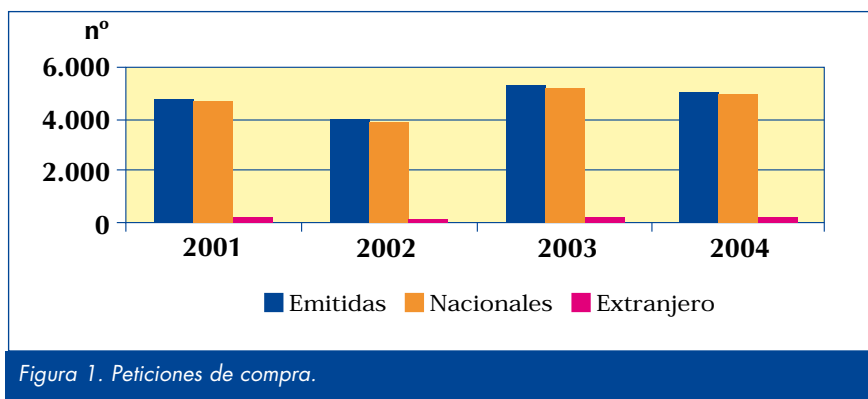
En consecuencia su actividad está relacionada con tres tecnologías diferentes, de características particulares, aunque todas dentro del ámbito y exigencia de calidad de la industria nuclear occidental. De esta situación se deriva que muchos de los complejos componentes utilizados para la fabricación del combustible tienen orígenes diversos, fuera de España, en los países de los licenciadores o en otros dentro de la órbita de influencia de los mismos.

Los clientes de la fábrica de Juzbado, se localizan y, en consecuencia, sus productos tienen que ser distribuidos

prácticamente en todos los países de Europa donde existe industria nuclear: España, Bélgica, Francia, Suecia, Alemania, Finlandia, etc..

La propuesta de valor de ENUSA se basa en ofrecer una altísima fiabilidad en sus productos a un coste competitivo para las tres tecnologías. Esto se consigue mediante unos procesos flexibles y optimizados y tareas de control sistemáticas y estrictas. Para ello se emplea una tecnología punta con medios modernos de fabricación y de control de calidad, así como apoyada en un compromiso de mejora continua y de innovación, basados en su certificación ISO-9001, en el modelo europeo EFQM y en la herramienta 6-sigma de mejora continua.

La Fábrica de Combustible de Juzbado con una plantilla de más de 300 empleados fijos trabajando a tres turnos diarios y con las características específicas de una instalación nuclear, necesita mantener en operación continua una serie de servicios e instalaciones, así como sistemas de seguridad para garantizar aquellos parámetros que afectan a la Protección Física, a la Seguridad Nuclear y a la Protección Radiológica.



SUMINISTROS GENERALES DE LA INSTALACION

La energía eléctrica es suministrada a la fábrica desde una subestación de distribución situada a la salida de Salamanca, cerca del pueblo de Villamayor, desde donde parte una línea de distribución de energía eléctrica a 44 kV. Esta línea fue instalada en su momento para el suministro exclusivo de

energía a la fábrica de Juzbado y sobre la misma ENUSA mantiene una reserva de potencia de 8.000 KVA. La fábrica, adicionalmente, tiene otro suministro de energía eléctrica por otra línea independiente para una captación de aguas de riego en el río Tormes. Se dispone por supuesto de elementos auxiliares para hacer frente a situaciones de corte de suministro de energía eléctrica por medio de baterías y sistemas de ali-

mentación ininterrumpida, así como de un Grupo Electrónico de potencia y de bombas diesel para el suministro de agua contra-incendios y de refrigeración de los hornos de sinterizado.

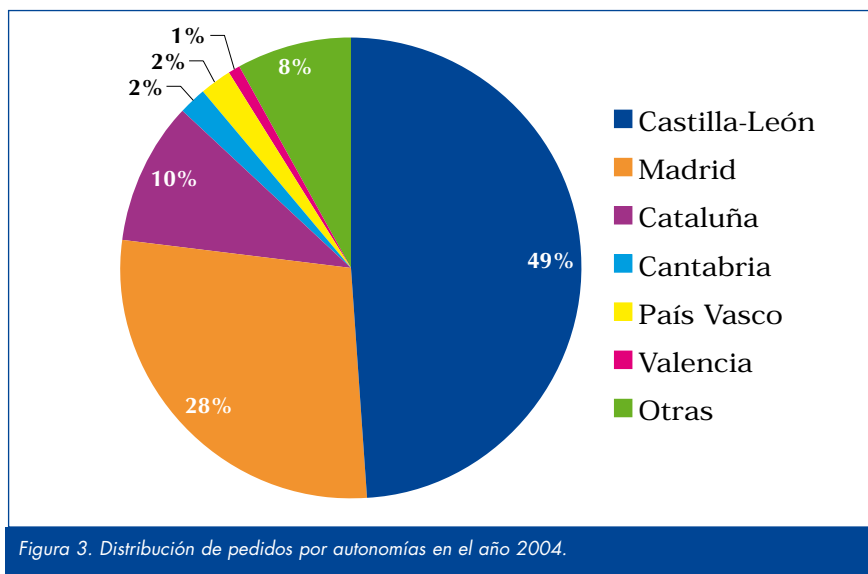
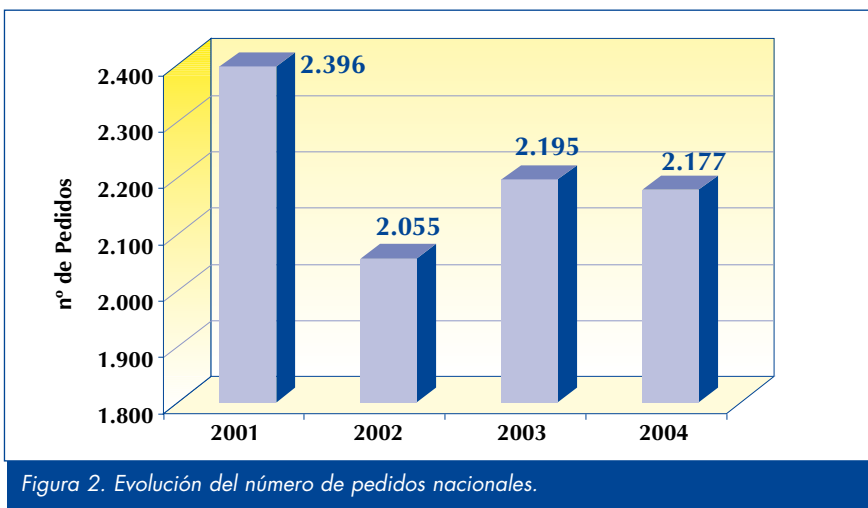
Desde Salamanca y Valladolid se recibe de manera regular el suministro de combustible en forma de propano, gas-oil y fuel-oil.

Existen suministros diarios de paquetería diversa que proporcionan sobre todo los materiales consumibles al Almacén General. La mayor parte de estos consumibles se suministran desde Salamanca.

Los suministros que se reciben en la fábrica pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Suministro de servicios para la operación de planta: limpieza, transportes, jardinería, protección física, mantenimiento contratado, etc.. etc
- Suministro de energía: electricidad, propano, fuel-oil, gas-oil, etc..
- Suministro de componentes y consumibles: papel, productos sanitarios, material para impresión, componentes eléctricos y electrónicos, productos químicos, vestuario, taladrina, punzones y matrices de prensas, componentes mecánicos, componentes de automatización, etc.
- Suministro de materiales auxiliares para la fabricación: hidrógeno, nitrógeno, helio, argón, formador de poros, lubricante, acetona, alcohol,
- Suministro de componentes mecánicos del combustible: barra de zircaloy, cabezales, tubos, rejillas, tornillos, tuercas, etc....
- Suministro de materias primas: polvo de óxido de uranio enriquecido, polvo de óxido de gadolinio, barra de zircaloy, etc..

Los gráficos 1, 2 y 3, dan una idea de la actividad de compras en relación con los suministros generales de la instalación.



ORGANIZACIÓN LOGÍSTICA EN LA FÁBRICA DE JUZBADO

La Cadena Logística (*supply chain*) en la Fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado se gestiona a través de cuatro grupos funcionales:

- Planificación y Gestión de Stocks de Uranio (PYGU)
- Tráfico y Conversión (TYC)
- Compras y Componentes (CYC)
- Administración y Aduana (AYA)

• **PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE STOCKS DE URANIO**, se ocupa de la programación de la fabricación a medio y largo plazo, en función de las

condiciones de contorno que establecen los contratos existentes de fabricación de combustible, de suministro de componentes, de la conversión de UF₆ a UO₂ así como de las fechas de puesta a disposición del material nuclear por los clientes. Adicionalmente gestiona el stock de uranio enriquecido propiedad de la Dirección de Combustible de ENUSA optimizando el uso del mismo de cara a obtener la máxima flexibilidad con la menor existencia en stock. Así mismo, pone a disposición de fabricación el uranio entregado por los clientes, realizando el balance final en función del contenido cargado en los elementos combustibles. Esta organización es también el lazo de unión e interfase con los clientes.

- **TRÁFICO Y CONVERSIÓN** se encarga de las actividades de transporte, licenciamiento, autorizaciones, adquisición y mantenimiento de los contenedores de transporte, gestión de los seguros relacionados con el transporte nuclear y es el administrador de los contratos de conversión de UF₆ a UO₂.

- **COMPRAS Y COMPONENTES** es responsable de las compras de todos los elementos y servicios necesarios para la actividad de la fábrica, incluyendo los componentes para la fabricación del combustible, así como de la adquisición y transporte de los mismos y, en consecuencia, es también el administrador responsable de los contratos de suministro de componentes y servicios. Este grupo gestiona también los almacenes de fábrica.

- **ADMINISTRACIÓN Y ADUANA** es responsable de la gestión económica de la fábrica en cuanto a pagos, control contable y emisión de datos económicos, responsabilidades fiscales y tributarias y, adicionalmente, es el administrador de la aduana de importación localizada en la fábrica.

SUPPLY CHAIN (CADENA LOGÍSTICA) EN LA FABRICACIÓN DEL COMBUSTIBLE

Las complejas alianzas en las que Enusa participa para comercializar los elementos combustibles que fabrica, tienden a satisfacer una demanda creciente por parte de los clientes de un servicio tipo "one stop shopping" para la gestión de sus plantas de generación nuclear. Esto implica tratar de ofrecer un *front-end* único desde el cual se gestione:

- **Aprovisionamiento:** se libere al cliente de la preocupación de obtener un suministro fiable de Uranio en bruto.

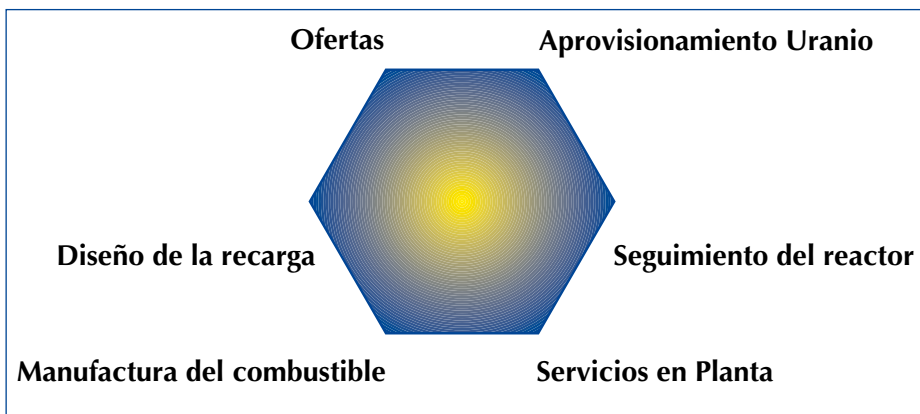


Figura 4.

- **Fabricación:** se ofrezca la gestión de la transformación del uranio en bruto en polvo de dióxido de Uranio enriquecido y la fabricación de los elementos combustibles.

- **Servicios de Ingeniería:** se realice el diseño de las recargas, los servicios de ingeniería del núcleo y el seguimiento de la operación del reactor.

- **Servicios al Combustible:** se lleve a cabo el mantenimiento del combustible desde el movimiento a la recepción, la carga en el reactor, la inspección y la reparación si es necesario.

De esta manera, el manejo de la cadena de suministro del combustible nuclear incluye diversos *stakeholders* que traspasan las barreras departamentales e incluso corporativas. (gráfico 4).

Esta tendencia en el servicio al cliente se ha visto acelerada por mejoras significativas en el diseño y la fabricación de elementos combustibles que acortan el tiempo de ciclo total y que realmente hacen viable una propuesta de valor como la comentada. Se pasa de esta manera de un modelo de negocio enfocado en optimizar los procesos para satisfacer necesidades u objetivos locales a otro que, avanzando en los modelos del *Supply Chain* convencional trata de maximizar el valor añadido global ofreciendo una visión realmente integrada de la logística implicada.

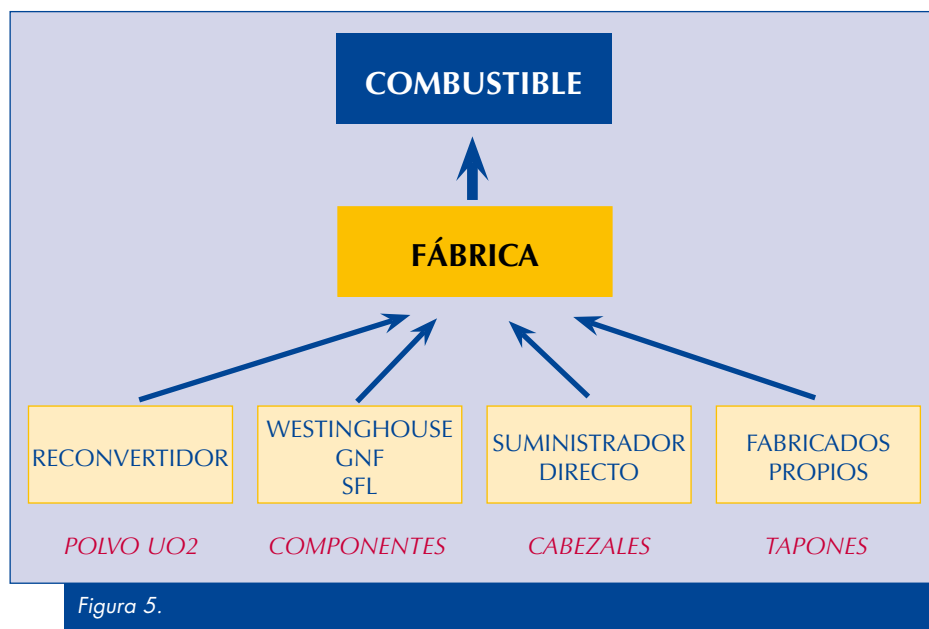
Los stocks en la fábrica de Juzbado son mínimos en relación con el producto fabricado. Dado el alto coste tanto de los componentes del combustible como del uranio enriquecido, y teniendo en cuenta que se fabrica contra pedido (*just in time*) con una programación muy controlada, prácticamente los materiales se reciben, procesan, embalan y expiden en un flujo continuo, sin interrupciones, desde la llegada a la expedición del producto acabado, tratando de mantener la tensión a lo largo del proceso. La programación se realiza de manera

que exista un adelanto en la llegada de las materias primas, equivalentes a una semana de actividad, al objeto de garantizar la continuidad de la actividad productiva frente a incidencias imprevistas en el transporte y la recepción.

Los stocks de materias primas y de producto no existen y la programación conduce al ejercicio máximo del modelo *just in time*, de manera que las materias primas llegan, se reciben, pasan a la línea, se montan y se expiden sin solución de continuidad. Bajo este modelo la gestión de almacenes queda eliminada y, únicamente, como previsión frente a contingencias de mayor nivel, se mantiene un stock propio de componentes de barras y de uranio enriquecido, correspondiente a aquellos diseños más frecuentes para, en caso de una contingencia de mayor nivel, derivar la capacidad productiva a fabricar un producto intermedio, estándar (barras combustible), que en este caso si se almacena para su aplicación en recargas posteriores.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TRAZABILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Enusa tiene desarrollada una plataforma B2B (red interna y de acceso por clientes y proveedores) integrada en su ERP (tecnología Navision) e interrelacionada con su sistema de mejora continua (6-sigma) con la que ya gestiona su proceso de *Supply Chain*. Con esta plataforma se obtiene una mayor coordinación entre ENUSA, sus proveedores (evolución de los pedidos, no conformidades, índice de defectos detectados por Enusa, etc.) y sus clientes (especificaciones técnicas de fabricación, documentación de los procesos de control y estado del pedido). En esta industria la información tiene un especial matiz de confidencialidad, por lo que el sistema muestra a cada nivel de usuario sólo la información que le resulta relevante pa-



ra la gestión de su parcela del *Supply Chain*.

Enusa tiene implantado un sistema interno de información, de *work-flow* y de archivo electrónico muy desarrollado. Todos los datos relativos a insumos (entradas), tareas, y *outputs* de cada etapa del sistema operativo son registrados en un potente data warehouse garantizando la perfecta trazabilidad del *workflow* de forma que se puede conocer en tiempo real las existencias, la localización de las mismas, su estado de recepción y aceptación, el proveedor y el lote de los mismos, etc..

La tendencia actual es identificar de manera unitaria todos los componentes mediante sistemas de identificación fijos por códigos de barras que permitan realizar una trazabilidad ya durante la fabricación del componente. Este caso es típico, por ejemplo, en los tubos combustibles que se identifican por código de barras grabado por láser ya en las primeras etapas de la fabricación del tubo, manteniéndose la misma identificación durante la fabricación del combustible.

La trazabilidad junto con la información de calidad dada por los índices 6-sigma, tiene importantes implicaciones:

- en el proceso de control (permite proporcionar un producto de elevada fiabilidad).
- en la innovación (permite la mejora continua y asegurar unas relaciones a largo plazo con los clientes que reconocen la contribución de ENUSA a la mejora de la rentabilidad en la explotación de sus centrales).
- en el servicio postventa (permite proporcionar una rápida respuesta ante

cualquier contingencia con información traceable desde la fabricación del componente).

RELACIONES CON PROVEEDORES

ENUSA fabrica elementos combustibles dentro de contratos marco con sus clientes (de una duración que oscila de entre 3 a 5 años). El número de centrales nucleares a las que se suministran elementos combustibles es fijo y el esquema de recarga básicamente conocido. En la Unión Europea, con la excepción de Finlandia y Francia, no existen planes por el momento de construir nuevas centrales (en todo caso se tardaría mas de 5 años en construir una nueva central), se trabaja por lo tanto con una demanda conocida a medio plazo. La demanda es, en consecuencia, normalmente determinista y dependiente. No obstante, parte de la ventaja competitiva se basa en la aceptación de pedidos pequeños de diseños particulares, fuera del esquema normal de las recargas previstas, que otros productores no pueden cubrir por su falta de flexibilidad.

Se trabaja por lo tanto bajo pedido, *just in time*, con cierto nivel de capacidad ociosa y con un nivel de stock 0, ya que tanto el UO_2 como los componentes mecánicos son suministrados, normalmente, por un socio especializado de forma *just in time*. Esta forma de aprovisionamiento es posible gracias a que tanto los procesos de conformidad, como los de fabricación son lo suficientemente flexibles como para adecuarse a las diferentes especificaciones. Debido al alto coste de los componentes y del polvo de uranio es-

ta forma de aprovisionamiento debe garantizar la disponibilidad en el momento del inicio de la fabricación.

Enusa recibe el UO_2 en depósito de sus clientes, acopia los componentes, suministra los elementos combustibles ensamblados y factura por el coste de estos últimos y por el valor añadido. El hecho de integrar a los proveedores en un modelo de relación estable y fidelizada permite en este caso limitar las necesidades financieras mediante la fabricación *just in time* y en el mínimo tiempo. Esto permite, a su vez, liberar recursos y centrar los esfuerzos de inversión en investigación, maquinaria e instrumentación de control de calidad, que proporcionan una flexibilidad máxima y el altísimo grado de conformidad a especificaciones demandado: en resumen, permite dedicar los recursos a aquella actividad fuente de la ventaja competitiva.

MATERIALES Y COMPONENTES AUXILIARES DEL COMBUSTIBLE

La fabricación de elementos combustibles de agua ligera se realiza en tres subprocesos principales:

- fabricación de pastillas (mezclado-preprensado -granulado- homogeneizado- prensado- sinterizado y rectificado),
- fabricación de barras (primera soldadura de tapón inferior a tubo- carga de pastillas en barras- segunda soldadura de tapón superior a tubo cargado- presurización con helio- sellado de orificio de presurización),
- montaje de esqueleto (formación mecánica del esqueleto en diseños PWR y VVER) y montaje final (carga de barras en el esqueleto en diseños PWR y VVER) y formación del elemento combustible en diseños BWR).

Las operaciones antes descritas requieren la aportación de algunos elementos auxiliares a los suministros básicos de óxido de uranio enriquecido y componentes metálicos del combustible. Entre estos elementos auxiliares, sometidos a las mismas exigencias de calidad nuclear que los componentes básicos, pueden citarse:

- Hidrógeno gas, para formar la atmósfera reductora de los hornos de sinterizado.
- Nitrógeno gas, que se mezcla con el hidrógeno en una pequeña proporción en la atmósfera reductora de los hornos de sinterizado. El nitrógeno se utiliza también para desenergizar las líneas de hidrógeno y propano en situaciones de incidente o parada de la instalación así como para evitar la oxidación del UO_2 en las mezcladoras.
- Helio gas, para la presurización in-

terna de las barras combustibles.

- Argón gas, utilizado en algunos casos para facilitar el arranque del arco en las cámaras de soldadura TIG de tubo a tapón.
- Acrawax en polvo, para lubricación de la prensa de alta densidad en la fabricación de pastillas.
- AZB o Conpor en polvo, que se mezcla con el polvo de UO₂ para que actúe como formador de poros durante el sinterizado.
- Polvo de Óxido de Gadolinio (Gd₂O₃) en polvo, material absorbedor de neutrones que se mezcla con el polvo de UO₂ en las pastillas mezcla de óxido de uranio y óxido de gadolinio.

Todos estos materiales se reciben de suministradores nacionales a excepción del Conpor y del Óxido de Gadolinio.

El Hidrógeno se almacenan en depósitos en la fábrica, dos para el hidrógeno y uno para el nitrógeno, éste último almacenado en forma líquida. El Helio y Argón se suministran en racks de botellas intercambiables en función del consumo.

El consumo de gases no es significativo en cuanto a su volumen anual, a excepción del gas hidrógeno del que se consumen del orden de 250.000 m³ al año, lo que supone un transporte de una cisterna semanal para la recarga de los depósitos fijos. Este suministro se realiza desde Santander existiendo una alternativa de suministro desde Puertollano, que se ha utilizado en los meses de invierno en caso de dificultades de acceso a la meseta desde Santander por circunstancias meteorológicas adversas.

El Acrawax, AZB, Conpor u Óxido de Gadolinio tienen un consumo no significativo del orden de 1.000 a 1.200 Kg. al año. El Acrawax y el AZB se suministran desde laboratorios localizados en Cataluña. El Conpor se suministra desde Inglaterra y el Óxido de Gadolinio desde Francia. Siempre existe un pequeño stock de estos aditivos de garantía en la fábrica y, si por alguna causa poco probable se produce algún problema más grave de suministro, siempre existe una solución alternativa a partir de los stocks de Westinghouse y GNF.

COMPONENTES METÁLICOS DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES

Muchos de los componentes provienen de proveedores de segundo y tercer nivel con los que Enusa no tiene una relación directa.

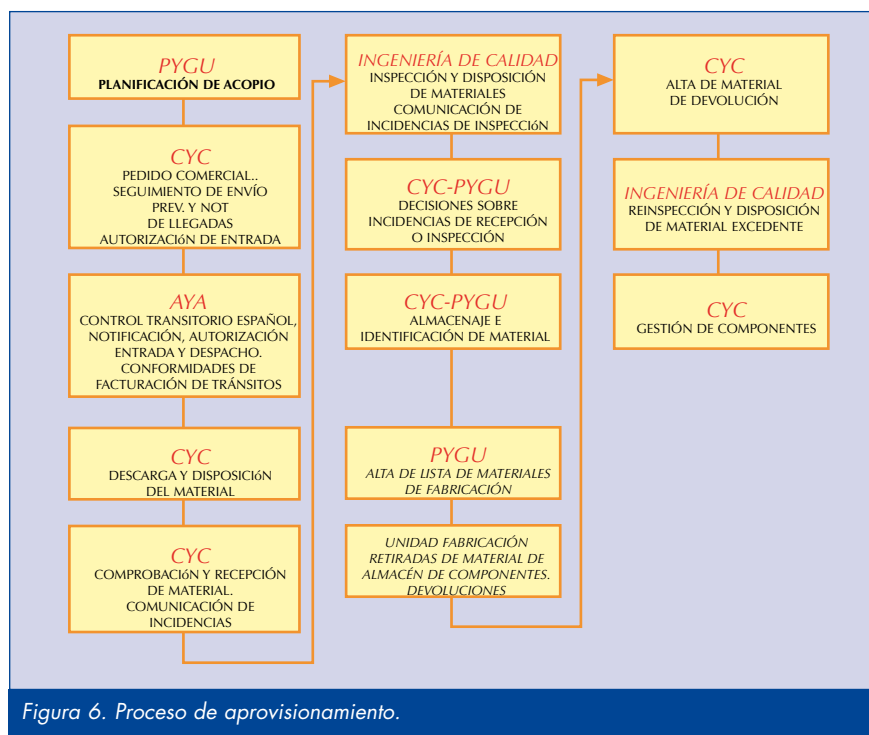


Figura 6. Proceso de aprovisionamiento.

Los componentes metálicos de los elementos combustibles, fabricados en compuestos de Zircaloy, Inconel o Aceros Inoxidable especiales, se suministran en general, dada la tecnología específica en su desarrollo y fabricación, por fabricantes de los Estados Unidos y de países europeos por intermediación de los licenciadores principales, Westinghouse, GNF, y de SFL.

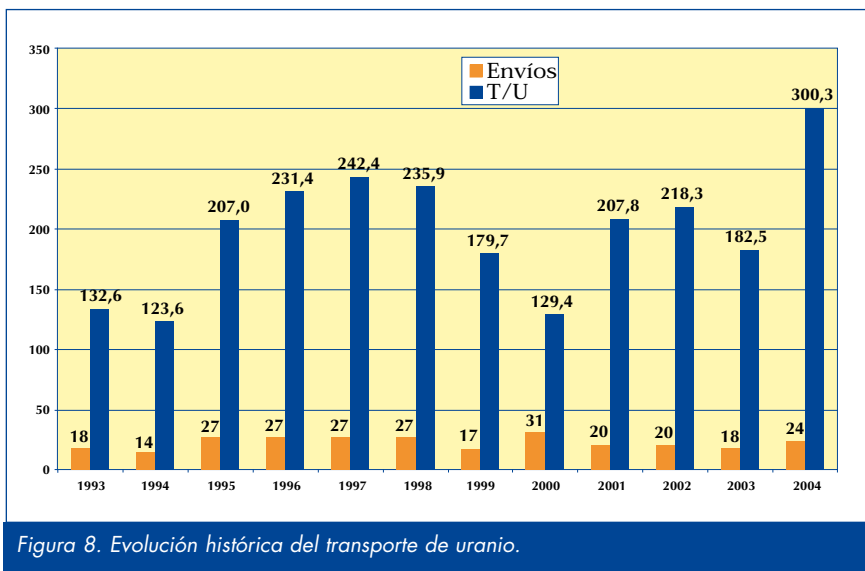
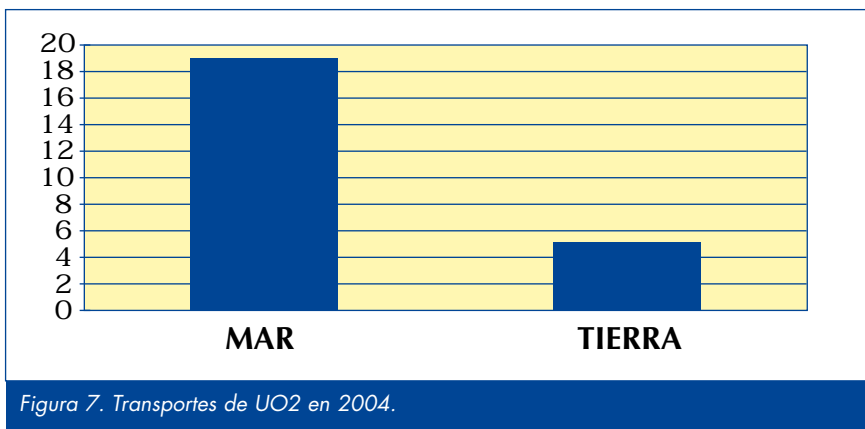
Dichos fabricantes producen de acuerdo a especificaciones impuestas y muy rigurosas, sin embargo, al estar poco integrados dentro del Supply Chain, ENUSA se ve obligada a verificar en la recepción la calidad de los materiales mediante diversos métodos de inspección no destructiva e inspección dimensional y visual. Esta situación está cambiando y se manifiesta ya de manera diferente para el caso de las toberas o cabezales terminales del combustible, tanto PWR como BWR, para cuyo suministro ENUSA contrata y mantiene relación directa con proveedores nacionales, con los cuales sí que existe un programa de desarrollo y de suministro establecido. De esta forma, se disminuyen las inspecciones en recepción acortando, en este caso, el plazo de fabricación. Por otra parte, en la propia fábrica de Juzbado, se fabrican algunos componentes específicos, tales como los tapones de la barra combustible, a partir de barra de zircaloy. Esta fabricación supone que ENUSA es también suministrador del propio Supply Chain, en un suministro propio de componentes desarrollándose así una relación particular: -Suministro Interno-Almacén-

Fabricación del Producto-, diferenciada del resto del Supply Chain.

La figura 6 describe el proceso de aprovisionamiento.

La complejidad y el coste de estos componentes y su plazo de fabricación relativamente largo obligan a una planificación de necesidades de suministro por un periodo de dos años. Adicionalmente, proyecto a proyecto, se concreta el suministro con un tiempo de antelación del orden de 6 meses antes de la entrega. Las entregas de combustible a central están definidas y son inamovibles, por lo tanto, la coordinación con los suministradores a través de las diferentes herramientas de gestión (ERP, B2B, 6-SIGMA) es esencial. El flujo de fabricación debe ser constante y a nivel de máxima capacidad de producción, en consecuencia, la recepción de los componentes en las fechas previstas es condición para el mantenimiento de los objetivos de producción y de los compromisos de entrega y cualquier incidencia tiene que ser solucionada mediante una reserva de capacidad de fabricación.

Los envíos de componentes desde EEUU y Gran Bretaña se hacen generalmente por mar. Como norma general, los componentes se transportan en dos envíos marítimos, ligeramente desplazados en el tiempo, correspondientes a los componentes de barras (tubos combustible, tubos guías y muelles), el primero, y a los componentes de esqueleto (rejillas, tornillos y cabezales) el segundo. La fecha de llegada debe contemplar las tareas de inspección de recepción previas a la disposición para



fabricación. Dada la complejidad de la fabricación de este tipo de componentes, en muchas ocasiones es necesario acudir a envíos excepcionales por avión al objeto de solucionar problemas de retrasos en suministro.

CONVERSIÓN DE UF6 A UO2

Una parte muy significativa del *Supply Chain*, probablemente la más compleja, corresponde a la fase de segunda conversión del UF6 enriquecido, entregado por los clientes, a polvo de UO2 para su procesamiento en Juzbado. La dificultad de la gestión del suministro de conversión se deriva de varias circunstancias:

- Coste de la materia prima con plazos estrictos de puesta a disposición.
- El proceso de reconversión se realiza por suministradores extranjeros con lo que es necesario coordinar los programas de fabricación de dos plantas situadas en diferentes países.
- El transporte, que incluye transporte marítimo, entre el convertidor y la fábrica de Juzbado introduce un factor

de incertidumbre muy importante.

Este suministro se realiza a través de contratos de reconversión específicos con suministradores localizados en países extranjeros con los que ENUSA tiene una relación directa. La relación con este tipo de suministradores supone un hecho diferenciador y singular en el concepto general del *Supply Chain* si consideramos que ambos procesos de reconversión y de fabricación del combustible deben integrarse en una actividad única. En realidad es necesario conseguir una íntima unión entre dos procesos separados por un océano.

En la práctica se realiza un transporte de UO2 de entre 12 y 18 toneladas cada 15 días y tanto la planta de reconversión como la fábrica de Juzbado deben tener una capacidad y un margen de reacción suficiente, así como una comunicación continua y fluida para sincronizar su actividad, realizar una planificación con un plazo de previsión adecuado, tomar acciones con rapidez, y disponer además de un *buffer* de reserva de recursos para hacer frente a imprevistos.

El suministro de polvo, a diferencia

del suministro de la mayoría de componentes, se realiza en relación directa con el proveedor con el que también existen programas conjuntos de mejora y de optimización con objetivos de *6-sigma* y *lean manufacturing*. De esta forma se elimina la inspección a la recepción. En cualquier caso, el UO2 que llega a la fábrica no puede utilizarse de manera inmediata sino que requiere un periodo de 2 a 3 días para su liberación, debido a los análisis pertinentes para confirmar sus parámetros críticos que permitan su manipulación desde el punto de vista de los requisitos de Seguridad Nuclear de la instalación.

Como garantía y buffer de capacidad de materias primas se programa la conversión de manera a disponer en la fábrica de polvo con una semana de antelación al momento de su entrada a proceso de esta manera se garantiza el funcionamiento de las líneas en el modelo denominado de FLUJO TENSO. Adicionalmente, ENUSA utiliza su propio stock de uranio utilizado como *"working inventory"* de cara a permitir una mayor flexibilidad en cuanto a la compensación y recuperación de los rechazos de fabricación para los que los clientes no proporcionan material nuclear.

TRANSPORTE DE POLVO DE UO2 A LA FABRICA DE JUZBADO

El transporte de UO2 se realiza en bultos certificados según normas de la Agencia Internacional de la Energía Atómica y licenciados en diferentes países, tanto de expedición como de tránsito y destino, de acuerdo con los requisitos de los Organismos Reguladores de cada país afectado. Adicionalmente es necesario obtener la pertinente autorización en cada país para todos y cada uno de los transportes.

Los contenedores, por su parte, son costosos y su número limitado, factor también específico del *Supply Chain*, lo que obliga a una rotación máxima de los mismos garantizando su disponibilidad para mantener en funcionamiento el bucle de suministro: Empaquetado-Transporte-Recepción y Descarga-Devolución.

En el año 2004 se realizaron, por ejemplo, 24 transportes de UO2 con un total de 290 tU transportadas, con una distribución de 19 transportes por vía marítima y 5 por vía terrestre (figura 7).

El gráfico 8 recoge una evolución histórica de los transportes de uranio realizados a lo largo del tiempo en cuanto a número de transportes por año y toneladas de U transportadas.

TRANSPORTE DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES A LAS CENTRALES NUCLEARES

El transporte de combustible se realiza también en contenedores certificados sobre normas de la AIEA y sometidos a licenciamiento en cada país de tránsito o destino. Estos contenedores se certifican a partir de ensayos reales de simulación de condiciones de accidente y de rigurosos análisis de seguridad que justifiquen su comportamiento en esas condiciones.

Los transportes que ENUSA realiza cubren las entregas a todos los clientes dentro del ámbito europeo y suponen la ejecución de rutas de transporte por tierra, desde Juzbado a todas las centrales españolas y hacia el norte de Europa, y por mar para acceder principalmente a Finlandia y Suecia.

Los transportes se realizan cumpliendo una Hoja de Ruta específica y sobre los mismos se realiza un seguimiento por GPS desde diferentes puntos de control.

Los transportes se coordinan con cada central nuclear en función de la disponibilidad de contenedores de transporte y de los programas de descarga del com-

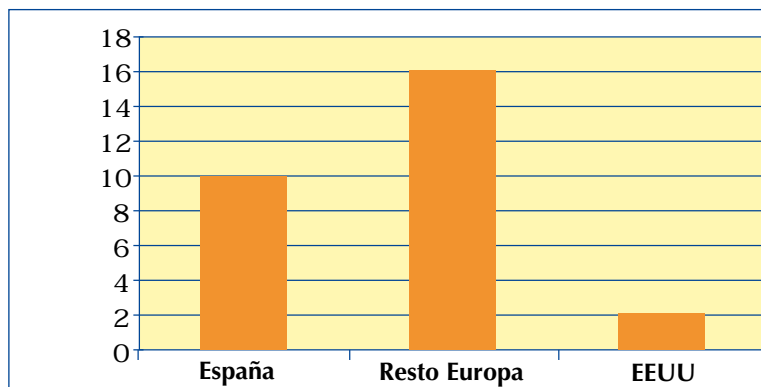


Figura 9. Transportes año 2004.

bustible fresco en central. En los últimos tiempos ENUSA está tomando la responsabilidad del movimiento de descarga del combustible fresco en las centrales españolas dentro de la filosofía del "one stop shopping", hecho este que facilita la coordinación de ambas actividades. Dado el alto coste de los contenedores de transporte de elementos combustibles y el número finito de unidades disponibles, en la mayoría de los casos no es posible realizar la entrega de una recarga en un solo envío lo que obliga a programar sucesivos envíos que necesitan el retorno de contenedo-

res vacíos de envíos anteriores. Este flujo de transporte se coordina con la propia capacidad de descarga en central de manera que los camiones lleguen al ritmo que puedan ser descargados evitando el almacenamiento del combustible sobre camión en la propia central.

El gráfico 9 muestra la distribución de los 28 envíos de combustible realizados en el año 2004.

El gráfico 10 recoge la evolución del número de elementos combustibles transportados a lo largo de los años distribuido por entregas nacionales y extranjeras.

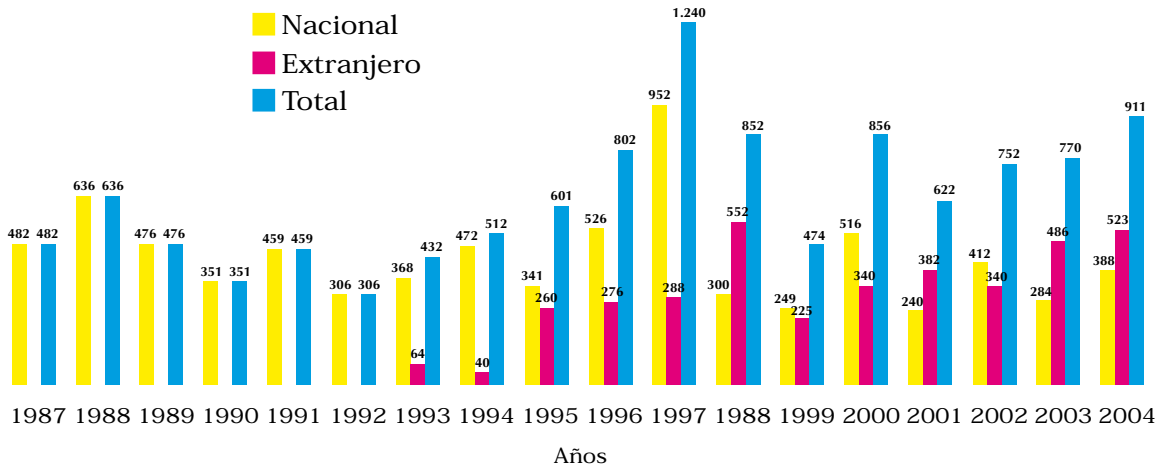


Figura 10. Número de Elementos Combustibles por año.



Marcos LUIS MERINO es Jefe de Compras y Componentes de la Fabrica de Juzgado, desde hace 4 años (Puesto actual). Jefe de Planificación Fabrica de Juzgado durante 1 año. Ingeniero Técnico Industrial. Entrenamiento en Estados Unidos en la fabrica de Westinghouse y General Electric en Ingeniería proceso cerámico. Ingeniero de proceso Cerámico fabrica de Elementos Combustibles de Juzgado durante 10 años.

Ingeniero de Desarrollo y Equipos durante 3 años. Contratado por General Electric en USA durante 4 meses, para trabajar en el desarrollo de un proceso de recuperación de residuos de (U,Gd)O₂.

Juan José VALLECILLO RODRÍGUEZ es Ingeniero Técnico de Telecomunicación titulado en el año 1970.

Del año 1970 a 1975 trabajó en una empresa francesa dedicada a la fabricación en España de maquinaria de obras públicas en el desarrollo de automatismos. En Noviembre de 1975 entró en ENUSA dedicándose al proyecto de la fábrica de Juzbado como responsable de las Instalaciones Eléctricas del mismo. Durante la construcción de la fábrica de Juzbado fue responsable por parte de la propiedad en la ejecución de las instalaciones eléctricas y mecánicas. Entre los años 1986 a 1987, con el inicio de las actividades de la fábrica, Jefe de Departamento de Ingeniería. De 1987 a 1998 Jefe del Departamento de Servicios Técnicos. De 1998 a 2001 Jefe de Seguridad. A partir del año 2001 Jefe de Logística y Suministros.

