

noticias



LA INGENIERÍA
CIVIL
EN SENER
trayecto de
largo recorrido

LÍNEA 9
del metro de
Barcelona, un reto
de integración

Luis Crespo,
secretario
general de
PROTERMOSOLAR





“Veo que las distancias se acortan”

La manera de ver el futuro puede ser trazando nuevos caminos. Caminos como la innovación, la apertura al mercado internacional o la integración con el medio ambiente, que son los que acostumbramos a transitar en el área de ingeniería civil y arquitectura de SENER. Infraestructuras ferroviarias, alta velocidad, metros y tranvías, carreteras y autopistas, aeropuertos, puertos, trabajos marítimos, hidráulica, medio ambiente, arquitectura y urbanismo. Desde estas áreas proyectamos las obras que contribuyen al bienestar de la sociedad.

La manera de ver el futuro. SENER Civil y Arquitectura



SENER

www.sener.es



15



Sumario



En Portada: Trazado de la línea Figueras – Perpiñán, un proyecto de SENER. © Frédéric Hédelin.

04 Reportaje

La ingeniería civil en SENER, trayecto de largo recorrido.

08 Entrevista

José Gregorio Briz, director general de la Unidad Estratégica de Negocio de Ingeniería Civil y Arquitectura, y Joaquín Botella, director del proyecto de la línea de alta velocidad ferroviaria Figueras – Perpiñán.

10 Tribuna

Luis Crespo, secretario general de PROTERMOSOLAR.

11 Al día

Corporativa
Espacio
Aeronáutica y Vehículos
Defensa y Seguridad
Nuevos Mercados
Sistemas de Actuación y Control
Energía y Procesos
Civil
Arquitectura
Naval

33 Grupo

34 Tecnología

Línea 9 del metro de Barcelona

36 Breves

Colaboran en este número:

Álvaro Azcárraga, Augusto Siches, Bibiana Carcelero, Claudio Zapico, Daniele Maroni, David Palacios, Enrique González, Enrique Rodríguez, Esteban Rodríguez, Fernando Artigas, Guillermo Dierssen, Joaquín Botella, José Carlos Rodríguez, José Gregorio Briz, José Julián Echevarría, José Luis Ortiz, José Manuel Belmonte, José Manuel Ovando, José Rodríguez, Luis Fernando Sánchez, Luis María San Martín, Pablo Gayá, Pablo Terán, Pelayo Suárez, Salvador Llorente, Sergi Ametller, Soledad Garrido, Unai López, Verónica Alonso y Víctor Marco.

Edita: Comunicación de SENER.
Redacción: Oihana Casas, Pilar García y Rosana Madroñal.
Documentación gráfica: Oihana Casas, Pilar García y Lourdes Olabarria.
Diseño y maquetación: KAIXO Taller de diseño gráfico.
Depósito legal: BI-1804-00 Imprenta Berekintza

La ingeniería civil en SENER

trayecto de largo recorrido

La actividad del área civil de SENER, hoy en día constituida en Unidad Estratégica de Negocio (UEN) de Civil y Arquitectura, lleva casi 30 años de proyectos. Bajo la batuta de José Gregorio Briz, y hasta hace poco también de Ernesto Ferrándiz, se ha convertido en una de las mayores áreas de negocio de SENER, tanto por número de personas que emplea como por el volumen de facturación de sus contratos.

La UEN de Civil y Arquitectura de SENER realiza en la actualidad cerca de 1.000.000 horas – hombre al año y, en los últimos 20 años, ha multiplicado por 20 el volumen de negocio, lo que supone un crecimiento acumulativo de un 15% anual. Esta progresión, que continúa a día de hoy, se ha producido gracias a contratos de primer orden tanto en el mercado nacional como en el internacional. En la actualidad, la UEN de Civil y Arquitectura es capaz de acometer proyectos de ingeniería integral en cualquier parte del mundo y tiene un prestigio reconocido por afrontar trabajos tecnológicamente complejos, donde aporta un valor añadido, en cualquier área de la ingeniería civil, desde puertos y aeropuertos a transporte ferroviario, carreteras y edificación singular.

De Bilbao a Madrid

La actividad de SENER en ingeniería civil arranca en Bilbao, con un proyecto histórico que lleva la firma de la innovación y que, conforme al carácter multidisciplinar de la empresa, está a cargo de un ingeniero aeronáutico, José Manuel de Sendagorta. Se trata del puerto de Punta Lucero, en Muzquiz, un proyecto emblemático para SENER y también para Bilbao, que dotó de un 'superpuerto', como vendría a llamarse tras la construcción del espigón, a la capital vizcaína.

En cualquier caso, la actividad civil en los primeros años de SENER estuvo muy ligada a proyectos portuarios, no sólo en España sino también en América Latina, así como a infraestructuras hidráulicas en el entorno del País Vasco y territorios limítrofes. También se habían hecho proyectos interesantes en transportes, incluidos estudios para el metro de Bilbao. Pero fue en el año 1988 cuando se decidió crear un departamento como tal y separar la ingeniería civil de las actividades industriales donde se enmarcaba hasta entonces. Fue una decisión motivada, más que por el volumen de trabajo, que era aún pequeño, por las excelentes perspectivas que arrojaba la ingeniería civil en España.

En esos momentos, los tres grandes proyectos que se estaban desarrollando eran los trabajos del metro de Bilbao, proyectos de infraestructuras hidráulicas en el País Vasco y proyectos relativos a la Y vasca. El metro de Bilbao fue el embrión de la actividad de SENER en metros, donde hoy en día es una empresa líder; gracias a la experiencia adquirida en este trabajo, SENER pudo participar en otros proyectos de metros como el de Valencia, en el año 1989, el de Lisboa, en 1991, el de Oporto, en 1993... en una sucesión de contratos dentro y fuera de España que le ha dado continuidad a este campo; entre los últimos pro-

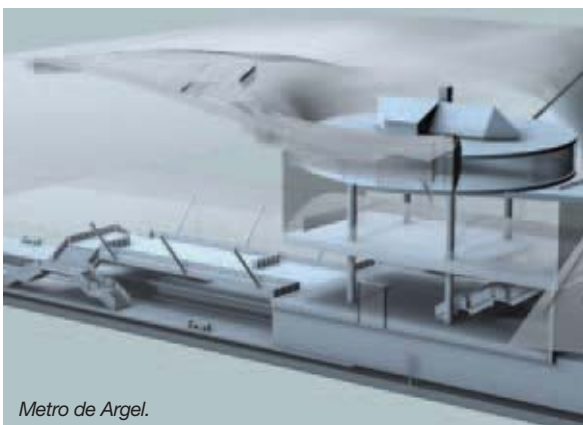


Línea de Alta Velocidad Figueras - Perpiñán, un proyecto donde SENER es responsable de la línea completa hasta su puesta en marcha.

yectos, podemos destacar el metro de Bogotá, donde SENER ha diseñado su nueva red de metro, o la línea 9 del metro de Barcelona, una línea sin conductor donde la empresa ha desarrollado trabajos de ingeniería integral. Igualmente, la Y vasca daría pie a la ingeniería del ferrocarril y la alta velocidad, donde también es una referencia internacional en la actualidad. Fue en el desarrollo de estos trabajos cuando se vio la importancia de contar con una interlocución directa con la Administración; por este motivo, en el año 1989, SENER decidió que la sección civil de Madrid se ampliara para acometer proyectos de infraestructura, además de los industriales. Este paso fue clave para

abordar nuevos trabajos en alta velocidad: en el año 1991 llegó el primer gran contrato en este campo, un estudio informativo de la línea de AVE Madrid – Barcelona para el Ministerio de Fomento, y después la participación en proyectos de AVE ha sido constante, con trabajos de SENER para las líneas de alta velocidad Barcelona – Madrid, Madrid – Levante, Lisboa - Madrid, Madrid - Castilla La Mancha - Comunidad Valenciana - Región de Murcia, Madrid – Zaragoza – Barcelona - Frontera Francesa, abarcando todo el territorio nacional, y sobre todo en la línea Figueras – Perpiñán, donde por primera vez SENER es responsable de una línea completa de AVE hasta su puesta en marcha, algo al alcance de muy pocas empresas en el mundo.

A partir del año 1994, SENER decidió retomar su presencia en ingeniería portuaria, donde había desarrollado, durante los primeros años de la empresa, proyectos de puertos, obras marítimas y astilleros para distintos países de América Latina, como el dique seco de Paraguay, que se remonta al año 1966, y estudios en México, Colombia y Chile. Gracias a dos proyectos clave, el puerto deportivo de Getxo y el puerto de Granadilla, en Tenerife, SENER volvió a situarse en un lugar destacado en el mercado, donde sigue estando en la actualidad, con obras emblemáticas como el Puerto de Punta Langosteira, en A Coruña.



Metro de Argel.



Línea de alta velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, tramo Minglanilla-Villargordo del Cabriel.

También comenzó a participar en ingeniería aeroportuaria, un sector al que SENER llegó de la mano de un proyecto de arquitectura singular, la terminal de Fuerteventura, a principios de los años 90. Pero el salto en este campo vino con el acuerdo de colaboración con OPC, empresa dirigida por el ingeniero aeronáutico Vicente Cudós, con la que SENER entró en el campo de la ingeniería aeroportuaria pura. En el año 2005, OPC se integró en SENER, junto con la mayor parte de su plantilla. Hoy en día, la empresa es uno de los principales actores internacionales y lleva a cabo desde terminales hasta pistas, instalaciones, balizamientos, proyectos 'llave en mano' como el hangar de Palma de Mallorca, y también sistemas tecnológicos, como los trenes sin conductor que conectan las distintas terminales, llamados 'People Mover', o los sistemas de tratamiento automático de equipajes. Entre los últimos contratos destacan proyectos en Polonia, como el Aeropuerto Central de Polonia (NCAP) y el aeropuerto de Lublin; en Argelia, con las torres de control de Argel, Orán, Constantine, Gardáia y Tamanrasset; y en España, como la nueva terminal del aeropuerto de Zaragoza, la tercera pista del aeropuerto de Barcelona o diferentes trabajos para la nueva terminal del aeropuerto de Madrid - Barajas, entre muchos otros. También desde los inicios de la actividad civil, a finales de los años 80, SENER empezó sus incursiones en el mundo

de la arquitectura, tanto con proyectos de edificaciones singulares, como el BEC (Bilbao Exhibition Centre), el Palacio Euskalduna, o los más recientes edificios de la residencia de Barakaldo y el complejo de equipamientos de San Roque, que han requerido un importante aporte de 'know-how', como en proyectos de infraestructuras del transporte, con arquitectura de estaciones, aeropuertos, puertos... Esta última actividad ha sido un apoyo muy importante a todo el negocio de promoción de infraestructura del transporte



Tranvía de Orán.



Desde los inicios de la actividad civil, a finales de los años 80, SENER empezó sus incursiones en el mundo de la arquitectura, tanto con proyectos de edificaciones singulares como en proyectos de infraestructuras del transporte.

y, al mismo tiempo, ha permitido al equipo de arquitectura de SENER participar en proyectos tan interesantes como la estación central de Valencia, una estación subterránea, en dos niveles, uno para alta velocidad y otro para regionales y cercanías, o la estación de Cercanías de Sol. Esta última, de gran complejidad técnica, ubicada en el corazón de Madrid, se ha resuelto satisfactoriamente con una caverna excavada en suelo que es la mayor de Europa y cuya arquitectura ha resultado en una estación extremadamente diáfana, muy clara y cómoda para los usuarios. La sinergia arquitectura – ingeniería es uno de los elementos diferenciales de SENER a

Portugal, de unos 120 km de longitud, cuya oferta se tuvo que preparar en dos meses. En este tipo de trabajos, la flexibilidad que ofrece la empresa, por conocimientos y por capacidad, es una clara diferencia con respecto a su competencia.

Y de España al mundo

Una de las claves del éxito de la UEN de Civil y Arquitectura de SENER ha sido, sin duda, la diversificación geográfica. Los proyectos civiles tienen la particularidad de que se ubican en un territorio determinado y es por tanto fundamental conocer el entorno para garantizar su correcta integración; no es lo mismo idear una carretera en Polonia que en España, Portugal o México. La UEN de Civil fue pionera en la apertura de divisiones que, con el tiempo, desarrollan proyectos de otras áreas de negocio: en 1993 se abrió la División en Barcelona, con la apertura de una oficina que durante muchos años trabajaría exclusivamente para el campo civil, y que hoy es un centro de 400 trabajadores y actividad en todas las áreas de negocio de la empresa; en el 96-97 se crearon las Divisiones de Valencia y Lisboa, también motivadas por dos proyectos civiles que requerían la presencia de SENER allí donde estaban sus clientes, el metro de Valencia y el metro de Lisboa. En el 2007 se inauguró la División de Varsovia para tener presencia en los países del Este, con un importante desarrollo de las infraestructuras civiles. En 2008 se abrió oficina en Sevilla, en gran medida para tener un contacto más estrecho con los clientes civiles de Andalucía, y también en Argel, donde se están desarrollando diversos contratos de infraestructuras como el metro de Argel, el tranvía de Orán, las mencionadas torres de control para aeropuertos de todo el país... La última apertura ha sido la División de Abu Dhabi, una oficina abierta en 2009 cuya oferta principal, a día de hoy, es un proyecto civil, el metro de Abu Dhabi, al que se ha sumado recientemente la oferta del proyecto de un metro ligero, y ofrece interesantes expectativas de crecimiento. Desde todas estas divisiones, SENER lleva a cabo proyectos con un fuerte componente de innovación tecnológica que le distinguen como una de las primeras ingenierías civiles del mercado internacional. ■■

la hora de abordar un proyecto de este tipo, un valor añadido que es reconocido por los clientes.

Y SENER también está presente en carreteras, especialmente en grandes proyectos con complejidad técnica, como la Súper-sur, de Vizcaya, cuyo trazado presenta una continua sucesión de túneles y viaductos, o la A1 de Polonia, así como grandes estudios informativos para el Ministerio de Fomento, como el estudio de Toledo - Ciudad Real – Córdoba. SENER ha demostrado que puede dar una respuesta muy rápida en proyectos con plazos muy ajustados, como la autopista Transmontana de



Metro de Oporto.

JOSÉ GREGORIO BRIZ

DIRECTOR GENERAL DE LA UNIDAD
ESTRATÉGICA DE NEGOCIO DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

y JOAQUÍN BOTELLA

DIRECTOR DEL PROYECTO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD
FERROVIARIA INTERNACIONAL FIGUERAS – PERPIÑÁN

PREGUNTA: Si nos fijamos en la amplia trayectoria de SENER, ¿qué destacaría como puntos fuertes de la empresa frente a sus competidores?

José Gregorio Briz: Dentro del ámbito civil, somos especialistas en todos los campos. Nuestro elemento diferenciador es que, en proyectos tecnológicamente complejos, como son ferrocarriles, sobre todo de alta velocidad, metros, aeropuertos... tenemos una visión global que aplicamos durante todo el proceso, pues para poder diseñar una infraestructura es clave tener en cuenta cómo se va a operar, su modelo de explotación. Desarrollamos desde la concepción inicial hasta la puesta en marcha, podemos aportar ideas al cliente, asesorarle en el tipo de sistema de transporte que tiene que plantear, desarrollar todo lo que es ingeniería conceptual, ingeniería de detalle, apoyar temas de operación e incluso llevar a cabo la puesta en marcha, las pruebas... Esto último tiene muchísima importancia, sobre todo en las concesiones de proyectos 'llave en mano'. Un ferrocarril, un aeropuerto o un metro tienen una complicación tecnológica enorme, que queda

patente en las fases de pruebas y de homologación del sistema. No hay ingenierías en España que se ocupen de todo ese proceso, las hay en el mundo, y por eso SENER compite ahora mismo en el mundo. Creo que esa es nuestra principal baza.

P: ¿Podría darme algún ejemplo de ingeniería integral?

Joaquín Botella: Uno de los ejemplos más recientes de ingeniería integral de SENER es el proyecto del tramo internacional de alta velocidad Figueras – Perpiñán, donde hemos ayudado al cliente en trabajos que abarcan desde el desarrollo de los proyectos hasta las últimas fases de pruebas en la línea. Son trabajos en todas las especialidades técnicas: plataforma a cielo abierto, túnel, electrificación de la línea, instalaciones de seguridad de la circulación y comunicaciones, seguridad en túneles y, además, la coordinación técnica y de interfaces entre todos los aspectos del diseño. El metro de Valencia es otro ejemplo, hicimos los anteproyectos de las líneas 3 y 5, la gestión integral de la implantación de ambas líneas, incluyendo la supervisión de proyecto, la dirección de obra y las labores de colaboración con el cliente y con el metro de Valencia. Para metro de Bilbao fue más o menos lo mismo, un proyecto integral en diferentes contratos: hicimos los estudios

previos, el proyecto funcional, que recogía todas las características que debía tener la línea, los proyectos de trazado, de instalaciones, el proyecto constructivo de varios tramos de la línea 1 y 2, la supervisión de obra y, luego, la puesta en marcha de la línea 1. En alta velocidad, hemos hecho, por ejemplo, el estudio informativo de la línea de alta velocidad del tramo Madrid – Zaragoza o del Madrid – Valencia, luego proyectos constructivos de algunos tramos y, después, supervisiones de obra, no sólo de plataforma sino también de catenaria o de algunos otros tipos de instalaciones de la línea. Igual nos ha pasado en proyectos fuera de España, como el metro de Lisboa. En estos casos, procuramos demostrar al cliente que somos capaces de seguir todo el ciclo de vida de un proyecto, desde que comienza a ser una idea hasta la operación comercial. Hacemos de todo, y eso no saben hacerlo todas las empresas.

P: Una de las claves de éxito ha sido la diversificación geográfica, ¿tienen previsto continuar con la expansión internacional?

J.G.: Sí, pero sin descuidar el mercado nacional, pues si no somos

“ SENER
compite ahora
mismo en el
mundo ”

José Gregorio
Briz



José Gregorio Briz, director general de la UEN de Civil y Arquitectura.



conocidos en España, difícilmente lo podemos ser fuera. Los retos de los próximos años son, aparte de fortalecer el mercado nacional, que sigue siendo nuestro mercado prioritario, consolidar mercados que ahora mismo tienen un fuerte crecimiento, como Polonia, Portugal, etc.; luego deberemos prestar atención a todo el mercado del entorno del Caribe, especialmente México, pero también Panamá y Colombia, y puede que EE UU, ahora que tenemos División en San Francisco. El otro foco de actividad está en los Emiratos Árabes Unidos, donde también hemos abierto oficina, en Abu Dhabi, y hay muchas oportunidades en ingeniería civil y arquitectura.

P: SENER cuenta con un Área de Ingeniería Civil y Arquitectura y también con un Área de Ingeniería Aeroespacial, que integra un Departamento de Aeronáutica y Vehículos, ¿llevan a cabo proyectos conjuntos en ferrocarriles, metros, tranvías...?

J.G.: Por un lado está el binomio ingeniería - arquitectura, que para nosotros es una de las claves de éxito: abordamos proyectos de infraestructuras con un estudio de arquitectura propio, que funciona muy bien y está muy integrado con el equipo de ingeniería. A veces aportamos un equipo de arquitectura externo, sobre todo en mercados distintos, donde incorporamos equipos que están más impregnados de la cultura local, o simplemente porque lo solicita el cliente, pero nuestro propio equipo de arquitectura, que entiende muy bien cómo funciona la instalación que se va a construir, tiene que estar muy encima, sobre todo en cuestiones ligadas a la funcionalidad. Por otro lado, con la División Aeroespacial (DAE) trabajamos en vehículos, pero la aproximación es muy distinta y, al mismo tiempo, muy complementaria: desde civil trabajamos para la Administración, realizando la especificación de qué es lo que necesita y qué condiciones tiene que cumplir el fabricante de ese vehículo y luego, eventualmente, revisamos las piezas que envía el fabricante y que se están construyendo. La DAE, por su parte, trabaja para esos clientes, como CAF o Talgo, haciendo ingeniería de detalle. Es muy importante que exista una comunicación entre ambas partes y conozcamos muy bien los dos puntos de vista, porque es lo que a la DAE le va a permitir hacer buenos proyectos y lo que a nosotros nos permite hacer

buenas especificaciones para nuestro cliente. El trabajo de los dos grupos se enriquece por el intercambio tecnológico y de información. Por ejemplo, eso nos permite, desde civil, hacer especificaciones realistas, pegadas al terreno. No vamos a poner condiciones que sean imposibles de cumplir y que luego generen una modificación del contrato entre el cliente y el fabricante, lo que siempre supone un coste adicional. Los clientes son conscientes de eso y lo valoran.

J.B.: Además, hay otras fuentes de colaboración en proyectos ferroviarios, como son los estudios aerodinámicos relacionados con la alta velocidad ferroviaria: estudios de detección de viento lateral, efectos en túneles o vuelo de balasto, que desarrollan conjuntamente secciones de la DAE y las civiles, aplicados en varias líneas de alta velocidad en España, y en la internacional Figueras-Perpiñán. Estos trabajos recibieron el Premio SENER a la Innovación en 2008.

P: ¿Qué papel juega la innovación en la ingeniería civil?

J.B.: Trabajamos en diferentes desarrollos de I+D desde hace tiempo. Por ejemplo, tenemos un programa de simulación de marcha de los trenes que puede calcular el tiempo de circulación entre dos estaciones, la energía consumida, toda la genética del movimiento en cada momento... es un desarrollo interno que usamos en casi todos los proyectos y mejoramos continuamente. También tenemos otro de cálculo de la red de tracción de un sistema ferroviario, capaz de dimensionar toda la red de tracción eléctrica de una línea. Además, se están llevando a cabo proyectos de innovación con el ADIF, como IF Zone, relacionado con las subestaciones eléctricas de nueva generación, y tenemos ahora un proyecto con el Ministerio de Fomento, Aurígid, con el que se continúa estudiando el efecto de vuelo de balasto en las líneas de AVE, etc. En proyectos, la línea 9 es la primera línea sin conductor en España y una de las más largas del mundo de estas características, y están los sistemas de conducción automática para aeropuertos, los 'People Mover'; hace años hicimos con AENA el primero de España. En el futuro, habrá que seguir invirtiendo en I+D, pues las líneas serán cada vez más rápidas, conectarán más puntos del planeta y serán internacionales. Habrá que dimensionar líneas para velocidades superiores a las actuales, por ejemplo 500 km/h, para que dentro de unos años, cuando se pueda alcanzar esa velocidad, las infraestructuras estén preparadas.

J.G.: En civil, posicionarte requiere una inversión cada vez mayor en I+D. En SENER nos interesa estar en campos donde hay poca competencia, esto es, aquellos que llevan una carga tecnológica muy fuerte y en los que saquemos ventaja a los demás. Pero estar en la cresta de la ola de la tecnología requiere esfuerzo e inversión en tiempo y en ideas. Y tenemos la ventaja de ser multidisciplinarios, lo que facilita muchos trabajos tecnológicamente complejos: cuestiones ligadas a la seguridad, de homologación, proyectos 'llave en mano'... son más fáciles de resolver cuando tienes unas secciones técnicas con experiencia, que aprenden y se adaptan con gran facilidad. Fuimos los primeros que creamos secciones de instalaciones ferroviarias o de aeropuertos, a diferencia de cualquier empresa de ingeniería civil al uso, que tiene únicamente ingenieros civiles y da a toda la parte de instalaciones un tratamiento secundario. Nuestro camino es un camino de éxito que han intentado seguir otros, con mejor o peor resultado, pero continuamos sacándoles mucha ventaja. ■■

“Somos capaces de seguir todo el ciclo de vida de un proyecto”
Joaquín Botella



Joaquín Botella, director de proyecto de la línea de AVE Figueras - Perpiñán.

LUIS CRESPO, secretario general de PROTERMOSOLAR

La energía del futuro

Desde la década de los 70, la energía ha venido siendo uno de los temas prioritarios en las agendas de los países industrializados. Las dos crisis consecutivas del petróleo en aquella época pusieron de manifiesto la vulnerabilidad de las economías ante una brusca variación de uno de los principales inputs en su producción. Menos conocido, pero igualmente trascendente, fue el abandono, a principios de los 70, de la alternativa nuclear para la generación de electricidad que, habiendo sido impulsada políticamente, se demostró ruinosa para los inversores. No fueron los accidentes de Three Miles Island (79) ni de Chernobyl (86) los que produjeron el parón nuclear sino la falta de rentabilidad de los proyectos, motivo por el cual se dejaron de realizar nuevos pedidos a partir del 73 y se cancelaron muchos otros ya cursados. En España, la moratoria nuclear, al contrario del mensaje que se acuñó, facilitó la superación de la difícil situación por la que pasaban las compañías eléctricas al aprobarse el complemento de tarifa que hemos venido pagando hasta la actualidad. Además del impacto económico, los peligros de la vulnerabilidad energética se han puesto dramáticamente de manifiesto en Europa recientemente con los problemas geopolíticos de distribución del gas ruso. España, con su elevada dependencia energética de alrededor del 90% del exterior, aunque tenga orígenes relativamente diversificados, no puede estar ajena a esta importante amenaza potencial.

Pero ha sido más recientemente, con el aumento constatado del CO₂ en la atmósfera, cuando la humanidad ha percibido las consecuencias de continuar quemando combustibles fósiles. Los principales países industrializados han marcado un camino de progresiva sustitución de energías fósiles por renovables de forma proactiva, tomando el protocolo de Kyoto como punto de partida. En esta apuesta, Europa está a la cabeza de los compromisos, explicitados en la reciente Directiva de Energías Renovables, pero existen todavía algunas notables ausencias de compromiso en otras áreas geográficas. Esta decisión de incrementar la utilización de las energías renovables junto con las

medidas de eficiencia energética y de generación distribuida, el incremento de las interconexiones de gran capacidad y la alternativa eléctrica en el sector transporte, constituyen una hoja de ruta sin marcha atrás hacia un nuevo modelo energético.

Aunque el cambio de estructura de consumo debe aplicarse a todas las formas de consumo final de energía y en todos los ámbitos - doméstico, industrial, transporte - es en la generación de energía eléctrica donde el cambio puede resultar más paradigmático.

De entre todas las fuentes de generación eléctrica a partir de energías renovables, es la termosolar la que, previsiblemente, cubrirá la parte más importante del mix de generación, tanto por su enorme potencial en países soleados como España como por sus singulares características. Esta tecnología aporta estabilidad a los sistemas eléctricos interconectados y, por su gestionabilidad, permite adaptarse a la curva de demanda, ya sea mediante el almacenamiento térmico o la hibridación con biomasa o gas natural.

Es verdad que las energías renovables necesitan un apoyo económico en esta fase inicial de implementación -como recibieron todas las otras fuentes convencionales en el pasado e incluso siguen recibiendo en estos momentos- pero en muchos análisis suele olvidarse que las energías renovables, y muy en particular la termosolar, devuelven con creces a la sociedad las ayudas que reciben.

No creemos que existan muchos otros casos de éxito comparables al de la solar termoeléctrica en nuestro país. La condición indiscutida de líder mundial de la industria española es el resultado del apoyo a la I+D y de un marco tarifario que ha permitido este extraordinario despegue, en un momento muy oportuno en que se están planteando ambiciosos planes de implementación (USA, norte de África, países árabes, Australia, China, India, etc.).

Además, la reciente Directiva Europea permite la importación estadística de electricidad renovable dentro de Europa, para el cumplimiento de los objetivos en 2020 de un determinado Estado Miembro, si dicho país apoya financieramente proyectos construidos en otros. Esto representa una auténtica oportunidad histórica que España no debe desaprovechar.

Este proceso de sustitución progresiva de energías fósiles por renovables encontrará numerosas dificultades, dados los potentes intereses económicos de los sectores de las energías convencionales como el gas y el carbón, pero estamos seguros de que el camino es irreversible por sus ventajas de seguridad energética y de sostenibilidad social, laboral y medioambiental.

Con esta progresiva implementación, las energías renovables irán reduciendo sus costes hasta alcanzar, en pocos años, la competitividad con la generación convencional. De hecho, algunas tecnologías ya resultan competitivas en determinadas circunstancias.

Por todo ello, puede afirmarse con seguridad que la energía del futuro será renovable. ■■



Luis Crespo, secretario general de PROTERMOSOLAR.



SENER adquiere la División de Instrumentación y Sistemas de la empresa NTE, S.A.

CON ESTA ADQUISICIÓN, SENER REFUERZA SUS CAPACIDADES EN SISTEMAS ESPACIALES PARA MISIONES TRIPULADAS Y SISTEMAS DE SOPORTE A LA VIDA EN EL ESPACIO, ASTRONOMÍA Y CIENCIA, Y SISTEMAS BIOMÉDICOS, Y CONSOLIDA SU POSICIÓN DE GRUPO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE REFERENCIA EN EL SECTOR AEROSPAZIAL NACIONAL E INTERNACIONAL.

SENER ha comprado al grupo Werfen, dedicado esencialmente a sistemas médicos, la División de Instrumentación y Sistemas de NTE, S.A., que abarca las líneas de negocio de sistemas espaciales para misiones tripuladas y sistemas de soporte a la vida en el espacio, astronomía y ciencia, y la línea de sistemas biomédicos. Con esta adquisición, la antigua División de Instrumentación y Sistemas de NTE, S.A. se integra en la empresa NTE-SENER, S.A. propiedad al 100% de SENER, que mantiene la sede social en Cataluña y las oficinas en Lliçà d'Amunt (Barcelona), donde actualmente está ubicada NTE. El equipo directivo de la nueva empresa está integrado por Gabriel Alarcón, actual director de la División de SENER en Barcelona, como director general, y Albert Tomàs y Francesc Gallart, director técnico y director comercial de NTE, respectivamente, que seguirán desarrollando estas mismas responsabilidades al frente de NTE-SENER.

La firma del contrato tuvo lugar el pasado 8 de octubre en la sede del grupo Werfen, en Barcelona. El director general de NTE hasta la fecha, Pau Planas, y el director general de SENER, Jorge Unda, suscribieron el contrato de compra acompañados por el director financiero de Werfen, José Luis Martín, y el director general de la Unidad Estratégica de Negocio Aeroespacial de SENER, Rafael Quintana.

Tras la firma, Jorge Unda declaraba: "Con esta adquisición, que se enmarca dentro de nuestro Plan Estratégico 2008 - 2010, vamos a reforzar nuestro liderazgo en sistemas de actuación aeroespaciales, en los que tanto SENER como NTE tienen una posición de referencia en el mercado internacional, y también en bioingeniería, un sector emergente y con gran proyección donde NTE está muy bien posicionada". Por su parte, Pau Planas comentaba: "Valoramos muy positivamente la adquisición por parte de SENER de la División de Instrumentación y Sistemas, lo que sin duda redundará en crecientes oportunidades tanto de negocio como para el desarrollo profesional de sus empleados. Por otro lado, la operación permitirá a Werfen centrarse en la actividad de software para el diagnóstico in vitro de NTE, que iniciará una nueva etapa bajo el nombre comercial Systelab."

NTE (cuyas siglas responden a Nuevas Tecnologías Espaciales) ha conseguido un reconocido prestigio en el sector por sus sistemas de información clínica y biomédica, sus productos de mecatrónica de precisión de aplicación en sistemas espaciales y biomédicos, sus instrumentos ópticos y electro-ópticos, y sus sistemas y dispositivos de bioingeniería.

SENER ha comprado la División de Instrumentación y Sistemas, que engloba las líneas de negocio de sistemas espaciales para misiones tripuladas y sistemas de soporte a la



José Luis Martín, Jorge Unda y Pau Planas tras la firma del acuerdo.

vida en el espacio, astronomía y ciencia, y sistemas biomédicos, ámbitos en los que NTE desarrolla actividades que van desde los estudios de viabilidad y de sistema hasta el suministro de sistemas de software plenamente operativos y de prototipos de hardware y series reducidas, que incluyen integración y verificación de productos. Entre sus clientes principales figuran instituciones como el Observatorio Europeo Austral (ESO) y la Agencia Espacial Europea (ESA). NTE es reconocida por la calidad de sus productos, que llevan una importante carga de I+D en sus desarrollos.

NTE-SENER incorpora a su equipo a todos los profesionales que conforman la plantilla de la citada división de NTE, trabajadores de alta cualificación que comparten la filosofía de la excelencia de la que SENER hace gala, que contarán con plena autonomía operativa. Igualmente, NTE-SENER dará continuidad a todos los contratos en curso que tenía la empresa en el momento de su compra.

La constitución de NTE-SENER, como empresa de alta tecnología, confirma la exitosa trayectoria de SENER en Cataluña, donde lleva presente dieciséis años y es ya el grupo de ingeniería y tecnología de referencia; la empresa inauguró oficina en Barcelona en 1993 y desde entonces ha desarrollado proyectos punteros en los sectores de ingeniería civil, con destacada presencia en el sector ferroviario, de arquitectura, de ingeniería aeronáutica, de ingeniería naval y de energía y procesos.

La nueva empresa NTE-SENER complementará esta actividad con proyectos en los sectores de espacio, astronomía y biomedicina. En total, SENER cuenta ya con una plantilla de cerca de 400 trabajadores entre sus instalaciones de Barcelona y Lliçà d'Amunt. Con esta adquisición y la reciente ampliación de las oficinas de Barcelona (donde se ha incorporado una planta de 1.100 m² a las tres que ya disponía en el mismo edificio de la calle Provença) sus instalaciones en Cataluña suman ya 5.500 m² de oficinas, salas blancas, salas de integración y talleres. ■■



Dos obras de SENER, propuestas para el Premio de Arquitectura Española 2009

La Junta de Gobierno del Colegio de Arquitectos Vasco Navarro propuso dos obras de SENER para la concesión del Premio de Arquitectura Española 2009 que otorga el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. El premio finalmente ha recaído en el Pabellón de España de la Exposición Internacional Zaragoza 2008. Los dos proyectos de SENER nominados al galardón han sido las viviendas tuteladas para

personas con discapacidad de Barakaldo y el proyecto del Centro de Tercera Edad, Centro Juvenil, Aparcamiento Subterráneo y Urbanización del aparcamiento de San Roque en Portugalete. Cabe mencionar que este último fue seleccionado por la X Bienal Española de Arquitectura y Urbanismo 2009 (BEAU) como una de las obras arquitectónicas y urbanísticas más representativas de los últimos dos años. ■■

Viviendas tuteladas de Barakaldo.



Edificio de equipamientos de San Roque.



SENER, Premio a la Innovación de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España

La Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE) ha concedido a SENER el 'Premio a la Mejor Empresa relacionada con la profesión más destacada en la aplicación y desarrollo de I+D+i', dentro de la categoría de Empresas. El acto de entrega de estos premios tuvo lugar en julio en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (Madrid), con motivo de la celebración de la festividad de la Virgen del Carmen, patrona del mar y también de SENER, debido a los orígenes navales de la empresa. Fue el director general de la Unidad de Negocio Naval de SENER, Luis García Bernáldez, quien recogió el premio de manos del vicepresidente de la AINE, Manuel Moreu.



Luis García Bernáldez recoge el Premio a la Innovación de la AINE.

Los Premios AINE tienen como objetivo fomentar el progreso de la técnica de la construcción naval, transporte marítimo e industria auxiliar, así como estimular el buen hacer de los ingenieros navales y oceánicos. De este modo, la asociación naval ha reconocido el continuo esfuerzo de SENER en I+D+i, especialmente notable en el desarrollo del sistema informático FORAN para el diseño y producción de buques y artefactos navales.

Esta es la segunda vez que la empresa recibe un premio a la innovación gracias a su sistema de CAD/CAM naval FORAN. El pasado año, SENER se alzó con el Premio Príncipe Felipe a la Excelencia Empresarial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en la modalidad 'Innovación Tecnológica para Grandes Empresas'. Fue un reconocimiento al software naval de SENER como un producto de innovación tecnológica relevante y con éxito documentado tanto nacional como internacionalmente.

El sistema FORAN está licenciado en más de 150 astilleros y oficinas técnicas de 30 países. Incluye varios paquetes principales (Formas, arquitectura naval y disposición general; Estructura; Armamento; y Electricidad), módulos comunes (Estrategia constructiva; Dibujo y modelado avanzado; Navegador virtual y visualizador; Control de configuración), enlaces con los medios de producción (máquinas de corte, máquinas de curvado, robots, etc.), interfaces con sistemas de gestión y de control de ciclo de vida del producto (PLM), soluciones para la ingeniería colaborativa y su propio entorno integrado de desarrollo.

Dentro del área naval, SENER ofrece también servicios de consultoría e ingeniería de buques. ■■



I Edición del Premio SENER en la UPC

La 'Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa' (ETSEIAT), perteneciente a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), entregó en junio, por primera vez, el Premio SENER, que distingue los mejores trabajos en las asignaturas 'Proyectos', de la titulación de Ingeniería Aeronáutica, y 'Proyectos I y II', de la titulación de Ingeniería Industrial.

SENER continúa su colaboración con la Universidad como parte de su inversión en innovación: este premio se enmarca dentro de las actividades que la Comisión de Innovación de la empresa, desde sus oficinas en Barcelona, realiza con la Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa, y que tienen el cometido de promover la innovación entre los alumnos universitarios. En este premio, SENER y la UPC han valorado una serie de proyectos que respondían a dos temáticas fijadas previamente por ambas entidades: para la titulación de Ingeniería Industrial, los alumnos podían optar por el diseño de un transporte ferroviario que utilice energías renovables o bien el proyecto de implantación de un aeropuerto para viajes comerciales al espacio en Cataluña; por su parte, para la titulación de Ingeniería Aeronáutica, podían escoger entre el diseño de una nave aérea sin tripulación UAV y el diseño de un dirigible ecológico.

En esta ocasión, el premio ha reconocido los trabajos de los estudiantes de Ingeniería Industrial Esther Biel Roda, Xavier García Raventós, Juan José Sánchez Rodríguez y Carles Vilà Pasqual por su proyecto 'Diseño de un transporte ferroviario alimentado mediante energía solar' y a los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica Alejandro Bonillo Coll, Jorgina Busquets i Corominas, Neus Gallés i Raventós, Cèsar García Castilla, Víctor González Lao, Joan Jorquera Grau, Daniel López Fernández, Ferran Martí Duran, Rosa María París López y Javier Yuste Soler, por su trabajo 'Diseño preliminar de un dirigible ecológico: Freighter Bird'. Todos ellos recibieron un trofeo conmemorativo y un viaje a Toulouse para visitar las instalaciones de Airbus y de Cité de L'Espace, destinado a los alumnos de Ingeniería Aeronáutica, así como un viaje a la Plataforma Solar de Almería destinado a los alumnos de Ingeniería Industrial.

La entrega de premios tuvo lugar en julio y contó con la participación de los jefes de las Secciones Eléctrica y Mecánica de la División de SENER Barcelona, Sonia Fraile e Íñigo Gurrea, respectivamente. ■■

La Autoridad Portuaria de Baleares otorga una mención especial a SENER

El jurado de la Autoridad Portuaria de Baleares otorgó, el 17 de julio, una mención especial a la propuesta presentada por SENER en el concurso de ideas de la 'Estación marítima y ordenación de zonas anexas al Cos Nou (Port de Maó - Menorca)'. De las 53 propuestas recibidas, hubo tres proyectos premiados y dos menciones especiales, una de ellas para el trabajo de SENER. El jurado del certamen, que señaló la gran calidad de todos los trabajos presentados, destacó de SENER la buena organización de los flujos de vehículos y pasajeros. ■■

SENER abre una División en Emiratos Árabes Unidos

SENER cuenta con una nueva oficina en Abu Dhabi, en Emiratos Árabes Unidos, ubicada en la zona de negocios Gulf Business Centre, en el centro de la ciudad. Desde estas nuevas oficinas, SENER va a desarrollar proyectos tanto en el sector de energía y procesos como en el de ingeniería civil y arquitectura, así como en el área aeroespacial y también en el área naval.

SENER comenzó a interesarse por las posibilidades de negocio que ofrecía el emirato de Abu Dhabi en el año 2007, cuando se establecieron los primeros contactos que darían lugar a la creación, en marzo de 2008, de Torresol Energy, una 'joint venture' entre SENER y MASDAR ADFEC (Abu Dhabi Future Energy Company), compañía para el desarrollo de energías renovables lanzada por la empresa de inversiones propiedad del Emirato de Abu Dhabi, MUBADALA Development Company.

Desde entonces, las oportunidades que ofrece Emiratos Árabes Unidos en el campo de la ingeniería, tanto en proyectos del sector de la energía como en proyectos civiles, navales, de arquitectura y aeroespaciales, han impulsado la actividad de SENER en Abu Dhabi y, finalmente, la empresa ha abierto una División operativa en esta ciudad. Desde la nueva sede, SENER dará soporte tanto a las diferentes unidades estratégicas de negocio de la empresa como al resto de divisiones en todas las posibilidades de negocio que surjan en Emiratos Árabes Unidos y su área de influencia.

A día de hoy, SENER colabora en diferentes proyectos solares con MASDAR, como socio tecnológico clave en las plantas de Torresol Energy Gemasolar, Valle 1 y Valle 2, que se contruyen actualmente en el sur de España, y está siendo muy activo en diferentes proyectos en la zona. ■■



Oficina de SENER en Abu Dhabi.

Andrés Sendagorta, Gran Cruz del Mérito Naval

Andrés Sendagorta, vicepresidente de SENER Grupo de Ingeniería y responsable del Área Aeroespacial y Defensa, ha sido condecorado con la Gran Cruz del Mérito Naval con distintivo blanco por el Rey Don Juan Carlos I a propuesta de la ministra de Defensa, Carmen Chacón, según el Real Decreto aprobado por el Consejo de Ministros.

Graduado en la Escuela Naval Militar de la Armada Española como alférez de navío del Cuerpo General Escala Superior, en su trayectoria profesional Andrés Sendagorta ha sido oficial de guerra antisubmarina de la fragata 'Balears', teniente de navío y piloto naval de reactores de combate, con calificación de portaaviones en U.S. Navy y la Armada Española, así como piloto

de reactores HARRIER en la base naval de Rota y en el portaaviones Príncipe de Asturias, nombrado posteriormente capitán de corbeta y segundo comandante del escuadrón de aviones Harrier en la base naval de Rota.

La orden del Mérito Naval es una medalla que reconoce a militares y civiles la realización de acciones o la prestación de servicios destacados. La Gran Cruz se concede a oficiales, generales y personal civil con rango institucional, administrativo, académico o profesional. Por su parte, el distintivo blanco se otorga por méritos o servicios efectuados durante la prestación de las misiones o servicios encomendados a las Fuerzas Armadas, o que estén relacionados con la Defensa Nacional. ■■

NOMBRAMIENTOS

JOSÉ GREGORIO BRIZ, director del Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura y hasta ahora director de la División de SENER en Sevilla, ha sido designado director general de la Unidad de Negocio (UEN) de Civil y Arquitectura de SENER. José Gregorio Briz, que en los últimos años ha apoyado activamente la labor de Ernesto Ferrándiz al frente de la actividad civil de SENER, toma definitivamente las riendas de la UEN Civil y Arquitectura, que en los últimos años ha experimentado un crecimiento significativo y, hoy en día, representa una de las mayores áreas de negocio de la empresa de ingeniería. José Gregorio Briz cuenta con una larga trayectoria en SENER, donde se incorporó en 1989 dentro de la División Industrial y Naval (DIN), primero como director de proyectos y luego, en 1991, fue nombrado jefe de la sección civil de Madrid; en 1997 pasó al departamento civil, primero como director adjunto y posteriormente como director del departamento. Por su parte, **MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ**, hasta la fecha delegado de la UENCA en Andalucía, asume además el cargo de director de la división SENER Sevilla. Desde julio de 2009, **MERCEDES SIERRA** ocupa el puesto de responsable de desarrollo del negocio de la Energía Solar por Concentración (CSP) en Estados Unidos, desde la oficina de SENER en San Francisco. Tras su paso por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) como directora del Área Espacial, cargo que desempeñó entre los años 2005 – 2009, Mercedes Sierra se ha reincorporado a SENER, donde en 1989 comenzó su trayectoria profesional, dentro de la División Aeroespacial. Desde su nuevo puesto, Mercedes Sierra apoyará la labor de José Carlos Martín Cantero, director general de la División de SENER en EE UU, y de Miguel Domingo, director del Negocio Solar de SENER, tanto en España como en el plano internacional.

CÉSAR FERNÁNDEZ ha sido nombrado jefe de la Sección de Tuberías de la División de Madrid, puesto que, hasta la fecha, ocupaba David Palacios. Ingeniero naval y oceánico de formación, César Fernández cuenta con siete años de experiencia profesional y, concretamente en SENER, ha participado y dirigido proyectos del Área Naval dentro de la Sección de Buques de la División de Madrid. Por su parte, **DAVID PALACIOS** ha sido designado director del proyecto 'llave en mano' para PEMEX del Complejo de la Cangrejera en México. David es ingeniero naval y desde el año 1994, que se incorporó a SENER, ha sido director del proyecto de la central de ciclo combinado de ACECA y uno de los directores del proyecto de la planta de regasificación de Sagunto. Asimismo, David Palacios ha desempeñado los puestos de jefe de

Sección de Ingeniería de Buques desde 2001 a 2008 y el de jefe de la Sección Mecánica de la División de Madrid en estos últimos tres años.

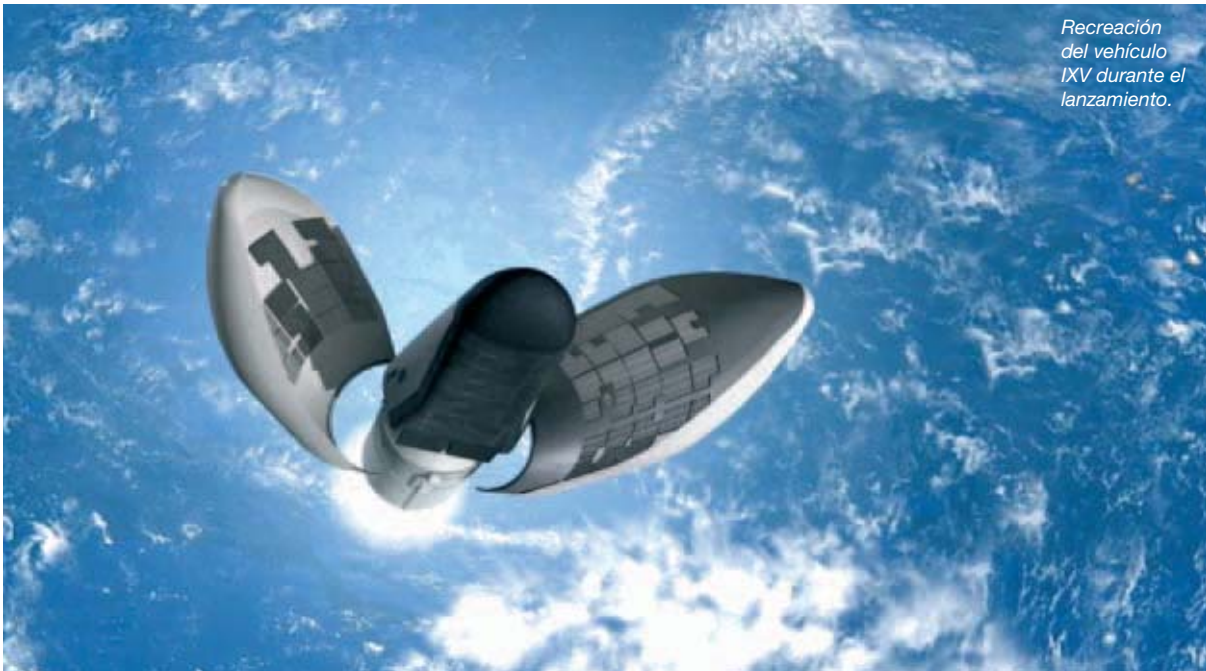
RAMÓN VARELA ha sido nombrado director de la Asesoría Jurídica de SENER Grupo de Ingeniería, S.A., uno de los mayores grupos de ingeniería en España, con más de 5.700 empleados y una facturación superior a los 829 millones de euros. Se trata de un puesto de nueva creación, derivado del crecimiento que está experimentando el Grupo, con el que se espera dar respuesta a las necesidades de la Asesoría Jurídica. Licenciado en Derecho por Universidad de Deusto y con un Máster en Derecho Internacional Comercial por la Universidad del Pacífico (Stockton, California), Ramón Varela ha trabajado los últimos dos años en el Departamento Jurídico de SENER. Anteriormente, ha desarrollado su carrera profesional en despachos mercantilistas de abogados, tanto en Bilbao como en San Diego y Dallas.

RICARDO CASAL ha asumido la responsabilidad de la gestión comercial de SENER Argentina, en la posición de gerente comercial de la sociedad. La trayectoria profesional de este ingeniero industrial ha pasado por varias empresas de primera línea, tanto en Argentina como en otros países de Latinoamérica. La incorporación de Ricardo Casal a SENER se produjo en agosto de 2008. Desde su inicio ha estado integrado en los equipos de trabajo, comerciales y técnicos de SENER, participando en los desarrollos de negocios de Energía y Procesos, Civil y Naval. Además se ocupa de la coordinación de las ofertas de ingeniería en Argentina y en Latinoamérica. Por otra parte, está al frente de la organización del trabajo del equipo comercial de SENER Argentina en las ofertas que se realizan junto con la Unidad Estratégica de Negocio de Energía y Procesos, responsabilidades con las que continuará en su nueva posición.

RICARDO ARRIAGA, director de Construcción senior y antiguo director de la empresa Bufete Industrial, se ha incorporado recientemente a SENER como responsable de las Secciones de Compras y Construcción en México, dentro de la División de Compras y Construcción. Sus principales responsabilidades serán, entre otras, potenciar las actividades de Compras, Activación, Inspección (Sección de Compras) y de Subcontratación, Construcción, y Puesta en Marcha (Sección de Construcción). Ricardo Arriaga, en estrecha coordinación con el director general de SENER México, José Belmonte, y del director general de Compras y Construcción de SENER, Eduardo Serrano, trabajará para conseguir estos objetivos tanto en México como en el resto de SENER, reforzando las capacidades actuales de la empresa y atendiendo las ofertas y proyectos que puedan necesitar de los servicios de la oficina de SENER en México.



© ESA



Recreación del vehículo IXV durante el lanzamiento.

Vehículo Experimental Intermedio (IXV) de la ESA

SENER tiene una destacada participación en el proyecto IXV (Intermediate eXperimental Vehicle), un vehículo experimental de reentrada a la atmósfera de la Agencia Espacial Europea (ESA) que servirá como demostrador de tecnologías para allanar el camino de misiones europeas de exploración y transporte por el espacio totalmente autónomas sin la necesidad de piloto. SENER es contratista principal del Subsistema de Guiado, Navegación y Control de vuelo, la aplicación más crítica de esta misión.

El proyecto IXV forma parte del Programa Preparatorio de los Lanzadores del Futuro (FLPP en sus siglas en inglés) de la ESA. Desde un principio, el IXV fue concebido como una plataforma tecnológica que, construida a partir de una serie de desarrollos y logros tecnológicos (programas ESA como TRP, GSTP, HERMES, MSTP, FESTIP, X-38, FLPP y programas nacionales), fuera un paso más allá con respecto a demostraciones anteriores de reingreso a la atmósfera, como ARD y EXPERT, mediante el incremento de su maniobrabilidad y autonomía en vuelo para verificar su viabilidad tecnológica en misiones que requieran un amplio corredor de reentrada. Como su propio nombre indica, el IXV está diseñado para ser un paso 'intermedio' en el camino europeo, eficiente tanto en tecnología como en costes, para la verificación en

vuelo de la tecnología necesaria para preparar futuros desarrollos de sistemas operacionales con riesgo limitado para Europa.

El proyecto IXV se remonta al año 2000, cuando la ESA estableció un plan europeo, a largo plazo, para poner en marcha sistemas y tecnologías que permitieran la experimentación en vuelo de vehículos de reentrada en la atmósfera. En 2005, la consolidación de la industria espacial en Europa permitió materializar este esfuerzo en el proyecto IXV, que partía de anteriores logros europeos en este tipo de sistemas y tecnología. IXV supone un avance significativo en relación con los anteriores programas experimentales de vuelo europeos, y suministra un medio concreto y asequible para consolidar la posición independiente de Europa en el campo estratégico de tecnologías de reentrada atmosférica para preparar ambiciosos desarrollos como el vehículo ARV (Advanced Rescue Vehicle), que será un vehículo autónomo de rescate de astronautas de la Estación Espacial Internacional (ISS).

IXV tiene como objetivos clave el diseño, desarrollo, fabricación, integración y verificación en tierra y en vuelo de un sistema europeo de experimentación de vehículos de reentrada a la atmósfera totalmente autónomos.

Entre el amplio campo de tecnologías críticas de interés en este tipo de misiones, se ha puesto especial atención a la instrumentación avanzada para aerodinámica y aerotermodinámica; protección térmica y soluciones de estructuras de alta temperatura; y, en especial, el Subsistema de Guiado, Navegación y Control de vuelo mediante un sistema combinado de motores de reacción y actuadores aerodinámicos, a cargo de SENER.

Las actividades de diseño de IXV comenzaron en 2008 y a finales del año se completó la fase preliminar de diseño (PDR). En 2009 se han comenzado las fases de desarrollo y en 2012 tendrá lugar el lanzamiento, a bordo del lanzador Vega, desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. El vehículo IXV se situará a una altitud de unos 450 km, desde donde iniciará el vuelo de regreso a la Tierra hasta realizar un amerizaje suave y seguro en el Océano Pacífico. ■■

© ESA



Recreación del amerizaje del vehículo experimental IXV en el Océano Pacífico.

El épico viaje de ULYSSES

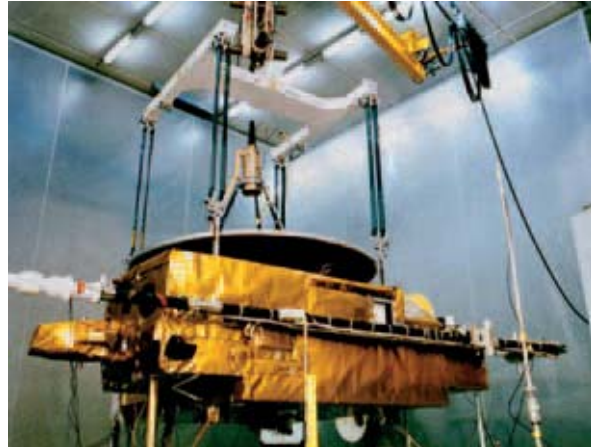
POR ÁLVARO AZCÁRRAGA Y FERNANDO ARTIGAS

Así titulaba el boletín nº 136 de la Agencia Europea del Espacio (ESA) el viaje de Ulysses, que comenzó en la década de los 70 del siglo pasado como ISPM (siglas de Misión Internacional al Polo del Sol, en inglés) y en cuyo desarrollo SENER jugó un papel fundamental, como veremos a continuación.

Ulysses terminó (por agotamiento, no por fallo técnico) su vida útil el 30 de junio de 2009, 18 años y 246 días después de su lanzamiento, aunque había sido diseñado para una vida útil de cinco años (!). En su momento, fue el cuerpo celeste fabricado por el hombre de mayor velocidad (15.4 km/Seg) y permitió conocer la estrella Sol con un detalle sin precedentes, pues se daba la paradoja de que se conocían mejor las características de estrellas muy alejadas que las de nuestro propio Sol.

La misión consistía en llevar unos 50 kg de instrumentos y sobrevolar los polos del Sol, lo que no se había hecho nunca, a partir de un encuentro con el planeta Júpiter (al que se llegaba con una órbita Hohmann). Después, aprovechando el pozo gravitatorio joviano se lograba una importante aceleración y un cambio de plano de trayectoria, que se ponía a 80° sobre el de la eclíptica, y de este modo se podían observar los polos del Sol.

Para ello, en 1977 la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Estadounidense del Espacio y la Aeronáutica (NASA) negociaron un programa conjunto, con dos naves, del que la NASA se descolgó por problemas presupuestarios: sólo permaneció la nave suministrada por los europeos, mientras que los americanos quedaron a cargo del lanzamiento y la puesta en órbita joviana, así como del suministro de la fuente de energía para la misión, un generador radioisotópico (Gisela) de plutonio 238. El lanzamiento estaba previsto para 1983, pero diversos cambios y, sobre todo, el revuelo formado por diferentes organizaciones contrarias al uso de energía nuclear en el espacio, lo retrasó hasta 1986, cuando la catástrofe de la lanzadera Challenger (que contaba entre la tripulación con una maestra seleccionada como profesora del Espacio, y que fue el primer astronauta no científico, técnico o piloto) hizo que temporalmente se suspendieran los vuelos con este tipo de



Mástil de codo.

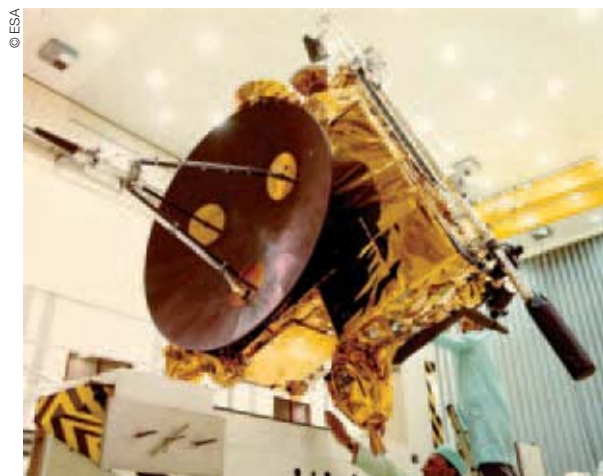
lanzadores. Finalmente, la misión pudo ser enviada al espacio en octubre de 1990 por la lanzadera Discovery. Este retraso obligó a desmontar Ulysses y a traerlo, para su almacenamiento y mantenimiento en estado de servicio, de los Estados Unidos a Europa, con lo que los equipos industriales fabricantes del sistema estuvieron activos casi trece años.

Tras su lanzamiento con el Discovery la nave utilizó una combinación de dos motores de propulsante sólido para alcanzar una órbita elíptica de una unidad astronómica (AU) de perihelio y cinco de afelio (la distancia de Júpiter al Sol), estabilizada a lo largo de su eje Z, que correspondía al eje de la antena principal. De esta forma, Ulysses estaba en permanente contacto con la Tierra en banda S (para el servicio de la nave) y en banda X (para la información científica). Alcanzó Júpiter el 8 de febrero de 1992 para, desde allí, sobrevolar por primera vez los polos del Sol, cruzar la cola del cometa Hyakutake, el 1 de mayo de 1996, y hacer lo mismo, en el año 2004, con la cola del cometa McNaught-Hartley.

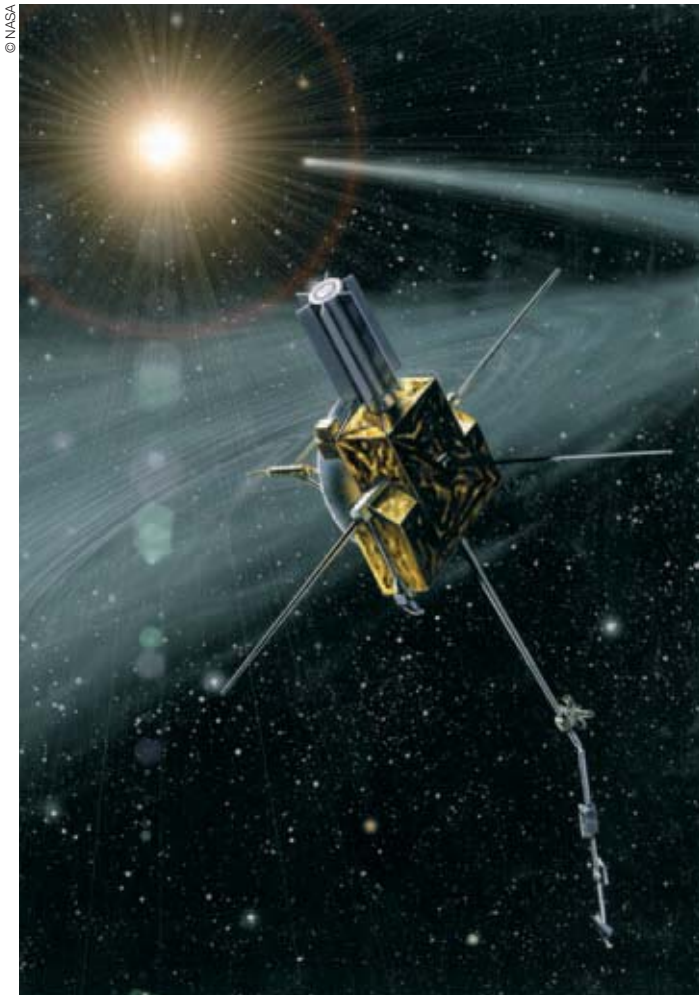
Al final de su vida, Ulysses había sobrevolado tres veces los dos polos solares y se había convertido en la piedra Rosetta de la Red Interplanetaria (IPN), al ser el único objeto construido por el hombre fuera del plano de la eclíptica y, además, provisto de un detector de rayos gamma.

Configuración de Ulysses

Esencialmente, Ulysses es un cajón de 3,2 x 3,3 x 2,1 metros, donde van montados los tres elementos esenciales de la nave: la antena transmisora-receptora de 1,65 m de diámetro, el generador radioisotópico termoelectrónico (RTG) de plutonio 238, y el sistema de mecanismos y mástiles portadores de los instrumentos, consistentes en dos antenas de hilo que desplegadas median 72 m de extremo a extremo, un mástil desplegable de cobre-berilio de 7,5 m de longitud, y un mástil rígido, plegado por un codo de fibra de carbono de 50 mm de diámetro. Los dos primeros eran instrumentos en sí mismos, que medían las ondas de radio producidas por el viento solar, mientras que el mástil de codo llevaba cuatro tipos de instrumentos, dos para medir rayos X y explosiones de rayos gamma, y dos tipos de magnetómetros. El conjunto pesaba 350 kg y los instrumentos, 55 kg.



Configuración de la Sonda Ulysses.



Sonda Ulysses en el espacio.

El trabajo de SENER

SENER era el proveedor y contratista principal del sistema de mecanismos, electrónica de despliegue y control incluidos. Por cierto, las antenas de hilo tuvieron un papel esencial en la nave, pues no sólo actuaron como instrumento científico para evaluar el viento solar, sino que, además, su despliegue controlado permitió bajar la velocidad de rotación de Ulysses de 80 rpm (con lo que acabó su inyección en órbita) a cinco, que era la velocidad de diseño para hacer las pruebas científicas.

¿Y por qué SENER tuvo un papel tan destacado? Concurrieron varios sucesos, como son que la NASA no estaba en condiciones de forzar un fabricante americano, y que el europeo elegido, Dornier GmbH (hoy parte de Astrium, que es la rama espacial del gigante aeroespacial EADS, propietario de Airbus) tenía unas excelentes relaciones con SENER, primero por la experiencia previa en el desarrollo de la sonda ISEE-B (donde SENER hizo sus primeros equipos de vuelo espaciales), y, segundo, porque SENER, clarívidamente, se había integrado en el consorcio europeo STAR (el único que permanece vivo en la actualidad), donde el socio alemán era Dornier; y quizás también porque los 'estilos' de ambas empresas eran muy similares, lo que facilitaba la cooperación.

El caso es que Ulysses significó pasar una parte importante del riesgo a una empresa española, que trabajó durante trece años en el proyecto. Ulysses fue, tanto en términos tecnológicos como en volumen financiero, el mayor contrato de equipos de vuelo de la década de los 80 hecho en España, equipos

que funcionaron perfectamente. No es, pues, de extrañar que la NASA, para el telescopio espacial Hubble, confiara en SENER para desarrollar el mecanismo de focalización de la cámara más sensible del telescopio, mecanismo que fue en su época el más preciso del mundo y que permitió que el telescopio pudiera trabajar, al menos en parte, hasta que se corrigió el defecto de pulido de su espejo, y fuera la maravilla que es hoy en día.

El equipo técnico de SENER en este proyecto

A riesgo de tener algún olvido imperdonable, no se puede acabar este artículo sin un recuerdo a aquellos ingenieros y técnicos que tan alto dejaron el pabellón de SENER por el mundo. De ellos, uno fue director de un satélite del INTA (Manuel Fuentes) y otro oficial técnico e ingeniero jefe de Misión para algunos satélites de la ESA (Miguel Aguirre), lo que prueba que SENER es una buena escuela.

El equipo estuvo dirigido por Carlos Pascual con Erardo Herrera de director técnico (y con la ayuda del gran Chechu Rivacoba), Federico Abarrategui (con Alberto Martín) en fabricación, Inocencio Tato a cargo de la electrónica, Jaime Azcona del control térmico, Santiago Ugaldea de la garantía de calidad y Harry Mallard de los ensayos. Eduardo Serrano era director de la División en Bilbao y Álvaro Azcárraga, del Departamento Aeroespacial en Madrid. Todos estaban a las órdenes de Manu Sendagorta.

Por cierto, el único incidente grave (afortunadamente, sin consecuencias) que hubo fue que el mástil desplegable (el 'matasuegras', como cariñosamente se le conocía) pandeaba al calentarse por la radiación solar. Esta eventualidad ya la había previsto Jaime Azcona, pero a nivel sistema su efecto fue considerado no significativo y menor del experimentado realmente en vuelo. Como consecuencia, la nave espacial oscilaba, con lo que peligraba su apunte de antena hacia la Tierra. Bastó con girar levemente el conjunto y poner el mástil a la sombra para que el problema desapareciera; las pocas veces (una cada año) que, a lo largo de la trayectoria, forzosamente, tenía que emerger de la sombra, se anulaban las oscilaciones utilizando los cohetes de control de asiento del propio Ulysses.

La misión Ulysses nos ha permitido conocer nuestro Sol y su entorno, incluidos los mortíferos rayos gamma, de una forma sin precedentes y, durante sus 18 años de vida útil (¡se diseñó para durar 5!), más de 200 científicos de Europa y América han dedicado sus afanes a él.

Todavía, y pese a ser ya un pequeño trozo de metal que estará en órbita millones de años, Ulysses será útil, toda vez que una parte importante de los datos siguen siendo aprovechados para futuros trabajos. Sabemos ya que la heliosfera es un lugar agitado, con vientos de hasta 750 km por segundo, que los cambios en el campo magnético son los causantes del ciclo de once años y, sobre todo, que el 'vacío' no lo es tanto, pues las partículas de polvo cósmico son abundantes en el entorno solar, treinta veces más de lo que creían los astrónomos más atrevidos.

No deja de ser una gran satisfacción para las personas que estamos en SENER saber que fuimos parte, y no pequeña, de este gran proyecto, y que seguimos participando activamente en la exploración presente del espacio, con Rosetta, Herschel-Planck, Beppi Colombo, y cómo no, ExoMars.

En este año que se recuerda, con los honores que se merece, el cuadragésimo aniversario de la llegada del hombre a la Luna, podemos celebrar en España, con orgullo, el fin de un viaje extraordinario, cuyo origen se produjo sólo ocho años después del famoso Apolo XI. Ciertamente, sabíamos manejar algo más que las estaciones en tierra de las naves americanas. ■■



SENER participa en el lanzamiento de los satélites Herschel y Planck

El pasado 14 de mayo tuvo lugar el lanzamiento de los satélites Herschel y Planck, desde la base de la Agencia Espacial Europea (ESA) de Kourou, en la Guayana Francesa. SENER ha tenido un relevante papel en este proyecto, como suministrador del Sistema completo de Guiado y Control (AOCS/GNC) del satélite Planck y de parte de los elementos comunes a ambos satélites instalados en el Sistema AOCS/GNC de Herschel. Este sistema se encarga de llevar a los satélites a las posiciones deseadas (órbita) y mantenerlos con los perfiles de apuntamiento y estabilización adecuados (actitud), además de corregir cualquier desviación que se produzca. Debido al carácter crítico y a la complejidad de este sistema, ingenieros de la empresa han participado en la monitorización del funcionamiento del sistema AOCS/GNC durante el lanzamiento, prestando soporte técnico a la ESA en todo momento.

El director del Departamento de Espacio de SENER, Diego Rodríguez, y el director del proyecto, Salvador Llorente, fueron invitados al acto de lanzamiento en Kourou, al que finalmente asistió Salvador Llorente acompañado por el veterano ingeniero Carlos Pascual, antiguo director de proyecto de la estructura Optical Bench Assembly (OBA) de Herschel. Otras personas de SENER involucradas en este proyecto estuvieron también presentes en el evento que simultáneamente se celebró en la estación de Villafranca (Madrid) de la ESA, con conexión directa con Kourou. La expectación de esta importante misión científica reunió asimismo a numerosos medios de comunicación que dieron amplia cobertura de su alcance en los días posteriores.

El lanzamiento resultó totalmente nominal, con resultados incluso mejores de los esperados y condiciones de inyección casi perfectas. Ambos satélites han enviado desde entonces datos que muestran un excelente funcionamiento de todos sus instrumentos. En el mes de julio, Herschel y Planck pasaron exitosamente las revisiones de puesta en servicio en órbita, que dieron fin a la fase de desarrollo y marcaron el comienzo de la fase operacional para ambas misiones. Los Sistemas de Guiado y Control (AOCS/GNC) de ambos satélites, de los que SENER es responsable, están funcionando a la perfección: todas las operaciones previstas se han realizado con absoluta normalidad y con prestaciones superiores a las nominales, lo que mejora el resultado previsto. En la actualidad, los dos satélites, ya en sus respectivas órbitas de Lissajous, en el punto L2 (a unos 1,5 millones de kilómetros de distancia de la Tierra) han comenzado con el programa de adquisición de datos científicos, que durará varios años, y están ya enviando las primeras imágenes. Durante toda la misión, el Sistema AOCS/GNC realizará regularmente maniobras de mantenimiento orbital que garantizan unas trayectorias orbitales estables.

En general, el sistema de SENER está funcionando de forma excelente y muestra resultados superiores a los esperados. Salvador Llorente, ingeniero de SENER y director de este proyecto, declaraba: "Creo que es un gran orgullo para SENER y para el equipo que ha trabajado durante más de siete años en este proyecto certificar que hemos conseguido hacer funcionar perfectamente uno de los Sistemas de AOCS/GNC más complejos volados en una misión de la ESA, con unas

prestaciones excelentes y sin apenas dificultades operacionales. Conviene recordar que este es el primer Sistema AOCS/GNC que una empresa española realiza para la Agencia Espacial Europea. Además, en el caso de Planck, que es el satélite en el que SENER tiene la autoridad total de diseño, el AOCS/GNC es un sistema novedoso y complejo, pues combina por primera vez tecnologías de estabilización en espín con tecnologías de vehículos estabilizados en tres ejes con un nivel de autonomía y capacidad de decisión a bordo sin precedentes hasta la fecha. El equipo de operaciones en el centro de control de ESA-ESOC está muy satisfecho con el funcionamiento del sistema y sorprendido con su nivel de tecnología y la autonomía asociada". ■■



Recreación del lanzamiento que muestra la separación del satélite Planck.



Diseño de material rodante e integración de sistemas

El diseño de material rodante ferroviario ha tomado mucha relevancia en el conjunto de actividades de diseño de vehículos que desarrolla la Sección Mecánica de SENER. En la actualidad, existen diversos proyectos en curso de cálculo, diseño, integración de instalaciones y sistemas y predicción acústica que ponen de manifiesto la calidad, el conocimiento y la flexibilidad de un grupo muy heterogéneo de profesionales, que es capaz de realizar la ingeniería conceptual y de detalle de prácticamente cualquier área de un tren, un metro o un tranvía.

Los grupos de trabajo se agrupan en las siguientes disciplinas: instalaciones, cálculo y diseño de estructuras, interiorismo y acústica. Cada grupo de trabajo cuenta con responsables técnicos que, coordinados por el director de proyecto, dirigen al equipo de profesionales de SENER e interactúan con el constructor en un proceso de ingeniería concurrente para cumplir los exigentes plazos establecidos de entrega de documentación. Los equipos se dimensionan en función del alcance del proyecto, lo que proporciona a los clientes una gran flexibilidad a la hora de afrontar los trabajos y cumplir con los objetivos de coste y planificación.

El grupo de Instalaciones se encarga del desarrollo de las instalaciones de los diferentes sistemas del vehículo: sistemas eléctrico, neumático, ventilación, combustible, refrigeración y contra incendios, entre otros. En una primera fase de ingeniería básica, se estudia la disposición óptima de los aparatos principales, cumpliendo con los requisitos de distribución de pesos, operabilidad y mantenimiento; luego tiene lugar la fase de ingeniería de detalle, en la que se diseña la soportería, tubería y canalizaciones, y se definen todos los componentes mecánicos que formarán parte de los sistemas. Asimismo, el grupo de Instalaciones realiza el cálculo, el diseño, la construcción de maquetas a escala y la toma de datos en campaña de ensayos de las instalaciones de ventilación y refrigeración.

El grupo de Cálculo y Diseño de Estructuras utiliza las herramientas informáticas como NASTRAN, PAMCRASH y ABAQUS Explicit para la realización de simulaciones y análisis de



Metro de Madrid: nuevas unidades de gálibo ancho.

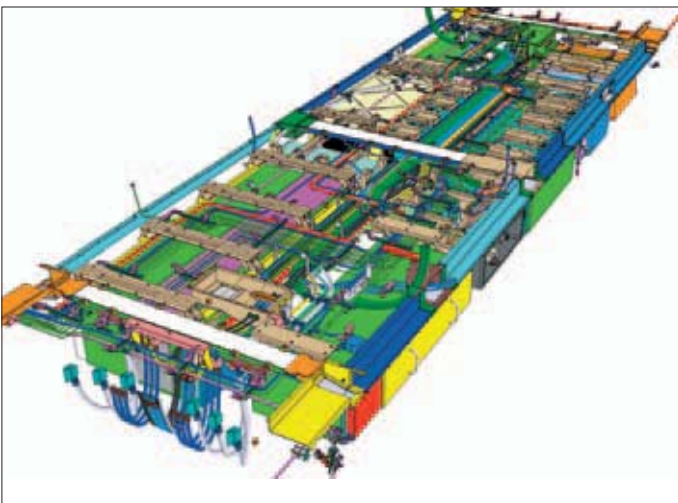
casos de carga estáticos, inerciales y de fatiga. Los resultados de dichas simulaciones permiten a los constructores cumplir con la normativa vigente de integridad estructural y resistencia al choque, así como realizar un diseño óptimo de la estructura en lo que se refiere a seguridad pasiva, reducción de peso, predicción del comportamiento a fatiga y reducción de uniones soldadas, atornilladas y remachadas.

El grupo de Interiorismo realiza el diseño conceptual y de detalle de los acabados interiores y exteriores de la sala de pasajeros y cabina, y materializa en ellos los diseños estéticos llevados a cabo por los gabinetes de estilo que han sido seleccionados por los constructores. Cada nueva serie se personaliza de acuerdo con los requerimientos estéticos de los operadores que adquieren el material rodante. Por ello, la armonización de componentes, la integración de sistemas y la selección de procesos y materiales es clave para conseguir un interior atractivo y que cumpla las nuevas exigencias en seguridad contra incendios dentro del marco europeo, tal y como se recoge en la especificación técnica CEN/TS 45545, de reciente aprobación.

El grupo de acústica está a cargo del área de predicción acústica de ruido interior y exterior en material rodante, disciplinas que son de vital importancia para asegurar el confort del pasajero. Los ingenieros de Acústica llevan a cabo su actividad en el transcurso del proyecto de desarrollo, asesorando y proponiendo mejoras para minimizar, desde el principio, el impacto acústico en la sala de pasajeros, así como la emisión de ruido al exterior. Para ello, se utilizan técnicas de simulación específicas, muchas de las cuales han sido desarrolladas por SENER, que se complementan con campañas de ensayo de las unidades en vía para la correlación numérica y la corroboración de los resultados.

SENER aúna en el equipo de proyecto las áreas tecnológicas que se han descrito anteriormente, con profesionales de distintas disciplinas que, bajo las directrices del director de proyecto, trabajan conjuntamente y de manera flexible para asegurar la consecución de los objetivos técnicos, económicos y de plazos acordados con el constructor. ■

Instalaciones bajo bastidor de una unidad de metro.



Utilización de materiales compuestos en el sector ferroviario

El mercado ferroviario muestra una tendencia creciente en la utilización de materiales compuestos. En este contexto, SENER está apostando firmemente por la inversión en investigación, desarrollo e innovación en tecnologías de fabricación de este tipo de material y en su aplicación a la industria ferroviaria. El extenso campo de posibilidades que SENER ofrece en el campo de los materiales compuestos se refleja en la apuesta por un amplio espectro de líneas de investigación y de actuación, que abarca desde el diseño, el cálculo y la simulación de elementos estructurales hasta el desarrollo de nuevos procesos de fabricación adecuados para su aplicación a la industria ferroviaria. En la aeronáutica, los 'composites' se han impuesto para fabricar piezas de estructura primaria, gracias a sus prestaciones, sus cualidades de ligereza y su flexibilidad de forma. La resistencia a las variaciones climáticas, el aislamiento térmico y acústico, y la resistencia al fuego son también ventajas muy apreciables. En el sector ferroviario, el objetivo de los desarrollos de los futuros trenes de alta velocidad estriba, más que en aumentar la velocidad, en alcanzar mayores prestaciones. Una de las ventajas que ofrecen los materiales compuestos es el ahorro en peso, con la consiguiente disminución del consumo energético y, por lo tanto, del nivel de emisiones. Como ejemplo, en el proyecto AVI 2015 de CAF, un proyecto de investigación para desarrollar los

ferrocarriles en el futuro, en el que SENER participa en el diseño de la estructura, se han investigado materiales compuestos para cabinas, suelos y motores. Asimismo, como parte de su estrategia empresarial, TALGO ha puesto en marcha el proyecto de unidad móvil AVRIL, capaz de circular a velocidades cercanas a los 360 km/h. Este objetivo, técnicamente muy ambicioso, precisará de la adopción de todo tipo de soluciones innovadoras que permitan alcanzar las mencionadas velocidades, entre las que se incluye la aplicación de materiales compuestos.

El Área de Ingeniería de Materiales Compuestos de SENER tiene a su disposición, desde el último trimestre de 2009, un conjunto de medios en el estado del arte para la investigación de los diferentes procesos de fabricación de piezas en material compuesto. En primera instancia, dispone de una prensa 'hot drape forming' o de conformado en caliente y de una máquina extrusora de tecnología de 'pultusión'. El objetivo primario deberá ser el estudio de técnicas avanzadas de producción económicamente sostenibles para su utilización en el sector ferroviario, con foco en procesos fuera de autoclave.

Una segunda vía de investigación es la mejora de las tecnologías de fabricación de preformas textiles secas con dos objetivos básicos: el primero, conseguir geometrías complejas y, el segundo, mejorar los procesos de apilado que actualmente tienen un alto número de operaciones manuales. Dichas preformas se utilizan como refuerzo y posteriormente son moldeadas mediante procesos de inyección o infusión de resina. SENER cuenta con el apoyo del CTAE (Centre de Tecnologia Aeroespacial) así como del INTEXTER (Instituto de Investigación Textil y Cooperación), que se encuentra en el campus de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) en Terrassa, lugar en el que SENER inaugurará el laboratorio de materiales compuestos. Además, SENER dispone de una serie de áreas de apoyo necesarias para establecer tanto las características como la verificación de los procesos anteriores, como la caracterización de materiales, los métodos de análisis de diseño, cálculo y simulación, y los ensayos mecánicos. El Área de Ingeniería de Materiales Compuestos dispone de programas de modelización y cálculo estructural y realiza la simulación de impactos que, en materiales compuestos, es uno de los problemas más complejos que hay que resolver. ■■



Máquina de conformado 'Hot Drape Forming'.

Modelado y predicción acústica de ruido interior y exterior

El grupo de Acústica de SENER viene realizando con éxito diversos proyectos de modelado y predicción acústica de ruido interior y exterior en material rodante. Dichos programas se llevan a cabo en estrecha relación con el constructor, lo que permite tener en cuenta aspectos acústicos en la fase de desarrollo de las nuevas unidades. SENER ha realizado proyectos para todo tipo de material rodante: metro, tranvía, tren regional, alta velocidad...

SENER utiliza su propia metodología semi-empírica, que combina las herramientas de simulación avanzada de que dispone con la toma de datos durante la campaña de ensayos. Muchas de las herramientas informáticas que se utilizan fueron desarrolladas específicamente por el grupo de Acústica.

En líneas generales, los trabajos realizados pueden agruparse en: estudios acústicos de las nuevas unidades y pruebas acústicas preliminares en vía. El estudio acústico de las nuevas unidades comienza con el análisis de la configuración de partida y, seguidamente, se lleva a cabo la toma de datos sobre las unidades de referencia.

Los datos de aislamiento y fuentes de ruido que se van a considerar, recabados durante la campaña de mediciones, servirán para el modelado y predicción acústica conceptual de las nuevas unidades. Las modificaciones acacidas en el diseño se incorporan en los modelos acústicos, de manera que dichos modelos reflejen, en cada momento, el estado actualizado del desarrollo.

Los resultados de la predicción acústica realizada basándose en los modelos actualizados se ponen en conocimiento del constructor. En el caso de que SENER haya detectado que existe posibilidad de rebasar los niveles acústicos que se han fijado como objetivo, la empresa efectúa recomendaciones de actuación.

SENER lleva a cabo también el seguimiento de los proveedores implicados para comprobar el correcto cumplimiento de los requerimientos acústicos asociados a los elementos que se van a suministrar y advertir de las posibles desviaciones con la máxima antelación posible. Asimismo, se elaboran especificaciones acústicas que tendrán que respetar los proveedores de elementos y subsistemas. ■■



Se entregan las últimas unidades del TAURUS Fin Actuator Sub-System (FASS)

Con la entrega de las últimas unidades, en septiembre de 2009, concluyó el primer contrato del TAURUS FASS (Fin Actuation Sub-System), un proyecto pionero que comenzó en 2003 y dio lugar a la actividad de producción en SENER y, con ella, a la División de Integración y Ensayos (DIE), que cuenta hoy en día con dos centros especializados donde trabajan unas 100 personas. En palabras de José Julián Echevarría, quien fue director de este proyecto en sus inicios, "TAURUS nos ha dado la credibilidad en la producción a gran escala de sistemas de actuación y control".

TAURUS FASS supuso un paso adelante para la empresa que, fiel a su espíritu innovador y aventurero, se adjudicó un contrato de producción antes de tener instalaciones para llevarlo a cabo. El paso fue valiente, aunque controlado: SENER no abordaba un producto nuevo, pues dominaba las disciplinas que estaban involucradas en el programa gracias a su experiencia en mecatrones para Espacio, donde se entregaban al cliente unidades fabricadas que eran equipos de gran complejidad. Ese dominio técnico dio al cliente plena confianza para adjudicar el contrato a SENER. Pero con el FASS de TAURUS la empresa pasó de fabricar unidades singulares en el sector espacial a dotarse de una infraestructura que permitiera desarrollar, en el ámbito de Defensa, la actividad de producción de sistemas electromecánicos de actuación y su electrónica de control en cantidades de cientos de unidades al año.

TAURUS FASS era un contrato en la modalidad 'built-to-print', en el que SENER debía ejecutar actividades de producción y limitarse a fabricar las piezas según las especificaciones del cliente (en cuanto a diseño y suministradores), sin posibilidad (sin aprobación del cliente) de efectuar cambios. El proyecto consistía en la producción de actuadores, cajas de control y sets de cableados. Sin embargo, en su ejecución la empresa encontró varios errores o debilidades de diseño y propuso al cliente soluciones alternativas: ése es el valor añadido que aporta SENER como empresa de ingeniería, la capacidad de introducir mejoras en el diseño y garantizar un excelente producto final.

Con TAURUS FASS la empresa dio un salto cuantitativo, pero también cualitativo, pues su puesta en marcha supuso una reestructuración interna de grandes dimensiones: con la nueva actividad de producción arrancaron también otras actividades en paralelo: hubo que poner en marcha una metodología de producción propiamente dicha (inspección del primer artículo, calificación de la línea de producción, etc.) y de calidad orientada a producción; adecuar la estructura de las secciones involucradas, formando grandes grupos de trabajo especializados (de las 8-10 personas que habitualmente formaban los grupos de proyecto en la División Aeroespacial se pasó a grupos de 30-35 personas); y construir un nuevo edificio específico para albergar esta actividad, el edificio 8, ubicado en las instalaciones de SENER en el Parque Tecnológico de Madrid, y dotado de instalaciones

de ensayos mecánicos, ambientales, bancos de trabajo, almacenes etc. Y todo con el tiempo justo para poder entregar en plazo las primeras unidades: el contrato se firmó en febrero de 2003, en febrero de 2004 se inauguró el edificio 8 y, en junio 2004, salían las primeras unidades de TAURUS. "Fue una época muy bonita, pero también muy estresante, visto ahora con perspectiva", recuerda Luis Fernando Sánchez, quien fue director de este proyecto desde noviembre de 2004 hasta noviembre de 2008, "pues a la vez que sacábamos el proyecto adelante estábamos montando una capacidad de producción y ensayos, comprando equipos de vibración, cámaras térmicas, instalándolas, aprendiendo a usarlas, etc."

Antes de la etapa de producción había que desarrollar la fase de industrialización, dos momentos que se solapan continuamente en un proyecto de estas características. Dicha fase de industrialización tenía como objetivos establecer la línea de producción, los procesos de producción y la cadena de suministro, evaluar a los proveedores y producir las primeras unidades.

Asimismo, y dada la peculiaridad de los perfiles profesionales requeridos para la producción, se establecieron acuerdos con centros de formación profesional para la realización de cursos de formación muy orientados a la actividad de la DIE, y que fueran el primer paso para la incorporación de nuevas personas a las líneas de producción.

Además, y de manera concurrente a estas dos etapas más o menos diferenciadas del proyecto, hubo que generar toda la documentación interna necesaria para complementar el paquete básico o 'Build Standard' que había facilitado el cliente inicialmente, adaptarlo a los procedimientos internos de SENER, asegurar el cumplimiento de las especificaciones, diseñar y desarrollar el software de ensayos, fabricar los equipos de pruebas y el utillaje... En definitiva, adecuar la estructura del producto a los métodos propios de fabricación de SENER. En este sentido, la DIE fue pionera al implementar el sistema de gestión integral de la producción y logística, CIM SOFINSA IPS, en el proyecto TAURUS FASS, lo que situó a la DIE de SENER a la vanguardia de las mejores prácticas integrales de producción, además de crear un núcleo operativo entre todas las áreas y disciplinas de los proyectos, que desde entonces pueden compartir datos en tiempo real. Este sistema de control de la producción se aplica ya en todos los proyectos de producción a gran escala de la DIE en SENER. Igualmente, la DIE desarrolló su propio sistema de codifica- →



Salida del edificio de las primeras unidades en 2004.



Salida del edificio de las últimas unidades en 2009.

22

← ción interno de partes y materiales y empleó por primera vez en este proyecto las metodologías Lean Manufacturing y 5S, ambas destinadas a realizar mejoras en el entorno de trabajo y en la eficiencia de la línea de producción. Dentro de la casa, la DIE fue de las primeras en gestionar los documentos a través de SENet, una aplicación interna de gestión y control del ciclo de vida de documentación, que también se empleó con TAURUS FASS, por primera vez, para implementar y controlar la estructura de los productos que se iban a fabricar... En general, TAURUS FASS dio lugar a un know-how que ha permitido desarrollar exitosamente otros contratos como el de la Sección de Control de IRIS-T, en el que SENER es autoridad de diseño, o el NSM, otro contrato 'built-to-print'. TAURUS FASS sentó las bases de las actuales capacidades de la DIE, tanto en productos de defensa como en producción de sistemas solares.

El primer grupo de trabajo de TAURUS provenía de la DAE (División AeroEspacial) y estaba formado por unas diez personas veteranas más cuatro montadores que se contrataron para el programa, bajo la dirección de José Julián Echevarría como director de proyecto. En noviembre de 2004 y hasta noviembre 2008 el director de proyecto fue Luis Fernando Sánchez, y después se hizo cargo José Manuel Ovando. Podemos resaltar, a lo largo de estos años, la participación de Alfonso Muñoz y Luis Muñoz (Ingeniería Electrónica), Juan Carlos Bahillo y Santiago Pasalodos (Ingeniería Mecánica), Mercedes Vega (Control de Configuración), Jose Luis López Navarro e Ignacio Mo-

linero (Producción), Unai Lopez e Ignacio Perez (Control de Producción), Jean Paul Bennaceur (Compras), etc.

En integración y ensayos, SENER es aún una empresa joven, con siete años de experiencia, en los que ya se ha hecho un nombre dentro del mercado. Poco a poco la cartera de trabajos se va haciendo más grande y, por capacidades, la empresa puede acometer proyectos integrales como autoridad de diseño, además de llevar a cabo contratos 'built to print', que son, en palabras de Luis Fernando Sánchez, "una excelente puerta de entrada a los grandes contratistas mundiales de sistemas de actuación y control". Proyectos como TAURUS FASS, donde se han entregado más de 640 unidades, y que se han probado ya en vuelo, cumpliendo escrupulosamente los plazos, son una excelente tarjeta de presentación. TAURUS FASS ha abierto la posibilidad de ofrecer múltiples sistemas de actuación y control de aplicación en misiles, torpedos, helicópteros, mecanismos de apunte para helioestatos... La DIE está diversificando su actividad con la incursión en nuevos mercados, como el solar, a la par que continúa ganando contratos en el mercado militar, tanto en misiles como en otros productos. En este último mercado, la DIE espera que el proyecto TAURUS FASS continúe con nuevos contratos de producción a lo largo de los próximos años, lo que abriría un nuevo ciclo en este exitoso proyecto que ya ocupa un lugar destacado en la historia de SENER. ■■

Producción de la sección de control del misil NSM



Unidades de producción de la sección de control del NSM.

SENER ha comenzado en el último trimestre de 2009 la entrega de las primeras unidades de producción de la sección de control del misil NSM a Kongsberg Defence (Noruega). Las primeras unidades entregadas han sido el llamado Lote Piloto, formado por dos secciones de control completas.

Las unidades pertenecientes al Lote Piloto son unidades ordinarias, producidas con los mismos materiales, procedimientos, utillaje, etc. que el resto pero que, tras ser sometidas a la campaña de aceptación estándar (ensayos funcionales y medio-ambientales), son verificadas adicionalmente para asegurar el estricto cumplimiento de todos los requisitos que son de aplicación al programa. Este es un hito fundamental en la aprobación y certificación de la línea de producción. ■■



Interior de las nuevas instalaciones de la División de Integración y Ensayos.

Nuevas instalaciones de **Integración y Ensayos** para mecanismos de actuación de grandes dimensiones

La División de Integración y Ensayos (DIE) cuenta desde el mes de julio con nuevas instalaciones dedicadas a la fabricación en serie de mecanismos de actuación y control de grandes dimensiones.

Esta nueva planta dispone de un total de 2.300 m², de los cuales 1.800 m² conforman una nave diáfana, donde se encuentran los medios de producción y espacios logísticos necesarios para afrontar todo tipo de proyectos. Los 500 m² restantes albergan oficinas y salas de reuniones. Las nuevas instalaciones están di-

mentadas para la fabricación de conjuntos electromecánicos de gran tamaño y pesos elevados, de más de una tonelada. Como continuación al éxito cosechado en la integración y ensayos de sistemas de actuación y control para el sector de Defensa, esta nueva planta goza de las mejores prácticas de fabricación y procesos productivos de alta eficiencia.

Las nuevas instalaciones han comenzado a funcionar con la fabricación en serie de 2.650 mecanismos de actuación de gran precisión para heliostato para la planta termosolar Gemasolar. ■■

Realizadas con éxito las **primeras intervenciones quirúrgicas con SENRAL**

Tras superar con éxito la fase de validación hospitalaria, SENRAL, el Robot Asistente para Laparoscopia de SENER, se ha convertido en un producto comercial. Recién salido al mercado, en junio de 2009 participó ya en dos intervenciones quirúrgicas de colecistectomía por laparoscopia en el Hospital Clínico Universitario de Málaga – Virgen de la Victoria.

Ambas operaciones concluyeron con éxito y el equipo médico valoró muy positivamente las ventajas funcionales del robot, su precisión de movimientos y la sencillez de manejo, tanto en la puesta en marcha como durante la utilización.

Al frente del equipo mé-

dico de ambas operaciones estuvo el Dr. Carlos Vara Thorbeck, jefe del Servicio de Cirugía de dicho hospital, catedrático de Patología y Clínica Quirúrgicas de la Universidad de Málaga e ideólogo del robot asistente para laparoscopia.

SENRAL es un robot médico especialmente diseñado para intervenciones por laparoscopia mínimamente invasivas. SENRAL libera al cirujano de la tarea de sujeción y orientación de la cámara del laparoscopio ya que, de forma automática, posiciona la cámara en el interior de la cavidad abdominal del paciente siguiendo las órdenes por voz que le indica el cirujano. Al tratarse de un sistema automático de precisión, la posición de la cámara es totalmente estable y proporciona una imagen de gran calidad.

SENRAL es el primer robot quirúrgico que ha sido validado por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, dependiente del Ministerio de Sanidad y Política Social. Como consecuencia, SENER ha obtenido la licencia de fabricación del producto en exclusiva. ■■



Intervención quirúrgica realizada con SENRAL.

Segunda fase del proyecto Castor

En 2009 ha comenzado la segunda fase del proyecto de la planta de almacenamiento estratégico de Gas Natural (GN) Castor, que Escal UGS, filial de la multinacional canadiense Eurogas, construye en Vinaroz (Castellón). Esta planta permite almacenar gas proveniente de la red nacional de gasoductos en los periodos de alta presión (fase de inyección) y devolverlo a la red cuando, por aumento de demanda o por falta de oferta, disminuye la presión en la misma (fase de extracción). SENER participa como ingeniería en este ambicioso proyecto desde la etapa conceptual hasta su puesta en marcha.

La planta Castor consta de cuatro partes principales: un depósito o reservorio natural, que es un antiguo yacimiento de crudo, situado a 20 km de la costa de Vinaroz y a 2.000 metros de profundidad bajo el lecho marino; dos plataformas en mar abierto, 'off-shore', donde se ubican las cabezas de los pozos y los equipos de proceso necesarios para llevar a cabo la segunda etapa de compresión del gas, en la fase de inyección, y la de secado en la de extracción; un gasoducto, que conecta las plataformas con la planta de operaciones terrestre, de 30 km de longitud (20 de los cuales son submarinos) y 30 pulgadas de diámetro, y que trabaja a 100 bares de presión; y, por último, una planta de operaciones terrestre, que conforma la parte 'on shore', que contiene los procesos de la primera etapa de compresión, en fase de inyección, y de endulzamiento, en fase de extracción. Está ubicada en el municipio de Vinaroz (Castellón) próxima a la autopista AP-7. La planta 'on shore' comprende una extensión total de 20 hectáreas, de las cuales aproximadamente la mitad son utilizadas para las unidades de proceso, servicios y edificios civiles y de control, y el resto se mantiene con el arbolado original.

Una vez finalizada, Castor será la mayor planta de almacenamiento 'off shore' de España, con una capacidad de almacenaje útil de 1.300 millones de Nm³. La planta tendrá una capacidad de inyección de 4 millones Nm³ /día y una capacidad de extracción de 25 millones Nm³ /día. Su capacidad operativa equivaldrá a 15 tanques de Gas Natural Licuado (GNL), mientras que su capacidad de inyección en la red será similar a una planta de GNL. Será, asimismo, la segunda planta con instalaciones 'off shore' (actualmente sólo hay una 'off shore' en España) y la primera creada exclusivamente con este propósito. Además, contará con una de las mayores uni-

dades de endulzamiento del mundo, ubicada en la parte 'on shore'. La inversión total asciende a unos 1.200 millones de euros.

Durante los años 2007 y 2008, se llevó a cabo la primera etapa, llamada FEED (Front End Engineering and Design), en la que SENER, como integrante de CASGAS OFF-SHORE UTE, realizó para ESCAL UGS, S.L. la asistencia técnica para definir la ingeniería básica y la configuración de las instalaciones descritas anteriormente (que determinó qué unidades de proceso se ubicarían en la plataforma 'off-shore' y cuáles en la parte 'on-shore'). Una vez definida la configuración de las instalaciones, así como los desarrollos de ingeniería de detalle necesarios dentro del FEED / OBE (Open Book Estimate), se pudo estimar el valor del EPC (Engineering Procurement and Construction) del conjunto con una aproximación de \pm 15%. Además, SENER llevó a cabo la estimación de la parte de las instalaciones 'on-shore'.

En la actualidad, se desarrolla la segunda etapa del proyecto, la de ingeniería de detalle y construcción. SENER participa en esta segunda etapa con dos contratos adjudicados: en marzo de 2009, ACS-COBRA CASTOR, como contratista principal de ESCAL UGS, S.L., firmó con la UTE CASGAS, integrada por SENER y Cobra, el contrato EPC para el diseño, suministro, construcción y puesta en marcha de la planta de operaciones terrestre. Dentro de la UTE CASGAS, SENER lleva a cabo toda la ingeniería, y participa también en la gestión de compras y en la construcción y puesta en marcha. Los trabajos comenzaron oficialmente el 1 de abril de 2009, con un plazo estimado de 39 meses para su finalización.

También en marzo de 2009, SENER y ACS-COBRA CASTOR suscribieron un segundo contrato de ingeniería para diversos trabajos relacionados con el resto del proyecto, como son la definición y suministro de los equipos de proceso de plataforma, la redacción del manual de operaciones, etc. Dentro de este contrato, SENER tiene bajo su responsabilidad la definición del proceso en su conjunto, así como el diseño y el apoyo en la compra y fabricación de los equipos que hay que instalar en las plataformas 'off shore'.

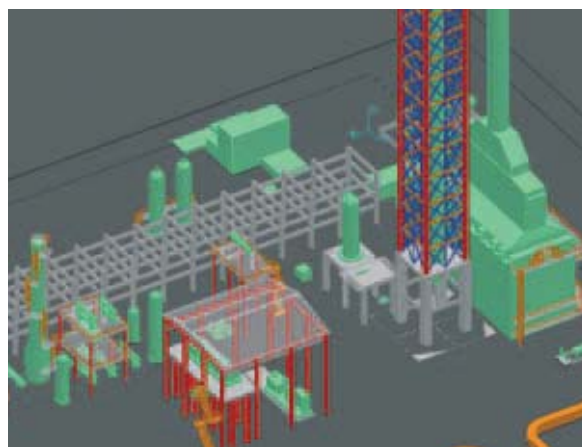
Durante todo el transcurso del año 2009 se están realizando tareas de ingeniería de detalle y compras de equipos. Se prevé comenzar la construcción de la planta de tierra en marzo de 2010. ■■

SENER modificará la planta petroquímica La Cangrejera

Pemex Petroquímica ha concedido al consorcio formado por ACS Servicios, Comunicaciones y Energía, Dragados Industrial, ACS Servicios, Comunicaciones y Energía México, SENER y GTC Technologies el proyecto para modernizar e incrementar la producción de aromáticos en la planta petroquímica La Cangrejera, ubicada en Coatzacoalcos, en Veracruz (México).

El proyecto finalizará el 30 de diciembre de 2011, y consiste en la ingeniería, compras y construcción (EPC) de una planta de platforming con reformado continuo de catalizador, que mejorará la eficiencia del proceso de reformación de naftas al utilizar una menor cantidad de materia prima.

Los trabajos comprenderán la construcción de la unidad de proceso de reformación con tecnología 'Platforming' y de una unidad de regeneración continua de catalizador, así como las obras de servicios auxiliares necesarias y las de integración de las nuevas unidades con las instalaciones existentes. ■■



Infografía de la planta petroquímica La Cangrejera.

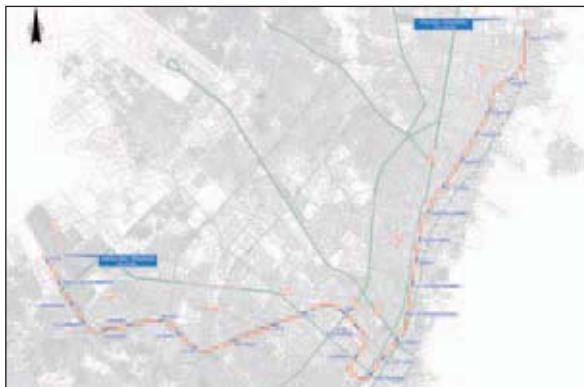


Diseño de la primera línea del metro de Bogotá

El consorcio formado por SENER, Transporte Metropolitano de Barcelona (TMB), Advanced Logistic Group, INCOPLAN, Santander Investment, Colombia y Garrigues abogados, resultó adjudicatario, en 2008, del contrato para realizar el 'Diseño conceptual de la red de transporte masivo metro y diseño operacional, dimensionamiento legal y financiero de la primera línea de metro, en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) para la ciudad de Bogotá'. El Grupo Consultor (G.C.), liderado por SENER, resultó favorecido con la adjudicación de este contrato gracias a la larga experiencia de las empresas integrantes en proyectos de la naturaleza que la Secretaría de Movilidad de Bogotá, Distrito Capital, precisaba.

Los trabajos se han estructurado en diversas etapas, todavía en ejecución, que han abarcado el diagnóstico económico, urbano y de transporte de Bogotá; la modelación del transporte para diferentes escenarios de la ciudad (hasta el año 2038); así como los análisis normativos y financieros.

A partir de estos análisis, el G.C. ha definido, mediante el estudio previo de alternativas y su evaluación, la red de transporte ma-



Trazado del metro de Bogotá.

sivo para el SITP, con los corredores para Metro, el Transmilenio y para el Tren de Cercanías. Dentro de esta red, se ha seleccionado la Primera Línea del Metro (PLM), de una longitud de alrededor de 26 km, con dos terceras partes del trazado en túnel. El tramo en superficie aprovecha un antiguo corredor ferroviario. El trazado total cuenta con 29 estaciones. Se han definido las particularidades técnicas de la línea, tanto en sus aspectos de ingeniería civil, de arquitectura, de trazado ferroviario, de material móvil, de sistemas de control, de las interferencias con las redes en servicio, etc., con lo que ha sido posible estimar los costes de las actuaciones en sus diferentes etapas. Con estos antecedentes se define el Diseño Operacional de la PLM, incluida la estructura tarifaria integrada en el SITP. A partir de esta etapa será posible establecer el dimensionamiento financiero y legal, así como establecer un plan de implementación detallado, para luego desarrollar la estructuración legal y financiera de los contratos que se establezcan en el futuro de implementación de la PLM.

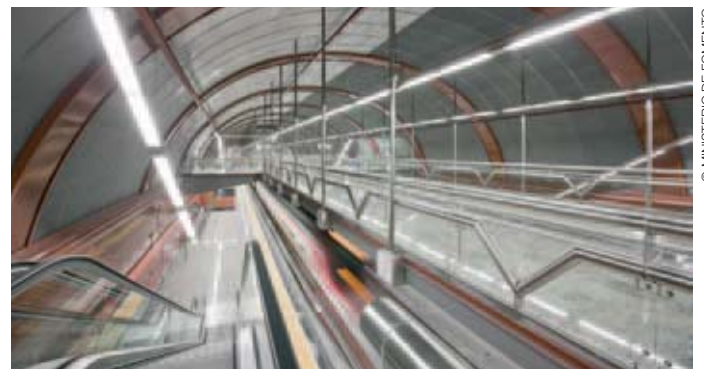
Bogotá carece de una red vial expedita. El aumento de los vehículos privados, el transporte colectivo convencional y su sistema de autobús de tránsito rápido o BRT, llamado Transmilenio, han ocupado la superficie vial hasta colapsarla. La PLM contribuirá a enriquecer el transporte público de la ciudad, con una tecnología del siglo XXI, minimizando los impactos que el tránsito produce inevitablemente en el entorno urbano, pero integrándose con los diferentes medios de transporte que tendrá la ciudad. En este sentido, el director de Proyecto, el arquitecto y urbanista de SENER Esteban Rodríguez, declaraba: "El Metro que se proyecta será un medio con capacidades y tiempos previstos, independientemente de las vicisitudes de la ocupación de la superficie; que utiliza una energía en gran parte renovable y recuperable; que conecta zonas de la ciudad de diferentes estratos sociales; que se integra equilibradamente con los otros medios de transporte público colectivo y que incidirá positivamente en el desarrollo urbanístico de las áreas aledañas, y en actuaciones concretas como en la antigua estación ferroviaria de la Sabana". ■■

Proyecto constructivo de la estación de Cercanías de Sol

SENER ha sido responsable del proyecto básico y constructivo de la nueva estación de Cercanías de la Puerta del Sol de Madrid, trabajo contratado a finales de 2001 y que se prolongó hasta inicios de 2003. Este proyecto ha sido realizado en UTE con Eurocontrol. SENER asumió la autoría y las disciplinas clave y realizó el diseño funcional, arquitectónico y estructural.

La estación de Cercanías de Sol, inaugurada el pasado 28 de junio, consta de dos partes claramente diferenciadas: la caverna de andenes y el vestíbulo de acceso de Sol. La caverna de andenes, de algo más de 200 m de longitud, 20 m de anchura interior y casi 15 m de altura, es la mayor caverna en suelo construida en el mundo e incluye dos andenes laterales comunicados por medio de escaleras mecánicas y fijas con una plataforma suspendida (o mezanina) por encima de las vías. El vestíbulo de acceso de Sol, estructurado en cinco niveles con una profundidad de 30 m, garantiza el acceso desde el exterior, así como la conexión con las líneas 1, 2 y 3 de Metro. El proyecto incluye también la previsión de una conexión con la estación de Metro de Gran Vía, cuya puesta en servicio requiere la previa adaptación de la estación de metro. Este

proyecto ha sido valorado como un éxito por todas las Administraciones implicadas (central, autonómica y municipal) y ha despertado una gran expectación en el público desde el momento de su inauguración. El diseño de SENER ha permitido construir, en un entorno tan complicado, desde el punto de vista de construcción, condiciones geotécnicas, afección a edificios, etc., como es la Puerta del Sol de Madrid, una estación extremadamente diáfana, muy clara, cómoda para el usuario y que está funcionando de forma excelente desde su inauguración, en junio de 2009. ■■



Mezanina y andenes de la estación de Cercanías de Sol.

Sistema de generación de corrientes para el canal de oleaje CIEM (UPC)

SENER ha llevado a cabo el diseño y la construcción de un sistema de generación de corrientes para el canal CIEM-ICTS. Este proyecto nació a principios del año 2008, en el marco de la estrecha colaboración que mantiene SENER con el grupo de investigación del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Dicho grupo gestiona el Laboratorio de Ingeniería Marítima (LIM), un centro de investigación que ofrece sus servicios a través de tres grandes líneas de actuación: investigación básica; investigación aplicada y desarrollo tecnológico; y, por último, transferencia y difusión del conocimiento. Entre los equipamientos existentes en el LIM, destaca el Canal de Investigación y Experimentación Marítima (CIEM-ICTS), un canal de oleaje de 100 m de longitud, 3 m de anchura y 5 m de profundidad. Sus grandes dimensiones lo convierten en una infraestructura de excelencia y de referencia tanto para la Unión Europea como a nivel mundial, en la experimentación a gran escala de trabajo en los campos de la ingeniería costera, portuaria y oceanográfica, así como en la acuicultura o en la instalación de equipos energéticos. Este reconocimiento ha venido fraguándose desde su inauguración en el año 1993, gracias a la realización de multitud de proyectos de ámbito nacional e internacional que, en el año 1997, le valieron la clasificación de 'Large Scale Facility' por la Unión Europea, así como el de 'Infraestructura Científico - Técnica Singular' por parte del Ministerio de Educación y Ciencia en el año 2006.

El objetivo del proyecto del sistema de generación de corrientes para el canal CIEM-ICTS, que SENER ha desarrollado en modalidad de contrato 'llave en mano', era el de ampliar el rango de ensayos realizables en el CIEM mediante la construcción de un sistema generador de corrientes longitudinales en ambos sentidos. Este sistema debía además ser capaz de actuar simultáneamente a la propagación de oleaje, que alcanza alturas máximas de ola de 1,6 m y 8 segundos de periodo gracias al movimiento de vaivén de la pala generadora en el extremo este del canal. A pesar de que los grandes canales de oleaje son instalaciones relativamente frecuentes, tan sólo una minoría de precedentes en el mundo cuenta con sistemas capaces de bombear caudales de entidad suficiente para las escalas de trabajo habituales del CIEM.

Además, al contrario que en este caso, todas las instalaciones conocidas de gran tamaño con sistemas de generación de corrientes fueron concebidas desde el inicio para ese propósito, lo cual añadía una serie de condicionantes estructurales adicionales que había que considerar durante el diseño de la solución final. Dicha fase de diseño planteaba, por tanto, el reto de concebir, de modo integral, una solución constructiva viable y limitada además por los recursos económicos disponibles, partiendo de los requisitos funcionales necesarios para el grupo de investigación. Estos requisitos, de muy distinta naturaleza, abarcaban desde lo meramente funcional (generación de corriente en ambos sentidos y



Fase inicial de ejecución del canal: excavación apuntalada.

un caudal máximo de 2.000 litros/segundo sin trastorno del oleaje por turbulencia), hasta eléctricos (dada la limitación de potencia del edificio), pasando por los estructurales ya mencionados, derivados principalmente del hecho de que el canal forma parte de la propia cimentación del edificio. Finalmente, tras un proceso que requería evaluar técnica y económicamente varias alternativas con sus variantes (a nivel de proyecto básico en algunos casos), se optó por un sistema basado en dos pozos de aspiración/impulsión excavados en la cimentación, conectados entre sí por cuatro alineaciones de tuberías de polietileno de DN500, empalmadas dos a dos en los extremos mediante una transición, tanto en planta como en alzado, de DN800, que van a parar directamente a los pozos. El sistema así concebido utiliza el pozo de aspiración (que puede ser cualquiera de los dos, dependiendo del sentido de la circulación deseado) para tomar agua del cuenco del canal y bombearla mediante dos bombas situadas en los extremos de las alineaciones hasta el pozo contrario (o de impulsión). Como maquinaria hidráulica, se optó por dos agitadores de DN800, que se revelaron como la alternativa de impulsión ideal por su capacidad de elevar grandes caudales a pequeñas alturas, su bajo consumo, su alta durabilidad (son capaces de funcionar en presencia de ciertas cantidades de sólidos en suspensión como la arena, como es habitual en el canal), y su versatilidad (permiten la variación del caudal generado mediante el control de potencia). La fase de diseño pasó, además, por una etapa final de simulación numérica mediante el modelo numérico de partículas del CIMNE (UPC), con el doble objeto de validar la solución en términos hidrodinámicos y de optimizar diversos aspectos del diseño, como la distancia entre los pozos necesaria para obtener un flujo estable o la verificación de la velocidad de entrada del flujo en las bombas.

La construcción de la alternativa de proyecto, de carácter artesanal dadas las difíciles condiciones de trabajo en un entorno con tantas limitaciones de espacio, comenzó a principios de 2009 y concluyó en un periodo de tres meses, con retrasos debidos principalmente a las complicaciones surgidas en el laborioso proceso de demolición y excavación. ■■

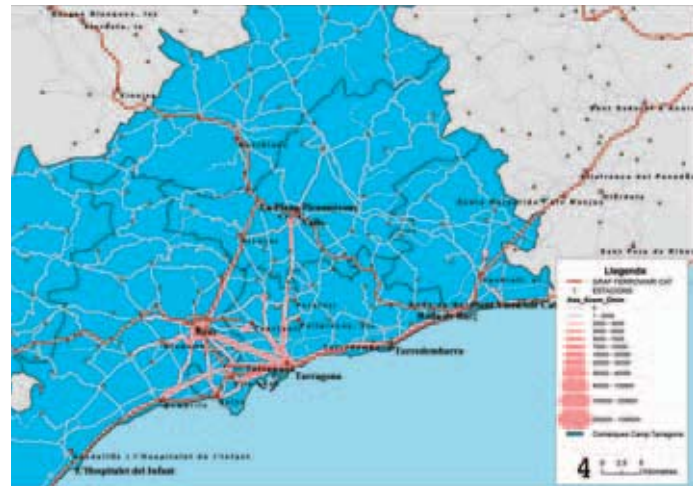


SENER participa en el Plan de Transport de Viatgers de Catalunya (2008-2012)

El equipo de Planificación de Transporte de SENER ha tomado parte activa en el Plan de Transport de Viatgers de Catalunya (2008-2012), presentado recientemente por la Generalitat de Catalunya. Este plan tiene como objetivo principal analizar la situación actual del sistema de transporte del territorio catalán y obtener un diagnóstico que permita detectar eventuales problemas y proponer mejoras para hacer frente a las necesidades de movilidad de la población.

SENER ha participado en la parte que se refiere al ferrocarril, efectuando un diagnóstico de la situación de los servicios y la red en 2007 y redactando un plan de oferta y de gestión de la red ferroviaria en el que se definen todos los nuevos servicios ferroviarios de la comunidad hasta el año 2012: regionales convencionales, regionales de altas prestaciones y cercanías, incluso definiendo los nuevos ámbitos de cercanías de Gerona, Lérida y Tarragona.

El Plan de Transport de Viatgers de Catalunya (2008-2012) incluye un estudio que llevó a cabo SENER para la Generalitat en el año 2007 con los



Mapa del ámbito de Cercanías en Camp de Tarragona.

objetivos anteriormente descritos. Este estudio se desarrolló en cuatro fases: una primera fase de diagnóstico del sistema, en la que se realizó un análisis del sistema oferta/demanda existente en los ámbitos definidos por la Generalitat: servicios e infraestructuras, movilidad y reparto modal; una segunda fase de definición de 'escenarios de referencia', respetando las directrices del Plan de Infraestructuras de Transporte de Cataluña (PITC): niveles de servicio y estándares de calidad (oferta mínima) y criterios de rentabilidad mínima de explotación. En esta definición de escenarios de referencia se incluyeron todas las infraestructuras que el PITC prevé en su primera fase de implantación; la tercera fase fue de pronóstico de movilidad en los escenarios definidos; en la fase final, se realizó el dimensionamiento de nuevos servicios y la comprobación de la eficacia del sistema oferta/demanda según los objetivos planteados (reparto modal, tasa de aprovechamiento). Las propuestas de actuación de esta fase final se presentaron separadas en dos periodos: 2007-2011 y 2012-2016.

En las conclusiones SENER definió tres nuevos ámbitos de Cercanías en Catalunya: Camp de Tarragona, Comarques del Ponent y Comarques Gironines, en los cuales se dimensionó la oferta según el escenario de demanda adoptado. También se definió el servicio de trenes regionales, diferenciando la oferta en trenes regionales de altas prestaciones, sobre la red de ancho internacional UIC, para las relaciones entre capitales de provincia y centros atractores/generadores; y trenes regionales convencionales, que circulan sobre la red de ancho ibérico, para las relaciones locales no servidas por la oferta de cercanías y RAP. ■■



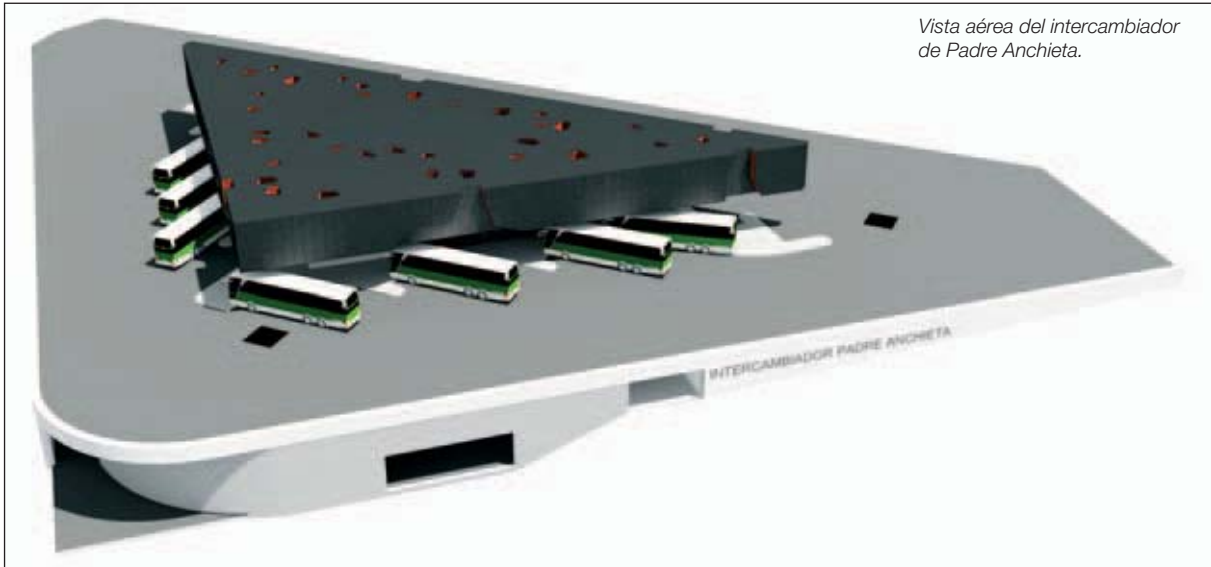
Mapa del ámbito de Cercanías en Comarques Gironines.

SENER desarrolla el estudio de reordenación del sistema de peajes de la Generalitat de Cataluña

La Generalitat de Cataluña va a aplicar la política de peajes que ha presentado SENER en el marco del estudio 'Elaboración propuesta a corto término de reordenación del sistema de peajes como herramienta para la gestión de la movilidad en la región metropolitana de Barcelona'. Este estudio ha sido desarrollado íntegramente por el equipo de Planificación de Transporte de SENER, que ha implementado un modelo para estimar el impacto de estas nuevas políticas de tarificación sobre la movilidad, el equilibrio socioeconómico de las sociedades concesionarias y el balance de la Comunidad.

Las medidas prevén la implantación de tarifas moduladas en función del número de pasajeros que circulen en el vehículo, la contaminación del coche según la clasificación EURO y el grado de emisión de CO₂, hora y número de veces en la que se utilice la carretera.

La iniciativa entrará en funcionamiento en un plazo de dos años en las barreras de Vallvidrera, Martorell, Garraf, Vilassar y Mollet, todas ellas en el área metropolitana de Barcelona, si bien está previsto que se extienda al resto de peajes de la Comunidad catalana cuando la tecnología lo permita. ■■



Vista aérea del intercambiador de Padre Anchieta.

Intercambiador de transportes Padre Anchieta, en Tenerife

Metropolitano de Tenerife, S.A. encargó a la UTE SENER-TENO la consultoría y asistencia Técnica para la redacción del 'Proyecto de Construcción del Intercambiador de Transportes en Padre Anchieta' en diciembre de 2008. Este intercambiador se ubica entre la autopista del Norte TF-5 y la avenida Ángel Guimerá Jorge, en la ciudad de San Cristóbal de La Laguna, en la isla de Tenerife. SENER realiza la definición de la arquitectura, estructuras, cimentaciones e instalaciones del intercambiador.

El intercambiador de Padre Anchieta se define como una estación intermodal que relaciona los siguientes sistemas de transporte: guaguas, vehículo privado, tranvía, taxi, futuro tren del Norte y bicicleta, sin descuidar la zona peatonal.

Los principales condicionantes para el diseño de la estación fueron la situación topográfica (diferencia de cota existente de 9,5 m de desnivel entre un lado del solar y el contrario), la necesidad de conexión con los dos viales que conforman su perímetro, la incidencia visual del solar desde la autopista y la posibilidad de ampliación del intercambiador.

El proyecto, con una superficie construida total de 8.330 m², se distribuye en dos plataformas de aparcamiento situadas en plantas semisótano (de las cuales sólo se construye una de ellas en una primera fase), que son consecuencia directa de la topografía existente, una gran plataforma de estacionamiento de las guaguas y un edificio que contiene los servicios de la estación. Para la construcción de la estructura se ha previsto un total de 570.000 kg de acero y 5.600 m³ de hormigón.

La zona del edificio que contiene los servicios propios de la estación se basa en la idea de una gran piedra volcánica oscura que permite la cubrición del espacio de dársenas pero, al mismo tiempo, su permeabilidad posibilita la aparición de zonas de luz tanto en el interior del espacio cerrado (venta de billetes y zona de espera) como en el espacio exterior de dársenas, mediante la construcción de lucernarios.

En contraposición a la solidez de la cubierta, el espacio intermedio ubicado entre la plataforma de estacionamiento de las dársenas y la cubierta pretende ser lo más diáfano posible, de manera que el usuario pueda situarse en zona resguardada con control visual a las guaguas.

El programa funcional del intercambiador se ha definido a partir de las necesidades de la empresa explotadora (TITSA),

así como de aquellos servicios necesarios para la comodidad y seguridad de los viajeros. Los diferentes usos del edificio se ordenan de la siguiente manera: una plataforma de estacionamiento de guaguas, situada en la planta baja, con plataformas de embarque-desembarque de viajeros protegidas mediante la cubierta; un edificio de atención al viajero, donde se distribuyen las zonas públicas: zona de venta de billetes, información al viajero, zonas de espera, aseos, cafetería, quiosco, comunicaciones verticales, local de la Policía y jefe de Tránsito. Su acceso se produce desde la planta semisótano -1 (acceso peatonal) o desde el núcleo de comunicaciones vertical ubicado en la planta semisótano -2; dependencias de uso restringido para los trabajadores del intercambiador, donde se ubican los vestuarios, un comedor y despachos, situadas en planta semisótano -1; un aparcamiento de vehículos privados, situado en la planta semisótano -2; dependencias técnicas destinadas al uso de instalaciones, distribuidas en los diferentes niveles del intercambiador; y una gasolinera para la reposición de combustible de guaguas, situada en el carril by-pass de circulación de guaguas que conecta la plataforma de estacionamiento de guaguas con la avenida Ángel Guimerá Jorge y la autopista TF-5.

La configuración de la cubierta del edificio de servicios adquiere una singularidad en la configuración volumétrica del intercambiador. Por tanto, la 'fachada' más importante de la estación



Zona de dársenas.



resulta ser su cubierta, que se prolonga en todos sus lados para cubrir la zona de dársenas de guaguas.

El volumen de la cubierta está conformado por planchas de aluminio perforado con panel extrusionado (3.500 m²) que confieren una imagen de permeabilidad y rugosidad. El proyecto ha sido estudiado para el aprovechamiento máximo del material en su proceso de fabricación, y todas sus piezas han sido definidas y ubicadas. Para ello, se ha usado la herramienta informática RHINO.

Para la sustentación de dicha cubierta de 1.500 m², de planta triangular rectangular cuyos lados tienen una longitud aproximada de 30 y 40 m, y con vuelos de 7 y 9 m a partir de los pilares

perimetrales de fachada, se ha utilizado un sistema de cerchas de acero de 4 m de canto del tipo Pratt.

Además, con el fin de evitar la transmisión de vibraciones provenientes de la zona de dársenas, causadas por la constante maniobrabilidad de las guaguas, se ha optado por separar dicha zona exterior de la zona interior del edificio. Para ello, se ha construido una junta de dilatación perimetral que aísla ambos espacios a efectos de transmisión de vibraciones.

Las obras han comenzado en octubre de 2009 y está previsto que terminen en marzo de 2011. De esta manera, la entrega al operador del servicio será, previsiblemente, en abril de 2011. ■■

Proyecto constructivo de la **estación Rosa de Lima**, en Burgos

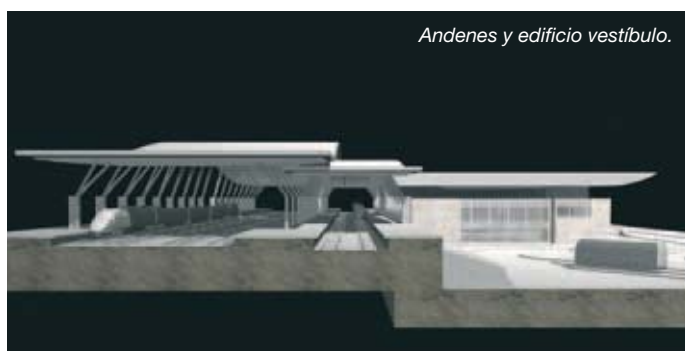
En 2003, el Ministerio de Fomento encargó a SENER la redacción del proyecto constructivo de la nueva estación ferroviaria de Burgos (edificio de viajeros, marquesinas y andenes), así como la urbanización de su entorno. Este proyecto, realizado íntegramente por SENER, sin la participación de colaboradores externos a la empresa, fue entregado en marzo de 2006.

Las obras de construcción han durado 24 meses, de manera que la nueva infraestructura, bautizada como estación Rosa de Lima, ha sido inaugurada en diciembre de 2008.

Esta nueva estación ferroviaria de Burgos se encuentra ubicada al norte de la ciudad, entre los barrios de Villatoro y Villamar. Por el momento, se ha construido la primera fase, con cinco vías de ancho ibérico. En una segunda fase, tres de estas vías se transformarán en ancho internacional y se implantará otra vía más también de ancho internacional. De este modo, en su configuración final, la estación dispondrá de cuatro vías de ancho internacional y dos vías de ancho ibérico y servirá tanto para tráficos de alta velocidad como para los de línea convencional.

La estación proyectada integra el edificio de vestíbulo y las marquesinas que cubren los andenes. Es un conjunto que surge del paraje natural y, desde el horizonte, se percibe como un estrato que se eleva del mismo. La estructura cubre horizontalmente la zona central de las vías y se alza en su punto medio, continuando el movimiento transversal del terreno sobre el que se asienta.

El edificio en planta de acceso se concibe como una gran calle comercial, que conduce al viajero desde el vestíbulo hasta



Andenes y edificio vestíbulo.

las escaleras, rampas y ascensores de subida al nivel de andenes. El paso por debajo de los andenes toma la forma de una calle cubierta parcialmente por la plataforma ferroviaria, que se ensancha al final, y está iluminada naturalmente por un patio ajardinado, situado en su extremo norte como remate visual y zona de descanso.

En el proyecto destacan, por un lado, la claridad espacial de su diseño, que posibilita al viajero una comprensión del edificio y de su funcionalidad en un primer vistazo; por otro, el conjunto de marquesinas que protegen la zona de andenes, que se convierten en un elemento representativo de la imagen del conjunto edificatorio y distinguen la estación como un punto de paso singular en la linealidad de la infraestructura ferroviaria. ■■

Estación Rosa de Lima, vista general.



Diseño básico en FORAN

EL RETO EN EL DISEÑO BÁSICO DE ESTRUCTURA: DESDE LOS PLANOS TRADICIONALES EN 2D AL MODELO TEMPRANO DEL BUQUE EN 3D.

En construcción naval, la definición del proyecto de un buque se desarrolla habitualmente en tres etapas, inicial, básica y de detalle. Durante la fase de diseño de detalle está muy extendida la utilización de un modelo 3D del buque, pero el diseño básico, que es donde se comprometen la mayor parte de los costes, todavía está basado en dibujos en 2D, lo que conduce a largos periodos de diseño, extensa repetición de trabajo en etapas posteriores e inconsistencias en el diseño. Todo ello provoca un aumento de costes sustancial y un bajo rendimiento productivo.

Con el fin de mejorar esta situación, se está implantando una nueva forma de trabajar respecto al método tradicional, que pasa por realizar, en la fase de diseño básico, un modelo temprano del buque en 3D, utilizando la misma herramienta que luego se empleará para las fases de detalle y producción. Aunque a primera vista parezca que el proceso de diseño de detalle se complica, a la larga las ventajas que se obtienen son enormes y residen, principalmente, en la reutilización de la información. Como requisito fundamental para que la solución sea eficaz, la generación de los planos de clasificación para aprobación debe ser sencilla, así como la transferencia del modelo para herramientas de cálculo y análisis.

SENER utiliza este conocimiento para dotar al Sistema FORAN de las herramientas adecuadas para la definición de un modelo 3D del buque en etapas tempranas, de tal manera que pueda ser utilizado durante el diseño básico, de detalle y en producción. La realización de un modelo temprano en FORAN permite optimizar el proceso de diseño de buques, reducir tiempos y costes, reutilizar la información y estudiar diferentes alternativas de diseño en cortos periodos de tiempo. El rendimiento del proceso global mejora y, además, se obtiene un producto de extraordinaria calidad de una forma muy competitiva.

Filosofía y principios de la solución FORAN

La solución de FORAN se basa en la integración de todas las etapas y disciplinas del diseño, gracias a una base de datos única que, además, permite la realización de ingeniería colaborativa y garantiza la integridad de la información.

La definición del modelo es muy sencilla gracias a funciones avanzadas implementadas en FORAN. El modelo topológico facilita la definición del modelo 3D, permite el rápido estudio de diferentes alternativas de diseño y simplifica la realización de cambios y modificaciones que son muy frecuentes en las primeras fases.

La clave fundamental del proceso reside en la realización de un modelo del buque en 3D que sea único y que se utilice en todas las etapas mediante una definición progresiva 'top-down'. A medida que avanza el proyecto se aumenta el nivel

de detalle mientras que se van subdividiendo los diferentes elementos del modelo. La solución que ofrece FORAN incorpora herramientas que facilitan la transición directa al diseño de detalle, mediante operaciones sencillas que incluyen la división de bloques y la terminación del modelo con atributos para la fase de producción.

Secuencia del modelado

La generación del modelo en FORAN es completamente flexible, es posible crear superficies continuas y crear perfiles en cualquier momento. La división por bloques es opcional, por lo que puede no realizarse en las primeras etapas de diseño. El nivel de detalle del modelo 3D durante la fase de diseño básico es el que requieren los planos de clasificación, tanto en lo relativo a los tipos de piezas que se incluyen (cartelas, llantas de cara, corbatas, etc), como a otras características (cortes de extremo de perfil, pasos de perfil, etc).

A continuación se describe la secuencia de modelado en FORAN, que comienza con la definición de los catálogos de materiales. En el módulo para la definición de superficies se generan las formas del casco, las superficies de cubiertas y de mamparos. En el módulo para la definición de estructura se crean las grandes aberturas del casco, se realiza el escantillonado de las superficies principales (planchas y perfiles) y se generan los elementos principales de la estructura (vagas, varengas, baos, palmejares, etc). Después se definen los perfiles en las superficies principales.

Definición de superficies

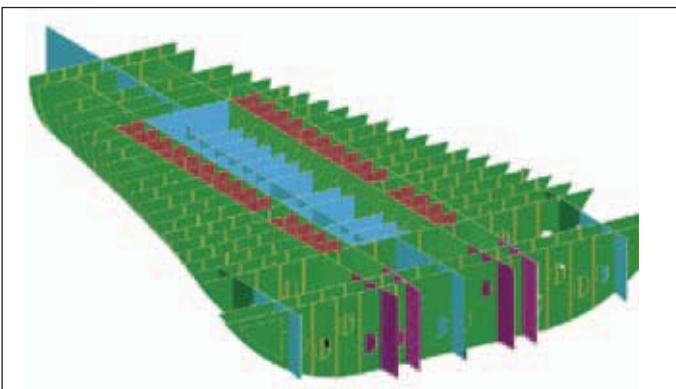
FORAN dispone de herramientas complementarias para la definición de superficies. La herramienta tradicional permite la definición de las superficies del casco, tanto formas convencionales o especiales, como aquellas no simétricas, multi-casco y plataformas. Esta herramienta incluye opciones avanzadas de ajuste y alisado y posibilita la realización de transformaciones cuadráticas de las formas del casco y la obtención de tablas y dibujos de forma automática.

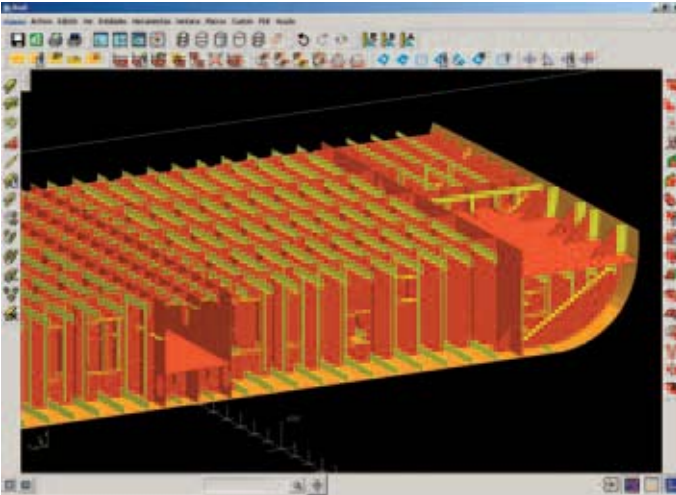
Por otro lado, FORAN dispone de una herramienta adicional para el diseño mecánico de última generación, que permite mejorar las formas del casco, la realización de diseño paramétrico y el modelado de formas globales.

Próximamente se va a incorporar un nuevo módulo en FORAN para la definición de la disposición general de un buque, con un modo de trabajo en 2D y 3D. Esta nueva herramienta va a facilitar el diseño y la gestión de todos los espacios del buque y la disposición preliminar de equipos y acomodación de forma eficaz, con un interfaz de usuario muy moderno e intuitivo, lo que posibilita un rápido estudio de diferentes alternativas de diseño.

Perfiles y planchas de casco y cubiertas

Durante esta etapa se realiza la definición topológica de topes, costuras, agujeros y planchas curvadas. Se genera la información de desarrollo de planchas para listas preliminares de material y se crea de forma sencilla la estructura longitudinal y transversal utilizando sistemas de cuadernas o de longitudinales. Posteriormente, se definen cortes de extremo de perfiles paramétricos y se lleva a cabo el modelado sólido de planchas curvas (que incluyen el espesor) y de perfiles (que incluyen alma, ala y despuntes).





Estructura interna

Funciones avanzadas en FORAN permiten al usuario la definición y modificación rápida de planchas, perfiles, agujeros, llantas de cara y planchas estándar. La división del trabajo es posible y se realiza utilizando los conceptos de superficie, elemento estructural y zona. La división de piezas se lleva a cabo mediante atributos de elementos estructurales como pasante / no pasante. Asimismo, múltiples opciones avanzadas están disponibles para partir, editar y copiar de forma múltiple planchas y perfiles.

Salidas desde el modelo 3D

El objetivo principal durante el diseño básico de un buque es la obtención de los planos de clasificación para la aprobación (planos de casco y cubiertas, planos de secciones y de detalle). FORAN incorpora una herramienta integrada para la generación automática de planos asociados al modelo 3D. Los planos se pueden regenerar automáticamente después de la realización de cambios en el modelo y, además, existen opciones para el acotado y etiquetado automático, mediante formatos y plantillas configurables por el usuario.

Los diferentes tipos de informes que se pueden obtener (pesos y centros de gravedad, superficie de pintado, pedidos de material, etc.) son configurables y pueden ser exportados a Excel, HTML y ASCII. Los planos, además, son compatibles con el programa Autocad.

Link con herramientas de elementos finitos

Uno de los aspectos más relevantes durante el proceso de ingeniería básica de un buque es el análisis de la estructura mediante la aplicación del método de los elementos finitos (FEM), que permite optimizar y validar la viabilidad del diseño. En la práctica,

es una tarea laboriosa que requiere la preparación de un modelo adecuado para el cálculo, el mallado, la aplicación de cargas y condiciones de contorno, procesado, post-procesado y análisis de los resultados obtenidos.

La mayoría de las herramientas de elementos finitos incluyen formatos estándar de importación directa de los modelos de CAD 3D, pero fallan cuando estos provienen de la industria naval, debido a la complejidad de los modelos de buques. El esfuerzo que requiere la simplificación del modelo es tal que resulta más eficiente la repetición del mismo con una visión orientada al cálculo, lo que retrasa dramáticamente el proceso de análisis.

La utilización de un modelo del buque previamente creado en un CAD 3D para el análisis FEM optimizaría el rendimiento del diseño en etapas tempranas. Para ello, debe existir un link eficaz entre ambas herramientas, de forma que permita exportar directamente desde el CAD un modelo del buque simplificado y adecuado a cada tipo de cálculo.

La aproximación de SENER a este problema combina una amplia experiencia en el desarrollo de una herramienta de CAD/CAM naval con soluciones innovadoras para alcanzar los resultados esperados: un link que permite exportar el modelo de un buque simplificado, aprovechando sus características topológicas. Una serie de algoritmos funcionales en FORAN posibilitan la creación de un modelo inteligente, simplificando, filtrando y eliminando datos innecesarios para garantizar la calidad del modelo transferido.

Transición desde el diseño básico al de detalle

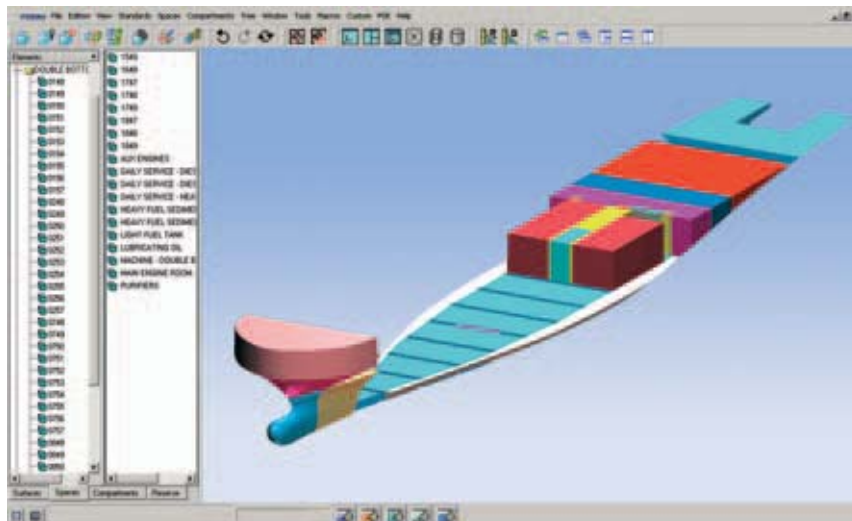
La gran ventaja que aporta el desarrollo del diseño básico en FORAN es que la transición al diseño de detalle se realiza de forma continua y permite la reutilización de toda la información. Así, como una continuación lógica del diseño básico, FORAN proporciona herramientas para la subdivisión y unión de planchas y perfiles, y dispone de atributos adicionales para el diseño de detalle como son el etiquetado, los márgenes de construcción y factores de shrinkage, y también para definir piezas que no son relevantes durante la etapa de diseño básico.

Conclusión: ventajas del modelo temprano en 3D en FORAN

Como se ha mencionado anteriormente, durante las primeras etapas del diseño es cuando se comprometen la mayor parte de los costes de un buque. FORAN es una solución que genera beneficios tangibles: optimiza el proceso al reducir el tiempo dedicado al diseño y el coste.

FORAN mejora la calidad del diseño, aporta mayor precisión y disminuye el riesgo de inconsistencias. La evaluación rápida de varias alternativas de diseño y la estimación temprana de materiales, pesos, soldadura y pintura son otras ventajas adicionales,

junto con el link sencillo y eficaz con herramientas de análisis por elementos finitos. Por último, también se facilita la definición del armamento (disposición general y disposición de compartimentos críticos) y se mejora la coordinación entre disciplinas. En definitiva, las claves son la transición sencilla al diseño de detalle y la reutilización de la información. Este cambio sustancial en la forma de desarrollar el diseño básico, que empieza a ser demandado e implementado, se espera que en un futuro cercano sea la forma habitual de trabajar. ■■





Buque Bahía Uno.

SENER y Bureau Veritas aplican los resultados del proyecto CAS en el Bahía Uno

El objetivo del proyecto CAS (Condition Assessment System), desarrollado en el entorno de un programa de I+D europeo, liderado por Bureau Veritas (BV) y en el que participó SENER, es agilizar el estudio del espesor de la estructura de un buque en operación y reducir los costes de inspección aprovechando el modelo 3D del buque generado en un sistema de CAD. Este modelo se exporta, a través del formato estándar HCM, a las herramientas de análisis y monitorización desarrolladas por las Sociedades de Clasificación.

SENER ha realizado la exportación del modelo 3D de FORAN del buque Bahía Uno, a través del formato estándar HCM, para que BV realice las pruebas de monitorización utilizando la herramienta desarrollada en el Proyecto CAS. El Bahía Uno, construido en 2004 en Astilleros de Murueta y clasificado por BV, es un buque de transporte de combustible de doble casco, con una eslora de 71,01 m, manga de 15,60 m, puntal de 7,75 m y calado de 5,6 m.

El modelo 3D del buque en FORAN va a ser aprovechado por la herramienta desarrollada por BV que, además, incorpora técnicas de realidad virtual y ofrece acceso inmediato desde cualquier lugar. Mediante un chequeo sistemático de los datos originales del buque y de los obtenidos tras realizar medidas del espesor de la estructura, y tras una inspección visual de corrosión y grietas, se activan una serie de alertas. Así, las decisiones para el análisis del ciclo de vida de la estructura y de una posible reparación se realizan de forma eficaz, utilizando métodos avanzados de análisis de riesgo. El modelo puede ser actualizado tras haber realizado cada estudio.

Con esta prueba, BV y SENER aplican los resultados del proyecto CAS a un caso real. Se espera que este proyecto mejore el proceso de análisis de fallos y reparación de buques y reduzca significativamente el riesgo de accidentes marinos de gran envergadura, principalmente de petroleros. ■■

Remolcador para Unión Naval de Valencia

SENER ha desarrollado la ingeniería de detalle de estructura y armamento de una serie de cuatro remolcadores construidos en el astillero Unión Naval de Valencia (UNV), de los cuales dos serán para el armador Costa Azul y otros dos para el armador Moran Towing Corporation. El proyecto desarrollado por SENER incluye el alisado de formas, la definición del modelo 3D del buque y la generación de la información necesaria para producción y montaje, utilizando para ello su propio Sistema de CAD/CAM naval FORAN.

Se trata de un remolcador de escolta con propulsión azimutal, recogida de residuos y contra-incendios de 75 toneladas de tiro. Entre sus características técnicas, destaca la eslora de 32 m, la manga de 13,20 m y el puntal de 5,68 m. En cuanto a su calado, alcanza un máximo de 5,55 m y una velocidad de 13,5 nudos. La primera unidad de esta serie de remolcadores, que se llamará 'SMBC Monterrey', será entregada próximamente al armador Costa Azul.

La estrecha colaboración entre SENER y UNV se remonta a más de veinte años, y ha llevado a SENER a diseñar una gran variedad de remolcadores y otro tipo de buques. Un buen ejemplo es el proyecto desarrollado por SENER del remolcador de altura especializado en salvamento marítimo para SA-SEMAR (Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima), del que se construirán tres buques gemelos en el astillero UNV. El proyecto incluía la ingeniería contractual, básica y de detalle de estructura y armamento.

SENER ha desarrollado recientemente otros remolcadores para UNV, entre los que se encuentran el remolcador de escolta con sistema Voith para el Grupo Boluda y otro remolcador para Shetland Island Council. ■■



Remolcador SMBC Monterrey.

GP-Service utiliza FORAN para el diseño de yates

La empresa de ingeniería italiana GP Service, S.R.L. ha llegado a un acuerdo con SENER para la licencia de uso del Sistema de CAD/CAM naval FORAN para sus actividades de diseño de yates en Italia.

El acuerdo incluye la implantación del paquete completo de estructura del casco, de generación de formas y de diseño avanzado. Diseñadores de la empresa GP Service han recibido entrenamiento in-situ durante el año 2008 en las diferentes disciplinas de FORAN. GP-Service está actualmente utilizan-

do el Sistema FORAN para desarrollar la estructura de yates. Con este nuevo acuerdo de licencia, SENER continúa su estrategia de situar FORAN como el principal sistema de diseño y producción de buques. Actualmente, el Sistema se utiliza en todas las fases de diseño, ingeniería y producción de buques: Formas, Arquitectura naval y Disposición general, Estructura, Armamento, Electricidad, Estrategia constructiva, Dibujo y modelado avanzado, Realidad virtual, Control de configuración, Ingeniería colaborativa y Link con PLM. ■■



Infografía de la futura planta Gemasolar.

El BEI aporta 80 millones de euros al proyecto innovador de **energía solar Gemasolar**

33

El Banco Europeo de Inversiones (BEI) ha concedido un préstamo de 80 millones de euros a GEMASOLAR 2006 SAU, para financiar la construcción y puesta en funcionamiento de la planta de generación de Energía Solar por Concentración (CSP) ubicada en Fuentes de Andalucía (en la provincia de Sevilla) del mismo nombre. El vicepresidente del BEI, Carlos da Silva Costa, y el presidente de Torresol Energy, Enrique Sendagorta, firmaron el pasado 16 de noviembre en Madrid el correspondiente contrato de financiación.

El Vicepresidente del BEI alabó "este importante desarrollo tecnológico, que responde perfectamente a la política energética europea y que el Banco está orgulloso de financiar. Los avances tecnológicos en el ámbito energético son indispensables para alcanzar los objetivos europeos en materia de lucha contra el cambio climático, seguridad del abastecimiento energético y competitividad de las empresas europeas". Por su parte, Enrique Sendagorta, presidente de Torresol Energy, declaraba "estamos muy satisfechos con el apoyo que nos ha dado el BEI en el lanzamiento de Gemasolar, planta solar verdaderamente innovadora que, de hecho, representa el primer proyecto a escala comercial que se construye en el mundo con este tipo de tecnología. Estamos convencidos

de que la tecnología de torre central con sales fundidas es la que mayor potencial de desarrollo tiene en el futuro".

La nueva planta, que tendrá una potencia nominal de 17 MW, es pionera en el mundo en la aplicación comercial de la tecnología CSP por ser el único proyecto disponible de demostración a escala comercial de generación de electricidad con tecnología solar de receptor de torre central y campo de heliostatos, que cuenta con un novedoso sistema de almacenamiento térmico en sales fundidas. Este sistema de almacenamiento permite una autonomía de generación eléctrica de hasta 15 horas sin aporte solar, al tiempo que aumenta la eficiencia energética, al asegurar la producción eléctrica durante unas 6.600 horas al año, unas 2,5-3 veces más que otras energías renovables.

Gemasolar es el proyecto estrella de Torresol Energy Investment SA, participada en un 60% por el Grupo de Ingeniería español SENER, siendo el 40% restante de la empresa Masdar, compañía para el desarrollo de energías renovables propiedad del Gobierno del Emirato de Abu Dhabi. Una vez construida, la planta Gemasolar suministrará energía limpia y segura a 25.000 hogares, reducirá en más de 30.000 toneladas al año las emisiones de CO₂ y generará alrededor de 1.000 puestos de trabajos directos durante su construcción. ■■



Trabajos de construcción en la planta.



Línea 9 del metro de Barcelona: un reto de integración

La línea 9 del metro de Barcelona será la línea sin conductor UTO (Unattended Train Operation) más larga de Europa cuando se completen sus 48 km en el año 2014. Constará de 52 estaciones, en Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, El Prat de Llobregat, Badalona y Santa Coloma de Gramanet, que conectarán con las restantes líneas de metro. De este modo, la línea 9 unirá aeropuerto, puerto, recintos feriales, zonas industriales, zonas dormitorio y zona centro de la ciudad condal. El primer tramo, de 4 km y 5 estaciones, ya está en período de pruebas y entrará en servicio comercial a finales de este año. La línea 9 se considera la obra de mayor inversión en la historia de la Generalitat de Catalunya.

La extensa participación de SENER, de la mano de sus clientes, GISA (Gestió de Infraestructures, S.A.) e IFCAT (Infraestructures Ferroviaries de Catalunya), en este proyecto suma una importante referencia a otros grandes proyectos de infraestructuras metropolitanas: SENER lleva trabajando varias décadas en proyectos repartidos por cuatro continentes, como el plan de expansión del metro de Valencia, así como en los metros de Lisboa, Oporto, Bilbao, Madrid, Argel, Bogotá, Qatar, Santiago de Chile...

La actividad de SENER en la línea 9 se inicia con la redacción del Proyecto Funcional, documento en el que se recoge la definición funcional, o ingeniería conceptual, tanto de la línea completa como del modo de explotación de la misma, esencial al tratarse de una línea UTO. Este documento, y sus posteriores revisiones, son la base fundamental en los procesos de diseño, construcción y puesta en marcha, ya que será la guía para comprobar que en todas las fases se cumplen las funcionalidades previstas y, en el caso de cambios de diseño, evaluar la repercusión en dichas funcionalidades.

A su vez, será la guía en el proceso de preparación por parte del operador para la explotación, así como para comprobar, en el momento de la entrega, qué funcionalidades debe cumplir la línea, por lo que regula el proceso contractual entre el operador y el propietario de las infraestructuras.

La participación de SENER en la fase de diseño ha sido también relevante, con el desarrollo de los proyectos o pliegos de sistemas fundamentales como: ATC (Automated Train Control), PCC (Puesto de Control Central), Sistema de Puertas de Andenes, Energía (tracción y distribución en MT y Asistencia Técnica (AT), telecomunicaciones fijas y móviles, ticketing, equipamientos electromecánicos, etc., así como el proyecto de las obras civiles de uno de los tramos, de 11 km.

Así mismo, SENER participa en las Direcciones de Obra de los sistemas antes relacionados, así como en la Asistencia Técnica de Integración (ATI), que tiene como objetivo asegurar los requerimientos de funcionalidad y seguridad de la línea 9 para su puesta en servicio.

Un sistema automático que gana en seguridad

Un sistema de conducción automática (ATC – CBTC) ofrece a los usuarios una mayor seguridad, regularidad y disponibilidad del servicio, además de una mayor flexibilidad para adaptar la oferta a la demanda, ya que de forma automática se incorporan o retiran trenes de la línea en función de las necesidades de transporte.

El sistema automatizado cuenta con un PCC con personal cualificado, que centraliza todas las operaciones y supervisa la circulación de los trenes en función del tráfico global. Un segundo puesto de control de emergencia, capaz de tomar el mando en caso de que falle el puesto principal, garantiza el perfecto funcionamiento de las instalaciones.

Entre el PCC y los trenes se establece una comunicación continua para ajustar los intervalos y horarios, y a su vez se implementan

otros sistemas de telecomunicaciones para mantener informados a los viajeros y supervisar la seguridad en toda la línea. De este modo, tanto los trenes como las estaciones de la línea 9 estarán dotados de cámaras de videovigilancia, unas 2.500 en total, que transmitirán imágenes en tiempo real al puesto de control. También contarán con sistemas de telefonía, interfonía y megafonía para garantizar la comunicación entre los propios controladores, así como con los viajeros y los servicios de emergencia. Estos sistemas se articulan a través de dos redes de datos independientes, de tal modo que convergen la mayor parte del tráfico de voz, vídeo y datos en una misma plataforma IP.

Todo esto implica que las redes de telecomunicaciones no ferroviarias sean un factor crítico para la explotación. Sobre las redes de comunicaciones se transporta información vital para la explotación, como son los telemandos de energía o material móvil y las comunicaciones de voz con el pasajero en el interior del tren. Por otro lado, la convergencia tecnológica de las redes y servicios actuales de voz y datos a plataformas basadas en tecnología IP hace necesaria la incorporación de estas tecnologías al corazón del proyecto de comunicaciones. Además, la línea 9 será una de las más seguras de España gracias a su sistema de cierre de andenes, mediante paneles que impedirán el acceso a la vía de los usuarios y cuyas puertas se abrirán en sincronía con la apertura de las puertas del tren. Este sistema de cierre de andenes, que está presente en algunos metros de Europa, ofrece otras ventajas como la mejora del sistema de climatización o el aislamiento acústico de los andenes.

El diseño y la dirección de las obras de todas estas sistemas supone un reto tecnológico y de gestión, en el que SENER está inmerso mediante equipos de alta formación técnica específica y gran experiencia.

A estas actividades hay que sumar la participación de SENER en la ATI, mediante la aplicación de metodologías novedosas para el aseguramiento de la integración técnica, funcional y de seguridad de la línea, que se describe a continuación:

Ingeniería de integración de toda la línea: un reto técnico y de coordinación

La complejidad técnica y de coordinación que representa una línea ferroviaria requiere una gestión global del proyecto que asegure la correcta puesta en marcha.

En este sentido, hay dos hechos relevantes que hacen aún más crítica la puesta en marcha en óptimas condiciones: por un lado, la entrega de la línea a un operador para iniciar la explotación de la misma, sobre la base de una relación contractual con el propietario de las infraestructuras (IFERCAT). Y, por otro lado, la división de la construcción en diferentes contratos, lo que supone un importante esfuerzo de coordinación.

Interior de la estación.





Transporte Vertical de la estación de Fondo.



© IFERCAT

GISA, consciente de este importante compromiso, y con la ayuda de SENER, aborda la coordinación transversal entre todas las empresas y Direcciones de Obra relacionadas con la línea, con cuatro objetivos: homogeneizar las soluciones técnicas aplicadas; coordinar técnica y funcionalmente todas las interfaces; asegurar el cumplimiento funcional de cada subsistema, sistema y, de manera global, de la línea; y asegurar los niveles de 'safety' (seguridad).

TRABAJOS QUE INCLUYE LA ATI:

Aseguramiento Funcional

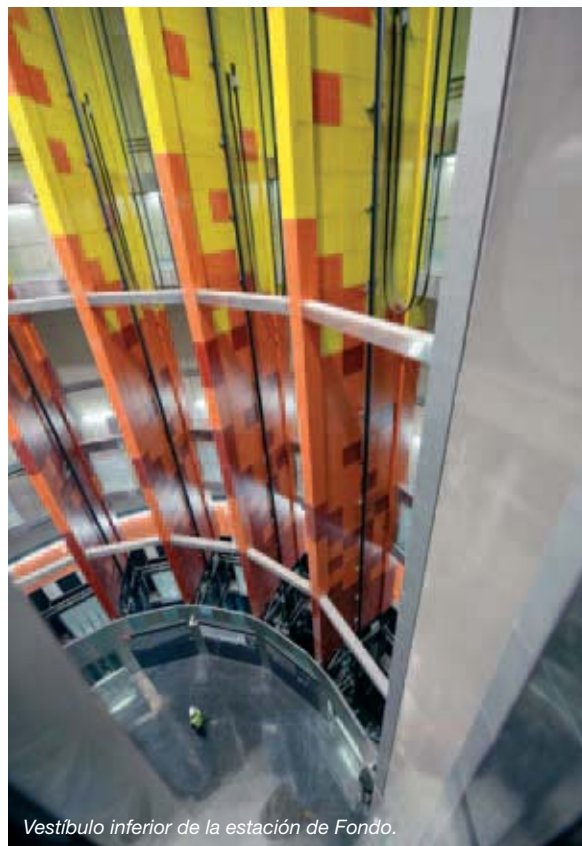
Consiste en asegurar que el sistema ferroviario de la línea 9 disponga de la operatividad y las funcionalidades requeridas en el diseño. Se distinguen la fase de revisión de diseños a través de los proyectos, constructivos y de detalle, desarrollados por los constructoras, instaladores y suministradores, de cada uno de los subsistemas (comunicaciones, energía, puertas de andén, etc.), 37 subsistemas en total. Para cada uno de ellos se detallan documentalmente, de manera unitaria y codificada, todas las funcionalidades que se exigen previas a la puesta en operación definitiva, y de manera dinámica se analiza su evolución a lo largo de las etapas de diseño, con el objetivo de completar rigurosamente las validaciones por parte de todas las entidades para evitar el riesgo de incumplimiento de alguna funcionalidad.

Resolución de Interfaces

Para todos los subsistemas de la línea 9 se han identificado todos los interfaces, tanto externos como con otros subsistemas, distinguiéndose a la vez los físicos y los funcionales. Por ejemplo: la apertura de las puertas de andén debe estar sincronizada con las puertas del tren, con el sistema de ATC y también con los paneles de información al usuario pero, a su vez, hay que resolver la interfaz física con el andén, el galibo dinámico del vehículo, el gap entre el vehículo y el andén, la zona de seguridad eléctrica en el andén etc., y son muchas las tecnologías que hay que integrar y los proveedores que hay que coordinar. Para la detección de interfaces y su resolución, el equipo técnico de la ATI interacciona con todas las empresas involucradas y participa proactivamente para que se solucionen las barreras que pueda haber entre ellas y se adopte la solución más eficiente. Por ejemplo, se han identificado unas 500 interfaces funcionales que deben ser solucionadas completamente para la puesta en marcha del sistema. En la resolución de estas interfaces físicas y funcionales, se requiere una continua realimentación con los criterios funcionales y de 'safety', con el fin de no afectar a los mismos.

Safety

Para que la línea 9 pueda iniciar su operación comercial, explotación que estará a cargo de TMB (Transports Metropolitans de



Vestíbulo inferior de la estación de Fondo.

© IFERCAT

Barcelona), es necesario que los organismos oficiales certifiquen la seguridad del sistema global desde el punto de vista ferroviario. Para ello, se ha preparado un dossier de seguridad basado parcialmente en la normativa europea Cenelec, que incluye un Análisis de Riesgos Global, un Plan de Seguridad del Sistema de Transporte, un 'Hazard Log' y otros documentos relacionados con la seguridad intrínseca del sistema. Una vez establecidos los documentos base, se establecieron con cada Dirección de Obra los requerimientos de seguridad que debe cumplir cada uno de los subsistemas, de acuerdo con el alcance de cada pliego contractual. IFERCAT, como ente propietario y gestor de la línea 9, tramitará el dossier de seguridad con los organismos oficiales.

Fase de Pruebas

Una vez finalizadas, por parte de cada suministrador, las pruebas y ensayos (de serie y tipo) de cada equipo, se inicia el Plan General de Pruebas del Sistema, cuyo objetivo es validar el correcto funcionamiento de la globalidad de la línea, incluido el movimiento de vehículos conforme a los requerimientos de funcionalidad y de 'safety'. En el proceso de pruebas se analizan, de manera progresiva, diferentes niveles: equipos, subsistemas y sistemas. El equipo de la ATI evalúa, desde el punto de vista funcional y de 'safety', cada subsistema por separado, y después analiza su funcionamiento con los subsistemas con los que se relaciona, y así sucesivamente hasta verificar el cumplimiento global de todo el sistema. Este proceso requiere la coordinación global de todas las actividades que se van a realizar en el sistema durante el periodo de pruebas, incluido el movimiento de trenes, hasta la entrega al operador. La coordinación de la ATI es fundamental para realizar las pruebas de manera eficiente entre todos los contratistas y con las garantías de seguridad ferroviaria requeridas. La inauguración del primer tramo está prevista a finales de 2009, mientras que el tramo final será inaugurado en 2014. ■■



FORO EUROPEO DE ENERGÍAS DE FUTURO 2009 EN BILBAO

SENER y Torresol Energy participaron en el Foro Europeo de Energías de Futuro que se celebró en el Bilbao Exhibition Centre (BEC) que tuvo lugar en el mes de junio, entre los días 9 y 11. Con un stand de 100 m², las empresas mostraron su tecnología y proyectos en el campo de la energía termosolar. La maqueta de la planta Gemasolar, el colector cilindro parabólico SENERTrough o el mecanismo de apunte del heliostato fueron algunos de los proyectos destacados.

En el marco de las conferencias y ponencias, ambas empresas tuvieron un papel relevante: por un lado, la intervención de SENER corría a cargo del arquitecto Esteban Rodríguez con su ponencia 'Heliostatos de fachada. Una tecnología para el ahorro de energía de iluminación en edificios de servicios'; por otro, Torresol Energy participaba con 'Operating Solar Plants with Energy Storage' que impartió el director de Plantas, Santiago Arias.

En la foto, el presidente de SENER, Jorge Sendagorta, y el presidente de Torresol Energy, Enrique Sendagorta, muestran el stand a la presidenta del World Future Council, Bianca Jagger, y el CEO de Masdar, el sultán Ahmed Al Jaber.



LA UEN NAVAL PARTICIPA EN FERIAS INTERNACIONALES

La Unidad Estratégica de Negocio Naval ha participado en importantes eventos internacionales. Del 10 al 12 de mayo, estuvo presente en la octava edición de la conferencia COMPIT (International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries), que se celebró en la ciudad de Budapest. Durante esta feria, el ingeniero naval Rafael de Góngora presentó un trabajo titulado: 'Un entorno completo para el diseño eficiente de HVAC. La solución FORAN', y también actuó como moderador en una sesión de conferencias.

Entre el 9 y el 11 de junio, la UEN Naval acudió a la feria internacional NOR-SHIPPING, considerado el evento más prestigioso del sector naval, que se celebra en Noruega, donde participó con un stand y presentó la nueva versión del Sistema FORAN V60R3.0.

Finalmente, cabe mencionar la participación de SENER en la Conferencia Internacional de Aplicaciones Informáticas para el sector Naval ICCAS, que celebró en Shanghai su edición número 14, entre el 1 y el 3 de septiembre. La conferencia fue organizada por las instituciones Royal Institution of Naval Architects (RINA) y Shanghai Society of Naval Architects and Marine Engineers (SSNAME). Acudieron como ponentes los ingenieros Alfonso Cebollero, Roberto Penas y Guangwu Liu, presentando tres 'papers' que habían sido preparados por varias personas de SENER: 'Gestión integrada de los compartimentos de un buque', 'Un link neutral para la integración del CAD con sistemas de ciclo de vida de producto' y 'Mayor eficiencia en el empleo de la tecnología CAD/CAM en los astilleros chinos', respectivamente.

Además, SENER estuvo también representada por Shigeru Kasai, de la oficina de Okayama (Japón), y por buena parte del equipo FORAN de UFC, el distribuidor de SENER en China: Susa Hu, Will Kuang, Jeff Song, Tom Song, John Yinhua e Iven Zhang. Junto a estos tres destacados eventos, Naval ha participado en otras ferias internacionales, entre ellas NEVA, celebrada del 22 al 25 de septiembre en San Petersburgo, o INMEX India, que tuvo lugar entre el 24 y el 26 de septiembre en Bombay.

SENER, PRESENTE EN PARÍS AIR SHOW 2009

El Salón Aeronáutico de Le Bourget París Air Show celebró el pasado mes de junio su 48ª edición. Este evento, considerado como el más prestigioso del mundo donde se dan cita las principales empresas del sector aeroespacial, contó con la participación de SENER, que presentó sus proyectos más importantes en un stand ubicado dentro del pabellón español.

El parasol del Satélite GAIA, los sistemas de Guiado y Control (AOCS) de los satélites Herschel y Planck, la sección 19.1 del nuevo modelo de Airbus A350 o los sistemas de actuación y control para misiles fueron algunos de los trabajos desarrollados por SENER que se mostraron en la feria.

Entre los visitantes que recibió el stand de SENER



hubo delegaciones políticas y militares, entre ellas la del Secretario de Defensa (SEDEF), del Director General de Armamento y Material (DiGAM), del Jefe del Estado Mayor del Ejército del Aire (JEMA), del Gobierno Vasco, etc.

En la foto, la secretaria general de Industria, Teresa Santero, saluda al director del Departamento de Espacio de SENER, Diego Rodríguez, acompañada por el vicepresidente de SENER, Andrés Sendagorta.



CONFERENCIA DE ÁLVARO AZCÁRRAGA EN LA RAI

El doctor ingeniero aeronáutico y consultor de SENER, Álvaro Azcárraga, impartió el 23 de junio la ponencia 'Estrategias para evitar o amortiguar colisiones con otros cuerpos celestes', enmarcada dentro del programa de la jornada sobre 'Protección Planetaria' de la sesión de Los Martes de la Real Academia de Ingeniería (RAI).

FORO DE SOSTENIBILIDAD FINGERPLUS

SENER y Torresol Energy participaron como patrocinadores y ponentes en la primera edición de FINGERPLUS, un foro tecnológico de formación y empleo dirigido a ingenieros y responsables de I+D+i, que tuvo lugar entre los días 29 y 30 de octubre en Madrid. En su primera edición, este foro ha sido un punto de encuentro para conocer las actividades I+D+i, así como los planes de carrera y formación de profesionales, en sectores clave de la ingeniería como tecnologías de la información, medio ambiente, energías renovables, y arquitectura bioclimática.

PRESENTACIÓN DE BIOSENER



Los pasados 30 y 31 de mayo, SENER presentó BIOSENER, el sistema de monitorizado del estado fisiológico en tiempo real, desarrollado como parte del Programa Combatiente del Futuro (COMFUT) del Ministerio de Defensa. Invitada por la Oficina del Programa COMFUT, la empresa presentó, en el espacio dedicado a las tecnologías desarrolladas para el Combatiente, BIOSE-

Ner con las mejoras introducidas en el sistema, como son la monitorización multiusuario, el sistema de comunicaciones inalámbricas de amplia cobertura, el sistema de localización geográfica, así como las aplicaciones al entorno civil.

LA DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL VISITA SENER

La Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa visitó el pasado mes de junio las oficinas de SENER en Tres Cantos (Madrid). Este órgano es el responsable de la preparación, planeamiento y desarrollo de la política de armamento y material y supervisión y dirección de su ejecución.

El vicepresidente de SENER, Andrés Sendagorta, acompañado por el director general de la UEN Aeroespacial, Rafael Quintana, y el director del proyecto METEOR y SHORAD, Fernando Quintana, recibieron a la comitiva formada por el director general de Armamento y Material del Ministerio de Defensa, Manuel García Sieiro, el subdirector general de Planificación y Programas y general del Ejército del Aire, Jesús Pinillos Prieto, y el teniente coronel, Carlos Calvo González- Regueral.

La visita consistió en una presentación en la que se daba a conocer la actividad de SENER y un recorrido por el Centro de Integración y Ensayos de la empresa.

LA TECNOLOGÍA SOLAR DE SENER Y TORRESOL ENERGY EN SOLARPACES

SENER y Torresol Energy participaron activamente en el simposio internacional 'SolarPACES 2009, electricity, fuels and clear water powered by the sun', un encuentro bienal que es, a día de hoy, la primera conferencia mundial del sector de la energía solar por concentración (CSP). La edición 2009 tuvo lugar en Berlín del 15 al 18 de septiembre. Expertos de SENER y Torresol Energy participaron con las conferencias 'Experience with molten salts thermal storage' y 'Commercial application of SENERtrough', a cargo de los ingenieros de SENER Sergio Relloso y Nora Castañeda, respectivamente. La empresa también ofreció las claves para abordar un proyecto CSP en la conferencia 'Production risk analysis in commercial plants', a cargo del ingeniero Roberto Calvo, además de presentar el póster 'Modularization', por parte de Yolanda Gutiérrez, coordinadora de los Desarrollos del Área Solar. Por parte de Torresol Energy, el director de Plantas, Santiago Arias, presentó la ponencia 'Operative advantages of a central tower solar plant with thermal storage system', un estudio elaborado en colaboración con el director de Tecnología, Juan Ignacio Burgaleta, e Ibon Beñat, del Departamento de Tecnología I+D. Por último, el director de Negocio Solar de SENER, Miguel Domingo, participó en la mesa redonda 'CSP Project Development Challenges', momento que se recoge en la foto.



SENER RECIBE LA VISITA DEL SECRETARIO DE ESTADO DE DEFENSA

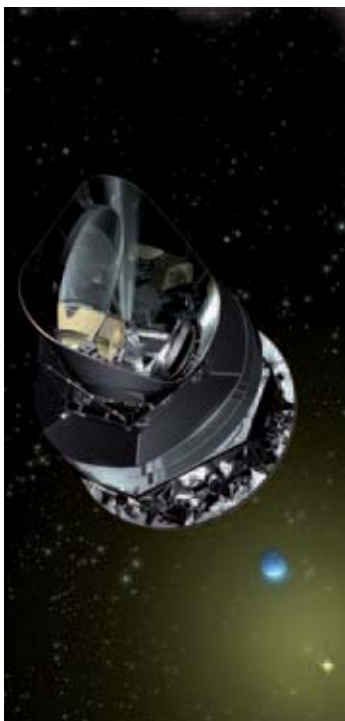
Una delegación de la Secretaría de Estado de Defensa visitó el pasado mes de julio las oficinas de SENER en Tres Cantos. La comitiva, formada por el secretario de Estado de Defensa, Constantino Méndez, acompañado del director de su Gabinete, Francisco de Argila Lefler, así como el asesor del Gabinete, Pedro Fuster, y el consejero del Ga-

binete Técnico del Secretario, Álvaro de Zunzunegui, fueron recibidos por el vicepresidente de SENER, Andrés Sendagorta, y el director general de la Unidad de Negocio Aeroespacial, Rafael Quintana. Tras la reunión que mantuvieron, se realizó una visita al Centro de Integración y Ensayos de SENER, como se puede apreciar en la imagen.





CIVIL Y ARQUITECTURA
CIVIL & ARCHITECTURE



AEROSPACIAL
AEROSPACE



La manera de ver el futuro
The way to see the future
www.sener.es



NAVAL
MARINE



ENERGÍA Y PROCESOS
POWER & PROCESS



BUENOS AIRES • LISBOA • MÉXICO D.F. • OKAYAMA • SAN FRANCISCO • VARSOVIA