



Terremotos y Centrales Nucleares

Proyecto Internacional
para la evaluación de
la seguridad sísmica
(pág 2).

En torno a la Fusión Nuclear (y 2)

Instalaciones radiológicas
para experimentación
(pág 12).

Nuevos Modelos de Gestión

El caso Artech: grupo industrial líder
en el sector eléctrico
(pág 22).





TERREMOTOS Y CENTRALES NUCLEARES

En las últimas dos décadas se han registrado fuertes terremotos en emplazamientos de centrales nucleares en operación de diferentes países.

Afortunadamente, los daños causados no han tenido consecuencias perjudiciales para la población, pues todas las instalaciones fueron diseñadas para soportar sismos de cierta magnitud y disponían de mecanismos de parada automática.

Pero a partir de estas experiencias, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha lanzado un proyecto internacional de revaluación de la seguridad sísmica que afectará al parque mundial de centrales en operación.

En el proyecto participan 42 organismos de 20 países. España está representada por el Consejo de Seguridad Nuclear e Idom.



La central nuclear de Kashiwazaki-Kariwa, en el Oeste de Japón, es la más grande del mundo, consta de siete reactores (R1-R7) y cuenta con una potencia eléctrica neta instalada de 8.000 MW. En el momento del terremoto operaban a potencia tres unidades, una iba a ser conectada a red y las otras tres estaban en recarga. Los dispositivos de vigilancia sísmica accionaron la parada automática de las unidades en operación.

¿Está creciendo la actividad sísmica?

En las últimas dos décadas se han registrado fuertes terremotos en emplazamientos de centrales nucleares en operación de diferentes países. Los casos más significativos son el terremoto de Spitak en Armenia (1988), que afectó al emplazamiento de una central con cuatro unidades; el terremoto de Muzaffarabad en Pakistán (2005), que impactó en la central nuclear de Chashma; los terremotos japoneses de Kobe (1995) y Chuetsu (2004); y el de Miyagi-Ken (2005), que alcanzó a la central nuclear de Onagawa. El terremoto de mayor relevancia para el sector nuclear tuvo lugar en 2007, en la región de Niigata

(Japón), cerca del emplazamiento de la Central de Kashiwazaki-Kariwa. Afortunadamente, los daños causados por estos terremotos en las centrales no han tenido consecuencias perjudiciales para la población del entorno, pues todas las instalaciones habían sido diseñadas para soportar sismos de cierta magnitud y disponían de mecanismos de parada automática.

La intensidad y fuerza devastadora de los terremotos en 2010 (Haití, Chile), la reactivación de antiguos volcanes, ha llevado a la opinión pública a preguntarse por el origen de este incremento de la actividad tectónica. Puesto que algunas hipótesis científicas relacionan las eyecciones de masa coronaria del

sol con la actividad sísmica de la tierra, el hecho de encontrarnos próximos a un máximo en el ciclo de actividad solar (2011) podría explicar el incremento de los terremotos observado. Más allá de las hipótesis, en los últimos años se ha comprobado un incremento de la actividad tectónica, lo cual se ha visto favorecido también por la proliferación de estaciones de registro sísmico en el mundo.

El terremoto de 2007 en Niigata

Todo esto, unido a que con motivo del terremoto de Niigata se detectaron deficiencias en la metodología de diseño sísmico en la central de Kashiwazaki-

Kariwa debidas principalmente a una falta de información del riesgo sísmico real, ha obligado a reevaluar los supuestos de diseño de las centrales nucleares del parque mundial. El terremoto de Niigata acaeció en la mañana del 16 de julio de 2007, fiesta nacional en Japón, tuvo una Magnitud Momento de 6,8, una duración del movimiento fuerte de 12 segundos y su causa fue la ruptura de una falla submarina cuyo hipocentro se encontraba a 9 km de la central nuclear de Kashiwazaki-Kariwa.

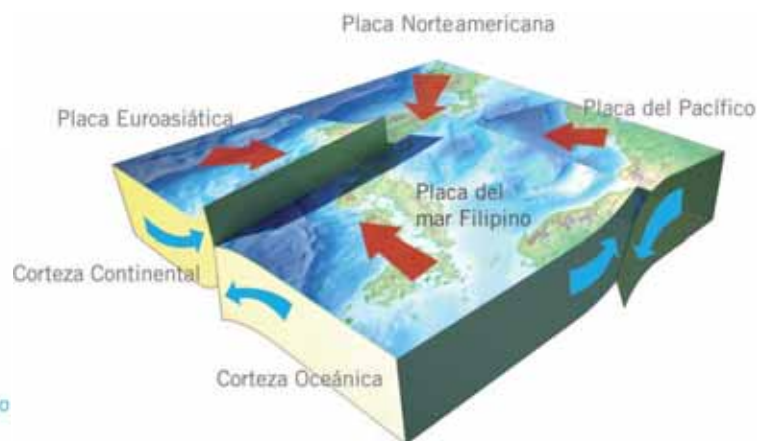
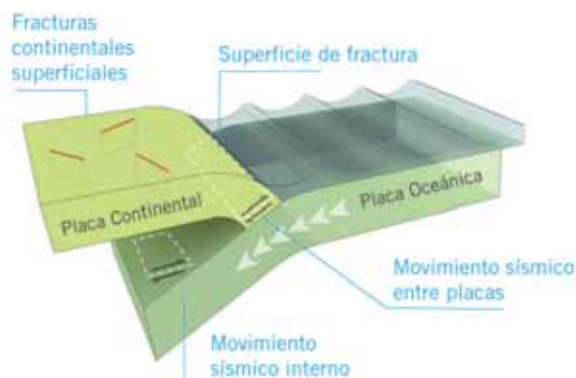
Efectos en el emplazamiento

Como consecuencia del movimiento fuerte, se generó gran deformación

en el terreno de la Central, incluida licuefacción y subsidencia. Quedaron cortadas las carreteras del emplazamiento precisamente cuando eran más necesarias; colapsó el talud de tierras que separa los dos grupos de unidades; se dañó el muelle del sumidero final de calor; el sistema contraincendios exterior quedó cortado en cinco puntos y fuera de servicio por fallo de causa común; la subsidencia diferencial del terreno generó un incendio en el transformador de la Unidad 3, que no se apagó rápidamente debido al fallo del sistema contraincendios; y también se deformaron los rellenos dispuestos alrededor de los edificios, dañándose tuberías de penetración, etc.



En la costa Este de Japón se produce una subducción de la corteza oceánica de la Placa del Pacífico por debajo de la corteza japonesa. Este fenómeno ocasiona fallas en la costa Oeste, donde se sitúa la Central. El terremoto de 2007 se asocia a una falla submarina, situada a 7 km de la Central, con una traza activa estimada en 34 km y un momento asociado de 7, que se consideró inactiva en los supuestos de diseño de la Central.



A pesar de la gran deformación del terreno el comportamiento de la central fue seguro durante el terremoto y después del mismo, ya que las estructuras importantes para la seguridad no se vieron afectadas, entre otras razones, porque su cimentación se realizó sobre el terreno consolidado que se encontraba bajo los suelos menos firmes de la superficie.

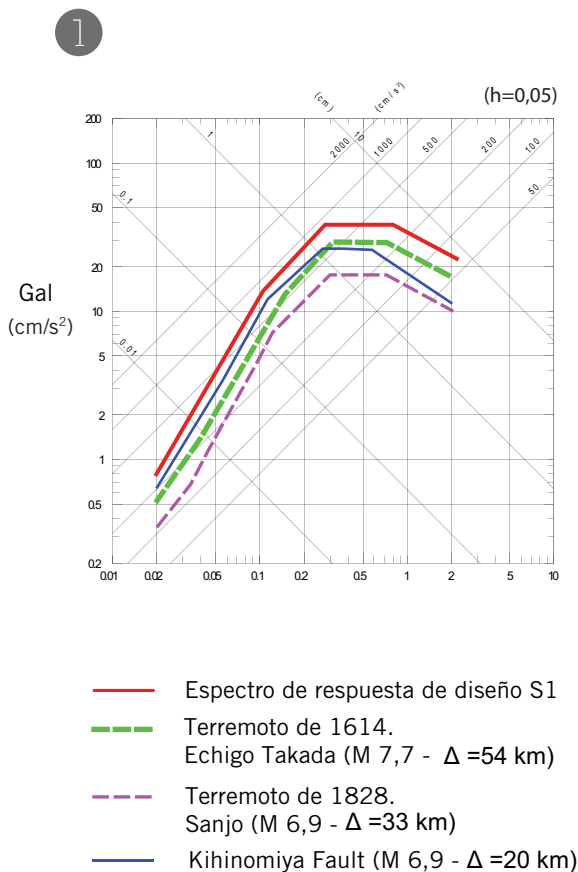
Supuestos sísmicos incompletos

El instrumental situado en el emplazamiento registró una excedencia significativa de la base de diseño sísmico en todas las unidades. Estaba claro que los supuestos de diseño adoptados en 1978 —que contemplaron los mayores terremotos acaecidos a menos de 50

km de la central, en los años 1614 y 1828 y consideraron dos fallas activas, Kihinomiya (Momento 6,9) y Chuokyuryo (Momento 6,7)— no valoraron adecuadamente los riesgos sísmicos.

¿Pero dónde estaba la insuficiencia? ¿En el modelo sismotectónico? ¿En la caracterización de las fallas activas? ¿En los estudios sobre terremotos históricos? El gobierno japonés decidió realizar una profunda revisión de los supuestos de diseño sísmico que, además de aplicarse a Kashiwazaki-Kariwa, debería servir para todas las centrales nucleares del país. El resultado, ha sido una guía reguladora que introduce importantes modificaciones en el cálculo de la peligrosidad

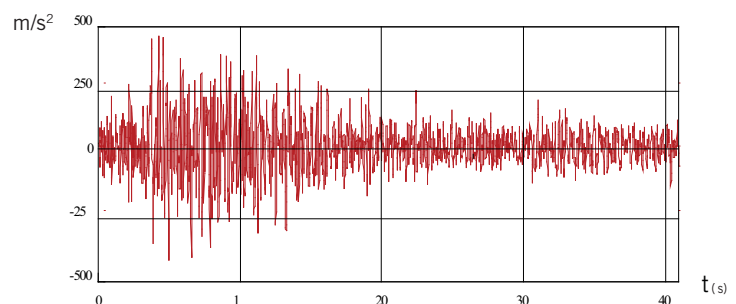
sísmica. En primer lugar se amplía la ventana de análisis de la actividad de las fallas hasta la base del Pleistoceno Superior; además, la caracterización del movimiento fuerte se realiza con un modelo de fuente sísmica que considera la directividad y el mecanismo del foco (manteniéndose, a la vez, la caracterización clásica con espectro de respuesta a partir de una falla tratada como fuente puntual). Se introduce una nueva definición del riesgo residual de la instalación: la probabilidad de ocurrencia de un terremoto que exceda la base de diseño, causando daños importantes a la instalación, o liberando radionúclidos al exterior (este concepto ya se había introducido en las plantas españolas en los años noventa).

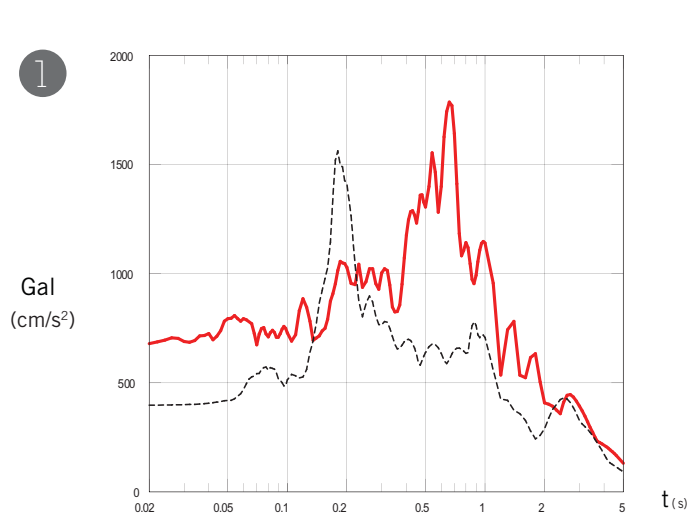


En 1978 se realizó un análisis sísmico en el emplazamiento de Kashiwazaki-Kariwa que tuvo en cuenta los mayores terremotos acaecidos a menos de 50 km de la central (1614 y 1828). A partir de estos y otros registros históricos, se definió:

- 1) Una onda que representaba el movimiento del suelo en la superficie libre del sustrato de roca en contacto con el edificio de contención.
- 2) El espectro de respuesta de la Central.

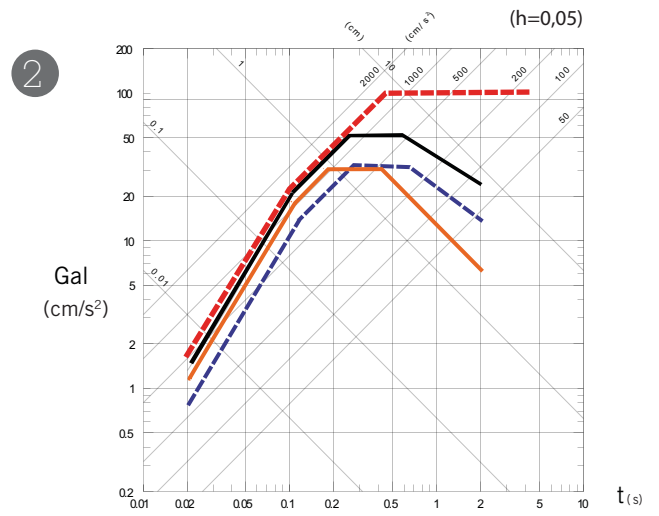
Aceleración del suelo





— Aceleración observada
 - - - Aceleración de diseño

Componente Este-Oeste de la aceleración en el pedestal del edificio de la turbina de la Unidad 1



..... Nuevo espectro de respuesta calculado en 2008
 — Espectro de diseño S2 calculado en 1978

El movimiento fuerte del terremoto de 2007 superó el movimiento de diseño calculado en 1978 (1), lo cual obligó a un replanteamiento general, cuya conclusión fue una nueva guía de cálculo. El espectro de respuesta calculado a partir de los parámetros de la nueva guía (2) superaba al que se utilizó en el diseño de la Central en 1978.

Como síntesis de todo el trabajo realizado, en 2009 se llegó a una nueva definición cuantitativa del sismo de diseño en la base de roca de la central (SS). Comparando dicho sismo con el que se definió en el momento de construcción de la Central de Kashiwazaki-Kariwa (S2), se observó que, efectivamente, SS era tres veces mayor que el S2 estimado para las unidades 5, 6, 7 y cinco veces mayor que el S2 calculado para las unidades 1, 2, 3 y 4.

Un diseño estructural excelente

Pero no solamente se revisaron los supuestos de diseño de Kashiwazaki-Kariwa, sino que también se hicieron

análisis pormenorizados de la respuesta estructural de la Central y del comportamiento de equipos, sistemas y componentes. El análisis mostró que, aunque los valores de la aceleración (PGA) en la base de los edificios habían superado los valores de diseño, la deformación del terreno no había afectado a las estructuras importantes para la seguridad, entre otras razones, por la profundidad de la cimentación. La nivelación topográfica de los edificios de los reactores y turbinas, por ejemplo, experimentó alteraciones que se encontraban en el rango de un levantamiento máximo de 23 mm en la unidad 7 hasta un hundimiento máximo 6 mm en la unidad 1. El mayor basculamiento registrado fue

el del edificio de los reactores de la Unidad 7 y no llegó a 1/4.600, por lo que ninguna de las basculaciones superó los límites previstos en el diseño, que contempla un basculamiento máximo por asentamiento diferencial de hasta 1/2.000.

Se analizaron además todas las estructuras de los edificios de reactores y turbinas y la respuesta de los equipos de planta (comportamiento de tuberías en el sistema de evacuación de calor residual, agitación del agua en la piscina de combustible gastado —“sloshing”—, pandeo de tanques atmosféricos, etc. La conclusión fue que, si bien es cierto que se habían registrado algunos inci-

dentes llamativos en sistemas secundarios, como la rotura de una tubería del sistema contraincendios en el edificio del reactor de la Unidad 1, el diseño y ejecución de las estructuras y equipos había sido correcta y suficiente para responder al sismo de 2007. Ninguna de las anomalías registradas había tenido consecuencias para la seguridad, lo cual demostraba el acierto de haber utilizado elevados coeficientes de seguridad en el diseño de las centrales.

El parque mundial de centrales

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ya venía prestando especial atención a los temas de seguridad sísmica desde 2006 y vio en el terremoto de Niigata una oportunidad para contrastar los estudios teóricos que se estaban realizando a nivel mundial,

para lo cual organizó un ejercicio internacional de comparación de cálculos analíticos a partir del caso de la planta de Kashiwazaki-Kariwa, en el que se manejaron datos reales confidenciales de la planta japonesa facilitados por su empresa propietaria (TEPCO).

La OIEA tenía cuestiones urgentes que responder: ¿con qué criterios sísmicos se han diseñado las centrales del parque mundial?, ¿cómo afecta el envejecimiento —la mayoría de las centrales lleva más de 20 años en funcionamiento— a la capacidad de respuesta sísmica?, ¿son correctas las evaluaciones de peligrosidad sísmica?

Incremento de la peligrosidad

Para comprender la respuesta que la OIEA ha dado a estas preguntas es preciso introducir el concepto me-

diente el que los científicos definen el riesgo sísmico. La peligrosidad sísmica probabilista (PSHA) es la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada de la peligrosidad H (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, X , en un emplazamiento S , mediante la siguiente expresión: $H = P(X(S) \geq (X_0; t))$, donde P representa la probabilidad de superación de un valor umbral X_0 del parámetro elegido durante un tiempo t .

Pues bien, los últimos estudios han incrementado la peligrosidad sísmica en los emplazamientos de centrales nu-



Los accionadores de parada automática de Kashiwazaki-Kariwa funcionaron correctamente. La instrumentación de vigilancia sísmica anterior a 2007, debido a su obsolescencia, perdió los registros del evento principal (excepto la PGA).

En la inspección llevada a cabo tras el terremoto no se encontró ningún fallo relativo a la seguridad de los 7 reactores nucleares del tipo BWR (Boiling Water Reactors) con que cuenta la Central.

Las barras de control (1), que garantizan una parada rápida y son responsables de moderar la reacción nuclear habían mantenido su alineación original.

Las casi 100 barras de combustible (2), de unos 4 metros de alto, dispuestas en una matriz de 10x10, así como las placas de reja que sirven para mantener la distancia entre las barras, tampoco habían sufrido desajuste alguno.

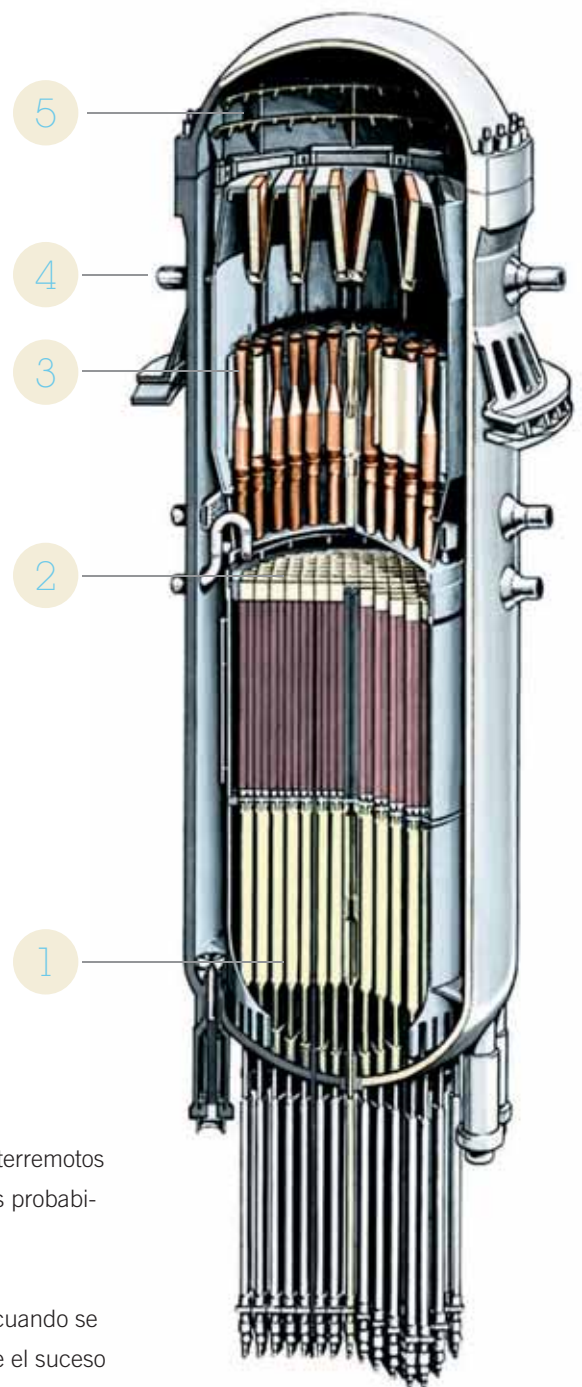
Tampoco se produjo escape del vapor producido en el núcleo del BWR, que sale a turbina (4) a una temperatura de unos 300° C y una presión de 70 kg/cm².

No se encontró defecto alguno, asimismo, en otros elementos internos del reactor como son los separadores de vapor (3) y los secadores de vapor axiales (5) que ocupan casi todo el volumen por encima del núcleo del reactor y cuya misión es reducir el contenido de la humedad del vapor que abandona la vasija a menos de un 0,1%.

cleares, no tanto debido al incremento de la actividad sísmica a la que se hacía referencia al comenzar este artículo como a un mejor conocimiento de ella. Los estudios realizados recientemente en los emplazamientos han descubierto que, en general, la intensidad que cabe esperar en los sismos es superior a la que en su día se tomó como base de diseño de la central. Esto se debe, entre otros factores, a que las redes de instrumentación sísmica actuales han aumentado en densidad y sensibilidad lo cual permite obtener registros muy

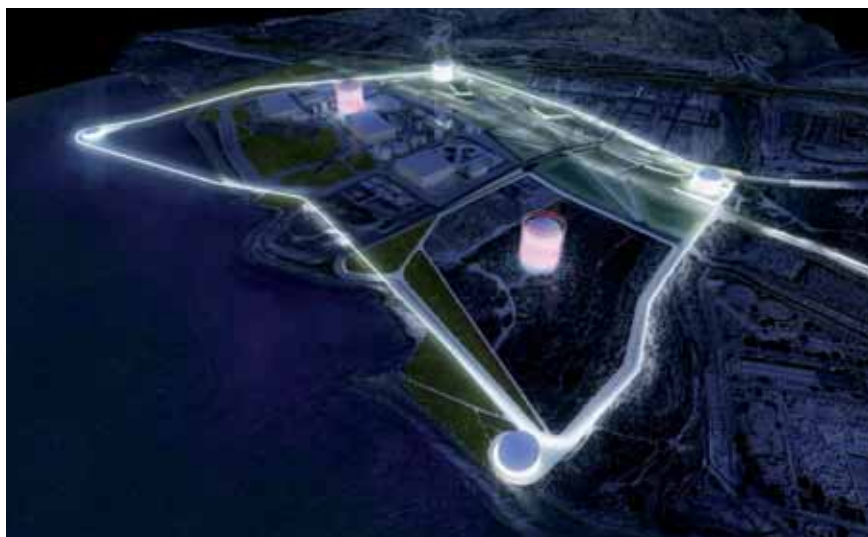
próximos a las fuentes de los terremotos y por lo tanto, realizar cálculos probabilísticos más fiables.

Otro dato que se desconocía cuando se diseñaron las centrales es que el suceso sísmico en sí mismo es el causante del daño de núcleo con una frecuencia muy alta, cercana al 70% y superior a la que se estimaba hace veinte años. El 30% restante de las causas que pueden dañar al núcleo se debe al fallo de componentes de sus sistemas de control de operación.





El diseño de las centrales nucleares ha ampliado sus horizontes en los últimos años para incluir no sólo criterios de seguridad sino también de impacto ambiental y visual. En las imágenes, diseños de ACXT-Idom.



En consecuencia, las prácticas de ingeniería aplicadas para la cualificación sísmica de estructuras, sistemas, equipos y componentes necesitaban, en primer lugar ser revisadas a la vista de los nuevos datos y a continuación, ser volcadas en un marco normativo común, pues actualmente en el seno de la OIEA los estados miembros aplican criterios muy diferentes en temas como la parada de planta, la verificación de la excedencia de las bases de diseño o la respuesta operativa ante un terremoto.

Un proyecto internacional de seguridad

Puesto que la necesidad de revisión de la peligrosidad sísmica era universal, la OIEA promovió en 2006 el desarrollo de un gran proyecto internacional específicamente orientado a la seguridad sísmica de centrales nucleares ya existentes que se ha dado en llamar “Seismic EBP”. En él participan 42 organismos de 20 países. Por parte española participan el Consejo de Seguridad Nuclear e Idom.

En la reunión de lanzamiento del proyecto en Septiembre de 2007 se acordaron las líneas de trabajo a seguir. Dada la naturaleza del proyecto era preciso incorporar expertos de especialidades muy diversas desde la geología y sismotectónica, hasta la ingeniería nuclear pasando por la ingeniería de sistemas y la ingeniería estructural, con sus potentes herramientas analíticas.

El alcance del proyecto se estructuró en cinco grandes áreas de trabajo: revisión

de la peligrosidad sísmica originalmente valorada, revaluación de la seguridad sísmica en centrales nucleares ya existentes, respuesta operativa en una central nuclear tras un terremoto, elaboración de un banco de datos de experiencia sísmica y actividades encaminadas al aprendizaje de las experiencias habidas.

En cuanto a la revisión de la peligrosidad sísmica, se han recopilado las experiencias recientes en la realización de estudios probabilistas (PSHA), llegando a la definición de nuevos parámetros para cuantificar el movimiento del suelo y la atenuación sísmica que, al mismo tiempo, son buenos indicadores del daño potencial.

En lo referente a las actuaciones post-terremoto, se ha llegado a la conclusión de que tras un suceso sísmico deben diferenciarse actuaciones de tres tipos: las acciones a realizar de forma inmediata y a corto plazo, las orientadas al posible re-arranque de planta y las acciones de largo plazo. Se han definido dos indicadores para orientar el proceso de decisión: grado del terremoto (clasificado en tres niveles según su relación con las bases de diseño sísmico) e importancia del daño (clasificado en cuatro niveles según hayan resultado afectados o no los elementos de planta relacionados con la seguridad).

El banco de datos de experiencia sísmica se ha diseñado para que sea tanto

un almacén de información sísmica general como un sistema vivo de recogida de datos de experiencias sísmicas en instalaciones nucleares, almacenando la información bajo siete categorías de datos: normativa, bibliografía, registros sísmicos, documentos EBP, resultados de ensayos y pruebas, datos de experiencias sísmicas y riesgo sísmico.

Idom ha participado en el “Seismic EBP” en tres áreas: el análisis de los parámetros de daño sísmico, el análisis de estructuras y sistemas y la elaboración de procedimientos de respuesta ante eventos sísmicos por encima de los de diseño. □

“Idom es la única empresa española que participa en el proyecto internacional de revisión de la seguridad sísmica del parque mundial de centrales nucleares.”

Antonio Moreno González.
Miembro del equipo de proyecto

Artículo realizado a partir de los estudios presentados en la Sociedad Nuclear Española (reunión de octubre de 2009): “Impacto del terremoto de Niigata-Chuetsu-Oki del 16.07.2007 en la reevaluación sísmica de la Central Nuclear de Kashiwazaki-Kariwa”, “Proyecto del OIEA sobre la seguridad sísmica de centrales nucleares en operación”, “Análisis de la capacidad de daño de los terremotos a instalaciones nucleares.” Autores: J.G. Sánchez-Cabañero (CSN), A. Jiménez (CSN), A. Moreno (IDOM), M.A. Morán (IDOM).



EN TORNO A LA FUSIÓN NUCLEAR (y2)

En la Comunidad de Madrid se está creando el Complejo Technofusion, un conjunto de instalaciones cuyo principal objetivo es desarrollar algunas de las investigaciones relacionadas con ITER, el experimento internacional para la aplicación comercial de la fusión nuclear.

El Complejo Technofusion pretende también dinamizar la comunidad industrial ofertando a las empresas instalaciones que serían prohibitivas desde un planteamiento individual en las que se podrán realizar experimentos radiológicos con fines comerciales.

En el artículo anterior se expusieron los trabajos que Idom ha realizado en el diseño de la física y la mecánica del lazo de litio líquido. En el presente escrito se ofrece una visión de los trabajos realizados en el complejo desde el punto de vista de la edificación.

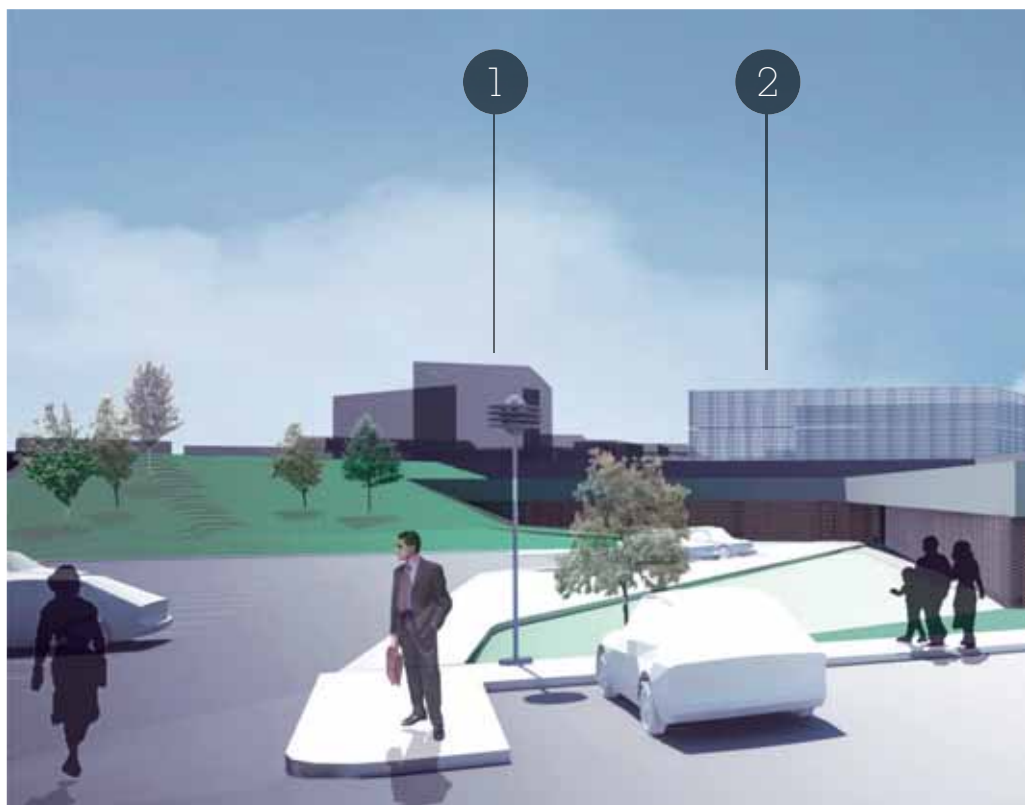


Complejo tecnológico Tecnogetafe, realizado por Idom, donde se ubicarán las sedes Getafe I y Getafe II de Technofusion.



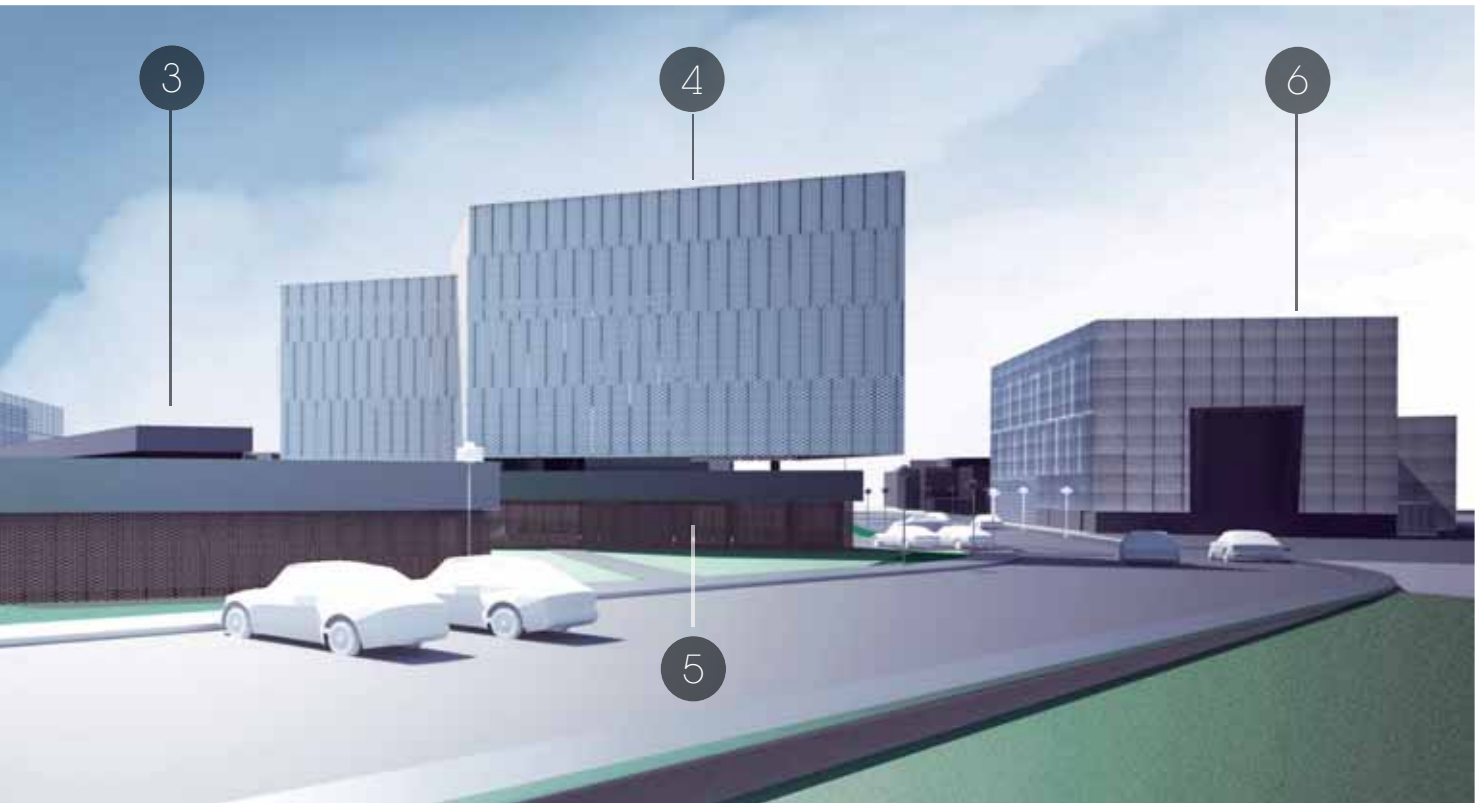
“Las nuevas infraestructuras garantizarán la participación de grupos de investigación españoles en futuros reactores de fusión.”

Gonzalo Tello.
Director del equipo
de los proyectos de
Arquitectura



Vista general del Complejo Technofusion en Getafe

1) Servicios Centrales de los Centros Tecnológicos de la Universidad Politécnica de Madrid. 2) Zona de irradiación bajo haz de electrones: laboratorio de Metales Líquidos y de Manipulación Remota, nave experimental para ensayos con prototipos bajo irradiación gamma (Getafe II). 3) Laboratorios de Técnicas de Caracterización. 4) Oficinas Centrales y sede de Technofusion (Getafe II). 5) Instalaciones de Simulación Computacional (Getafe II). 6) Instalaciones de Manipulación Remota experimental para ensayos con prototipos de gran tamaño (Getafe I).



ITER y Technofusion

El experimento internacional de fusión nuclear ITER, que intentará demostrar la viabilidad de la fusión nuclear para la producción de la energía se encuentra actualmente en la etapa de investigación y ensayo de prototipos. Dos objetivos de esta etapa son la identificación de nuevos materiales que puedan resistir los elevados niveles de radiación que rodean al plasma de fusión y el desarrollo de la tecnología necesaria para el mantenimiento remoto de los equipos del núcleo, inaccesibles a la acción humana directa.

Para contribuir a dichos objetivos, se está creando Technofusion, un Complejo tecnológico en el que intervienen universidades, centros de investigación

y entes públicos y que dispone de cinco sedes en tres emplazamientos: Getafe I, Getafe II, Leganés y Madrid I y II. Idom ha realizado numerosos trabajos para el Complejo Getafe I que incluye las instalaciones de manipulación remota y una nave experimental para ensayos con prototipos de gran tamaño. Pero los trabajos más relevantes desde el punto de vista de la edificación son los llevados a cabo en el Complejo Getafe II el cual —además de incluir las oficinas centrales, la sede de Technofusion y las instalaciones de simulación computacional— alberga espacios radiactivos como los laboratorios de metales líquidos, de irradiación bajo haz de electrones y manipulación remota bajo irradiación gamma, entre otros.

Getafe II: el área radiactiva

El Complejo Getafe II integra en un solo edificio tres áreas funcionales: el área radiactiva, la sede de Technofusion y el área de caracterización de materiales. Esta última incluye laboratorios de técnicas de caracterización, donde se ubicarán las técnicas de ensayos micro-mecánicos, de análisis de composición y de observación microestructural.

De entre todos, el espacio de mayor complejidad constructiva ha sido el área radiactiva, que se compone de varios laboratorios cuyo denominador común es la realización de ensayos bajo radiación

de haz de electrones. Puesto que estas instalaciones requieren blindaje radiológico, los laboratorios se han concentrado con el objeto de optimizar los costes de construcción y mantenimiento y facilitar el uso de dispositivos comunes. Esta área es donde Idom realiza algunos de sus trabajos más innovadores.

En el área radiactiva, calificada como “instalación de segunda categoría radiológica”, se encuentra el acelerador de electrones (Rhodotron), la sala de manipulación remota bajo radiación, la instalación de metales líquidos y la de ensayos convencionales. El recinto se ha proyectado semienterrado para apro-

Vista del Complejo Getafe II.

1) Zona radiológica.

2) Sede de Technofusion.

3) Laboratorios de irradiación.



vechar el blindaje natural que aporta el propio terreno y además se ha rodeado de muros de blindaje de 3,8 m de espesor. Sobre esta zona se construirá una cubierta vegetal como continuación del jardín que existe a igual cota en el exterior, con objeto de optimizar el comportamiento térmico del edificio, aportar un blindaje adicional al cerramiento de hormigón y extender la zona ajardinada central del Complejo.

El haz de electrones

El denominador común de los laboratorios que se han agrupado en el área radiactiva es la necesidad de disponer

de un acelerador de electrones. El laboratorio de metales líquidos requiere la presencia de un haz de electrones de 1 MeV de energía, mientras que el resto de los laboratorios de irradiación necesitan un haz de 10 MeV para realizar ensayos con mayor energía de deposición (energía térmica generada en el impacto de los electrones con las probetas).

El haz de electrones requerido en los experimentos con superficie libre de litio líquido ha de proporcionar un nivel de energía determinado para lograr que los electrones penetren en el blanco de litio del orden de 10 a 15 mm, la profun-

didad de penetración necesaria para que los resultados sean posteriormente incorporables al programa internacional de ensayos de materiales (IFMIF) sin producir activación del material metálico que sustenta la lámina de litio líquido (backplate). De ahí la singularidad del haz de sólo 1 MeV.

Un acelerador capaz de proporcionar dos etapas de distinta energía es el Rhodotron, que se ubicará en una sala especial, contigua a la sala de distribución de haces, a partir de la cual el haz se direccionará a cada uno de los laboratorios de irradiación. Cuando el haz de electrones se mantiene en un



Getafe I: Manipulación remota

El objetivo de este Complejo es el de aportar nuevas soluciones, herramientas y tecnologías para abordar las complejas tareas de manipulación remota que se precisan en el mantenimiento y operación de instalaciones asociadas a la Fusión Nuclear.

El Complejo está dotado de una nave experimental para prototipos de componentes del ITER de gran tamaño, algunos de los cuales son la instalación para la demostración de la manipulación de los Port Plugs (PP) de diagnóstico de ITER, la instalación para la demostración de la manipulación remota de los Test Blanket Modules (TBM) y la instalación para la demostración de la manipulación remota de los módulos de irradiación IFMIF.

Se trata de una nave industrial de gran altura que cuenta con un zócalo perimetral de muro de hormigón sobre el que se levanta la estructura metálica de cierre. Este zócalo protege la parte inferior del cerramiento de los golpes que pudiera recibir por la manipulación de maquinaria y permite anclar algunos equipos necesarios para el desarrollo de la actividad como los robots teleoperados y los sistemas de posicionamiento que se ocuparán de su transporte.



Interior de la nave de Alta Tensión proyectada por Idom para el Complejo Tecnológico de la UPM.

plano horizontal —como es el caso de la distribución del haz en las salas ensayos de corrosión, manipulación remota e irradiación, que se encuentran en el mismo plano que el Rhodotron— el diseño arquitectónico no entraña especiales dificultades, pues los niveles de protección radiológica exigibles se alcanzan con base a dos factores: el grosor de los muros de hormigón y la geometría de distribución de las salas.

Sin embargo, para hacer llegar el haz de electrones a la sala de metales líquidos, que se encuentra en un plano superior, se requiere desviar el haz de su trayectoria horizontal aumentando su peligrosidad. Como consecuencia, la

arquitectura del edificio se ha complicado notablemente.

El campo Gamma

Otro laboratorio que ha requerido especiales medidas de diseño es el laboratorio de corrosión, en el que se experimentará la respuesta de diversos materiales al contacto con el litio líquido y bajo la acción de un campo de radiación gamma.

Para realizar estos experimentos se introducirá una probeta del material objeto de estudio en el interior de un tramo de tubería embridado y se hará circular el litio líquido, variando la temperatura,

energía de radiación aplicada y duración del ensayo.

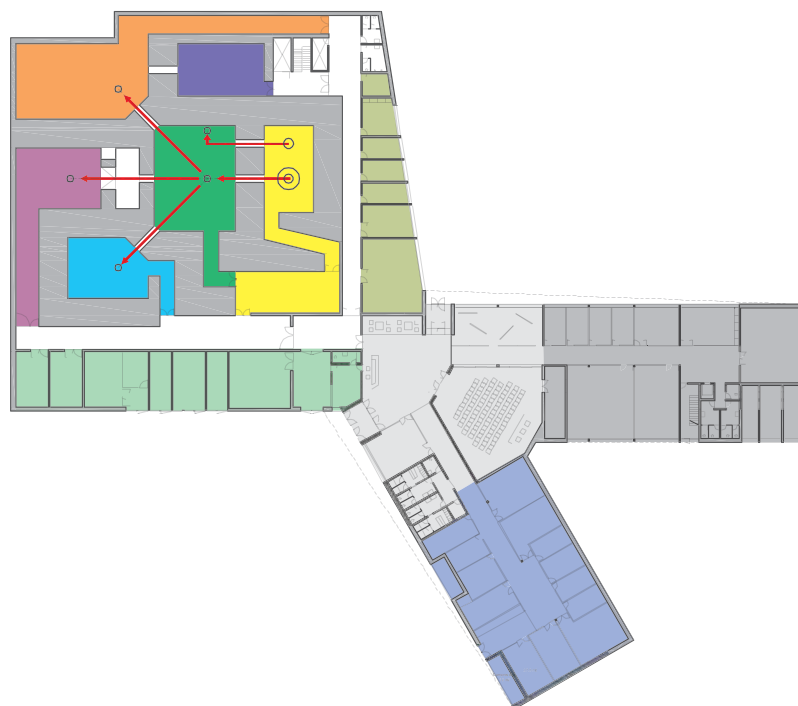
La corrosión de los materiales que estarán en contacto con el litio se produce fundamentalmente por efecto de la radiación y la temperatura. Para producir esta radiación en el laboratorio, se dirige el haz de electrones contra un blanco de material metálico.

El suministrador del Rhodotron incluirá este sistema para producir una campo gamma.

El blanco es una aleación de tántalo y hierro y está refrigerado por agua. El impacto de las partículas cargadas

El acelerador seleccionado para los laboratorios de irradiación ha sido el Rhodotron, un dispositivo capaz de proporcionar haces de electrones de distintos niveles de energía. Imagen cortesía de IBA Industrials.





- Rodhotron y equipos auxiliares
- Sala de Distribución de Haces
- Lab. Manipulación Remota Bajo Irradiación g
- Lab. Ensayo de Corrosión
- Laboratorio de Purificación
- Lab. de Irradiación Bajo Haz de Electrones
- Control Área Radiactiva
- Servicios Área Radiactiva
- Acceso y Usos Compartidos
- Laboratorios de Caracterización
- Sede y Oficinas de Technofusion

Situación bajo rasante del área radiactiva controlada. Puede observarse el blindaje de muros de hormigón de 3,5 m de espesor, los accesos a salas en laberinto y el paso de haz de electrones. El diseño contempla la ubicación de 1 Rhodotron, con posibilidad de ampliar a 2.

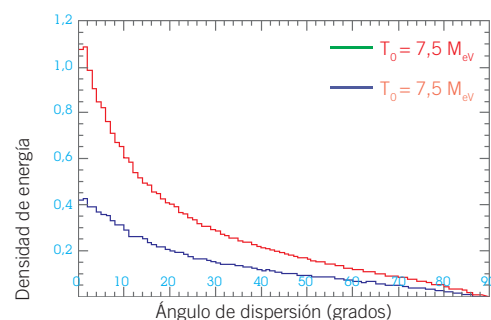
(electrones) contra el blanco metálico produce un campo gamma así como un campo de rayos X.

El laboratorio de litio

El laboratorio de litio se ha dispuesto en tres niveles. En la primera planta se sitúa el laboratorio de ensayo de superficie libre, que recibe el haz de electrones procedente de la línea de 1 MeV a través de un patio vertical desde la sala de distribución de haces. Este laboratorio dispone de superficie suficiente para la futura posibilidad de ubicar un segundo Rhodotron de 1 MeV en esta planta de forma que se simplifiquen la distribución de haces.

En planta baja se sitúa el laboratorio de purificación, cuya misión es depurar el litio de impurezas y formaciones del tipo NOx. En planta sótano, se sitúa la sala para almacenamiento de litio, una sala completamente estanca dado que el litio puro es altamente deflagrante cuando se expone al aire y especialmente explosivo al contacto del agua. Además, es corrosivo y ligeramente tóxico, por lo que requiere el empleo de medios adecuados de manipulación para evitar el contacto con la piel. Todo lo cual ha conducido a extremar el diseño de las medidas preventivas recogidas en las normas de aplicación a instalaciones de similares características.

La tasa de disminución de la intensidad de radiación en función de la apertura del ángulo de dispersión ha sido un factor clave para el cálculo del blindaje. En la figura, espectro gamma energético para niveles de 5 y 7,5 MeV.



La intervención de Idom en este laboratorio ha sido especialmente significativa pues no sólo ha realizado el diseño básico sino también el diseño constructivo de las instalaciones, llegando incluso al detalle del diseño mecánico de algunas de las partes más comprometidas del lazo de litio líquido.

Los trabajos realizados

Los trabajos desarrollados por Idom comenzaron hace cuatro años y se han realizado en colaboración con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y el departamento de Ingeniería Nuclear de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica

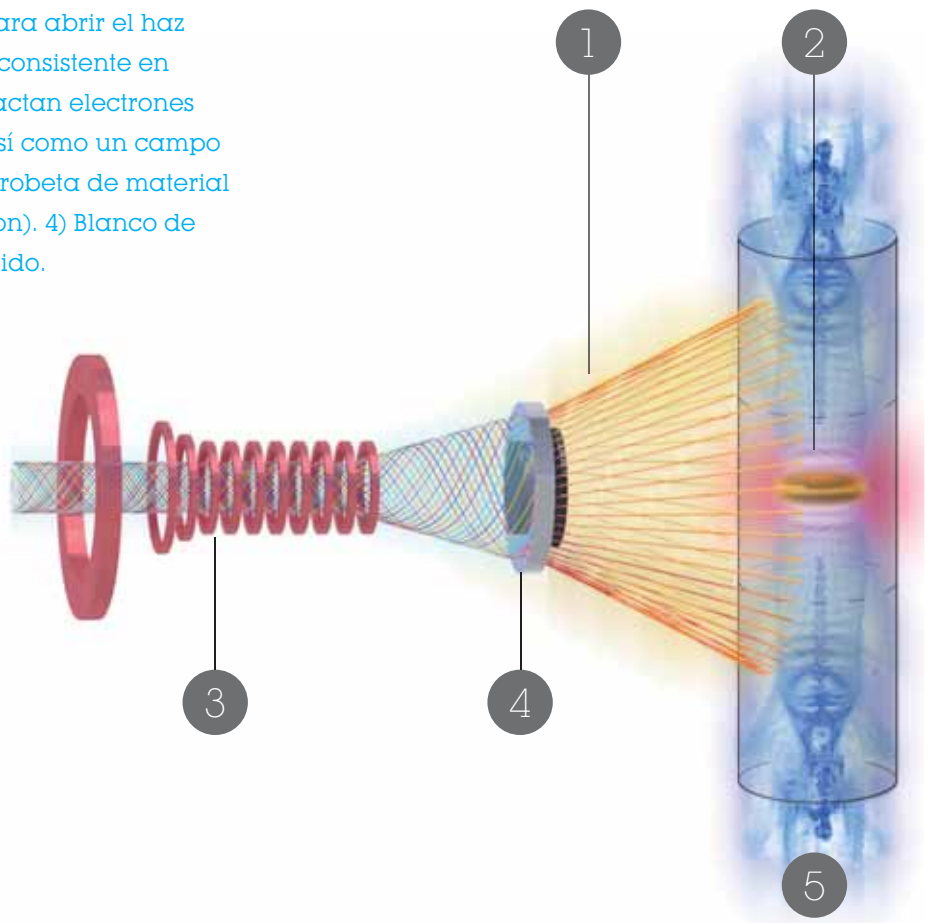
de Madrid. En julio de 2007 se entregó el Anteproyecto de Technofusion (cliente: Universidad Politécnica de Madrid).

En marzo de 2008 se finalizó el estudio de viabilidad del laboratorio de metal líquido para el desarrollo de tecnología prioritaria para ITER, IFMIF y futuros reactores de fusión y en marzo de 2009 el estudio de viabilidad para la integración de dos aceleradores de partículas en el Laboratorio de Metal Líquido, ambos para el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

Finalmente, en diciembre de 2009 se entregó un nuevo Anteproyecto para el Complejo Technofusion, siendo en esta ocasión CIEMAT el cliente.

Actualmente se está llevando a cabo un Proyecto I+D de la convocatoria 2010 del CDTI (subprograma de apoyo a la industria de la ciencia, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011) sobre aspectos técnicos prioritarios de la tecnología de metales líquidos para asegurar la operatividad del Laboratorio de Metal Líquido de Technofusion. ■

El Rhodotron incluirá un sistema para abrir el haz y convertirlo a radiación gamma, consistente en un blanco metálico en el que impactan electrones produciendo un campo gamma así como un campo de rayos X. 1) Campo Gamma. 2) Probeta de material de ensayo. 3) Acelerador (Rhodotron). 4) Blanco de tántalo / hierro. 5) Flujo de litio líquido.







ARTECHE, GRUPO INDUSTRIAL
LÍDER EN EL SECTOR ELÉCTRICO

NUEVO MODELO DE GESTIÓN

Arteche es un Grupo industrial dedicado a la fabricación de equipos para la generación, transmisión y distribución de electricidad.

En la última década ha crecido rápidamente, adquiriendo y creando nuevas empresas en todo el mundo, diversificando productos y realizando alianzas estratégicas. Desde su primera exportación en 1973, el Grupo ha extendido su presencia comercial a casi 130 países, con implantaciones productivas en el mercado europeo, americano y asiático.

La diversificación de productos y soluciones le ha llevado a ser una marca de referencia internacional en transformadores de medida, relés auxiliares y de protección, equipos de distribución, soluciones de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, proyectos llave en mano y sistemas de automatización y control de subestaciones.

Arteche se estructura mediante múltiples unidades de negocio, empresariales y geográficas. El modelo de gestión debía dar soporte a trece centros de producción, situados en Argentina, Brasil, China, España, Estados Unidos, México y Tailandia, con ventas en 130 países y más de 2.000 personas repartidas por todo el mundo.



Arteche se constituyó en 1946 y su crecimiento natural había exigido a lo largo de los años —como ha ocurrido en tantas otras empresas— la adopción de diversos sistemas informáticos, heterogéneos.

La finalidad de los sistemas de información es gestionar las distintas áreas de actividad (financiera, comercial, producción, compras, gestión de stocks, etc), ofreciendo al mismo tiempo una visión completa y orgánica de la empresa, algo difícil de conseguir cuando los sistemas son heterogéneos, algunos de ellos quedan desfasados y otros no pueden soportar las nuevas demandas del negocio.

Llegó un momento en el que los directivos de Arteche vieron claro que la dimensión y complejidad crecientes del Grupo exigían un esfuerzo de reingeniería de los procesos de gestión.

El primer paso

En junio de 2006 Arteche contrató a Idom para un proyecto de mejora de la cadena de suministro a raíz del cual se detectaron una serie de oportunidades de mejora de mayor alcance para las que se propusieron líneas de acción concretas con objetivos definidos, indicadores de control y un detalle de los recursos necesarios. Todo ello condujo a la decisión de confiar a Idom

la definición de un plan estratégico de sistemas de información que permitiese la integración de los sistemas de gestión de la organización y de los procesos existentes (2007).

Al inicio del proyecto se realizó un análisis previo de los beneficios que tendría la implantación del nuevo modelo de gestión y se concluyó que el ahorro anual se podría aproximar a unos 3,6 millones de euros, con un periodo de payback de esta inversión de 3,5 años (el promedio en este tipo de implantaciones está entre 3 y 5 años).



El modelo de gestión propuesto

La complejidad de la organización de Artech, una empresa basada en múltiples unidades de negocio, unidades empresariales y unidades geográficas, hacía necesaria la implantación en todo el Grupo de un nuevo modelo de gestión con información centralizada, capaz de cumplir con los requisitos funcionales, técnicos y organizativos definidos en el plan de sistemas. La solución debería además soportar la actividad de más de 2.000 personas repartidas por todo el mundo.

Tras un exhaustivo análisis de las soluciones existentes en el mercado, se

decidió que las necesidades de Artech se podían satisfacer con la implantación de dos nuevos sistemas corporativos: SAP R/3 y Microsoft Sharepoint. El sistema SAP R/3 estaría a su vez integrado por módulos o subsistemas: Materials Management (MM), Sales and Distribution (SD), Finance (FI) y Controlling (CO), Planning and Production (PP) y Project System (PS). El sistema Microsoft Sharepoint, orientado a la gestión del conocimiento, se implantaría más adelante.

El 90% de las necesidades se podrían cubrir con los paquetes estándar, siendo necesaria una programación específica para el 10% restante. Esta

proporción de software comercial y de desarrollo propio es la adecuada para simplificar futuras actualizaciones del sistema ante la aparición de nuevas versiones del software de licencia.

A continuación se definió una metodología y se planificaron las fases de la implantación. Para la ejecución del proyecto se utilizó la metodología ASAP (Accelerated SAP) con ciertas modificaciones basadas en la experiencia de Idom en la implantación de sistemas de información.

Dicha metodología abarcó la totalidad de los módulos y todas las fases del proyecto, desde el lanzamiento hasta



“Para llevar a cabo el proyecto hemos combinado la implementación de herramientas comerciales con metodologías de gestión de proyectos propias de Idom.”

Íñigo San Emeterio.
Director del equipo de proyecto

Un elemento clave de esta metodología es la Oficina de Gestión del Proyecto: un centro de trabajo que proporciona una visión transversal y centralizada del proyecto, coordinando y monitorizando todas las actividades, para alcanzar los objetivos dentro del plazo, de acuerdo con los requerimientos de calidad, sin exceder el presupuesto y asegurando las buenas relaciones con el cliente.

la puesta en marcha, pasando por el diseño funcional, la construcción del sistema y preparación y formación del personal para el arranque.

El proyecto incluía, además del diseño y la construcción del nuevo sistema de planificación de recursos empresariales para la producción (Enterprise Resource Planning, ERP), la integración con otros sistemas que el cliente prefería conservar, tales como el configurador de producto o el planificador de la producción a capacidad finita.

El sistema arrancó en enero de 2010 sin que se detectasen incidencias graves en la fase de estabilización. Tras la puesta en marcha en los centros de trabajo en España se está procediendo a realizar las primeras réplicas (“roll-out”) de la

solución en Argentina y México. Posteriormente se desplegará en las plantas productivas de China y Brasil.

Prestaciones del modelo

El nuevo sistema presenta una gran cantidad de ventajas respecto a la situación anterior. Es suficientemente flexible para englobar la complejidad de los procesos de las diferentes unidades de negocio y permite la implantación rápida de nuevas ideas.

Utiliza múltiples idiomas y divisas y permite adaptarse a las necesidades legales de cualquier país. Facilita la integración con nuevos sistemas de captación de información (captura datos en planta, agenda, teléfonos, etc.) y está organizado según la tecnología

SOA (Service Oriented Architecture), permitiendo así la gestión dinámica de la información del sistema y el conocimiento de lo que sucede en el negocio en tiempo real y sin necesidad de esperar a réplicas o volcados de datos de procesos “batch” (procesamiento por lotes).

El sistema es escalable y se puede replicar o adaptar a nuevas unidades organizativas, sean éstas empresariales o de negocio. Está diseñado para un uso intuitivo por parte de las personas, destacando por su facilidad de manejo

así como su orientación a la innovación, pues facilita la aportación de ideas de todos los participantes en el negocio (fábrica, oficina, unidades empresariales y de negocio, clientes, etc). Garantiza un acceso seguro y controlado a los sistemas (gestión de roles, usuarios, uso de tokens para autenticación etc.) y está disponible 24 horas todos los días del año.

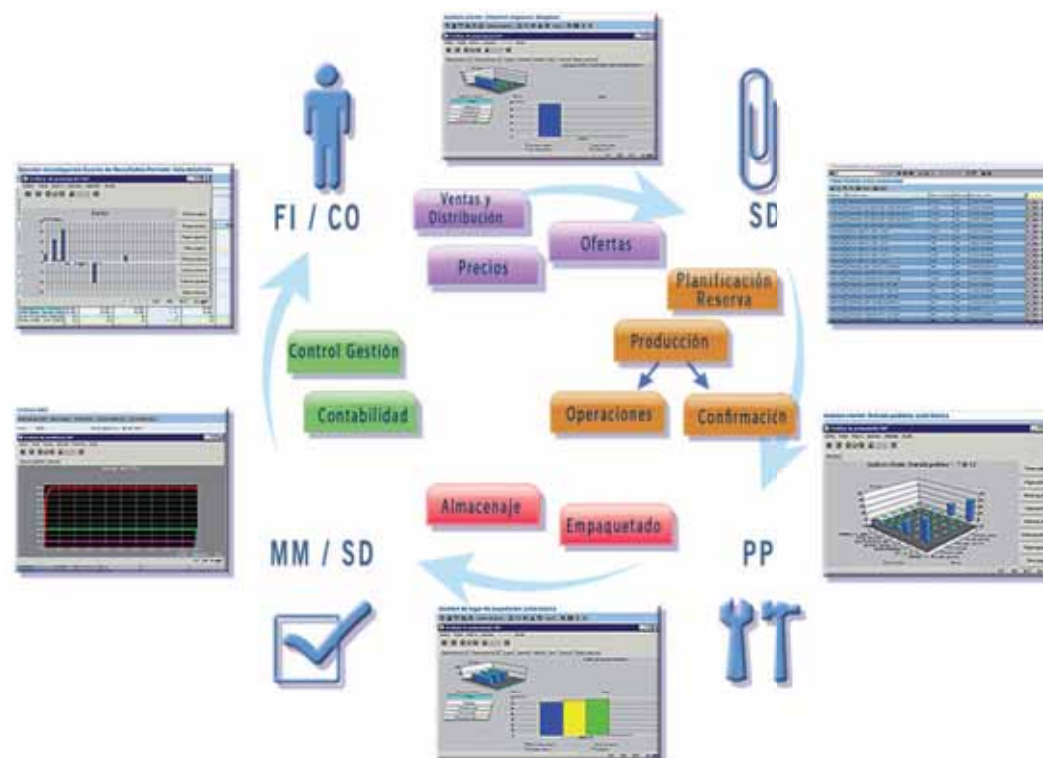
El proceso principal

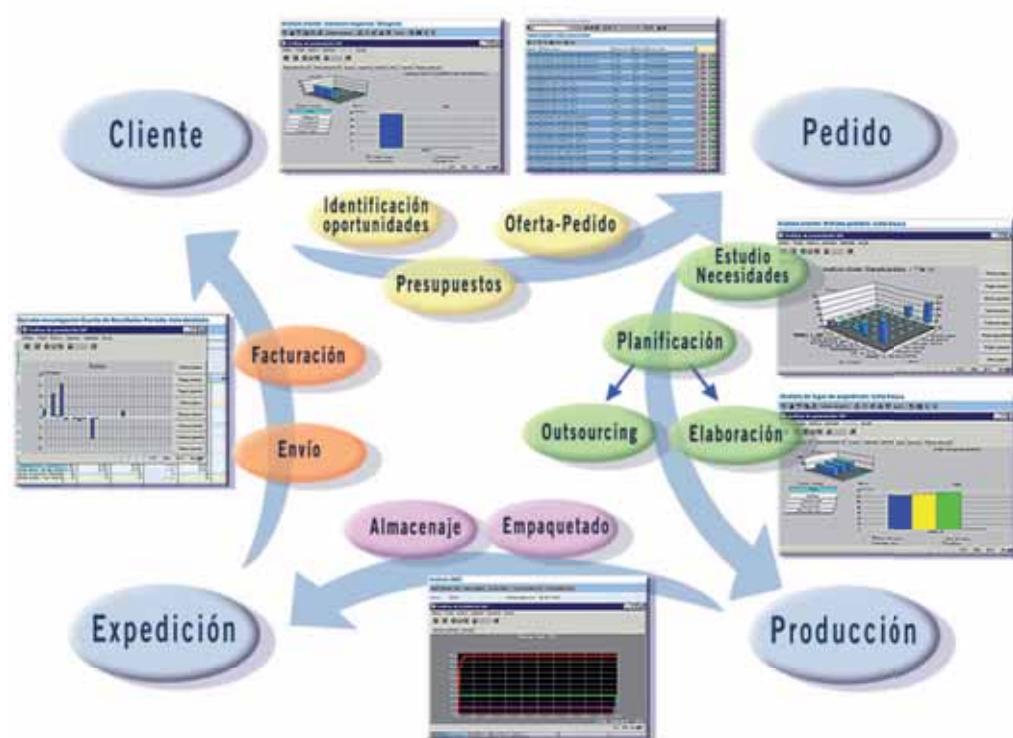
Una línea de flujo que comience con el conocimiento de las necesidades

del cliente y termine con la expedición y transporte del equipo industrial que mejor satisface esas necesidades, permite realizar una somera descripción secuencial del funcionamiento del sistema.

El módulo SD (Sales and Distribution), está enfocado a la gestión de clientes y a las primeras fases de la cadena de valor. Permite agrupar y analizar toda la información disponible sobre el cliente, realizar consultas y solicitar informes según sector, unidad de negocio o grupo de cuenta.

Algunos módulos que intervienen en el control del proceso principal: Sales & Distribution (SD), Planning & Production (PP), Materials Management (MM), Finance (FI), Controlling (CO).





Descripción del proceso desde el punto de vista de los actores: cliente, preparación de la oferta, pedido, planificación de la producción, almacenaje, expedición y facturación.

Identificadas las oportunidades de negocio, el módulo SD facilita la consiguiente preparación de ofertas, haciendo referencia a otras anteriores si es necesario, controlando las versiones, creando avisos, permitiendo adjuntar documentación (planos, especificaciones, etc.) y seleccionando quiénes van a ser los interlocutores en la oferta, o gestionando el margen económico y el precio de venta.

Una vez aceptada la oferta por parte del cliente se procede a la introducción del pedido en el sistema. Existen diversas

tipologías de pedido, según múltiples criterios: unidad de negocio, depósito, consigna o pedidos gratuitos, etc.

En función del tipo de pedido se procede a un tipo de fabricación u otro: contra pedido, contra stock o mediante subcontratación. Antes de dar por cerrada esta fase, el sistema asegura que se han considerado todos los datos necesarios para evitar pedidos erróneos. Sólo así se pasa a la siguiente fase. Para poder fijar una fecha de entrega en el pedido y antes de enviar la aceptación del mismo al cliente, el pedido se

planifica en el sistema de producción del Grupo.

Si la complejidad del producto solicitado por el cliente requiere tratarlo como un proyecto de ingeniería, entra en juego el módulo de control de proyecto (Project System, PS), que permite planificar y recolectar los costes de los servicios y materiales necesarios para el desarrollo de cada producto en particular.

El módulo PP (Planning and Production) facilita la gestión de la planifica-

ción y la producción. Puesto que cada pedido incluye una fecha de entrega, este módulo permite dar los pasos necesarios para que el plazo se cumpla: lanza órdenes previsionales de reserva de materias primas y realiza la planificación de operaciones.

El resultado final es una comunicación al cliente, confirmando que la capacidad de producción del Grupo permite atender su pedido en plazo y forma.

Desde el módulo PP se controla también el proceso de fabricación, existiendo un maestro de hojas de ruta en el que se determinan los puestos de trabajo implicados y las fases que hay que completar hasta obtener el producto terminado. Junto a ello, el maestro

de lista de materiales identifica los materiales necesarios en cada puesto de trabajo.

Lanzando el “Material Requirement Planning” (MRP) se identifican las necesidades por puesto y se emiten pedidos a los proveedores para garantizar el suministro a producción. En definitiva, se garantiza un buen seguimiento del avance de la producción, del consumo de materias primas y de su transformación en producto semielaborado.

Cuando el producto llega al almacén de productos terminados, con los módulos de Almacén (Materials Management, MM) y Ventas-Expediciones (Sales and distribution, SD) se facilita el control del stock y la elección del embalaje

En Arteche, más de 100 ingenieros concentran su actividad en rediseño e innovación, colaborando con universidades y centros tecnológicos nacionales e internacionales.



adecuado. A continuación se produce la salida de la mercancía controlada desde los módulos de expedición y transporte, gestionando el tipo de transporte que se utilizará.

Alineadas plenamente con el proceso físico de la cadena de suministro, están la contabilidad, el pago a proveedores, y el cobro a clientes, que se realizan a través del módulo Económico – Financiero (Finance, FI).

Estos procesos físicos y financieros están a su vez integrados con el módulo de Control de Gestión (Controlling, CO), de tal manera que en todo momento es posible conocer los principales indicadores de coste y rentabilidad del grupo.

El resultado es que un menor número de personas consiguen controlar todo el proceso productivo teniendo además un mayor control del mismo, una mejor gestión de riesgos y una información en tiempo real que permite tomar decisiones rápidas en caso de ser necesarias.

Una metodología de trabajo específica

Podría pensarse que el proceso descrito no entra en el campo de la innovación porque que no deja de ser una mera adaptación de un paquete comercial a las necesidades de una empresa concreta. Pero algunas características concurrentes en el proyecto de Arteche han hecho de él un proyecto realmente singular.

En primer lugar, su complejidad. El análisis y descripción de necesidades y la implantación del sistema han requerido una implicación fuerte de Arteche durante los tres últimos años de trabajo, así como la adopción de una metodología basada en la creación de una Oficina de Gestión de Proyectos y de un equipo de trabajo compuesto por personas de Arteche y de Idom.

El objetivo de la Oficina de Proyecto, dirigida por expertos de contrastada experiencia en proyectos de tecnología de la información aplicada a procesos empresariales, ha sido alcanzar el objetivo dentro del plazo, de acuerdo con los requerimientos de calidad establecidos, sin exceder el presupuesto, asegurando



al mismo tiempo el mantenimiento de una relación fluida con el cliente.

Para ello, se ha realizado una supervisión continua de cada parte del proyecto, se ha gestionado el riesgo mediante la identificación de situaciones de excepción y la generación de planes de contingencia para cada proceso, se han realizado informes de rendimiento, se ha controlado la calidad del trabajo, realizando el desglose exhaustivo de las actividades y trazando las etapas cumplidas por cada miembro del equipo. Como resultado, el cliente ha dispuesto en todo momento de una visión transversal del proyecto, de sus avances y riesgos. Esta visibilidad se ha producido en todos los niveles de

intervención: desde el comité de dirección del proyecto a los responsables de proyectos, propietarios de proceso, expertos operativos y equipos asignados a ellos.

Pueden ser considerados factores de éxito, así mismo, el conocimiento del sector industrial por parte de los consultores de Idom y la independencia financiera y comercial de la Firma, lo cual es una garantía de imparcialidad en el momento de decidir el paquete comercial que mejor satisface las necesidades del cliente. □

9 a 1: es la proporción entre software comercial y desarrollo personalizado adecuada para la permanente actualización e incorporación de nuevas versiones en la implantación de un sistema. Imágenes cortesía de Arteche y SAP.



Oficinas de Idom

Africa & Middle East

Abu Dhabi - UAE
Delma St. 13, Crossing 32,
Al Bateen, Abu Dhabi,
P.O. Box 61955, Abu Dhi, UAE
Tel.: +971 50 824 56 13

20000 Casablanca - MOROCCO
62 angle Boulevard d'Anfa/Bd.
Moulay Youssef. Forum Abdelaziz
10ème étage appt. 104
Tel.: +212 5 22 29 37 71
Fax: +212 5 22 29 37 79

Tripoli - LIBYA
Aneba St., Siyahiya City,
in front of Soqu Al-Gboub,
Tripoli, Libya.
B. O. Box: 5663 Hay Al-Andalus

Americas

Calgary - CANADA
148 Coach Grove Place SW
Alberta T3H 1J2 Calgary
Tel: +1 403 265 9664

Mexico City - MEXICO
Paseo de la Reforma 404 - Piso 5
Ciudad Juárez
Calle Gacón Cuauhtémoc
Tel.: +5255 5208 4649
Tel.: +5255 5208 4358

1 Minneapolis, MN - USA
ENGINEERING
1st Ave North, Suite 400
Tel.: +1 612 332 8905
Fax: +1 612 334 3101

23230 Richmond, VA - USA
AEC ENGINEERING
5540 Falmouth Street - Suite 300
Tel.: +1 804 282 3811
Fax: +1 804 282 3652

01454-000 São Paulo - BRAZIL
Avenida Cidade Jardim 400
20º andar, Edifício DACON
Tel.: +55 11 3818 8996
Fax.: +55 11 3818 8996

Europe

08028 Barcelona - SPAIN
Gran Vía Carlos III, 97
Tel.: +34 93 409 22 22
Fax: +34 93 411 12 03

48014 Bilbao - SPAIN
Avda. Lehendakari Aguirre, 3
Tel.: +34 94 479 76 00
Fax: +34 94 476 18 04

1040 Brussels - BELGIUM
Rue de Treves, 49
Tel.: +32 2 230 59 50
Fax.: +32 230 70 45

011783 Bucharest - ROMANIA
Str. Bazilia 16, Ap 1,
Tel.: +40 21 231 07 01
Fax.: +40 21 231 13 34

Derbyshire DE56 2UA - UK
MEREBROOK
Suite 2B, East Mill,
Bridgefoot, Belper
Tel.: +44 177 382 99 88
Fax: +44 177 382 93 93

18012 Granada - SPAIN
Avda. de la Constitución, 20 - 2º
Módulo 202 - Edif. Pirámide
Tel.: +34 95 820 58 98
Fax.: +34 95 829 59 48

Kent - UK
MEREBROOK
1 Leonard Place
Westerham Road, Keston.
BR2 6HQ
Tel.: +44 1689 889 980
Fax.: +44 01689 889 981

35002 Las Palmas de Gran
Canaria - SPAIN
Viera y Clavijo, 30 - 1º
Tel.: +34 928 43 19 50
Fax: +34 928 36 31 68

1600-100 Lisbon - PORTUGAL
Rua Gral. Firmino Miguel, 3 B r/c
Tel.: +35 121 754 8700
Fax.: +35 121 754 8799

London SE1 3QB - UK
Unit 17G The Leathermarket
106a Weston Street
Tel.: +44 207 397 5430
Fax: +44 207 357 9690

28034 Madrid - SPAIN
Avda. del Monasterio
de El Escorial, 4
Tel.: +34 91 444 11 50
Fax: +34 91 447 31 87

30004 Murcia - SPAIN
Polo de Medina, 2 - 1º, ofic. A
Tel.: +34 968 21 22 29
Fax: +34 968 21 22 31

07003 Palma de Mallorca - SPAIN
Avda. Conde Sallent, 11 - 4º
Tel.: +34 971 42 56 70
Fax: +34 971 71 93 45

31003 Pamplona - SPAIN
Navarro Villoslada, 16
Tel.: +34 948 23 50 73
Fax: +34 948 23 82 61

20018 San Sebastian - SPAIN
P. E. Zuatzu - Edif. Donosti
Zuatzu kalea, 5
Tel.: +34 943 40 06 02
Fax: +34 943 39 08 45

15703 Santiago de Compostela
SPAIN. Avda. de Lugo, 151 - 153
Tel.: +34 981 55 43 91
Fax: +34 981 58 34 17

41927 Mairena de Aljarafe - Seville
SPAIN. Exposición, 14 (PISA)
Tel.: +34 95 560 05 28
Fax: +34 95 560 04 88

43001 Tarragona - SPAIN
Plaça Prim, 4-5 Pral. 1a
Tel. +34 977 252 408
Fax. +34 977 227 910

46002 Valencia - SPAIN
Barcas, 2 - 5º
Tel.: +34 96 353 02 80
Fax: +34 96 352 44 51

01008 Vitoria - SPAIN
Pintor Adrián Aldecoa, 1
Tel.: +34 945 14 39 78
Fax: +34 945 14 02 54

Wales - UK
MEREBROOK
Churchgate Court, 3, Church Road
Witchurch, Cardiff CF14 2DX
Tel.: +44 2920 610 309
Fax.: +44 2920 617 345

Wroclaw - POLAND
Ul. Wita Stwosza 1, lok. 2
50-148 Wroclaw
Tel.: +48 71 342 1908
Fax.: +48 71 342 1930

50012 Zaragoza - SPAIN
Argualas, 3
Tel.: +34 976 56 15 36
Fax: +34 976 56 86 56