



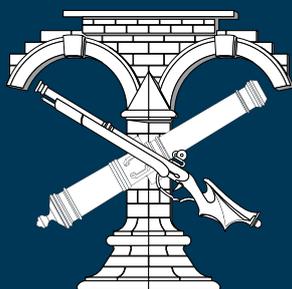
## CONMEMORACIÓN DEL 75.º ANIVERSARIO

### ARTÍCULOS

Sistemas de autoprotección de los helicópteros

Un edificio de Llobet en Ferrol adaptado al siglo XXI

La gestión del conocimiento en el Ejército







# ≡ SUMARIO

NÚMERO 3 • AÑO III • MAYO 2016

## PRESENTACIÓN DEL INSPECTOR 4

D. José Ramón Domingo Tudó  
General de división CIP (EOF). Construcción

## INGENIEROS ILUSTRES 6

- GENERAL DE DIVISIÓN CIP.  
D. JULIO ANTONIO VILLACAÑAS BERENGUER

## CENTROS Y ORGANISMOS 8

- LOS PARQUES PCMMT Y PCMSHS  
D<sup>a</sup>. María Isabel Parra Villa  
Capitán CIP (EOF). Telecomunicaciones y electrónica
- D. Roberto Pérez Moya  
Teniente CIP (EOT). Telecomunicaciones y electrónica

## RETAZOS DE LA HISTORIA 74

- VENTURAS Y DESVENTURAS DE LA OBRA  
DEL CUARTEL DE SAN CARLOS  
D. José Manuel Padilla Barrera  
Teniente coronel CIP (EOF). Construcción

### DIRECCIÓN

D. José R. Domingo Tudó  
General de división

### REDACCIÓN

D. José Manuel Arizmendi López  
Coronel

### COORDINACIÓN

D. Pedro Bueno Fernández  
Teniente coronel

### CONSEJEROS

- D. Manfredo Monforte Moreno  
General de brigada
- D. Ángel Palacios Zaforteza  
General de brigada
- D. Juan Emilio Muñoz Garrido  
Coronel
- D. Juan Carlos Fernández Fernández  
Coronel
- D. Francisco Gómez Ramos  
Coronel
- D. Benito Vinuesa Guerrero  
Coronel
- D. Eduardo Romero Parrondo  
Teniente coronel
- D. Juan Luis Carrasco Hueros  
Teniente coronel
- D. Félix Sancho del Barrio  
Teniente coronel
- D. Ramón Onrubia Sánchez  
Comandante
- D. Sergio Martín Rodríguez  
Comandante

### DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Centro Geográfico del Ejército

NIPO: 083-15-180-8  
Edición en línea

NIPO: 083-15-179-5  
Impresión bajo demanda

ISSN: 2444-7757  
Internet

Este memorial se puede solicitar en papel en la modalidad de impresión bajo demanda. Impreso de solicitud disponible en el memorial.

Los números editados se pueden consultar en formato electrónico en:  
<http://publicaciones.defensa.gob.es/inicio/revistas>  
APP Revistas Defensa: disponible en tienda Google Play  
<http://play.google.com/store> para dispositivos Android,  
y en App Store para iPhones y iPads, <http://store.apple.com/es>

Este memorial tiene por objeto promover la conservación de los valores y tradiciones que conforman el acervo identificador del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, constituyendo además, un medio para la divulgación entre sus miembros, de su historia, de los conocimientos específicos más actuales y de los acontecimientos más significativos en los que participen. Los trabajos publicados representan únicamente la opinión personal de sus autores.



## ARTÍCULOS

### **Bases Antárticas: infraestructuras en condiciones extremas** 16

D. Miguel Ángel Ropero Azañón  
Comandante CIP (EOF). Construcción

### **Sistemas de autoprotección en los helicópteros del Ejército** 24

D. Manuel Mena Hernández  
Teniente CIP (EOT). Telecomunicaciones y electrónica

### **Certificación de aeronavegabilidad en el sistema PASI 2** 32

D. Miguel Molines Villanueva  
Capitán CIP (EOF). Telecomunicaciones y electrónica

### **La gestión del conocimiento en el Ejército** 42

D. Manuel Sáiz-Pardo Lizaso  
Comandante CIP (EOF). Armamento

### **Escuela Politécnica Superior del Ejército Pasado, presente y futuro** 52

D. Francisco José Gómez Ramos  
Coronel Ingeniero Director de la ESPOL

### **Francisco Llobet en Ferrol Un edificio del XVIII para el siglo XXI** 62

D. Jesús de Miguel Bravo  
Coronel CIP (EOF). Construcción

## SECCIONES

### **OBSERVATORIO DE LA INGENIERÍA** 82

- Aplicaciones de la nanotecnología en sistemas militares. Protección personal

### **NOTICIAS DEL CUERPO**

- Acto institucional del Cuerpo 2015 92
- Exposición conmemorativa del 75 aniversario del Cuerpo 98
- Homenaje a la ESPOL en su 75 aniversario 102
- Audiencia de S.M. el Rey Don Felipe VI 103
- Tomas de Mando 104
- Misión en Mali: J4 Infra EUTM 106
- La Dirección de Infraestructura en el *Trident Juncture* 2016 111
- Un hospital dentro de otro hospital: Alto aislamiento biológico en la planta 22 del Gómez Ulla 112
- Nuevo edificio para el Mando de Operaciones del Estado Mayor de la Defensa en la base de Retamares 117

### **MISCELÁNEA** 119



# PRESENTACIÓN DEL INSPECTOR

Conocer, divulgar...

*General de división CIP (EOF). Construcción  
D. José Ramón Domingo Tudó*

---



Queridos amigos lectores:

Mi más cordial agradecimiento por haberos asomado a este nuevo número del Memorial del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos. Gracias al esfuerzo, dedicación y competencia profesional de los componentes del Consejo de Redacción y, por supuesto, a los autores de los numerosos artículos que conforman nuestro Memorial, sale a la luz el tercer número de esta revista que pretendemos sea un foro de opinión sobre temas técnico profesionales, y contribuir así a la cultura profesional de los componentes del CIP, a la vez que se promueve la conservación y divulgación de los valores que nos identifican.

El último año transcurrido no ha sido uno más para nuestro Cuerpo de Ingenieros, pues el cumplir setenta y cinco años desde su creación ha supuesto unos acontecimientos y emociones singulares de los que hacemos balance en este número.

La Revista Ejército incluyó un documento en su número de septiembre en el que abordaba

los antecedentes históricos del Cuerpo, su presente, y el papel en el futuro inmediato de las especialidades fundamentales que lo componen.

La celebración del setenta y cinco aniversario en las instalaciones de la Escuela Politécnica, presidida por el general de ejército JEME, tiene especial presencia en estas páginas, pues es obligado recordarla y difundirla en actos y publicaciones.

Especial lugar tiene el recuerdo de la audiencia que Su Majestad el Rey don Felipe VI concedió a una comisión del Cuerpo de Ingenieros, con representación de todas las especialidades, escalas y empleos.

También recoge nuestro Memorial la exposición que con motivo del 75º aniversario abrió sus puertas en la ESPO, y que dio a conocer una muestra de la importante labor de ingeniería realizada por los componentes del CIP hasta la actualidad.

La revista continúa con una selección de artículos que van desde “La gestión del conocimiento en el Ejército”, “Francisco Llobet en Ferrol, un edificio

del XVIII para el siglo XXI”, “La aeronavegabilidad” o “Aplicaciones de nanotecnología en sistemas militares”. Compartimos así experiencias y actividades de interés para, de este modo, conservar y fortalecer los lazos que nos unen.

Dentro del apartado de semblanzas de ingenieros ilustres del Cuerpo, y con el criterio seguido en los números anteriores, publicamos la del Tercer Premio General Fernández de Medrano, el general de división Julio Antonio Villacañas Berenguer, en el ánimo de que con el reconocimiento de sus méritos mejoraremos al Cuerpo de Ingenieros.

Una vez más os animo a seguir colaborando con vuestros artículos y trabajos para así continuar fortaleciendo nuestro Memorial y divulgar nuestro quehacer diario y nuestras obras.

Y con el deseo de que continuemos trabajando con renovada ilusión, esfuerzo, profesionalidad y cohesión, que caracteriza al Cuerpo de Ingenieros Politécnicos...

Un fuerte abrazo. ■





# GENERAL DE DIVISIÓN DON JULIO ANTONIO VILLACAÑAS BERENGUER

---

TERCER PREMIO  
GENERAL FERNÁNDEZ DE  
MEDRANO, AÑO 2015

---

El día 21 de julio de 2015, el Boletín Oficial del Ministerio de Defensa publicó la concesión del Premio General Fernández de Medrano al general de división del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos D. Julio Antonio Villacañas Berenguer. En el transcurso del Acto Institucional del Cuerpo, el Jefe de Estado Mayor del Ejército Domínguez Buj le hizo entrega de la escultura conmemorativa que materializa el galardón.

Licenciado en Ciencias Matemáticas (1954) y Doctor Ingeniero de Construcción (1969), el general Villacañas es acreedor de un brillante desempeño profesional, tanto en el Ejército como en el Ministerio de Defensa. El Servicio Militar de Construcciones, varias comandancias de obras, el Laboratorio de Ingenieros, la Escuela Politécnica Superior del Ejército o la Dirección General de Infraestructura fueron destinos en los que dejó continuas muestras de su buen hacer.

De su extensa hoja de servicios destacan, por ejemplo, el mando de la Comandancia de Obras de la IX Región Militar y la Jefatura del Área de Ingeniería de la DIGENIN. En 1989 es Subdirector General de Proyectos y Obras de la DIGENIN, ya como General

Subinspector, y ejerce el cargo hasta 1990 en que asciende a General de División y es promovido a Director de Infraestructura.

Además de cosechar numerosas condecoraciones y felicitaciones, en 1965 alcanza el Premio López Tienda de la Asociación de Ingenieros de Construcción y del Arma de Ingenieros y en 1981 es nombrado Legionario de Honor.

Digna de mención es su especialización en Ingeniería Sísmica, conseguida por su preocupación constante por ampliar conocimientos y aumentar su capacidad profesional. Miembro honorífico de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica, su gran prestigio le conduce a participar en importantes proyectos, formar parte de distintas comisiones interministeriales y editar diversa normativa y publicaciones.

A lo largo de su carrera, el general Villacañas ha acreditado su gran prestigio, constante dedicación, eficacia en el servicio y total disponibilidad, constituyendo un referente y ejemplo permanente a seguir por todos los miembros del CIP. ■





---

# LOS PARQUES PCMMT Y PCMSHS

*María Isabel Parra Villa*  
Capitán CIP (EOF). Telecomunicaciones y electrónica

*Roberto Pérez Moya*  
Teniente CIP (EOT). Telecomunicaciones y electrónica

---

*Tanto el Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Transmisiones (PCMMT) como el Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Hardware y Software (PCMSHS), son Órganos Logísticos Centrales (OLC) encuadrados en la Jefatura de Centros Logísticos (JECOLOG), de la Dirección de Integración de Funciones Logísticas (DINFULOG) del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE).*

*Son dos parques considerados hermanos, puesto que, además de compartir ubicación en el acuartelamiento Zarco del Valle, en El Pardo, Madrid, proceden de un origen común: como claro ejemplo de la adaptación del Ejército a la constante evolución de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en el año 2006 se crea el PCMSHS, a partir del antiguo Taller de SIMACET del PCMMT, tomando posesión su primer jefe el 16 de mayo de 2007.*

Sus funciones principales son el mantenimiento de 4.º escalón y abastecimiento del material de su responsabilidad, tanto en TN como en ZO:

- **PCMMT:** estaciones HF de campaña (HARRIS, THOMPSON), equipos radio VHF/UHF (PR4G, SPEARNET, TETRAPOL, AN/PRC-117, PNR-500, etc.), sistemas CIS siglo XXI, terminales satélite (GPS, militares, civiles), equipos de CIFRA, inhibidores de frecuencia (PAGM, CGUARD, SPIR, etc.), red básica de área, etc.
- **PCMSHS:** sistemas de Mando y Control (SIMA-CET, BMS/FFT+GESCOM), sistemas de artillería (COAAAS, TALOS), simuladores y equipos para formación (STEEL BEAST, VBS25, conducción), sistemas de seguimiento de recursos y almacenes (PRD, SSRL), posicionamiento (ESYL), etc.

---

### PCMMT, *SERVIAM UT SERVIAM*

---

Este año el PCMMT celebra su 75 aniversario. Su fundación se remonta a 1941, cuando se crea el Parque Central de Transmisiones como unidad independiente.

En 1977 se introduce el lema *SERVIAM UT SERVIAM* (Servir para servir), que expresa la voluntad logística y razón de ser del PCMMT: apoyar incondicionalmente a las unidades del Ejército en materia de transmisiones.

Durante el presente año y con motivo del 75 aniversario, está previsto que se realicen diferentes acciones conmemorativas, como actos, conciertos y exposiciones.

En 1982 se crea la Jefatura de Servicio Técnico, actual Departamento de Gestión Integral, donde históricamente se han integrado la mayoría de ingenieros politécnicos, realizando, entre otras, las siguientes actividades:

- Mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión de la Calidad, basado en la norma de referencia PECAL 2120.
- Diseño, inspección y verificación de instalaciones vehiculares de inhibidores de frecuencia.

- Inspección en recepción de materiales suministrados por proveedores.
- Inspección en producción de materiales mantenidos por el PCMMT.
- Calibraciones y reparaciones de los equipos de inspección, medición y ensayo (EIME), tanto del propio PCMMT como de las unidades apoyadas.

Además, también pueden ser integrados en la Unidad de Mantenimiento como jefes de las distintas secciones, entre las que conviene resaltar la Oficina Técnica, la Oficina de Planificación y Control y las secciones de talleres:

- Elaboración de los Pliegos de Prescripciones Técnicas.
- Dirección técnica y seguimiento de diversos proyectos relativos al PCMMT o encomendados por el MALE.
- Documentación y estudios técnicos.
- Planificación de las tareas de mantenimiento.
- Apoyo a la problemática en peticiones de mantenimiento de las unidades apoyadas.

Los ingenieros politécnicos en el PCMMT son gestores y ejecutores de dichas tareas. Disponen, por tanto, de autonomía suficiente para impulsar proyectos de intra-empresarial, generando ideas, propuestas e iniciativas que supongan oportunidades de mejora para el Centro.

Ejemplo de ello fue la creación de la aplicación de gestión documental GESDOC en el año 2012. Hoy se está llevando a cabo el proyecto Gestión por procesos, que pretende no sólo documentar la realidad de las actividades desarrolladas en cada una de las áreas del PCMMT, definiendo de forma clara su sistemática y responsabilidades, sino también ser una herramienta para gestionar adecuadamente el conocimiento.

Saber cómo hacer las cosas, el llamado *know-how*, es de vital importancia para un OLC, donde se



Figura 1.—Ensayo de eficacia de inhibición sobre RG-31 durante la visita de S.A.R. el Príncipe de Asturias al PCMMT y PCMSHS, en 2012.

desarrollan actividades técnicas sobre materiales muy específicos. El escenario actual de pérdida de personal civil, que en la mayoría de ocasiones cuenta con décadas de experiencia, unido a la alta tasa de rotación del personal militar, supone un riesgo para el conocimiento de la organización, lo que a la postre puede influir negativamente sobre el rendimiento del PCMMT y el servicio prestado a las unidades apoyadas.

La capacidad de abstracción, análisis y síntesis de los ingenieros politécnicos resulta especialmente útil para realizar reingeniería de procesos en todas las áreas de un OLC, identificando oportunidades de mejora, proponiendo modificaciones integrales e implantando métodos objetivos de evaluación y medición de resultados. Esto permite al PCMMT disponer de capacidad suficiente para adaptarse con mayores garantías de éxito a un entorno tecnológico y organizativo cambiante, tratando de reducir la incertidumbre surgida a raíz de la implantación de nuevos sistemas, metodologías y responsabilidades que pretenden ajustarse a las nuevas necesidades del Ejército de Tierra y del resto de partes interesadas.

Como fin último se persigue aumentar el rendimiento del PCMMT, algo que repercute directamente en la satisfacción de las unidades apoyadas. Cabe señalar, por tanto, la participación activa de los ingenieros

politécnicos en la toma de decisiones estratégicas. La reingeniería de procesos se realiza en conformidad con los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) implantado, certificado por la DGAM, los requisitos internos y los del resto de agentes externos.

Cabe destacar, además, las actividades desarrolladas en el Laboratorio de Inhibidores. La aparición de los artefactos explosivos improvisados activados por radio frecuencia (RCIED, en sus siglas en inglés) es una de las amenazas principales para las unidades desplegadas en ZO, pudiendo llegar a comprometer la integridad del personal e incluso el cumplimiento de la misión. Los sistemas inhibidores son considerados una herramienta muy eficaz para la protección frente a RCIED. El PCMMT realiza instalaciones de sistemas inhibidores en vehículos tácticos.

En un escenario dado, la eficacia del sistema inhibidor depende de diferentes variables; una de las controlables es, además del propio equipo inhibidor y su programación, la instalación vehicular. La instalación incluye tanto el diseño como su ejecución.

El diseño de una instalación vehicular de un sistema inhibidor debe garantizar:

- La máxima eficacia de inhibición: reducir las pérdidas en el cableado y dispositivos de radio

frecuencia, optimizar su capacidad mediante una correcta elección, desarrollo, disposición y ubicación de las plataformas radiantes, y determinar la ubicación física del sistema de acuerdo a la ergonomía de operación táctica.

- La máxima compatibilidad electromagnética con otros medios embarcados: minimizar los efectos interferentes sobre medios de telecomunicaciones CIS, equipamiento de posicionamiento y navegación, sistemas de armas, sistemas de EW, equipamiento clínico, equipamiento NBQ, etc.
- La máxima protección del personal frente a la exposición a radiaciones no-ionizantes.

Todo ello sin perjuicio de las diferentes funcionalidades del vehículo. Una vez diseñada y ejecutada la instalación prototipo, el vehículo se manda al Instituto Tecnológico de la Marañoso (ITM/INTA), donde se contrasta la eficacia del sistema de inhibición frente a las amenazas tipificadas en ZO, pasando el PCMMT a producir instalaciones en serie en el resto de la flota.

Hasta la fecha, el PCMMT cuenta con el aval de haber puesto a disposición de nuestras tropas el 100% de los sistemas vehiculares de inhibición. Dicha disposición es fruto de un esfuerzo conjunto de ingeniería del Departamento de Gestión Integral (estudio, diseño, inspección y ensayo) para los equipamientos de inhibición, accesorios, definición y configuración de las instalaciones vehiculares, y la Unidad de Mantenimiento para la ejecución de dichas instalaciones, tanto en TN como en ZO.

## PCMSHS, SUM FACERE

El PCMSHS, cuyo lema significa “Ser es hacer”, comenzó su aventura en 2006. Sus primeros esfuerzos se centraron en el sistema SIMACET (Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra) y, de febrero a julio de 2009, la Unidad realizó el primer apoyo directo a unidades en TN. El trabajo consistió en la instalación de la versión 3.2 securizada de SIMACET.

En noviembre de 2009 dio el salto a ZO, procediendo a la instalación del FFT (*Friend & Foe Tracken*) en el Líbano. Durante el mes de febrero de 2013, un equipo del PCMSHS realizó la puesta en servicio del SSRL (Sistema de Seguimiento de Recursos Logísticos), sistema conjunto del Ejército de Tierra, Aire y Armada, en Afganistán.

A lo largo del 2013 y principios del 2014, se realizó la actualización (“retrofit”) del SIMACET v. 4.01 en las instalaciones del PCMSHS. Desde mediados del 2014, está inmerso en la instalación del Sistema BMS (*Battle Management System*)/FFT en los batallones de la Fuerza.

El OLC lo componen actualmente veintidós militares y diez civiles. Desde su creación es cada vez mayor el número de sistemas bajo su responsabilidad. La dificultad de afrontar este reto con tan escaso personal se supera gracias al ambiente de trabajo generado por sus componentes, y que es posible gracias al Coronel Jefe del Parque.



Figura 2.—Miembros del PCMSHS y sargentos alumnos en prácticas (mayo de 2015).

Los ingenieros politécnicos son responsables del estudio, desarrollo y adquisición de nuevos sistemas. Gracias al trabajo de numerosos compañeros nuestro Ejército está al mismo nivel que los de nuestros aliados. Esto se ha demostrado recientemente en el **Ejercicio Trident Juncture 15**, en el cual los componentes del PCMSHS, incluyendo sus CIP, han puesto su grano de arena para alcanzar este éxito.

Cada destino de ingeniero politécnico dentro del Ejército tiene como objetivo emplear sus diversos conocimientos para aportar un valor añadido, y que la Fuerza disponga de los sistemas más avanzados en estado operativo y de las instalaciones más apropiadas para el día a día.

El arduo trabajo que conlleva adquirir satisfactoriamente un sistema debe completarse, primero, haciéndolo llegar a las unidades por medio del abastecimiento y, segundo, manteniéndolo en condiciones óptimas de uso. Aquí entran en juego los centros logísticos y de mantenimiento y el sistema logístico establecido en el Ejército de Tierra.

Las labores desempeñadas por ingenieros politécnicos dentro del ámbito de un OLC son a veces muy desconocidas y las necesidades que cubren están poco difundidas. La redacción de PPT es una de ellas. El mantenimiento lleva asociados contratos, bien para externalizar la reparación de determinado material o para adquirir repuestos. No sólo se trata de redactar un PPT, realizar un contrato menor o contratación centralizada, ambos sin pliego asociado. Se emplea un porcentaje ingente del tiempo de trabajo que se dedica a generar y gestionar toda la documentación que debe acompañar a cada contrato. La experiencia adquirida y el conocimiento de las singularidades del material apoyado por su OLC permite al ingeniero politécnico encargado de la contratación tomar decisiones que son muy valoradas por el Mando. Un ejemplo podría ser, dado un sistema con distintos modelos alternativos de *tablets*, seleccionar los requisitos de aquella que mejores resultados haya dado y que sea ésta o un equivalente el repuesto adquirido en adelante, sustituyendo paulatinamente al resto. Otro caso sería, sabiendo que un material que forma parte de un sistema desde su concepción es problemático a la hora de externalizarlo o reponerlo, buscar alternativas en el mercado para mejorar los tiempos de espera de las unidades.



Figura 3.—Tablet GETAC E110, que sustituye a Tacter 31D.

La contratación exige al ingeniero politécnico el esfuerzo de determinar los repuestos a incluir en un contrato de mantenimiento, tarea bastante difícil cuando el material apoyado por el OLC, como en el caso del PCMSHS, es muy cambiante y tiene una gran obsolescencia. Su función no finaliza hasta que el material entra en la cadena logística, ocupándose de la recepción y de subsanar aquellos problemas que impidan su paso a almacenes.

El cierre del proceso completo de un expediente ha requerido en algunos casos la supervisión por parte del PCMSHS de su instalación en las propias unidades. Los ingenieros politécnicos también han participado en ello, dándose a conocer en unidades de todo el territorio español.

El Departamento de Calidad, dirigido por un ingeniero politécnico, establece procedimientos que rigen el funcionamiento del PCMSHS y vela por su cumplimiento, de forma similar a lo expuesto por el PCMMT.

Puede ser que uno no sea consciente del coste real de la fase de mantenimiento hasta que la vive de cerca. Dentro del proceso de mantenimiento la Gestión de la Configuración juega un papel esencial. No es casualidad que en esta era de la información se haya

constituido un Comité de Control de Configuración orientado a los sistemas CIS, en el cual los componentes del CIP son asistentes habituales. En el momento en que se entra en contacto con el Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército (SIGLE), la Gestión de la Configuración cobra sentido. Los puntos clave son que para poder distribuir a las unidades el material adquirido, éste debe estar cargado en SIGLE, por lo que tiene que estar previamente catalogado; y para que pueda ser mantenido, debe estar cargado en una configuración.

Cuando un componente se avería, la UCO a la que pertenece realiza una petición de mantenimiento al OLC de apoyo a través de SIGLE. La petición se realiza sobre el elemento averiado de la Configuración Real.

Sirva este análisis farragoso y aburrido sobre SIGLE para resaltar la importancia de que el árbol de configuración solicitado en el PPT y entregado en la recepción del sistema tenga el nivel de desglose adecuado. Si el pedal de un simulador no es un elemento de la configuración y se estropea, es po-

Artículo	5895-33-T09-6007	SISTEMA TALOS MORTERO
Cabecera	000000	SIN CABECERA ESPECIFICA
Artículo Bajo	Cód. Sist.	
Relación de configuraciones Teóricas		
5895-33-T09-6010 - CELULA TALOS MORTERO	010000	
7010-33-208-9164 - TABLET PC TADIRAN TACTER31-D	011000	
5895-33-208-7216 - CAJA CONVERSION PR4G SEÑAL SI	012000	
5895-33-209-7567 - CABLE TACTER - CAJA CONV (MTSC	013000	
6060-33-208-5004 - ESTACION METEOR. IRDAM WST 70	014000	
7030-33-T09-6008 - PEN DRIVE INSTALACIÓN SW TALO	015000	
5895-33-T09-6009 - CELULA TALOS MORTERO - OAV	020000	
7010-33-209-7568 - PDA NAUTIZ X7	021000	
5895-33-208-7216 - CAJA CONVERSION PR4G SEÑAL SI	022000	
1240-33-208-7950 - GEMELOS	023000	
5895-17-121-3403 - CABLE VECTOR 21 A PC O PDA	024000	
7030-33-T09-6008 - PEN DRIVE INSTALACIÓN SW TALO	025000	
6760-15-194-2792 - MEMORY CARD 8GB	028000	





Figura 4.—Ejemplo de Configuración Teórica del sistema Talos Mortero.

SIGLE incluye los sistemas mantenidos por cada OLC, desglosados en sus componentes dando lugar a su Configuración Teórica que, idealmente, se obtiene del árbol de configuración entregado por la empresa contratista de un PPT. Se trata de una plantilla que contiene el máximo de elementos que forman un sistema donde cada elemento debe estar catalogado.

sible que se tenga que enviar al OLC el simulador completo para poder repararlo.

De la misma forma, si el material recibido no está debidamente catalogado, este quedará sin poder entrar en almacén y sin poder ser distribuido.

Cada UCO que dispone de dicho sistema tiene en SIGLE una Configuración Real asociada a él. La Configuración Teórica puede verse como un puzzle con huecos vacíos, un hueco para cada posible elemento del sistema. Para generar la Configuración Real de un sistema concreto de una unidad dada, se insertan todos los elementos del sistema que una unidad haya recibido en su hueco correspondiente, lo que permite conocer el material adquirido por el Ejército, dónde se encuentra y su estado.



Figura 5.—Pruebas en instalación BMSIFFT, en Almería.



Figura 6.a—Simulador de conducción de vehículo pesado.



Figura 6.b—Simulador de conducción de vehículo pesado.

Una de las principales particularidades del PCMSHS está relacionada con su segundo apellido: el software.

En los últimos años, los ingenieros politécnicos han sido testigos de cómo el software está cada vez más presente en sus proyectos y su adquisición no es un asunto trivial. Su adquisición es complicada debido a la variedad de enfoques empleados para licenciar

las máquinas. Existen aplicaciones que requieren una licencia por procesador, otras que afinan más licenciando por núcleo, y otras en las que se licencia tanto por número de procesadores como por número de usuarios que acceden al servidor, lo cual deriva en un estudio para ver que opción es económicamente más ventajosa. Ciertas licencias están asociadas a una máquina en particular y sólo permiten un número limitado de cambios de máquina al año; otras, las una vez instaladas se consideran consumidas.



Figura 7.—Realización de un ejercicio de combate en el simulador SteelBeast del CC Leopard.

El software es algo intangible y aparentemente con menor presencia que el hardware. Sin embargo, es innegable que el software acapara cada vez una mayor parte del presupuesto y es extraño encontrar un sistema hoy en día que carezca de él.



Figura 8.—Ensayo de eficacia de inhibición sobre RG-31 durante la visita de S.A.R. el Príncipe de Asturias al PCMMT y PCMSHS, en 2012

El PCMSHS está inmerso en la normalización de su mantenimiento. El objetivo final es realizarlo a través de SIGLE, como un material más. Para ello se están buscando y aportando soluciones a cuestiones como su control, distribución o inventariado.

Ligado al software y a los sistemas militares aparece otro actor fundamental, la securización. Un sistema se acreditará como seguro si cualquier agujero de seguridad que aparezca en su software puede ser reparado mediante el parche correspondiente. En la mayoría de los casos, el acceso a estos parches y actualizaciones es posible sólo si el mantenimiento anual del software se encuentra al día. El coste del mantenimiento del software asociado a todos los nodos de un sistema puede constituir la mayor parte de su presupuesto de mantenimiento, sobrepasando con creces al del hardware. Aquí de nuevo se hace imprescindible la colaboración entre los órganos de adquisición y los de mantenimiento.

## HERMANDAD ENTRE UNIDADES

La integración de los ingenieros politécnicos en las actividades del PCMMT y del PCMSHS es total y absoluta, y su relación con el personal de otros cuerpos, así como con el personal civil, se escribe en términos de fraternidad, respeto, admiración y colaboración mutua, compartiendo todos ellos el objetivo final de apoyar a las unidades del Ejército.

Los dos parques comparten ubicación en el acuartelamiento Zarco del Valle con unidades de la Fuerza, como el Regimiento de Guerra Electrónica REW 31 y la Unidad de Transmisiones del Mando de Artillería Antiaérea (UTMAAA).

Esto les brinda una magnífica posición desde la que observar distintos ejércitos en uno sólo y ser testigos del uso continuo por parte de su personal del material obtenido como resultado del trabajo del CIP. Pero también permite abrir nuestro horizonte y ser más cercanos a este tipo de unidades, comprendiendo mejor sus problemas y necesidades, lo que hace recordar la misión fundamental de un OLC, que no es otra que la de servir a las unidades apoyadas. ■



Figura 10.—Ingenieros politécnicos durante una marcha de endurecimiento.

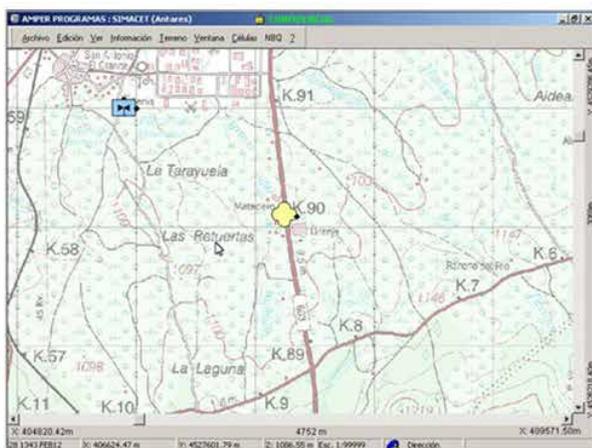


Figura 9.—Interfaces de SIMACET (a la izquierda) y FFT (a la derecha).

# BASES ANTÁRTICAS: INFRAESTRUCTURAS EN CONDICIONES EXTREMAS

*Miguel Ángel Ropero Azañón  
Teniente coronel CIP (EOF). Construcción*



 *Figura 1.—Vista general de la base antártica Neumayer III (Alemania).*

Desde las grandes expediciones polares del pionero Sir Ernest Henry Shackleton, a principios del siglo XX, hasta nuestros días, el interés creciente del continente antártico ha desembocado en una febril actividad científica por parte de la comunidad internacional. En 1959 se firmó el actual Tratado Polar Antártico (entró en vigor en 1961), y es modificable por unanimidad por parte de sus miembros consultivos, garante de la sostenibilidad de las actividades que se realizan en el continente.

La Antártida, última reserva virgen del planeta, cobra paulatinamente creciente interés por parte de la comunidad científica internacional por ser un observatorio privilegiado para el conocimiento de los cambios climáticos y tectónicos producidos y sus efectos en el resto de los continentes. La biodiversidad de sus frágiles ecosistemas, unido a su singularidad para el estudio del campo magnético terrestre, postulan a este lugar como uno de los lugares más apreciados para la investigación.

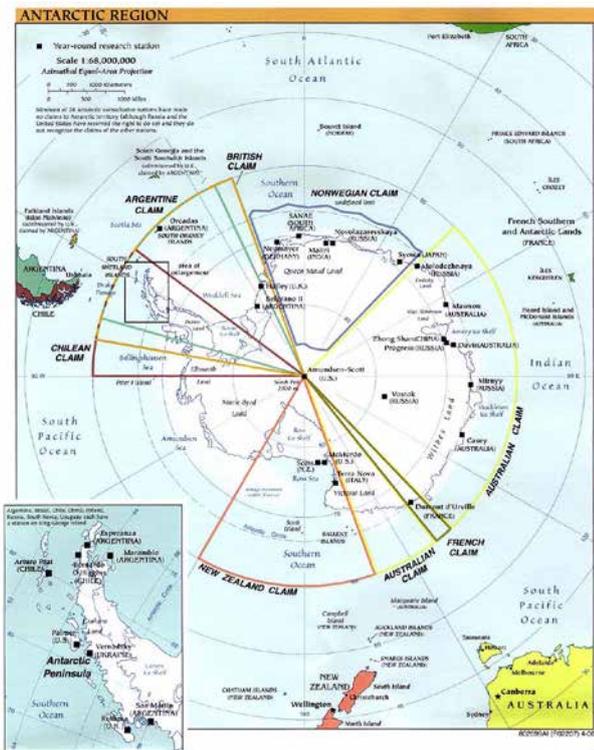


Figura 2

En la actualidad existen en el continente cerca de 100 estaciones científicas de alrededor de 26 países, donde permanecen un millar de personas durante el invierno austral efectuando labores de investigación científica. En el verano austral, la población humana multiplica su presencia hasta 10.000 personas, que dedican su esfuerzo a labores científicas y de mantenimiento de las bases.

La presencia en el continente, desde un punto de vista científico, se ha convertido en un hecho estratégico fundamental para muchos países. Por este motivo, en los últimos años se están instalando bases de investigación en puntos de máximo interés, sustituyendo a sus predecesoras por quedar obsoletas, para garantizar sus estudios o para ampliar investigaciones en zonas donde no se tenía presencia.

Dada la complejidad de los condicionantes geográficos, meteorológicos y logísticos de las diferentes ubicaciones de las bases, las soluciones ingenieriles adoptadas se han optimizado para soslayar las dificultades intrínsecas de estas construcciones. Para la definición integral de estas bases se ha valorado de forma preeminente una serie de factores determinantes, como son el interés científico de su localización, el diseño de los edificios frente a los condicionantes climáticos, la optimización de las instalaciones de suministro eléctrico y abastecimiento de agua, la protección medioambiental de gestión de residuos, el método constructivo a seguir y la logística presente y futura de la base.

El proceso constructivo de este tipo de infraestructuras se ha ido mejorando de forma continua en los últimos tiempos, tomando en consideración las lecciones aprendidas en la construcción de sus antecesoras y las nuevas técnicas aplicadas.

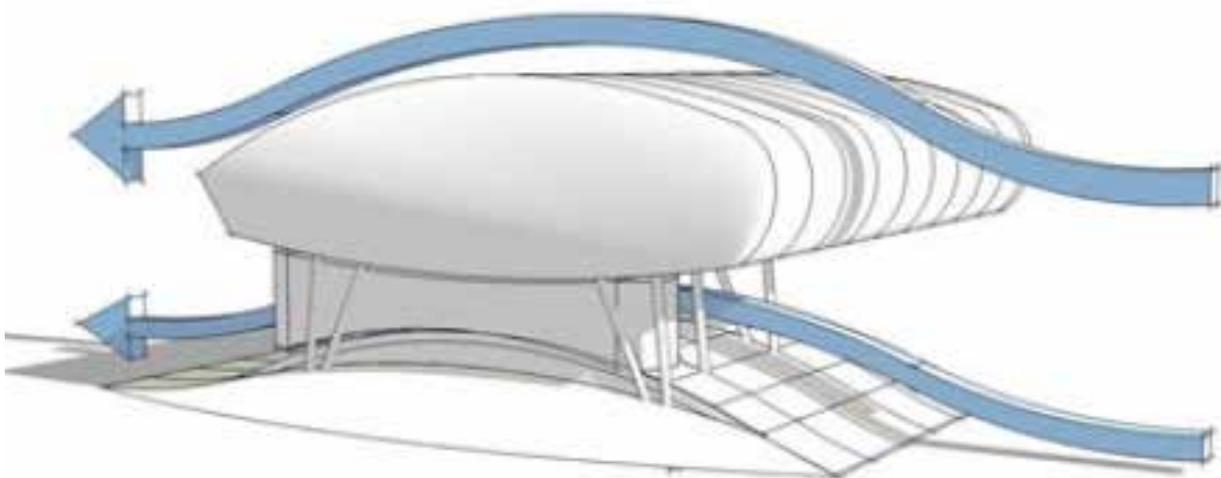


Figura 3

## SOLUCIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El diseño de la base es la piedra filosofal que garantiza su efectividad frente a problemas como los fuertes vientos, la acumulación de nieve, la deriva de la base sobre plataformas de hielo, la minimización de recorridos y de ruidos, la factibilidad constructiva y la reducción del consumo de recursos.

La acumulación de nieve genera grandes problemas operativos y de mantenimiento a las instalaciones de la base, por lo que es primordial realizar un diseño que permita evitar tanto la acumulación en los alrededores, como poder remontar la base hasta la cota superior de la superficie en caso de que quede parcialmente enterrado el edificio.

Lo primero, evitar la acumulación de la nieve junto a los edificios, se consigue diseñando un perfil aerodinámico que favorezca el paso del viento. Esto se consigue, en parte, con diseños de edificios apoyados sobre pilares exentos, que ofrecen una mínima resistencia al viento dejando un espacio diáfano entre el terreno y el edificio que facilita el paso del viento y arrastra la nieve.



Figura 4.—Traslado periódico por la deriva continental de la base antártica Halley VI (Reino Unido).

En el caso de que el espesor de hielo/nieve sea variable con el paso del tiempo, será necesario que la base se encuentre apoyada sobre pilares que incluyan sistemas hidráulicos de elevación. De esta manera el edificio podrá alcanzar la cota superior de forma periódica y no quedar enterrado por efectos del clima.

Para soslayar el problema de la deriva de las plataformas de hielo donde se apoyan algunas bases, será necesario que los edificios sean fácilmente desmontados en piezas manipulables y remolcados por vehículos hasta las localizaciones deseadas. Por ello los edificios no podrán ser muy pesados, para permitir ser arrastrados por medios mecánicos estándar y apoyados sobre esquís para poder deslizarse sobre la superficie helada.

Los movimientos ineficientes dentro de la base deben ser minimizados, para lo cual es necesario diseñar una disposición de los edificios que reduzca los tránsitos lo máximo posible. Una de las configuraciones que optimiza este aspecto, es la disposición radial.

Dentro de los edificios será necesario agrupar las diferentes zonas con el mismo criterio funcional, situando además las áreas más ruidosas alejadas de las zonas de alojamiento y vida por criterios de descanso y confort; incluso separándolas físicamente en otras edificaciones independientes.

La inclusión de vestíbulos independientes que separen las zonas ruidosas del resto permitirá zonificar y aislar las diferentes áreas. En las zonas comunes destacan los diseños para el fomento del encuentro y las reuniones. Debido a los grandes períodos de oscuridad en los inviernos australes, en los diseños de las envolventes de los edificios priman las superficies acristaladas que dan paso a la luz solar.

El consumo de recursos está directamente relacionado con la disposición de los edificios, los materiales constructivos empleados y la posibilidad de integrar en el diseño soluciones energéticas y de gestión del agua respetuosas con el medioambiente. Los edificios en los que se integran la mayor parte de los servicios de la base se rodean con una envolvente fuertemente aislante de tal manera que se minimizan las pérdidas térmicas. Asimismo es necesario minimizar la superficie de contacto con el exterior.



Figura 5.—Vista general de la base antártica Juan Carlos I (España).

El inconveniente de esta solución es su aplicación para las bases que deben desplazarse periódicamente a causa de la deriva de las plataformas de hielo. En cualquier caso, el objetivo principal es conseguir un valor óptimo de transmisividad térmica del edificio que favorezca la reducción del consumo de combustible al mínimo.

## SOLUCIONES ESTRUCTURALES



Figura 6.—Vista de una sección transversal de la base antártica Juan Carlos I (España).

En los casos en los que la superficie de cimentación es hielo, previamente a la construcción de la base se realizan estudios para garantizar su capacidad portante, tanto para su transporte como para las futuras cimentaciones del edificio. Para las cimentaciones, siempre que es posible, se evita la utilización de anclajes al terreno. Por otra parte, en el caso de elementos de hormigón, se suelen utilizar piezas prefabricadas para montarse *in situ* debido a los problemas de fraguado y las servidumbres que se generan en su puesta en obra.

Desde el punto de vista estructural, destaca sobre el resto la solución definida por un armazón tridimensional de acero, sin pilares intermedios, donde se apoyan a su alrededor los paneles de cerramiento. Esta plataforma apoyada sobre pilares de acero permite que los edificios se encuentren elevados sobre el terreno.

En algunos casos, estos pilares pueden disponer de gatos hidráulicos para elevar el edificio sobre el terreno; incluso realizando este proceso sin interrumpir el ritmo diario de actividades. Por su facilidad de montaje, los elementos estructurales son prefabricados, protegidos frente a la corrosión y montados con elementos de unión estandarizados, sencillos y eficaces, eliminando cualquier tipo de soldadura.

Otra opción que se plantea a nivel estructural para los módulos es la utilización de anillos rigidizadores reforzados con fibra de vidrio, quedando espaciados regularmente a lo largo del módulo, de manera que se eliminan también los pilares y el armazón, aprovechando el buen comportamiento estructural de la geometría tubular

Para garantizar un óptimo comportamiento fluidodinámico siempre se estudian previamente diferentes diseños para conocer, según los vientos dominantes del lugar en cuestión, cuál sería el perfil aerodinámico más propicio que minimice las cargas del viento sobre la base. La base deberá estar alineada con el frente de menor resistencia aerodinámica del edificio, pasando los vientos a través de la estructura perpendicularmente. Con estos estudios se minimizan también los fuertes ruidos y vibraciones.

En cualquier caso, para el cálculo estructural se deben utilizar estándares contrastados y someter a todos los elementos estructurales a estrictos controles de calidad y seguridad; así como a simulaciones informáticas que garanticen su correcto comportamiento en servicio.

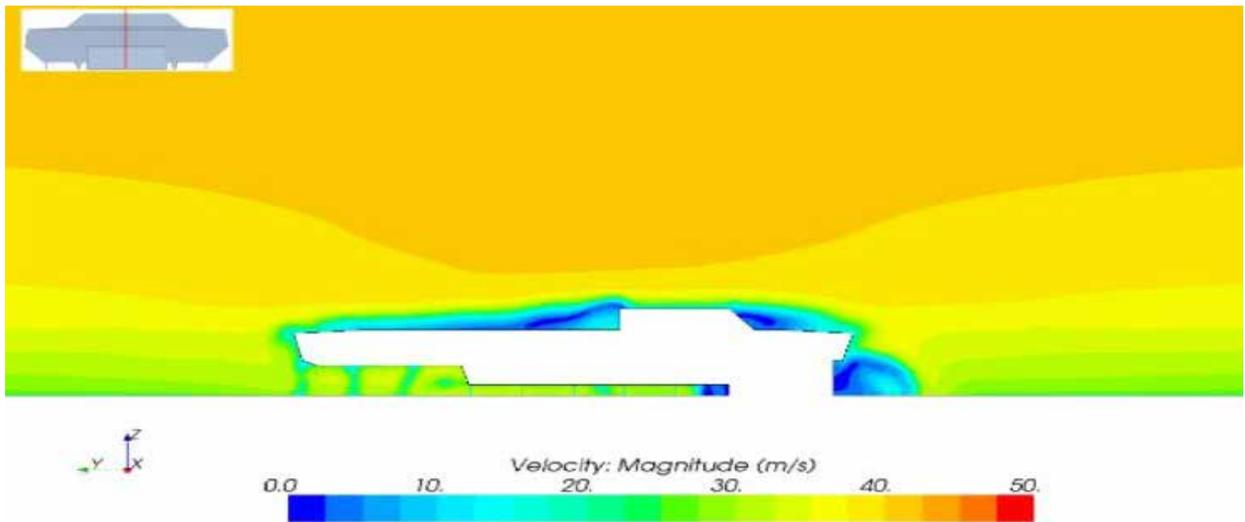


Figura 7.a.—Perfiles fluidodinámicos de la base antártica Bharati (India).

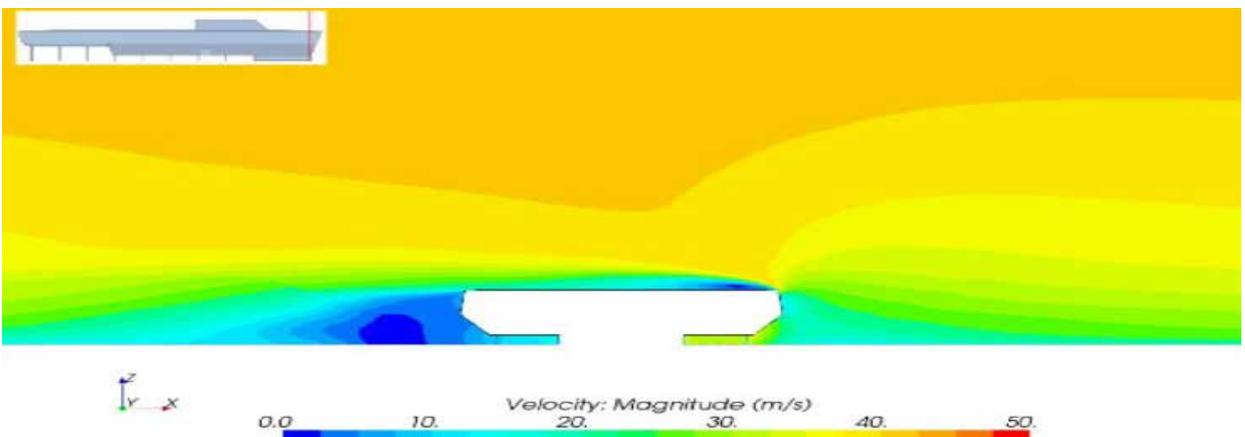


Figura 7.b.—Perfiles fluidodinámicos de la base antártica Bharati (India).

Los elementos estructurales utilizados, para facilitar su montaje y minimizar el número de repuestos necesarios por razones logísticas, deben estandarizarse al máximo.

---

## SOLUCIONES A LAS INSTALACIONES

---

Las instalaciones eléctricas y mecánicas se deben diseñar para envío en bloques, de manera que sólo sea necesario ensamblarlos en el edificio. Gran parte de las instalaciones deben ir por el techo o por el suelo, en espacios registrables que faciliten el mantenimiento y las posibles modificaciones. Las tuberías y conductos que discurren a la intemperie irán elevados en superficie y calefactados mediante termorresistencias para facilitar el mantenimiento.

### Gestión Energética

La planificación energética de una base debe estar fundamentada en medidas pasivas, con la utilización de paneles fuertemente aislantes que minimicen las pérdidas; y en medidas activas, con la generación de energía y el aprovechamiento de la energía residual de los gases de escape de la instalación.

El suministro energético es fuertemente dependiente de combustibles fósiles. Las opciones aplicadas generalmente son dos. La primera es el uso de grupos electrógenos y calefactores, y la segunda es la utilización de grupos electrógenos que alimentan unidades de cogeneración que abastecen de electricidad y calefactan las zonas de vida. En cualquiera de los dos casos, siempre hay un grupo electrógeno o unidad de cogeneración que está de reserva o para casos de emergencia, aunque habitualmente todos funcionan de forma alternativa para garantizar su operatividad en todo momento.

La utilización de energías alternativas que complementen el abastecimiento energético de la base ayuda a disminuir el consumo de combustible. Las posibles soluciones a adoptar pasan por la conexión a la red de suministro de aerogeneradores y de paneles fotovoltaicos robustos, normalmente integrados en las envolventes de los edificios. Se busca cubrir al menos un 30% de la demanda energética con energías alternativas. Actualmente, la utilización de aerogeneradores modulares apoyados

verticalmente son los que mejores prestaciones ofrecen por su eficiencia en todas las direcciones del viento, por generar ruidos de baja frecuencia, por el bajo nivel de impacto de las aves debido a su visibilidad y por su tamaño que es muy apropiado para su transporte.

La disposición de los edificios en la base procura facilitar la reducción de los consumos energéticos en los inviernos australes, en los cuales su ocupación estará al mínimo, dejando zonas de la base sin operación y con un mantenimiento mínimo.

Dadas las especiales circunstancias de estas instalaciones, siempre es recomendable prever una reserva de combustible suficiente para poder sobrevivir en la base por un tiempo razonable en caso de emergencia. Todos los depósitos de combustible por motivos de protección medioambiental deben ser de doble pared por si se produjera una fuga, y dotados de sistemas de aviso temprano.

### Sistemas de protección contra incendios

La protección en caso de incendio se define desde dos ámbitos: la protección pasiva y la protección activa. Las medidas pasivas implican el uso de materiales no inflamables e inertes al fuego como la lana de vidrio y, por otra parte, la división en áreas de la base que diferencien sectores de incendios independizados por puertas RF. En la base debe definirse algún módulo o infraestructura separada de las edificaciones principales que se pueda utilizar como refugio en caso de incendio, especialmente en aquellas que funcionan durante todo el año y se encuentran aisladas largos períodos de tiempo.

Actualmente, se instalan sistemas contra incendios basados en el nitrógeno, ya que son respetuosos con el medioambiente e inoocuos para la salud, por los que se perfilan como una buena opción a instalar.

### Gestión del Agua

- Abastecimiento de agua

El suministro de agua potable se realiza en muchos casos desalando agua marina, derritiendo hielo y nieve de los alrededores con máquinas y, excepcional-

mente, tomándola de los lagos de agua dulce existentes. Normalmente, se dimensiona una reserva de agua suficiente para los casos de emergencia. El sistema de desalación funciona generalmente con la tecnología de ósmosis inversa. Por otra parte, en las bases que disponen de instalaciones de cogeneración pueden emplear el calor residual para derretir nieve y evitar consumir energía en la desalación del agua.

Para optimizar el uso de los recursos hídricos también pueden instalarse perlizadores en las duchas, urinarios sin agua y reciclar parte de las aguas grises para las descargas de los inodoros.

- Tratamiento de aguas residuales

El sistema de tratamiento de aguas ha de reutilizar toda el agua que sea posible para otros usos distintos al de consumo de boca. Tras pasar un exigente procedimiento multiproceso depurador marcado por los tratamientos biológicos y los rayos UV, se vierten los efluentes depurados al mar. Finalmente se envía al continente, lo que no sea posible depurar, para su posterior tratamiento. Las bases disponen de separadores de grasas a la salida de los talleres, los garajes y la cocina antes de verter a la red general de tratamiento de aguas.

## SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES

Uno de los objetivos que se persiguen es ocupar la menor superficie posible sobre el terreno para minimizar su impacto medioambiental.

Los materiales de construcción de la futura base deben ser neutros y prefabricados, utilizando convertidores catalíticos para los grupos electrógenos e instalando equipos de aspiración para los depósitos de combustible. A nivel energético, debe fomentarse la utilización de energías renovables siempre que sea posible para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Gestión de Residuos

Una de las opciones para el tratamiento de residuos orgánicos y de los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales es eliminarlos en la incineradora. En cualquier caso, se deben utilizar sistemas de tratamiento de residuos que persigan la recogida selectiva de los mismos, minimicen su volumen, maximicen su reciclaje y, en el caso de los orgánicos, los desequen y los compacten, antes de ser almacenados y repatriados. Todos los residuos son recogidos periódicamente y devueltos al continente por vía marítima.

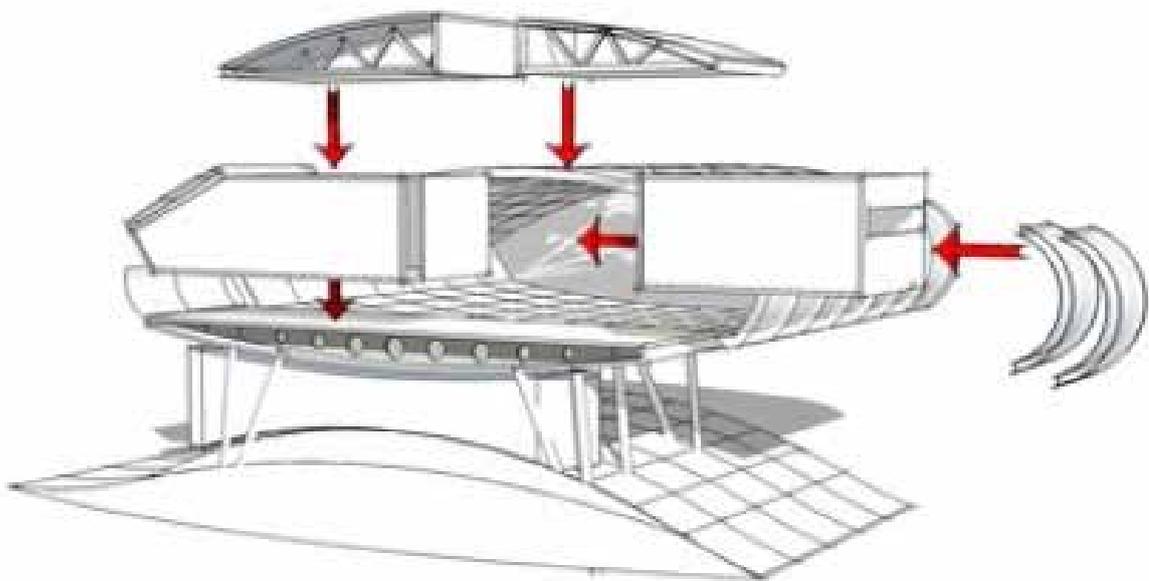


Figura 8

Las bases deben poder ser desmontadas al llegar al final de su vida útil, para la retirada de todos sus elementos y conseguir un impacto medioambiental mínimo.

---

## SOLUCIONES LOGÍSTICAS Y CONSTRUCTIVAS

---

A nivel logístico, las bases disponen de apoyo por vía marítima o aérea para garantizar los suministros y los transportes de personal y mercancías que sean necesarios. Para el acceso a las bases es de vital importancia el disponer de fondeaderos para los barcos, embarcadero y/o helipuerto. El apoyo de la comunidad internacional para la definición logística estratégica de una base es fundamental para compartir recursos e instalaciones y reducir costes.

Para la operatividad de la base se suele disponer de vehículos tractores y de maquinaria de manipulación apropiada, acorde con las cargas que se reciben, de tal manera que se garantice su mane-

jo en las adversas condiciones en que se encuentre el lugar. En el caso de bases dentro del continente, será fundamental que las piezas puedan ser remolcadas de un modo sencillo.

La base debe estar compuesta por módulos prefabricados sobre los que haya que hacer las mínimas actuaciones en la zona de montaje, y fácilmente manejables con los medios de transporte y logísticos a disposición, tanto en la base, como el itinerario que deben recorrer hasta su llegada a la localización objetivo.

Con la reducción de las tareas de montaje, al haber sido simplificadas en origen, se reduce el proceso, al ser menos intensivo en mano de obra, y los plazos de ejecución. Esta disminución de la duración de las obras minimizará los ruidos generados en el proceso. Se deberá minimizar y estandarizar el número de piezas a emplear en la construcción para reducir radicalmente los repuestos necesarios a almacenar y facilitar la intercambiabilidad de las partes. ■



 *Figura 9.—Vista general de la base antártica Amundsen-Scott (Estados Unidos).*

# SISTEMA DE AUTOPROTECCIÓN EN LOS HELICÓPTEROS DEL EJÉRCITO

*Manuel Mena Hernandez  
Teniente CIP (EOT).  
Telecomunicaciones y electrónica*



## INTRODUCCIÓN

Hace años se tomó conciencia de que los helicópteros debían disponer de un sistema de guerra electrónica eficaz capaz de detectar la presencia de amenazas (radar, IR y láser) con una respuesta inmediata que evitase el impacto de misiles contra las plataformas aéreas.

El objetivo de este artículo es ofrecer información sobre el sistema, incluyendo cómo se tratan las amenazas, las plataformas, qué elementos componen el sistema, el mantenimiento necesario durante su explotación, y el análisis de las actualizaciones necesarias para su mejora.

## DESARROLLO SOFTWARE DEL SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA EN LOS HELICÓPTEROS

Es importante saber que el sistema de guerra electrónica, que a día de hoy sigue en evolución, se inició en el año 2006 con la elaboración de un documento de requisitos que define las capacidades que debe cumplir. En el SoW (*Scope of Work*) se definió el plan operativo, es decir, los requisitos que debe cumplir el proyecto (especificación de requisitos) junto con una planificación temporal. Además, se determinó las funciones que debía cumplir el sistema (especificación funcional) y se desarrolló un diseño con diferentes niveles de detalle (módulos, componentes), desde los niveles más elevados a los más bajos. Con la implementación final y la integración de todos los subsistemas se pasó a la fase de verificación y validación para el prototipo. La evaluación consistió en pruebas de aceptación, tanto de fábrica (FAT, *Factory Acceptance Test*) como en la plataforma aérea (OSAT, *On-Site Acceptance Test*). Si las pruebas del software eran superadas correctamente, se instalaba éste en los equipos, se entregaban los equipos correctamente comprobados a la unidad usuaria y se acometían las pruebas de aceptación en la plataforma aérea correspondiente. Con todo ello, se garantizaba el cumplimiento de las fases de validación y verificación. Por ejemplo, la prueba en las aeronaves

consistía en estimular, con aparatos emisores láser y RF, los sensores instalados en la plataforma aérea de forma que se pudiese comprobar, en el *display* situado en la cabina de pilotos, que los sensores detectaban las amenazas asociadas a las señales emitidas y que el almacenamiento de los datos obtenidos era correcto.

Sin embargo, si más adelante se encontraran defectos ocultos se procedería a subsanarlos. Durante el despliegue en Afganistán se tuvo conocimiento de una serie de mejoras necesarias a implementar en el sistema por lo que, a día de hoy, nos encontramos en un nuevo proceso de certificación.



Figura 1.—Visión general de los componentes que forman el EN/ALR-400 RWR (Indra)  
(Fuente: <[www.janes.ihs.com](http://www.janes.ihs.com)>).

## GUERRA ELECTRÓNICA EN LOS HELICÓPTEROS

Para definir la guerra electrónica de forma general se puede afirmar que abarca todas las acciones de búsqueda, interceptación e identificación de fuentes de energía que pueda resultar una amenaza para las plataformas, para luego localizar, perturbar o neutralizar dicha amenaza. En nuestro caso, se hablará de los sistemas de guerra electrónica embarcados en los helicópteros del Ejército de Tierra, así como los equipos de apoyo en tierra. En las plataformas aéreas, vienen instalados una serie de sensores que detectan

y analizan las amenazas para que, de forma inmediata, se muestre su información relevante en un sistema de presentación y, si se considera necesario, se activen una serie de sistemas de contramedidas que garanticen la supervivencia de la aeronave. También se dispone de sistema de apoyo en tierra que, entre otras funciones, permiten la evaluación de los datos obtenidos post vuelo.

La guerra electrónica se puede dividir en tres partes:

- 1. Medidas de apoyo de guerra electrónica (ESM):** Búsqueda, interceptación y localización de la fuente electromagnética para reconocer de forma inmediata la amenaza. En nuestro caso, esta función la realizan los sensores de guerra electrónica, que pueden ser de tipo láser, radar o misil. Los sensores son de tipo pasivo, es decir, no emiten ningún tipo de señal, sino que captan la señal y la transmiten al sistema de detección de amenazas. Luego se realiza un tratamiento con el fin de determinar la letalidad de la señal.
- 2. Contramedidas electrónicas (ECM):** Es la radiación, de forma voluntaria, de la energía electromagnética con el objetivo de reducir la capacidad de utilización de los sistemas electrónicos al enemigo. Se tienen en cuenta los conceptos de perturbación y decepción. La perturbación enmascara la señal mientras que la decepción pretende confundir al sistema enemigo.
- 3. Medidas de protección electrónicas (EPM):** Toma de medidas que aseguren el uso del propio espectro electromagnético protegiéndose del enemigo.

---

## UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOPROTECCIÓN

---

Los helicópteros deben disponer de un sistema de detección, compuesto de sensores de misil, láser y radar, y de un sistema de contramedidas que permitan desviar la trayectoria del misil y evitar el impacto. Se usan contramedidas pasivas que crean blancos falsos, tanto para los detectores radar, mediante el uso de *chaff* (delgadas piezas de aluminio y de fibra de vidrio metalizada), como para los detectores infrarrojos, mediante el uso de bengalas (“flares”). El sistema

de contramedidas es configurable, de modo que la tripulación puede decidir de qué modo utilizarlos (automático, semiautomático o manual).

---

## AMENAZAS A LAS QUE NOS ENFRENTAMOS

---

El enemigo puede disponer de varios tipos de misiles:

- 1. Misiles con guiado electroóptico** (fundamentalmente infrarrojo). Se dirigen donde mayor radiación detectan, en este caso las toberas de los helicópteros. Contra la amenaza se utilizan bengalas, que crean una fuente de calor que engaña al misil o enmascara la presencia de la plataforma. El inconveniente que presentan estos misiles es su incapacidad de trabajar en condiciones meteorológicas y ambientales adversas.
- 2. Misiles guiados mediante un sensor radar.** Para evitarlos, el sistema emite señuelos activos radar o *chaff*.
- 3. Misiles guiados por láser.** Se dirigen a los reflejos de un haz de láser que iluminó al helicóptero con anterioridad. Para evitar esta amenaza se realizan maniobras evasivas.

---

## ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA EN LOS HELICÓPTEROS

---

El sistema de guerra electrónica se ocupa de detectar amenazas y dar una respuesta. Para ello, se siguen varios pasos, comenzando con la detección de la amenaza y el envío de la información al sistema de procesamiento de datos para verificar su letalidad. Una vez verificado, comunica la amenaza de forma sonora y visual al piloto que, en función de lo que haya programado en las librerías del sistema (tanto el modo de dispensación automático, semiautomático o manual como la presentación de las amenazas), dispensará una serie de contramedidas (*chaff* o bengalas) para evitar el impacto del misil. Es necesario resaltar que este sistema también está conectado a otros sistemas de aviónica de la aeronave, como el radioaltímetro, de lo que obtiene información para analizar y presentar las amenazas.



Figura 2.—Sistema de misiles Superficie-Aire SA-7 MANPAD (Fuente: <www.janes.ihs.com>).

Los principales componentes del sistema de guerra electrónica son:

1. Alertador radar.
2. Detector de misiles.
3. Detector láser.
4. Dispensador.

Estos sistemas se integran en una arquitectura cuyo núcleo central es un procesador que se encarga de enlazar todos los subsistemas con objeto de reducir la vulnerabilidad de la aeronave. Además, analiza y procesa datos procedentes de los sensores, controla la dispensación de contramedidas y muestra todas las amenazas y el estado de los equipos en un *display* (CDU, *Cockpit display unit*).

Todo lo anterior permite a los pilotos tomar una decisión rápida ante cualquier tipo de amenaza.

Básicamente, el sistema está compuesto por:

- **Alertador radar (RWR):** Este subsistema detecta emisiones radar que lleguen al helicóptero desde tierra o desde una aeronave. La señal recibida se identifica, se calcula su ángulo de llegada y se clasifica su letalidad.

- **Detector de misiles (MILDS):** Detecta emisiones ultravioleta provenientes de la combustión del motor de los misiles. El subsistema, con los sensores que lleva incorporados, cubre los 360° de azimut y 90° en elevación.
- **Detector láser (LWR):** Este equipo detecta si el helicóptero está siendo iluminado con un láser. El subsistema cubre los 360° de azimut y 90° en elevación.
- **Dispensador de contramedidas:** Este equipo esparce señuelos de dos tipos, bengalas emisoras de infrarrojos y laminillas metálicas reflectoras de radar (*chaff*).
- **Cockpit Display Unit (CDU):** Proporciona al piloto la información relativa a las amenazas radar, misil y láser y su posición respecto al helicóptero, las contramedidas disponibles y el estado de los sistemas sensores (operativo/no operativo).
- **Unidad de Control (UCA):** El control del sistema se realiza a través de esta unidad. En ella se inserta una unidad de almacenamiento donde se graban todas las señales externas recibidas por el helicóptero así como los datos de aviónica del mismo. Además, tiene la capacidad de controlar y modificar el estado de ciertos sensores.

- **Control Cockpit Unit (CCU):** Es el interfaz del sistema de contramedidas con el piloto y la unidad encargada de gestionar los programas de disparo del sistema de dispensación de bengalas y *chaff*. El piloto puede decidir el tipo de dispensación a llevar a cabo en función del modo (automático, semiautomático o manual).
- **Procesador de guerra electrónica (EWP):** Los componentes del sistema de guerra electrónica se integran en una arquitectura cuyo núcleo central es un procesador que se encarga de enlazar y controlar todos los subsistemas del sistema de guerra electrónica. El procesador analiza y procesa los datos procedentes de los sensores y controla la dispensación de contramedidas. También se encarga de enviar la información a la CDU para su presentación. Estas capacidades permiten a los pilotos tomar una decisión rápida ante cualquier tipo de amenaza.

El sistema de guerra electrónica tiene como funciones:

- Detectar el lanzamiento de misiles en el espectro UV.
- Detectar señales láser.
- Detectar señales de RF
- Procesar los datos procedentes en las emisiones misil, láser y radar.
- Avisar a la tripulación de las amenazas de forma visual y sonora.
- Grabar los datos de la misión.

Para la gestión de los datos captados por el sistema durante una misión real se desarrolló una herramienta software de análisis post vuelo. También se desarrolló un banco de pruebas programación y validación para simular un entorno de amenazas para el helicóptero a voluntad de los operadores y recrear las misiones reales. Tras la realización de los ensayos, los operadores pueden estudiar los resultados con más detenimiento, al igual que ocurre con una misión real. Con estas herramientas se logra mejorar el rendimiento y la operatividad de los equipos de guerra electrónica. Posteriormente se pueden analizar los datos y evaluar las posibles mejoras que se pueden introducir al sistema.

---

## IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA EN LOS SIMULADORES

---

Con el entorno de simulación se logra evaluar el sistema de guerra electrónica tal y como se comportaría durante situación operativa en un ambiente realista. Para cumplir este objetivo se establece un Orden de Batalla Electrónico (EOB), es decir, se identifica un enemigo con una serie de capacidades. Tras la simulación de las misiones realizadas, se puede mejorar la capacidad de respuesta de las tripulaciones frente a las amenazas.

Los sistemas de autoprotección se han integrado en los simuladores y entrenadores de CESIFAMET, en las plataformas Cougar, Chinook y Tigre. De esta forma se simula la funcionalidad de los equipos procesador EWP, alertador de amenaza radar RWR, alertador de amenazas láser LWR, alertador de misiles MILDS, etc., con el fin de que los pilotos puedan entrenarse.

Además, se incluyó la información relativa al sistema de guerra electrónica en los CBT (*Computer Based Training* o enseñanza asistida por ordenador) de los helicópteros Cougar, Chinook y Tigre, para el estudio del sistema previo a su uso tanto en simuladores como en aeronaves reales.

---

## MEJORAS EN EL SISTEMA QUE IMPLICAN UNA NUEVA CERTIFICACIÓN

---

Actualmente nos encontramos un nuevo proceso de certificación debido a una serie de mejoras que se han desarrollado en el sistema. Para ello es necesario llevar a cabo una serie de pruebas que garanticen que el sistema es seguro para el vuelo (pruebas de certificación) y que cumple con los requisitos operativos establecidos (pruebas de calificación). Esta fase garantiza que se han realizado los ensayos, análisis y todo tipo de pruebas y trabajos experimentales, necesarios para demostrar que el sistema cumple con las bases de certificación establecidas para cada tipo de aeronave, motor o hélice. Esta fase suele terminar con los ensayos en vuelo.



Figura 5.—Vista del interior del simulador Super Puma de Helisim (Fuente: <www.janes.ihs.com>).



Figura 4.—Simulador de la empresa Thales en Helisim, Marignane, cerca de Marsella (Fuente: <www.janes.ihs.com>).

Finalmente, y si se han superado las pruebas satisfactoriamente, el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) generará un documento, el certificado técnico, que garantice que se han realizado los ensayos y análisis necesarios, y sobre el que se basará el certificado de aeronavegabilidad del helicóptero.

## MISIONES EN EL EXTERIOR

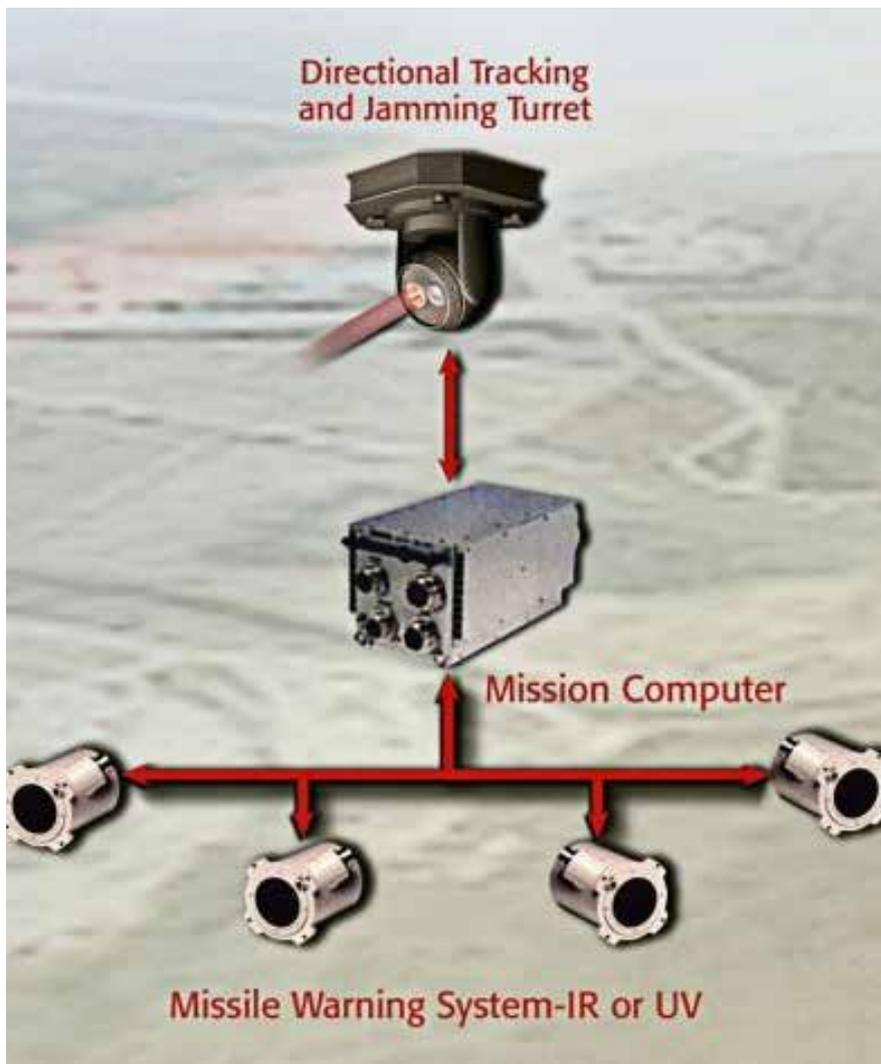
Los helicópteros Cougar, Chinook y Tigre se han desplegado en Afganistán durante el periodo 2005-2013 y durante diferentes maniobras en territorio nacional. Para garantizar la seguridad de las tripulaciones, ese despliegue se realizó con el sistema de guerra electrónica integrado en la aeronave. Los resultados obtenidos en los vuelos han permitido comprobar la funcionalidad del sistema. Todo esto quedó registrado para proceder a su análisis y solución con lo que se puede obtener posibilidades de mejora en el futuro.

## MEJORAS IMPLEMENTABLES EN EL FUTURO

Los misiles antiaéreos portátiles de guiado infrarrojo (MANPADS) suponen una amenaza grave contra cualquier tipo de aeronave. En necesario entender la dificultad de desarrollar un sistema eficaz contra amenazas tan diversas (misiles de hasta la quinta generación). De hecho, los sistemas de autoprotección basados en bengalas IR tienen una eficacia parcial contra misiles de tercera generación en adelante. Las carencias de los sistemas actuales pueden ser mejoradas por el sistema DIRCM (*Directional Infrared Counter Measures*). Su funcionamiento consiste en que en el momento que se detecte el lanzamiento de un misil (mediante el sensor misil MWS), una unidad de láser emitirá un haz de IR de alta potencia, cegando al sistema de guiado de la cabeza del misil y confundiéndolo para enviarlo lejos de la dirección seguida por la plataforma. Este sistema permite alcanzar objetivos a gran distancia y trabaja en todo el espectro IR.

El sistema de autoprotección tiene la posibilidad de incorporar el sistema DIRCM (*Directional Infrared Counter Measures*) y también equipos perturbadores e inhibidores de frecuencia contra misiles de guiado por las emisiones de radiofrecuencia emitidas por la plataforma. En España, la empresa INDRA ha desarrollado un sistema DIRCM denominado MANTA DIRCM System.

 *Figura 6.—Piloto de pruebas señalando el sistema DIRCM durante un test de vuelo en la base aérea de Gilze-Rijen Air Base en Holanda.*  
(Fuente: <[www.janes.ihs.com](http://www.janes.ihs.com)>).



 *Figura 7.—Esquema de los componentes que forman parte del sistema BRITENING DIRCM (Rafael) (Fuente: <[www.janes.ihs.com](http://www.janes.ihs.com)>).*

	Detector Misil	Detector Láser	Detector Radar	Perturbador por IR	Perturbador de radar
<b>Tigre HAP (Francia)</b>	(Sí)	AN / AAR-60	(Sí)	-	-
<b>AH-64 Apache (EEUU)</b>	AN/AAR-57	AN/AVR-2	AN/APR-39	NA/ALQ-144	AN/ALQ-136
<b>CH-47 F Chinook (GB)</b>	AN/AAR-57	ES 1223	Sky Guardian 2000	-	Jammer de radiofrecuencia Selex
<b>CH-47 F Chinook (EEUU)</b>	AN/ALQ-156	AN/AAR-47	AN/APR-39	ALQ-162	ALQ-136

Tabla 1.—Sistemas de autoprotección de los helicópteros de algunos países (Fuente: <www.janes.ihc.com>)

## SISTEMAS DE AUTOPROTECCIÓN DE OTROS EJÉRCITOS

Se puede observar que existe una serie de elementos que son comunes, como los sistemas receptores radar, láser y misil, un sistema de dispensación y una unidad procesadora de datos. Sin embargo, estos sistemas pueden añadir otros sistemas tales como el modelo NA/ALQ-144, perturbador de frecuencias por IR del helicóptero AH64 de EEUU o el modelo AN/ALQ-136(V), perturbador radar de los helicópteros AH-64 y CH-47F de EEUU.

Se observa que los sistemas de guerra electrónica, con el paso del tiempo, van evolucionando a nuevas versiones y se introducen nuevos equipos que mejoran la protección contra las amenazas presentes y las futuras, como pudieran ser los misiles de cuarta generación.

## CONCLUSIONES

Inicialmente se necesitó un sistema de guerra electrónica que garantizase la supervivencia de los helicóp-

teros frentes a ataques de misiles. Para ello, se realizó un diseño software y hardware capaz de cumplir con las necesidades establecidas.

Es importante considerar que, para el desarrollo de un sistema acorde a nuestras necesidades, es básico un conocimiento previo de los conceptos de guerra electrónica (ECM, EPM, ESM) y de tratamiento de la información.

Además, es preciso conocer qué tipos de amenazas nos van a afectar (misiles con guiado electroóptico, misiles guiados mediante un sensor radar o misiles guiados por láser) no sólo para el desarrollo actual del sistema sino para los desarrollos que traten de adaptarse a los nuevos tipos de amenazas que puedan aparecer en un futuro próximo. Actualmente se dispone de un sistema flexible, abierto y escalable que no limita la capacidad de desarrollo, de tal forma que es posible ampliarlo con el sistema DIRCM y otros.

Por último, con la experiencia obtenida en las misiones y maniobras se puede obtener un resultado fehaciente de cómo se comporta el sistema en determinadas situaciones reales. Con ello no sólo se logra conocer si el sistema se comporta conforme a requisitos sino, también, qué futuras mejoras se podrían implementar. ■



Figura 1.—Pelicano, RPAS de ala rotatoria (en fase de desarrollo).

# CERTIFICACIÓN DE AERONAVEGABILIDAD EN EL SISTEMA PASI 2

Miguel Molines Villanueva  
Capitán CIP (EOF). Telecomunicaciones y electrónica

---

## INTRODUCCIÓN

---

El sistema PASI 2 (Plataforma Autónoma Sensorizada de Inteligencia) es un sistema de aeronaves sin piloto a bordo que se utilizó durante el despliegue en la Zona de Operaciones de Afganistán para llevar a cabo labores de vigilancia y obtención de inteligencia.

En este artículo se describe la certificación de aeronavegabilidad del sistema PASI 2 tanto desde el punto de vista normativo como operativo. Al principio se definen conceptos como aeronavegabilidad, certificación y calificación, para luego pasar a explicar la normativa civil y militar que aplica a los sistemas RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*). Después se describe el sistema PASI y las campañas de vuelo que han tenido lugar en los aeródromos de Rozas (Lugo) y Los Oteros (Pajares de los Oteros, León), y que han servido para avanzar en la certificación del sistema.

En primer lugar es importante clarificar algunos conceptos relacionados con aeronaves no tripuladas. Las aeronaves sin piloto a bordo se conocieron, y aún se conocen comúnmente, como "drones". Este concepto evolucionó a UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*, Vehículo Aéreo no Tripulado) y, a día de hoy, a RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). Con el concepto RPAS se indica que las aeronaves sin piloto a bordo forman parte de un sistema en el cual se incluye también el segmento terrestre (la estación desde la que se controla la aeronave) y el enlace de comunicaciones; y que dichas aeronaves tienen un piloto que las puede controlar remotamente desde tierra cuando así lo considere, aunque estas dispongan de ciertas funciones autónomas. Estos sistemas pueden funcionar de un modo totalmente automático, como en el caso de un misil, pero siempre se tiene la posibilidad de recuperar el control de la aeronave por un piloto. Sin embargo, en el entorno OTAN se maneja el concepto UAS (*Unmanned Aerial System*) para enfatizar el posible uso de los drones como munición que sea empleada en modo automático a grandes distancias (para más información ver R1).

---

## ¿QUÉ ES LA AERONAVEGABILIDAD?

---

La aeronavegabilidad es la cualidad que hace a una aeronave segura para el vuelo. Es la propiedad de un sistema aéreo en una determinada configuración, de conseguir, mantener y acabar un vuelo de forma segura de acuerdo a las limitaciones de uso aprobadas.

En esta definición se ha de destacar que la aeronavegabilidad se define para una configuración determinada, de modo que, si hay modificaciones a dicha configuración, es posible que se deba abrir un nuevo proceso de certificación. También es importante decir que la aeronavegabilidad está sujeta a unas limitaciones de uso. Por ejemplo, la aeronavegabilidad se puede definir para una envolvente de vuelo (parámetros y capacidades operativos de una aeronave, principalmente velocidad y altitud) con velocidades de hasta 120 kt y altitudes de hasta 10.000 ft, de modo que, si se superan dichas limitaciones, no se puede asegurar que la aeronave sea segura para el vuelo.

---

## CERTIFICACIÓN vs CALIFICACIÓN

---

Mediante el proceso de certificación (de aeronavegabilidad) se evalúa la adecuación para el vuelo seguro, dentro de la envolvente de diseño, de una plataforma aérea. En dicho proceso, el solicitante del certificado, tiene que aportar evidencias, es decir, declaraciones, cálculos, ensayos, etc., que demuestren, a satisfacción de la Autoridad de Aeronavegabilidad, el cumplimiento de unas bases de certificación que han condicionado, desde su concepción, el diseño del sistema.

Las bases de certificación son el conjunto de requisitos de aeronavegabilidad y métodos de cumplimiento asociados para un proceso específico de certificación de un producto. En el caso de aeronaves civiles, la agencia europea EASA ha agrupado las bases de certificación según el tipo de aeronave en unos documentos llamados CS (*Certification Specification*). Por otro lado, en el caso de aeronaves militares, se utilizan diversos STANAG (*Standard Agreement*), que suelen basarse en las CS y añadir algunos requisitos

Por otro lado, la calificación es la demostración de cumplimiento con la especificación de requisitos del Sistema, es decir, si el Sistema es apropiado para el propósito para el que fue concebido.

Por tanto, un sistema puede estar certificado, es decir, ser seguro para el vuelo, pero no estar calificado. Por ejemplo, ese sería el caso de una aeronave concebida para ocultarse (“stealth”) que tuviera un sistema de ocultación deficiente, pero que para su envolvente de vuelo no presentara ningún problema de seguridad.

Este artículo se centrará en la certificación del RPAS PASI 2 como Sistema seguro para el vuelo. La calificación del PASI se debería abordar en otra ocasión.

---

## AERONAVEGABILIDAD CIVIL vs AERONAVEGABILIDAD MILITAR

---

En el ámbito civil de los *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS), la *European Aviation Safety Agency* (EASA) tomó el liderazgo de la normalización para la certificación de estos sistemas y editó en 2009 un documento con una política: “*Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS)*”, ref. E.Y013-01”.

Dicha política establece lo siguiente:

- El RPAS está compuesto por el vehículo aéreo y la estación de control en tierra, así como otros sistemas (datalink, catapulta, etc.) necesarios para operar con el Sistema.
- El RPAS no incrementará los niveles de riesgo para personal o propiedades respecto a aeronaves tripuladas “equivalentes”.
- La filosofía de certificación, contenida en la CS-21, es plenamente aplicable al caso de los RPAS.
- Los fabricantes demostrarán su capacidad, al igual que en el caso de las aeronaves tripuladas, mediante los procesos de acreditación habituales o equivalentes.

- Para RPAS con *Maximum Take Off Weight* (MTOW) superior a 150 kg, en tanto no se desarrolla un nuevo código, serán de aplicación los equivalentes de aeronaves tripuladas (CS-VLA, CS-23, CS-25 para ala fija; y CS-VLR, CS-27 y CS-29 para ala rotatoria).
- Las bases de certificación serán, básicamente, los códigos CS vigentes, complementados, en lo necesario, con otros códigos como, por ejemplo, las subpartes H e I de la STANAG 4671 para el *Datalink* y la *UAV Control Station* (UCS), respectivamente.

Es importante resaltar que dicha política no se aplica a los RPAS con un MTOW inferior a 150 kg, lo que abre la puerta a que las autoridades nacionales, como la Agencia Española de Seguridad Aérea (AESA) en el caso de España, regulen el uso de estos RPAS.

En el ámbito militar, la aeronavegabilidad de los RPAS se ha normalizado a través de varios STANAG, el más importante de los cuales es el STANAG 4671 “*UAV System Airworthiness Requirements (USAR)*” cuya primera edición fue ratificada en 2009. La intención de este documento es conseguir un nivel mínimo de aeronavegabilidad, comparable al que se recoge en documentos como el CS-23 para aeronaves de ala fija, pero se reconoce que hay ciertas características únicas de los sistemas UAV que requieren unos requisitos particulares adicionales a los de dicho documento.

El STANAG se basa en el documento CS-23 para aeronaves de ala fija, “*Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes*”, y se aplica a UAV de ala fija cuyo MTOW esté comprendido entre 150 y 20.000 kg.

Otros STANAG importantes para el caso de RPAS son los siguientes:

- STANAG 4703 “*Light UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR-Light)*”, aplicable a UAS con UAV de ala fija y MTOW inferior a 150 kg. Su principal referencia la constituyen los requisitos incluidos en el documento “*Essential requirements for civil aviation airworthiness*”, que constituye el Anexo I de la Regulación Europea (EC) n.º 216/2008 del Parlamento y Consejo Europeos de 20 de febrero de 2008.

- STANAG 4702, “Rotary Wing UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR-RW)”, aplicable a UAS con UAV de ala rotatoria y peso superior a 150 kg. Este STANAG se basa en el documento CS-27 para aeronaves de ala rotatoria “Small Rotorcraft”.
- STANAG 4746, “Light Rotary Wing UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR-RW-Light)”, aplicable a UAS con UAV de ala rotatoria y MTOW inferior a 150 kg. Tiene una estructura análoga a la del 4703, y está orientado a cumplir los requisitos del Parlamento y Consejo Europeos de Febrero de 2008 antes citados.

Por último, la normativa militar española se plasma en el Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa (RAD), el cual define y regula los diversos certificados que garantizan la seguridad en vuelo

de aeronaves y sistemas aéreos militares pilotados por control remoto, y establece los procedimientos para su expedición, los requisitos que deben cumplir los solicitantes de los certificados, y las normas que han de seguir sus titulares y depositarios para mantener su vigencia y conseguir su renovación.

Como conclusiones básicas obtenidas al analizar esta normativa, se encuentran las siguientes:

- Los RPAS para uso militar se deben certificar independientemente de su tamaño.
- Los requisitos que se exigen en los STANAG son básicamente los mismos que para una aeronave tripulada más requisitos extra, de modo que certificar un UAV es más complicado que certificar su contraparte tripulada, sea ésta de ala fija o ala rotatoria.



Figura 2.—SIVA, RPAS de ala fija.

## COMPONENTES DEL SISTEMA PASI

La Plataforma Autónoma Sensorizada de Inteligencia (PASI) es un sistema de RPAS para la obtención de datos de inteligencia en tiempo real y para operaciones de ajuste de tiro de artillería. El sistema consta de dos subsistemas principales: la Estación de Control en Tierra (GCS) y el Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV), el Searcher MK II J. Un sistema de comunicaciones (Terminal de Datos en Tierra-GDT) permite transmitir los comandos de enlace ascendente (UPL) desde las Estaciones de Control al UAV y recibir los informes de enlace descendente (DNL) desde el UAV a las Estaciones de Control. La imagen de vídeo en tiempo real forma parte de los datos del DNL. El UAV está equipado con un motor modelo Jabiru 2200, que impulsa al UAV y lo lleva hasta la altitud y distancia certificada. El UAV tiene la capacidad de transportar diversas cargas de pago (concepto que se refiere, en general, a pasajeros, tripulación ins-

trumentos o equipo que carga una aeronave) con una amplia variedad de pesos. Un Sistema de Control de Vuelo (FCS) (Piloto Automático-AP) sumamente sofisticado controla la maniobra del UAV en todos los estados de vuelo y modos de operación. El UAV tiene la capacidad de despegar y aterrizar sobre una pista estándar, mediante el sistema de Despegue y Aterrizaje Automáticos (ATOL).

El sensor de la Carga de Pago Estabilizada Optrónica Multi-misión (MOSP) otorga al operador una capacidad de observación diurna (EOR) y nocturna (IR), proporcionando imágenes de vídeo de alta resolución. Un sistema de cardanes mantiene la carga de pago estable durante el vuelo y permite que el operador haga girar la Línea de Visión (LOS) del sensor 360° en azimut y 90° en elevación.

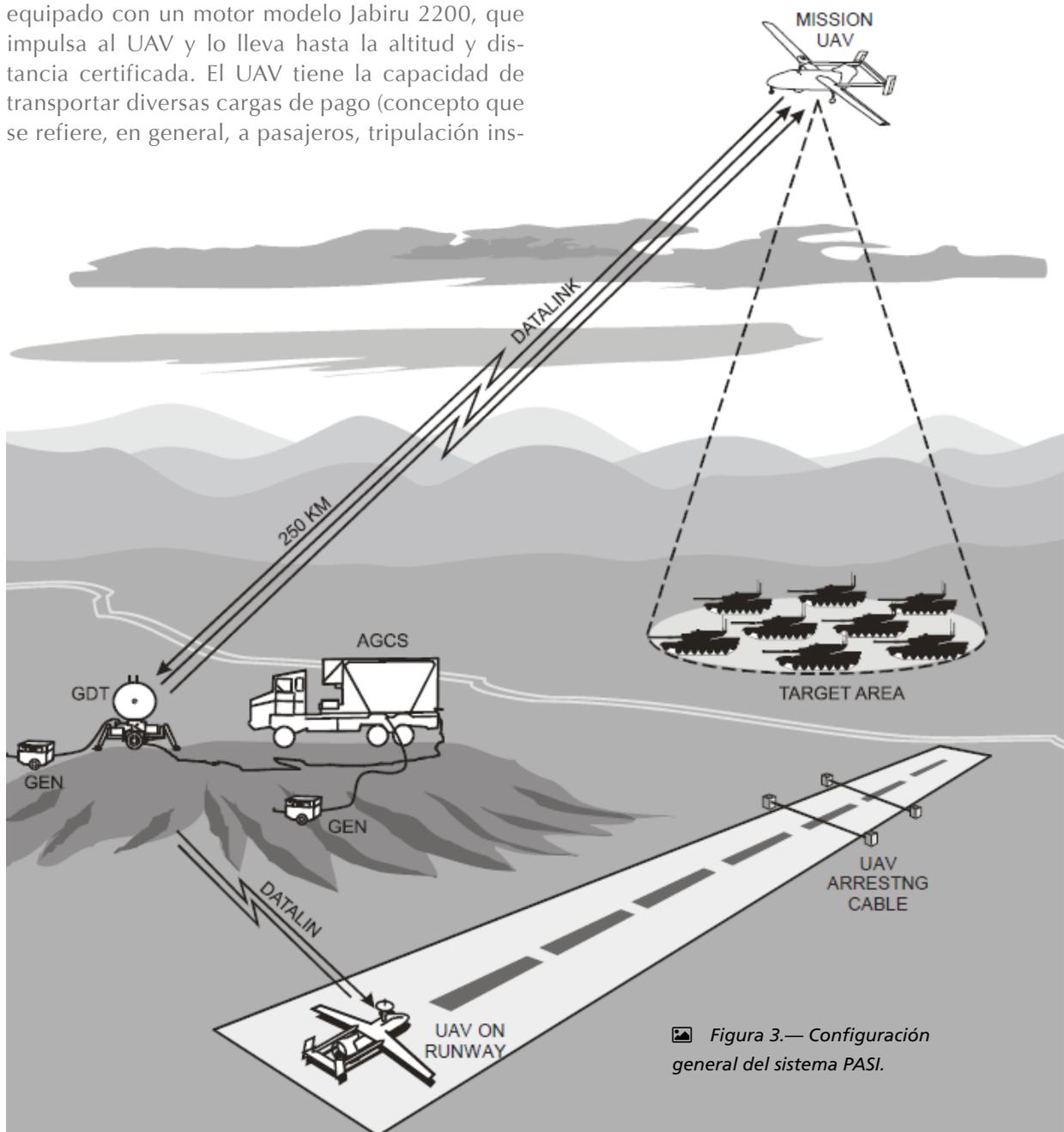


Figura 3.— Configuración general del sistema PASI.

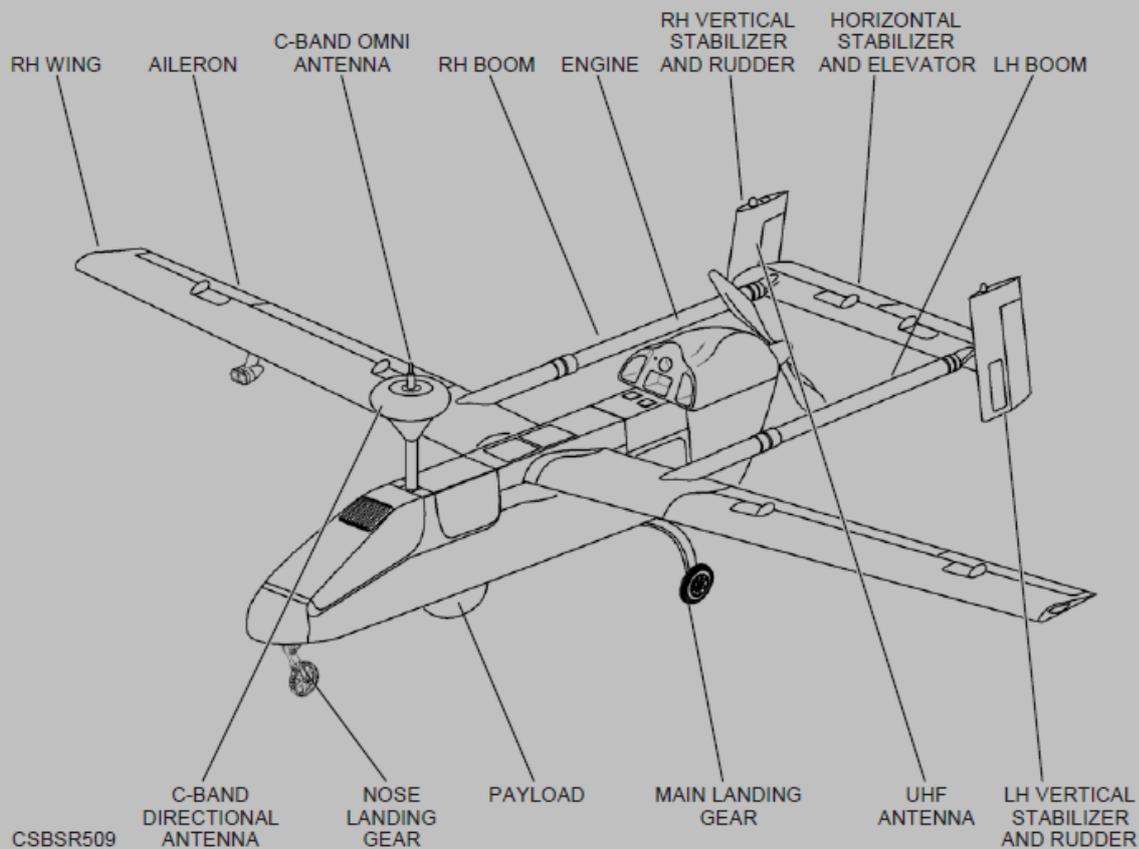


Figura 4.—Configuración general del UAV.

Las características del UAV *Searcher* son las siguientes (para más información ver R2):

- Peso máximo al despegue (MTOW): 435 kg (960 lb).
- Peso del UAV en vacío: 305 kg (667 lb).
- Techo de vuelo: 20.000 pies.
- Autonomía: 15,4 horas a 12.000 pies, 65 nudos, atmósfera ISA; 17,4 horas a 5.000 pies, 65 nudos, atmósfera ISA.
- Capacidad total de combustible: 142 litros
- Peso máximo de carga de pago: 45 kg
- Máxima velocidad aerodinámica: 110 kt a nivel del mar.

## CERTIFICACIÓN DE AERONAVEGABILIDAD EN PASI

La certificación de aeronavegabilidad en una aeronave o sistema RPAS (como es el sistema PASI) se ha de llevar a cabo según el Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa (RAD). El primer paso es la obtención de un Certificado de Aeronavegabilidad para Experimentación (CAE), un documento que se expide para una aeronave o sistema aéreo militar pilotado por control remoto que se encuentre en fase de prototipo o experimental.

Mediante este CAE la aeronave tiene permiso para realizar ensayos de vuelo, cuyo objetivo es obtener el certificado de tipo, un documento por el que la Autoridad de Aeronavegabilidad de la Defensa (AAD) hace constar que un tipo de producto ha sido diseñado y ensayado siguiendo las normas y procedimientos aprobados y que, por lo tanto, se considera seguro para el vuelo. Fundamentándose en este certificado de tipo, se obtendrá el certificado de aeronavegabilidad.

El caso del sistema PASI es especial, puesto que se basa en un sistema israelí de los años 90 para el cual no se había obtenido una certificación de tipo. A día de hoy (diciembre de 2015) el PASI dispone de un Certificado de Aeronavegabilidad para Experimentación (CAE) que permite al Ejército de Tierra realizar, de acuerdo con la legislación vigente, operaciones de entrenamiento de sus tripulaciones en España.

La certificación del sistema PASI 2 ha pasado ya por varios hitos, que se describen a continuación.

- El PASI se desplegó en Afganistán en 2008 para labores de inteligencia. Mientras tanto JIMALE se encargó de coordinar al contratista del sistema en España (Indra), el fabricante (IAI, *Israel Aerospace Industries*) y el INTA con el objetivo de obtener un CAE para Territorio Nacional (TN). El INTA, en base a evidencias proporcionadas por IAI, los resultados de ensayos realizados por el ET según el plan de certificación y la experiencia obtenida durante los vuelos en Afganistán, otorgó el CAE al PASI, el cual preveía su operación en el aeródromo de Agoncillo (La Rioja). A partir de ahí se trabajó para que el mantenimiento se ajustase a la normativa y que las tripulaciones estuvieran formadas.
- Los ensayos de compatibilidad electromagnética (EMI/EMC), recogidos en el plan de certificación, se llevaron a cabo en las instalaciones del INTA durante febrero de 2015. Su objetivo era demostrar que los UAV ni eran susceptibles a las radiaciones electromagnéticas del entorno ni generaban ninguna emisión que pudiese interferir a otros sistemas electrónicos cercanos.
- Por otro lado, la campaña de vuelo que tuvo lugar en el aeródromo de Rozas (Lugo) durante los meses de septiembre y octubre de 2015 permitió renovar el CAE. Así, el CAE del que se dispone es válido por 6 meses y ampara a las dos aeronaves que completaron el vuelo de certificación (106 y 108) y al segmento terrestre PASI 2 que componen la *Ground Control Station* (GCS), el *Ground Data Terminal* (GDT) y el *Remote Autoland Position Sensor* (RAPS). En el mes de noviembre se realizó el despliegue en el aeródromo los Oteros (León) en el que se comenzaron las actividades de certificación para las aeronaves 101 y 107. Cuando estas actividades se completen con éxito, todo el material del sistema PASI 2 estará amparado por el CAE.

En las campañas de vuelos se hizo uso de una serie de documentación que incluía el estudio de viabilidad y seguridad aérea para segregación de espacio aéreo en el aeródromo de ensayos, el plan de vuelo para salida de mantenimiento de las aeronaves del sistema PASI 2 y el plan de vuelo para certificación del sistema en una zona segregada. Esta documentación fue inicialmente elaborada por la unidad GRO-SA, y luego validada por JIMALE, PCMHEL e INTA.

Se está estudiando la aplicabilidad de este CAE según el nuevo RAD. Uno de los principales problemas es que la nueva definición de CAE no incluye los vuelos de entrenamiento de tripulaciones.

Otro problema es que, según el nuevo RAD, todos los sistemas RPAS requieren un certificado de tipo, independientemente del peso, y el sistema PASI no dispone de él. Al tratarse de un sistema con un diseño antiguo y ya cerrado, es poco probable que se pueda obtener un certificado de tipo como el de otras aeronaves.

Se puede estudiar además la obtención de un certificado de tipo provisional, documento por el que la AAD hace constar que para un tipo de producto, se ha alcanzado, a lo largo del proceso de certificación, un grado de conocimiento de sus características técnicas y de operación lo suficientemente profundo como para que permita poder establecer unas limitaciones de aeronavegabilidad dentro de las cuales dicho tipo se considera seguro para el vuelo.

El primer paso para obtener el certificado de tipo provisional es determinar las bases de certificación del sistema, para lo cual se va a tomar como referencia el STANAG 4671 que se ha comentado previamente, y se añadirán a estas las excepciones y limitaciones adicionales que se consideren necesarias. Hasta obtener el certificado de tipo provisional del PASI 2, a la campaña de vuelos en León seguirán más campañas de vuelos de ensayos.

Por ello, el Consejo de Aeronavegabilidad se está planteando establecer una excepción en el RAD para permitir los vuelos de entrenamiento y formación de tripulaciones, o incluso conceder una moratoria en la aplicación del nuevo RAD de, al menos, dos años.

---

### CAMPAÑA DE VUELOS EN ROZAS (LUGO)

---

Se realizó una campaña de vuelos de certificación en el aeródromo de Rozas (Lugo) durante septiembre y octubre de 2015, cuyos objetivos eran la renovación del CAE, avanzar en la certificación del sistema, y la validación del despliegue de la unidad en una nueva ubicación.

Entre los días 7 y 10 de septiembre tuvieron lugar los trabajos de despliegue del sistema PASI 2 en el aeródromo, que incluían el levantamiento topográfico y el acondicionamiento de la pista de aterrizaje.

A continuación se resumen los vuelos realizados:

- El día 12 de septiembre se realizó el primer vuelo de un RPAS tipo II en TN, correspondiente al vuelo de salida de mantenimiento del UAV 106.
- El día 19 de septiembre se completó el plan de vuelo para certificación con la aeronave 106, con lo que ésta se incluyó en el CAE y entró en servicio.
- En el mes de octubre se completó el plan de vuelo de certificación con la aeronave 108, con lo que ésta se incluyó en el CAE y entró en servicio.

---

### CAMPAÑA DE VUELOS EN LEÓN

---

Se realizó una campaña de vuelos de ensayos en el aeródromo de Los Oteros (Pajares de los Oteros, León) entre los días 9 y 25 de noviembre de 2015, cuyos objetivos fueron la inclusión en el CAE del resto de aeronaves del sistema, la instrucción de tripulaciones y el avance en el proceso de certificación del sistema, así como la validación del despliegue de la unidad en una nueva ubicación.

Entre los días 9 y 13 de noviembre tuvieron lugar los trabajos de despliegue del sistema PASI en el aeródromo, que incluían el levantamiento topográfico y el acondicionamiento de la pista de aterrizaje y la calibración del sistema DGPS (*Differential GPS*).

A continuación se resumen los vuelos realizados:

- Los días 20 y 24 de noviembre se ejecutó el plan de vuelo para salida de mantenimiento con las aeronave 101 y 108, respectivamente, y se cumplieron todos los objetivos marcados, salvo la prueba de motor.
- El día 23 de noviembre se ejecutó el plan de vuelo para certificación con la aeronave 101. Se hubo de regresar a la base sin completar el vuelo, a causa de que los vientos en altura superaban los 50 kt.
- El día 25 de noviembre tuvo lugar un vuelo en zona de aeródromo con la aeronave 101, que se completó sin novedad.

Después de la campaña de vuelos, se consideró validado tanto el despliegue en el aeródromo de Los Oteros como el espacio aéreo segregado desde el aeródromo hasta la zona LED 66 en los alrededores del monte Teleno. Sin embargo, quedó por terminar el plan de vuelo para certificación con la aeronave 101, para su incorporación al CAE del sistema. Además, se observó una anomalía en el aterrizaje según la cual el punto de toma real y el punto de toma previsto presentaban una separación en distancia. Esta anomalía será objeto de un estudio de ingeniería por la JIMALE.



Figura 5.—Aeronave del sistema PASI en acción.

---

### RELACIÓN CON OTRAS UNIDADES EN LA CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA PASI

---

Durante la campaña de vuelos la Jefatura de Ingeniería del MALE estaba encargada de la Dirección Técnica, a través del teniente coronel Guillermo Jenaro de Mencos y el teniente Esteban González Sánchez. Para la realización de su cometido ha colaborado con otras unidades del Ejército de Tierra, principalmente el Grupo de Obtención por Sistemas Aéreos IV/1 (GROSA), el Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros (PCMHEL) y la Sección de Plataformas Aéreas (PLAER) de la Subdirección de Sistemas de

Armas (SUBSAR). La unidad GROSA pertenece al Regimiento de Inteligencia nº 1, dentro de la Fuerza, mientras que JIMALE, PCMHEL y PLAER están integradas en el Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE).

La unidad GROSA depende del Regimiento de Inteligencia nº 1, y se encarga del despliegue del sistema PASI y su operación. Esta unidad es de reciente creación (septiembre de 2015) y a ella se aporta personal con experiencia en Zona de Operaciones (ZO). Las expectativas sobre esta unidad son grandes, puesto que, tras el repliegue de Afganistán, esta campaña de vuelos constituye la primera ocasión en que se opera el PASI en Territorio Nacional (TN).



El PCMHEL tiene la responsabilidad del mantenimiento de la aeronavegabilidad continuada del sistema PASI 2. Para ello tiene que supervisar el mantenimiento que realiza el escalón de mantenimiento de la unidad GROSA, y aportar sus propios recursos para el mantenimiento de escalones superiores que no puede realizar la unidad. En esta campaña de vuelos la ingeniería de PCMHEL redactó la Declaración de Aeronavegabilidad que marcaba los límites de operación en una envolvente de vuelo propuesta y que se incluía en el plan de vuelo para certificación.

La sección PLAER se encargó de la coordinación general de la campaña de vuelos basándose en su amplia experiencia en el sistema PASI 2.

Por último, la Dirección Técnica de JIMALE está encargada de la obtención de la aeronavegabilidad inicial del sistema. Por ello coordinó los trabajos de GROSA y PCMHEL para desplegar el sistema y colaboró en la resolución de las distintas incidencias técnicas que se presentaron, de manera que se tuviera claro el objetivo primordial de la campaña de vuelos, que no era sino avanzar en la certificación del sistema PASI 2, condición sin la cual este no podrá volar en TN.

---

## CONCLUSIONES

---

La certificación de aeronavegabilidad es un proceso complejo que incluye muchas pruebas, entre ellas ensayos en vuelo, pero que es fundamental para determinar que una aeronave es segura para el vuelo.

El sistema PASI 2 requiere una certificación de aeronavegabilidad, pero, por sus características especiales, está trabajando con un Certificado de Aeronavegabilidad para Experimentación (CAE), que le permite realizar vuelos para instrucción de tripulaciones.

Durante los meses de septiembre y octubre se realizó una primera campaña de certificación en el aeródromo de Rozas (Lugo). Posteriormente, en noviembre del 2015, tuvo lugar otra campaña en el aeródromo de Los Oteros (León). Dichas campañas estaban encaminadas a renovar el CAE, validar el despliegue del sistema en nuevos escenarios y avanzar en el proceso de certificación del sistema. Estos ensayos contaron con la Dirección Técnica de JIMALE y le permitieron mostrar la capacidad técnica y de colaboración con otras unidades del Ejército de Tierra, entre ellas la unidad GROSA, que es la encargada de la operación del sistema PASI 2.

---

## REFERENCIAS

---

[R1] G. Jenaro; A. Álvarez; E. González. Aeronaves no tripuladas. Ingeniería a lo largo del ciclo de vida.

[R2] Manual de vuelo del sistema Searcher MK II. 2011



# LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL EJÉRCITO

*Manuel Sáiz-Pardo Lizaso  
Comandante CIP (EOF).  
Armamento*

Aunque el conocimiento siempre se ha gestionado de alguna manera, el desarrollo acelerado de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha exigido que cualquier organización tenga que reflexionar sobre la forma en que gestiona su conocimiento.

De hecho, la organización que no gestione su conocimiento de una forma eficiente estará perdiendo ventaja competitiva, quedando desfasada y decayendo su eficacia. Si se saca provecho este gran activo se redundará, de forma transversal, en el beneficio de los demás procesos fundamentales de la organización.

Y todo ello, de forma gratuita una vez que se han establecido los procedimientos de trabajo, las herramientas y los roles, ya que las personas son las que, eminentemente, poseen el conocimiento. Sólo hay que extraerlo de la forma más adecuada y ponerlo a disposición de los demás.

---

## DEFINICIÓN DE CONOCIMIENTO

---

En general, *conocimiento* es la información combinada con la experiencia, el contexto, la interpretación y la reflexión.

Se puede convenir que los **datos** son observaciones sencillas de determinadas características, de fácil estructuración, que se pueden capturar con máquinas, y que son cuantificables y transferibles. La **información** se obtiene de estos datos, a partir del análisis y del consenso de su significado en su contexto de aplicación institucional y organizacional. Si a la información se le añaden experiencia individual y reflexión se obtiene el **conocimiento**.

La frontera entre dato, información y conocimiento es algo difusa, aumentando el grado de participación humana a medida que se añade valor, asimismo dificultándose su estructuración, captura por máquinas, transferencia y cuantificación.

Lo que distingue al conocimiento de la información es su nivel de madurez para ser usado en la toma de decisiones. Así, en las operaciones militares se habla de *inteligencia*, término que es equivalente a conocimiento.

En principio, la cognición está en la mente humana por lo que es *conocimiento tácito*, que puede ser representado, documentado, convirtiéndose en *conocimiento explícito*. Esta distinción la hacen autores de referencia inevitable (como Nonaka y Takeuchi, 1995).

---

## CICLO DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO (GC)

---

Existen diferentes modelos de la GC (Acuña, 2012). El de Nonaka y Takeuchi se basa en elementos tácitos y explícitos y en que el conocimiento puede ser creado y mejorado continuamente según un desarrollo espiral.

De forma simplificada, el *conocimiento tácito reside en las personas*. Una persona puede escribir lo que sabe en un documento (conocimiento explícito), que se guarda en un repositorio. Otra persona o personas pueden leer ese documento y mejorarlo. El autor inicial ve los cambios y los asimila, cerrando así el ciclo.

Alternativamente, se puede reunir un *grupo de expertos* y hablar sobre un tema, sin mediar documentos. Al final del encuentro, el conocimiento tácito de todos ellos tendrá un valor añadido in-

cuestionable. Así, cuando el ciclo del conocimiento es puramente tácito, el valor añadido se genera con mayor aceleración, sin pérdidas de tiempo ni de contenido al no tener que escribir (explicitar) y leer (interpretar) en varias ocasiones, con la consiguiente generación de ambigüedad.

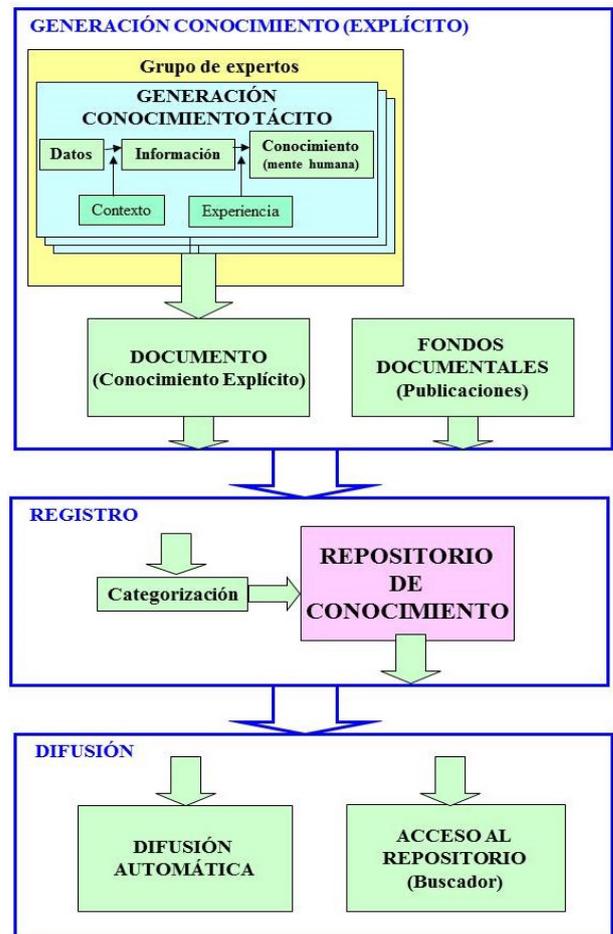
Por tanto, los grupos de expertos (grupos de trabajo o comunidades de prácticas) son la forma más eficiente para generar conocimiento explícito organizacional (Benítez, 2012). El informe final del grupo es el mejor resultado alcanzable, optimizada dicha extracción de conocimiento grupal con una técnica adecuada de análisis. El resultado debe de ser difundido a los interesados y puesto en un repositorio fácilmente accesible.

### Fases del ciclo del conocimiento

De forma muy práctica, se puede resumir dicho ciclo en las siguientes fases:

- **Generación:** puede hacerse de forma libre, por iniciativa individual; o de forma controlada, identificando y priorizando de forma sistemática los temas de interés para la organización (por su escasa cobertura, por la necesidad de revisión, etc.). El conocimiento puede ser generado internamente o bien adaptado desde una fuente externa.
- **Registro:** en el repositorio de la organización se guarda el conocimiento, documentándose cualquier cambio. Dicho repositorio debe ser único.
- **Difusión:** es interesante la difusión automática por listas de distribución o suscripción a contenidos; también es importante disponer de un potente *buscador* que lo recupere todo fácil y rápidamente.

La **categorización** de contenidos, aunque menos relevante que el buscador, es conveniente de cara a la división de un gran volumen de contenidos y la asignación de categorías a **revisores** que controlen la calidad de los nuevos artículos, duplicidades y contradicciones, etc.



## LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL ET

### Antecedentes

El Ejército siempre ha hecho acopio de conocimientos de las actividades en las que ha participado, acumulando grandes volúmenes a lo largo de la historia. La instrucción y el adiestramiento han sido los marcos normales de organización y traspaso de conocimiento, plasmándolo en documentos doctrinales.

Las Ordenanzas Militares y los Memoriales de las Armas y Cuerpos recogían el saber militar, e incluían investigaciones y experiencias del campo de batalla. Para "mantenerse al día" un militar no tenía más remedio que leer la doctrina, publicaciones reglamentarias y demás documentación generada cierto tiempo después de los hechos.

Hoy día el conocimiento necesario hay que obtenerlo en un intervalo de tiempo más breve. Dependiendo del proceso, tendrá que haber unos sistemas con un ciclo más corto que el de otros. Por ejemplo, no es lo mismo gestionar conocimiento para enseñanza (cambio de libro de texto anual), que para una operación (Lecciones Aprendidas) donde la validez de la información puede ser de meses o días (e.g. situación del entorno geopolítico).

### Finalidad de la gestión del conocimiento en el Ejército

La finalidad de la gestión del conocimiento en el Ejército es **proporcionar el mayor rendimiento posible de su activo intelectual**, aprovechando de forma sistemática la experiencia y conocimiento tácito de personas, grupos de trabajo y unidades y ponerlos a disposición de todo los usuarios interesados. Igualmente, hay que tener disponibles los conocimientos explícitos de la organización.

Por tanto, se debe potenciar un ciclo de conocimiento eficiente para apoyar los procesos de la organización, aprovechando los recursos existentes, tanto la gran riqueza de conocimiento y experiencia de sus componentes, como los repositorios y sistemas de información y telecomunicaciones (CIS) existentes, a la vez que se incorporan las innovaciones de estas tecnologías.

Este artículo se centra en la **gestión del conocimiento de propósito general**, sin entrar en profundidad en los procesos de planeamiento o lecciones aprendidas en operaciones ni en la enseñanza militar. Sin duda el planteamiento conceptual es el mismo para todas las necesidades.

### La gestión del conocimiento en el ámbito militar

En la **OTAN**, el concepto estratégico pretende que todos los miembros adquieran un mismo conocimiento de la situación, compartido y no compartimentado. En consecuencia se han propiciado cambios en cuarteles generales, potenciando relaciones horizontales y grupos de expertos multidisciplinares (Benítez, 2012).

Así, se denomina *Knowledge Development* (KD) a un proceso proactivo, continuo y adaptativo, que cubre la recolección, análisis, almacenamiento y distribución de la información que contribuye a una comprensión común y compartida del entorno operacional, incluyendo las relaciones e interacciones entre sistemas y actores dentro del ámbito de trabajo (ACT, 2010).

En cuanto a las **FFAA. españolas**, la implantación de una estructura única de gestión del conocimiento está dificultada por su gran dimensión, estructura jerárquica y complejidad. Como aspectos positivos tenemos: la capacidad de socialización, adaptación, formación continua, grupos de trabajo, disciplina, liderazgo, etc.

Existen antecedentes lejanos de estudios que identificaban las necesidades y establecían las líneas de acción principales en el Ministerio de Defensa (Comisionado CIS, 2003); o establecían sus fundamentos en el Ejército (DIVA, 2001).

Pero actualmente no existe en el Ministerio de Defensa una iniciativa desarrollada e implantada como proyecto global que abarque la organización en su totalidad, siguiendo unas directrices y objetivos comunes (Benítez, 2012).

### CIS para la gestión del conocimiento

El conocimiento explícito se gestiona como la información. Por tanto, una gestión eficaz se realiza sobre un sistema de gestión de la información no menos eficaz. Como práctica emergente se considera el uso de intranets corporativas, wikis, y de otras prácticas tecnológicas con distintos enfoques, como las aplicaciones de chateo y redes sociales.

Se deben aprovechar e integrar los CIS existentes, integrando redes y repositorios documentales independientemente de la tecnología empleada. En particular la Intranet del Ministerio de Defensa debe ser una herramienta fundamental.

Concretamente, el sistema de mensajería oficial **MESINCET** (*IBM Lotus Notes*) acopia gran cantidad de conocimiento de enorme calidad que es de difícil recuperación.

El uso de páginas **WISE** ha supuesto un avance en la difusión de contenidos, pero con una gestión dispersa, por unidades, sin unos criterios y objetivos comunes, y dependiente necesariamente del administrador, encargado de su mantenimiento y de la carga de contenidos.

El uso de una plataforma wiki como **Milit@rpedia** supone un salto cualitativo, haciendo viable la fusión de todos estos contenidos bajo un mismo buscador, bien referenciando dichos contenidos o, mejor, cargando los contenidos completamente.

Sin embargo, se echa de menos un entorno integrado que aúne todas las herramientas, y que permita:

- Grupos de trabajo virtuales de fácil creación, con acceso controlado y seguro, con fácil conexión a los repositorios y herramientas de edición compartida y simultánea de documentos, así como chat y videoconferencia.
- Suscripción automática a temas o categorías de interés del repositorio organizacional.
- Gestor de contenidos de la Intranet corporativa: para creación, gestión, publicación y distribución de contenidos web.
- Buscador de contenidos web en la Intranet corporativa.

---

## LA SECCIÓN DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

---

Un hito fundamental en el Ejército ha sido la Sección de Gestión del Conocimiento y Nuevas Tecnologías (SEGECONT) de la Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales (DIDOM) del MADOC (DIDOM, 2013).

Surge para reunificar y buscar la sinergia de todas las herramientas existentes en la Dirección relacionadas con la gestión del conocimiento: Milit@rpedia, Biblioteca Virtual, Servicio de Documentación, correo electrónico múltiple selectivo y grupos de trabajo en red, entre otras.

Entre sus proyectos más importantes están: la definición de un concepto de gestión del conocimiento en el Ejército y de un plan para su implantación; y el desarrollo de un buscador de contenidos web en la Intranet.

### Milit@rpedia

El proyecto Milit@rpedia<sup>1</sup> (inicialmente Milipedia) nace con un múltiple objetivo:

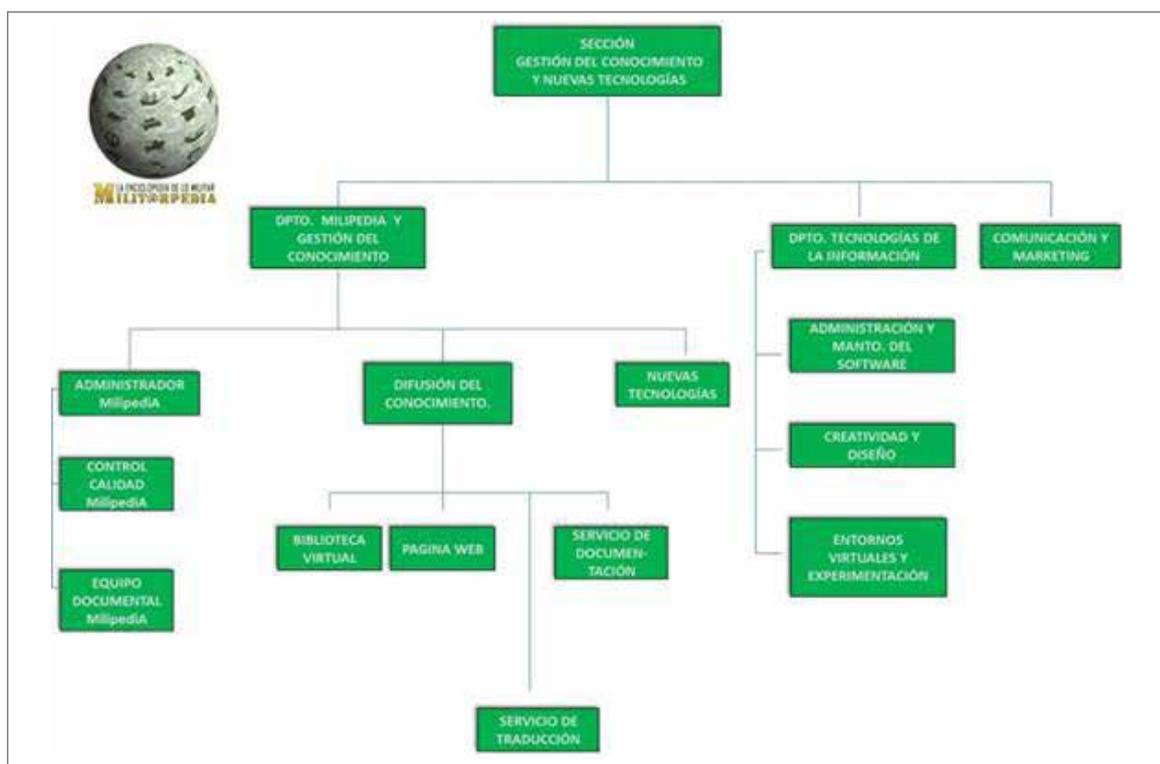
- Facilitar la búsqueda de información, dispersa en repositorios independientes, y su interconexión (permite enlaces a la misma enciclopedia, a Intranet e Internet), pudiendo crecer como “puerta de conocimiento”.
- Creación de artículos de forma libre y compartida, abriendo una vía para no perder el conocimiento de los que abandonan la organización.
- Trabajo en grupo de una forma fácil y abierta.
- Identificación de expertos.

Supone el mayor proyecto de gestión de conocimiento militar de propósito general que se haya acometido por parte del Ejército (DIDOM, 2012). Ejércitos de otros países han desarrollado e implantado iniciativas similares, como la wiki del US Army o la del Ejército alemán (Informe HEE 12T1J, 2012).

En cuanto a contenidos, hay *artículos protegidos* y *libres*. Los primeros están en modo “sólo lectura”, no pudiendo ser alterados por el público general (tienen un fondo coloreado). Como ejemplo, tenemos la producción doctrinal del MADOC, otras publicaciones oficiales, revistas, etc.

---

1. Acceda a Milit@rpedia en: <<http://webmadoc2/Milipedia>>



Los *artículos libres* están abiertos a todos los usuarios de la Intranet; cualquiera de ellos que se acredite (mediante sus credenciales de Windows) puede crear un artículo multimedia o modificar el contenido de otros artículos libres (con cuidado de no incluir contenido con derechos de autor ni información sensible).

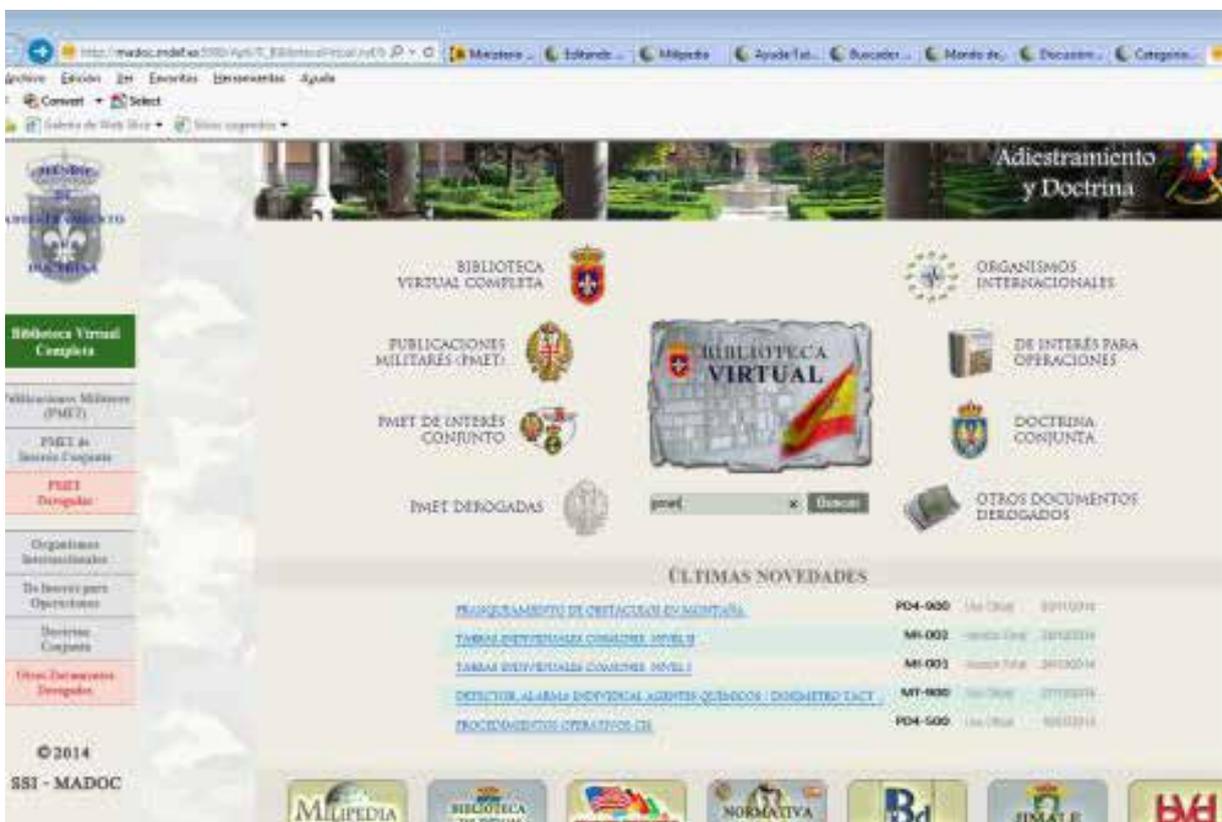
Así, una publicación doctrinal no puede ser modificada por un usuario normal, pero este usuario sí puede crear un artículo libre comentando dicha publicación. Dicho artículo puede ser completado o corregido por otro usuario, quedando registro en todo momento de todos los cambios, y teniendo la opción de deshacerlos.

## La biblioteca virtual

Es un repositorio de documentación, que facilita la localización de publicaciones militares y otros documentos<sup>2</sup>.

Su buscador localiza los documentos por título o código, incluyendo una ficha de la publicación. Si el documento no está clasificado, contendrá un enlace para verlo o descargarlo.

2. Se accede en [http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D\\_BibliotecaVirtual.nsf..>](http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf..>)





### El servicio de documentación

El Servicio de Documentación está a disposición de todo el ET. Cualquier usuario que solicite información recibe una lista de enlaces contenidos en un artículo de Milit@rpedia, quedando a disposición de todos los usuarios<sup>3</sup>.

### Correo selectivo

Se ha desarrollado un servicio de correo selectivo en Outlook que permite el envío a una lista de destinatarios seleccionados por su pertenencia a un elenco de unidades y empleos.

Por ejemplo, una publicación de combate en montaña trascenderá, en mayor medida, al personal destinado en las unidades de montaña. Adicionalmente, puede dirigirse a ciertos empleos de personal militar conforme a sus responsabilidades.

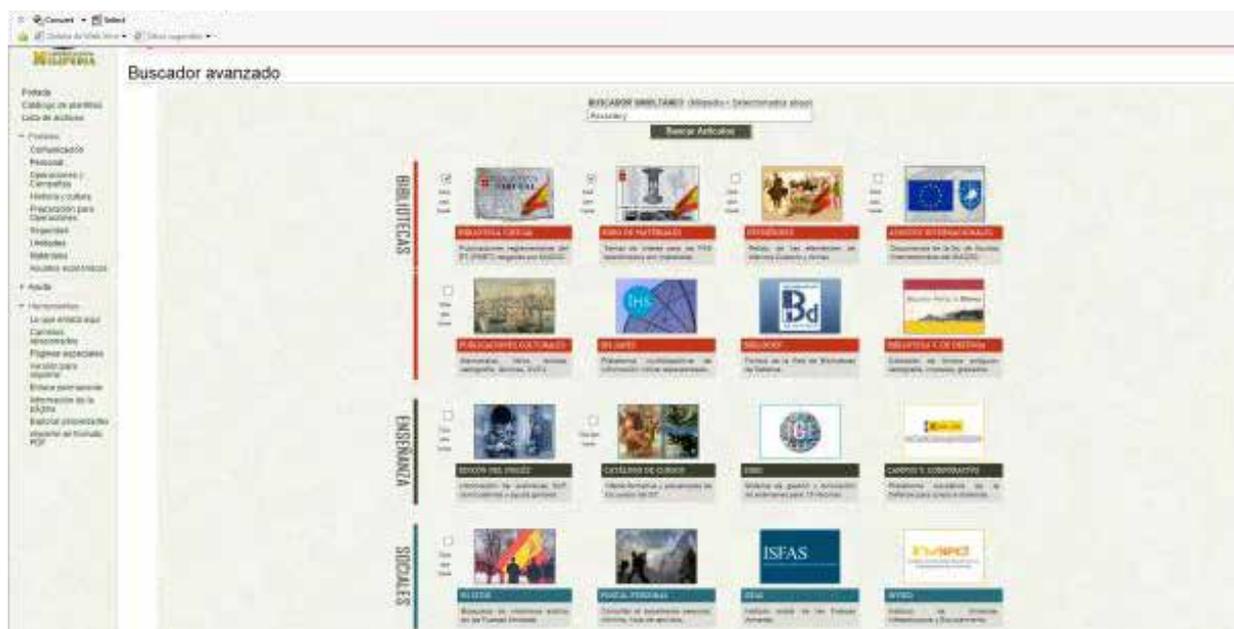
### El buscador

Entre los proyectos de la Sección se encuentra el del "buscador de contenidos web en la Intranet".

Mientras se desarrolla esta herramienta, se tiene en explotación un buscador múltiple<sup>4</sup> que permite realizar una búsqueda simultánea en Milit@rpedia y en otros portales de la Intranet, que son seleccionados previamente.

3. Véase el artículo sobre el Servicio de Documentación en [Milit@rpedia](#). Puede hacer una solicitud en el correo <[servicio\\_documentacion\\_didom@et.mde.es](mailto:servicio_documentacion_didom@et.mde.es)>

4. Acceda mediante el botón "Buscador múltiple" ubicado en el centro de la portada de Milit@rpedia.



---

## CONCLUSIÓN

---

En resumen, queda patente la **necesidad de una iniciativa consensuada y global** que promueva la gestión de la información y del conocimiento, siguiendo unas directrices y objetivos comunes, considerando el Ministerio de Defensa o bien el Ejército en su totalidad, para aprovechar las capacidades de su activo intelectual.

Existen **obstáculos organizativos** para una gestión eficaz, como la falta de mentalización y disciplina intelectual y exceso de procedimientos.

Existen **problemas tecnológicos** como la diversidad de sistemas de información, heterogéneos y poco interoperables, que obstaculizan la existencia de un repositorio corporativo único.

En sentido positivo, hay que promover la **generación de conocimiento** explícito personal, de forma libre u oficial (informes personales) y, sobre todo, de grupos de expertos. El personal debe estar mentalizado en la necesidad de difusión de sus resultados para la conclusión de su trabajo.

Además, el conocimiento explícito de la organización debe ser incluido en el **repositorio organizacional único**. El conocimiento externo que pueda ser aplicado debe ser integrado. Al menos, en una fase inicial, el conocimiento dispuesto en repositorios independientes debería estar enlazado desde una puerta única.

La creación de la **Sección de Gestión del Conocimiento** y Nuevas Tecnologías, supone un salto cualitativo de cara a definir e implantar una gestión global e integral en el Ejército.

Herramientas como **Milit@rpedia** dan solución para soportar la carga de conocimiento explícito (personal, grupos de trabajo; interno y externo), por lo que debería fomentarse su desarrollo y ampliarse sus posibilidades (grupos de trabajo cerrados, seguridad, edición concurrente en un formato cómodo y accesible, etc.), o bien buscar alternativas tecnológicas que permitan dichas funcionalidades (e.g. Sharepoint).

---

## ANEXO: UN CIP EN LA DIDOM

---

Aprovecho la ocasión para desvelar una de las preguntas habituales que me formulan mis compañeros: ¿qué hace un miembro del CIP en la Sección de Gestión del Conocimiento de la DIDOM?

La responsabilidad principal es la **administración de Milit@rpedia**, en la dirección de la política de contenidos, la de calidad, y la estrategia tecnológica de adaptación y ampliación de la herramienta. Pero este cometido pronto se extiende inevitablemente a la definición de un concepto y de un plan de implantación de gestión del conocimiento donde encuadrar y desde el que gestionar todas las herramientas necesarias.

Otra tarea es representación como oficial responsable del MADOC en la unidad de investigación del **Centro Mixto Universidad de Granada-MADOC**<sup>5</sup>, y por ende, miembro de su comité científico, por lo que participo en diversas actividades en colaboración.

Otra actividad a destacar ha sido la participación como “Analista Senior” en el **experimento de integración de la ciberdefensa en el planeamiento militar** (*Cyber Implications for Combined Operational Access, CICOA, del Multinational Capability Development Campaign, MCDC, 2013-2014*). El evento multinacional involucró a más de un centenar de personas, incluyendo dos grupos reducidos de planeamiento operacional, una célula de fusión de inteligencia, y grupos de dirección, analistas, observadores y visitantes distinguidos.

Aparte del extraordinario esfuerzo organizativo, la participación como analista supuso la aplicación de las metodologías *Concept Development Assessment Game, CDAG*<sup>6</sup> y *Concept Development and*

---

5 Véase artículo en Milit@rpedia [“El Centro mixto UGR-MADOC \(CEMIX\)”](#); y la categoría [“Centro mixto UGR-MADOC \(CEMIX\)”](#)

6. Véase: [artículo en Milit@rpedia “CDAG”](#); *Concept Development Assessment Game “CDAG” Handbook V4.1, HQ Supreme Allied Commander Transformation, February 2014*; [The Concept Development Assessment Game \(CDAG\) website hosted on ACT's TRANSNET](#); Sitio OTAN sobre [Concept Development Assessment Game \(CDAG\)](#):

Experimentation, CD&E<sup>7</sup>, que es una adaptación de la metodología de investigación a problemas cualitativos relativamente complejos como éste.

Debo mencionar el excelente trabajo realizado anteriormente por los ingenieros politécnicos que me precedieron en el MADOC, sobre todo en el área de **investigación prospectiva** y en la de **herramientas de apoyo a la decisión**, de gran aplicación en años anteriores y que siguen constituyendo recursos con gran uso potencial para la experimentación teórica del combate. A ellos les debo mucho de lo que he aprendido como profesional y como persona.

Aparte de otros apoyos técnicos puntuales, existen otros campos de trabajo en los que un ingeniero puede realizar su trabajo en órganos como el MADOC. Como ejemplo, Reino Unido cuenta con ingenieros en los órganos de investigación y desarrollo doctrinal, tanto en su órgano conjunto como en el específico terrestre, en las áreas de *Development and Experimentation*, *Force Development*, y en células como la de *Scientific Advisor*, y en otras de investigación.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Acuña, M. Guía para la *Gestión del Conocimiento*. Agencia Nacional de Infraestructura, Bogotá. 2012.
- ACT. Bi-Strategic Command Knowledge Development” Pre-Doctrinal Handbook. Final Draft 18 Nov 2010. Mando Aliado para la Transformación (ACT), OTAN. 2010.
- Benítez Martínez, L.M. *La gestión del Conocimiento en las Fuerzas Armadas Españolas*. Monografía de la Escuela Superior de las Fuerzas Armadas, 2012.
- Comisionado CIS. Gestión del Conocimiento

en el Ministerio de Defensa. Líneas de Acción. Comisionado CIS del Ministerio de Defensa (MINISDEF). 2003.

- DIDOM. Norma 04/13: *Organización de la Sección de Gestión del Conocimiento y Nuevas Tecnologías*. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales (DIDOM) del Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) del Ejército. 2013.
- DIDOM. *Memorandum Proyecto Milipedia*. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales (DIDOM). 2012.
- DIVA. *Gestión del conocimiento*. Dirección de Investigación y Análisis para el Combate (DIVA) del Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) del Ejército (actualmente integrada en DIDOM). 2001.
- Informe HEE 12T1J. “Servicio Wiki de la Bundeswehr (Wiki-Service Bw)”, Informe HEE 12T1J del Oficial de Enlace del MADOC en Alemania, base de datos de Asuntos Internacionales del MADOC, 2012.
- Nonaka, I.; Takeuchi, H. *The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. 1995.

---

7. Véase: artículo en Milit@rpedia “[Documentación MCDC CI-COA](#)”, apartado “[Documentación de Metodología de CD&E](#)”; [Guide for Understanding and Implementing Defense Experimentation](#) (GUIDEx), TTCP, February 2006.



# ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DEL EJÉRCITO

PASADO, PRESENTE Y FUTURO

*Francisco José Gómez Ramos  
Coronel Ingeniero Director de la ESPOL*



---

## INTRODUCCIÓN

---

El presente artículo pasa revista a la historia de nuestra Escuela hasta el momento presente, en que se están llevando a cabo las actividades requeridas para poder impartir títulos de Máster que habiliten profesionalmente en acuerdo con lo establecido en la legislación española y europea; asimismo, se ultima la preparación de los planes de estudios de los nuevos cursos de perfeccionamiento y la adaptación a la nueva normativa de la obtención de los títulos de Doctor. Se presentan también las capacidades y organización actuales del Centro.

Se concluye con la presentación de unas posibles líneas de actuación y unas conclusiones.

---

## ANTECEDENTES DE LA ESPOL

---

En el año 2015 se han cumplido 75 años de la creación del *Cuerpo Técnico* y la *Escuela Politécnica del Ejército*. Existen en nuestra Patria antecedentes muy antiguos de la enseñanza de la ciencia, la técnica y la ingeniería con fines militares.

La *Academia Real Matemática* de Madrid fue mandada crear por Felipe II en 1583 y, aunque intermitentemente y con diferentes denominaciones, extendería su existencia durante un siglo. Le continuarían otras, entre ellas la *Academia Real y Militar del Ejército de los Payses-Baxos* (Bruselas, 1675-1706) que sería la que cedería sus reglas, métodos de enseñanza y organización a la *Real Academia Militar de Matemáticas de Barcelona* (1719-1803).

Estas academias eran auténticas escuelas *politécnicas* que enseñaban, en toda su extensión, los saberes técnicos de la época; tanto a alumnos que ya eran militares, como a paisanos. Las enseñanzas ocupaban por lo general entre 2 y 4 años, según los casos.

En la segunda mitad del siglo XVIII, como en otras naciones, las tareas técnico-científicas y facultativas, se repartieron dentro del ámbito militar entre el Cuerpo de Artillería, el de Ingenieros y la Marina. Para la formación se crearían el *Real Colegio de Artillería de Segovia* (1764) y la *Academia de Ingenieros de Alcalá* (1803). Sus alumnos ingresaban con la condición de *cadete* y tras 4 o 5 años de estudios recibían, junto con su primer empleo militar, la capacitación necesaria para llevar a cabo las tareas técnico-facultativas asignadas a esas corporaciones militares.

Esa situación se mantendría hasta la aplicación en 1927 de planes de estudios que limitaron drásticamente la formación técnica.

---

## RESEÑA HISTÓRICA. PLANES DE ESTUDIO INICIALES

---

Por Ley de 27 de septiembre de 1940, se crearon el *Cuerpo Técnico* y la *Escuela Politécnica del Ejército* (EPE). La Escuela tendría la misión de formar, tanto la oficialidad del nuevo Cuerpo, como *diplomados* en materias técnicas de aplicación militar que permanecerían en sus Armas de procedencia. La creación de ambas instituciones buscaba la excelencia, que se manifestaría en un grandioso proyecto arquitectónico y en sus planes de estudios. Estos buscaban formar ingenieros, diplomados y luego también técnicos que, además de servir al Ejército, ejercieran como motores del desarrollo de la Nación en sus aspectos industriales y de infraestructuras.

Decisiones posteriores ampliarían y adaptarían las misiones de la Escuela. En 1941 se establecerían cursos preparatorios para el ingreso. A partir de 1948 se formaron también técnicos que se integraban en el Cuerpo Auxiliar de Ayudantes de Ingenieros de Armamento y Construcción (CAAIAC), que se había creado en 1945 con dos Grupos: Ayudantes y Auxiliares.



Figura 1.—Escudo de Armas de la ESPOL.

En 1951 se abandonó la idea de impartir diplomas y se inició un nuevo plan de estudios de cinco años para las ingenierías del CIAC que se ha denominado “Carrera Bloque”.

En 1964, la EPE se constituyó en Escuela Técnica Superior. Por ello pasó a denominarse *Escuela Politécnica Superior del Ejército* (EPSE)<sup>1</sup> y, a partir de 1968, se creó el título de *Doctor Ingeniero de Armamento y Construcción*.

En 1978, el grupo de Ayudantes del CAAIAC se constituyó en Cuerpo de Ingenieros Técnicos de Armamento y Construcción (CITAC); y el grupo de Auxiliares quedaría a extinguir, dándose a sus componentes la posibilidad de integrarse en la Escala Especial de Jefes y Oficiales Especialistas (EEJOE), que se había creado en 1974. Entre 1975 y 1995, la mayor parte de los oficiales de la EEJOE (que pasó a denominarse

---

1. Desde los pasados años 90, es más conocida por el acrónimo ESPOL.

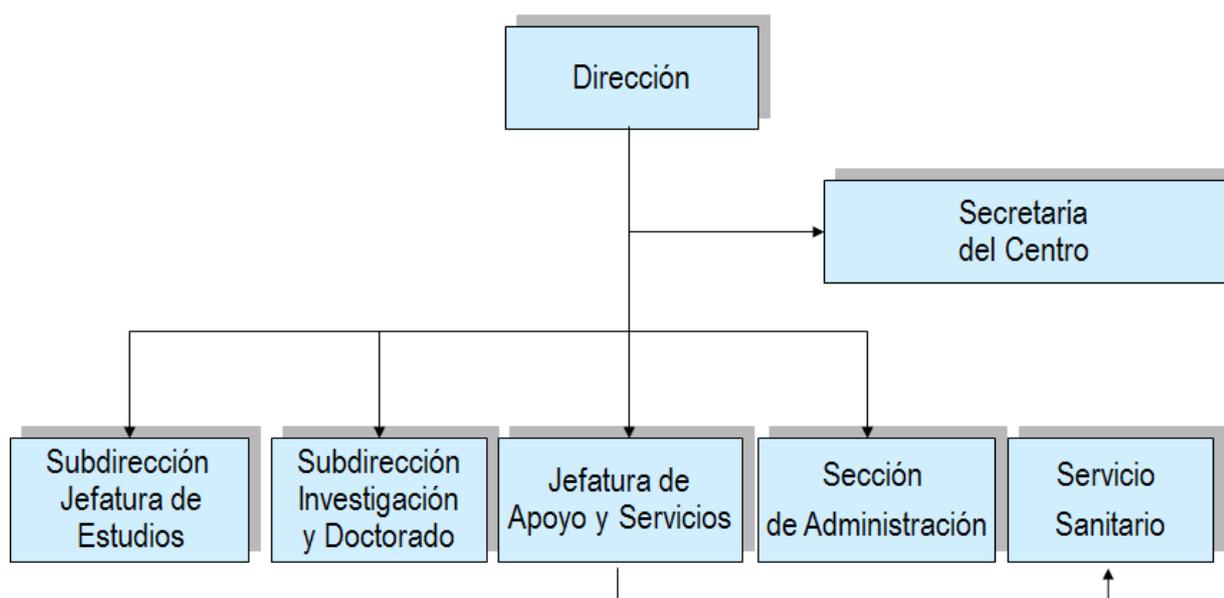


Figura 2.—ESPOL. Organigrama General.

desde 1990, Escala Media del Cuerpo de Especialistas) recibirían su formación específica en la Escuela, que también impartía los cursos de ascenso a Comandante.

Dentro de ese espíritu de búsqueda de la excelencia técnica que se ha mencionado, lo que este sistema pretendía en un principio, atendiendo a las necesidades militares, pero también a las existentes en el contexto global de la sociedad española, era formar ingenieros y técnicos polivalentes que fueran capaces, no sólo de ser motores del desarrollo tecnológico militar sino incluso del general de la Nación.

## EVOLUCIÓN HACIA LA SITUACIÓN ACTUAL

El cambio del contexto general de la sociedad, de las ingenierías, así como de los ámbitos de aplicación de los propios ingenieros militares, llevaría casi 40 años después de su implantación, a cuestionar la necesidad de una formación tan extensa e intensa, e incluso la existencia de ingenieros técnicos en el ámbito militar. Esta idea se materializaría finalmente en la *Ley 17/1989 de Régimen del Personal Militar Profesional*, que buscaba la homologación de la enseñanza militar con el sistema educativo general, implicando un

cambio radical en la formación de los ingenieros de un Cuerpo<sup>2</sup> que cambiaba su denominación de CIAC por la de *Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra* (CIP o CIPET); con una única escala, la Superior, y para acceder al cual se requeriría exclusivamente una titulación superior universitaria en Ingeniería. La enseñanza de formación constaría de dos fases: una de *formación militar*, de tres meses, que se llevaría a cabo en la AGM; y una de *formación técnica* específica muy limitada, pues se restringía a cinco meses en la ESPO.

Esto supuso una limitación legal a la expedición de *títulos de Ingeniero de Armamento o de Construcción*. También limitaba el acceso al CIP de oficiales provenientes de las Armas y del CITAC, pues se verían obligados a obtener previamente en el ámbito civil la titulación superior requerida.

Todo ello supuso una auténtica situación de *shock*. A la imposibilidad de formar nuevos ingenieros de *Armamento y de Construcción*, se añadiría el que se llegase incluso a plantear la posibilidad de desaparición del CIP.

2. Los componentes de la EEJOE habían dejado de formarse ya en la Escuela pocos años antes.

La extinción del CITAC se subsanaría con la creación por la Ley 14/1993 de Plantillas de las FAS de la *Escala Técnica de Oficiales* (ETO) del CIP. En 1994 se consiguió que los tenientes que ingresaban en la especialidad de Armamento de la ESO del CIP permanecieran en la ESPOLE un año adicional durante el que recibían un curso de especialización que se denominó de *Sistemas de Armas*.

La publicación del *Reglamento General de Ingreso y Promoción del Personal de las Fuerzas Armadas* posibilitó la convocatoria, en el año 2002, del primer *Curso de Ciencias Aplicadas a la Ingeniería* (CCAI), que se puede considerar análogo a los antiguos Preparatorios y que reabrió la posibilidad de cambio de cuerpo o escala para el acceso al CIP.

Pero fue la Resolución 551/10971 de 24 de junio de 2003, la que aprobó los planes de estudios del *Curso para la Obtención del Título* [de ingeniero de Armamento y Material y de Construcción y Electricidad] (COT); y posibilitó que, en conjunción con la enseñanza de formación o el CCAI, se obtuvieran los ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos) necesarios para poder otorgar de nuevo dichas titulaciones.

Con ello se consiguió poner fin a una situación que se mantuvo desde el año de publicación de la Ley (1989) y salida de la ESPOLE de las promociones que entonces realizaban sus estudios (junio de 1995), hasta diciembre del 2005, año en que se volverían a conceder títulos. Este logro no fue una tarea fácil, y desde aquí debemos rendir tributo de agradecimiento a todos aquellos que participaron y consiguieron definir un sistema aceptable para la legislación.

---

## ADAPTACIÓN AL PLAN BOLONIA. TÍTULOS DE MÁSTER

---

A todo este proceso vendría a superponerse la reforma europea de los estudios universitarios, que ha supuesto la implantación del Marco Europeo de Educación Superior, más conocido como "Plan Bolonia". Se ha tomado la decisión de que la Enseñanza Militar se debe homologar totalmente con

la General y por tanto adecuarse a los principios establecidos en dicho proceso. A tal fin se requirió de la ESPOLE la elaboración de un nuevo Plan de Estudios que se adaptara a las nuevas *titulaciones de Grado, Máster y Doctor*. De momento, se han definido los planes para dos másteres: uno, de *Armamento y Telecomunicaciones Militares*, y otro, de *Construcción y Fortificación*, que no plantean problemas legales y de reconocimiento profesional (pero no debería evitarse en un futuro próximo, una vez aprobados éstos, el estudiar la posibilidad de proponer otro Máster específico para la especialidad de *Telecomunicaciones y Electrónica*). Se está en espera de su necesaria aprobación por DIGEREM (Dirección General de Reclutamiento y Enseñanza Militar) y acreditación por ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación). A estos estudios se accedería con la posesión de un grado en una especialidad de Ingeniería.

Los requisitos que han regido el diseño de estos planes de estudio han sido:

1. La adaptación al máximo impuesto de 120 ECTS, incluyendo los complementos de acceso al máster desde un número restringido de grados en Ingeniería y Arquitectura, que incluirán los correspondientes al grado en Ingeniería en Organización Industrial que imparte el CUD (Centro Universitario de la Defensa) de Zaragoza durante el período de formación de los oficiales del CGE. Es preciso recordar que este grado en Organización Industrial no capacitará a los oficiales del CGE para ejercer las misiones asignadas a los oficiales del CIP<sup>3</sup>, pero la posesión de esa titulación puede simplificar la vía de acceso al CIP de los oficiales del CGE que lo deseen.
2. Incluir todas las materias que provean los conocimientos necesarios para facultar técnicamente para llevar a cabo las actividades que se encomiendan a los futuros componentes del CIP. Estas últimas deberán incluir el asesoramiento técnico en las adquisiciones de todos los sistemas
3. La capacitación facultativa la concede la Administración por la pertenencia al cuerpo facultativo, no por la posesión del título académico universitario, que facultará, o no, para el ejercicio de una profesión determinada en el ámbito civil.

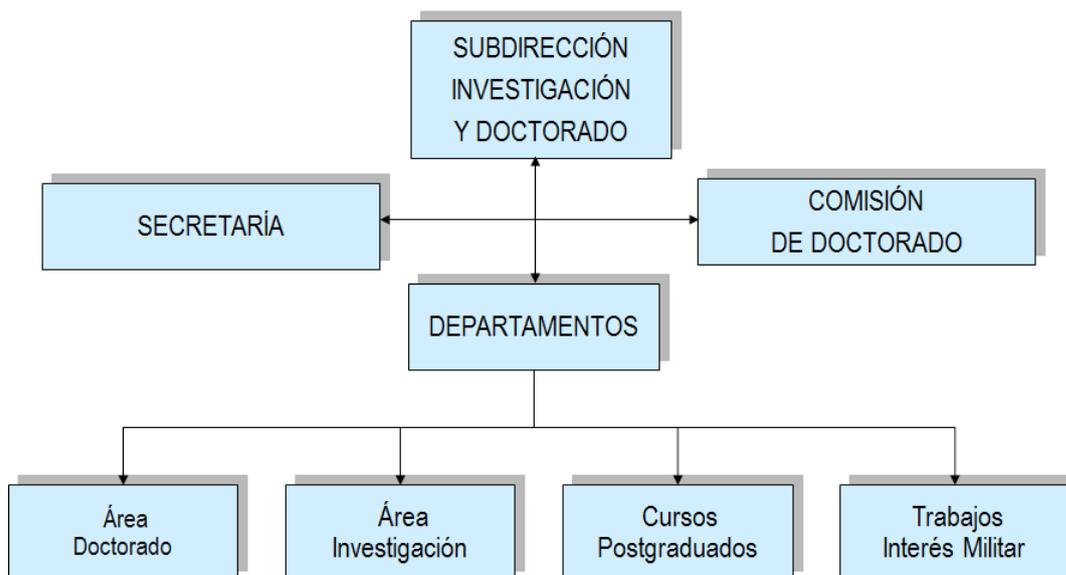


Figura 3.—ESPOL. Organigrama de la Jefatura de Doctorado.

de armas y comunicaciones, dirigir y gestionar su mantenimiento hasta los escalones más elevados, así como proyectar y dirigir las obras de construcción y fortificación y de mantenimiento de edificios e instalaciones.

3. Dotar de capacidades y atribuciones profesionales a los egresados con el título a nivel Máster de Ingeniero de Armamento y Material o de Construcción y Electricidad, que no supongan una merma a las que actualmente tienen los titulados en ingeniería de esas especialidades.
4. Que pueda ser verificado positivamente por la ANECA.

El Plan Bolonia ha abierto otras incógnitas que aún deben despejarse para definir el futuro de la enseñanza de formación como, por ejemplo, si el Cuerpo de Ingenieros seguirá contando con dos escalas o sólo una.

---

### LA ESPOL EN LA ACTUALIDAD. MISIONES Y CAPACIDADES

---

De todas las misiones asignadas a la ESPOL, la fundamental es la de *proporcionar enseñanza de forma-*

*ción y perfeccionamiento* para los oficiales del CIP pertenecientes a sus dos escalas. Estas enseñanzas deben contemplar que el CIP, y por tanto sus componentes, deberán asumir un papel relevante, incluso de liderazgo, en muchos de los procesos de obtención y sostenimiento de los sistemas de armas, electrónicos y de infraestructuras.

Actualmente, estas enseñanzas incluyen: las de formación de las dos escalas del CIP, el CCAI y los COT, cursos de Doctorado (que en su momento se habrán de adecuar también a la nueva regulación general), especialización de trayectoria (ETRAY, que para el CIP se ha determinado corresponda inicialmente a un *curso de Gestión de Proyectos y Programas*, cuyo plan de estudios está en proceso de finalización y que tras las correspondientes pruebas de validación se espera poder convocar a principios del año 2017); y de ascenso a Comandante (CAPACET).

Tampoco se puede olvidar que, siguiendo los principios del marco europeo de educación superior, se deben proporcionar a los ingenieros egresados de la ESPOL los medios para actualizar permanentemente sus conocimientos y apoyarles así en el desarrollo de sus actividades profesionales. Vías para ello pueden ser la organización de cursos y jornadas de actualización y/o la apertura de una línea de información y consulta telemática.

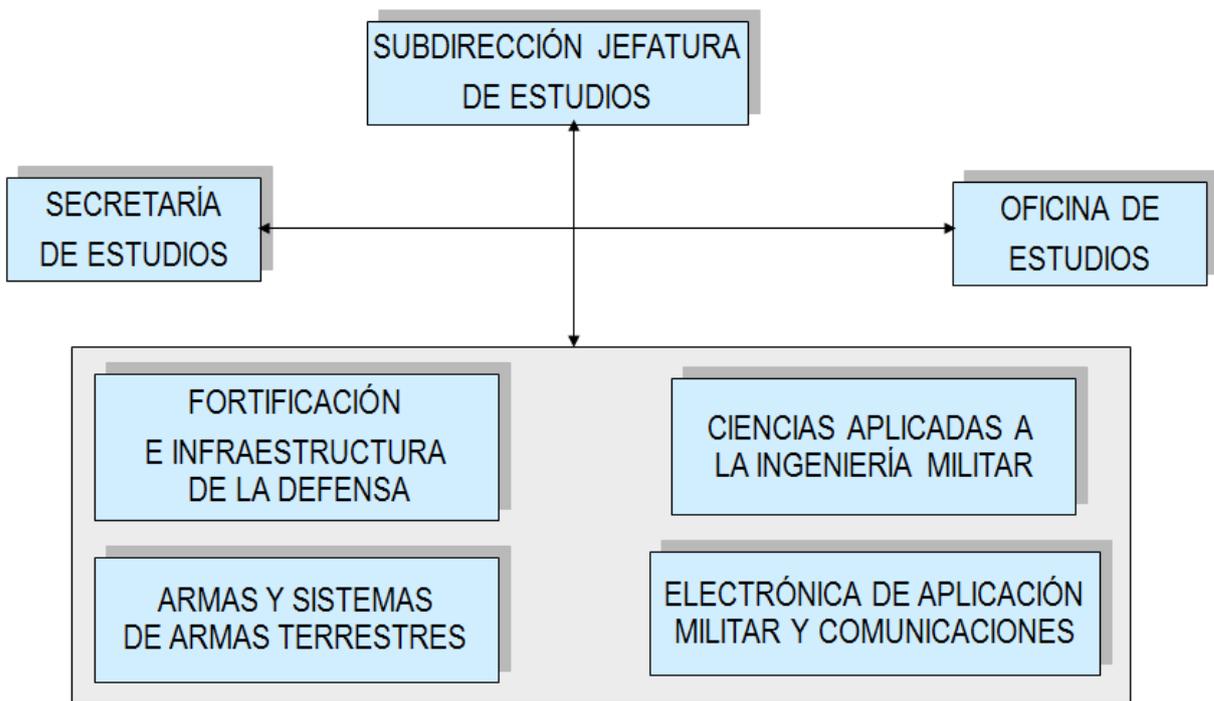


Figura 4.—ESPOL. Organigrama de la Jefatura de Estudios.

Pero, además de la *labor de enseñanza*, la ESPOL tiene asignadas otras misiones: *promover la realización de investigación científica y técnica de interés para el Ejército; colaborar con otros centros de enseñanza militares y civiles en docencia e investigación; promover y llevar a cabo estudios y experiencias para la aplicación militar de avances técnicos y científicos; e informar al Mando en asuntos y materias de su competencia.*

Para llevar a cabo todas estas misiones, la ESPOL se estructura organizativamente en, *Dirección, Secretaría del Centro, dos subdirecciones (Jefatura de Estudios e Investigación y Doctorado), además de la Jefatura de Apoyo y Servicios del Acuartelamiento (JAS), y cuenta con una sección de Administración.*

La *Jefatura de Estudios* se estructura en cuatro Departamentos: *Ciencias Aplicadas a la Ingeniería Militar; Fortificación e Infraestructura de la Defensa; Armas y Sistemas de Armas Terrestres; y Electrónica de Aplicación Militar y Comunicaciones.* Para llevar a cabo su labor tiene el apoyo de la *Secretaría* y de la *Oficina de Estudios*. La *Junta de Profesores* actúa como

órgano asesor en apoyo de la *Dirección* y la *Jefatura de Estudios*.

La otra *Subdirección*, apoyándose en los Departamentos y con el apoyo directo de su *Secretaría* y la *Comisión de Doctorado* como órgano colegiado, coordina las áreas de *Doctorado e Investigación*; los  *cursos de postgrado* y lleva a cabo la coordinación de los *trabajos de interés militar.*

La *JAS* tiene su ámbito de responsabilidad en el *acuartelamiento Politécnica*, que acoge además de la ESPOL otras UCO. Presta servicios de apoyo a las instalaciones y personal de las mismas, la seguridad del acuartelamiento, los servicios de mantenimiento y generales, y administra la *Unidad de Seguridad*, el *Alojamiento Logístico*, el *Internado de Alumnos* y el *Servicio Sanitario.*

Para llevar a cabo todas sus misiones, la ESPOL cuenta con una plantilla cuyo número en revista es de 75 personas, entre personal militar y civil, que incluyen 15 profesores de plantilla pertenecientes al CIP y profesores de número.



Figura 5.—Proyecto original.

## LÍNEAS DE ACTUACIÓN A CORTO Y MEDIO PLAZO

Como soporte más o menos directo al logro de sus misiones, la ESPOL debe mantener, y abrir, una serie de líneas de actuación. Entre ellas se debe considerar una mayor apertura al exterior, fundamentalmente mediante la divulgación de sus medios y capacidades y la búsqueda de cooperaciones con instituciones externas; se propone asimismo la promoción de una colección de publicaciones de tecnología militar en español. Otra es, mantener, potenciar, promover y explorar nuevas vías de colaboración con otros centros de enseñanza. La ESPOL debe colaborar de una forma adecuada a su nivel en el desarrollo y promoción de la Cultura de Defensa mediante la realización de jornadas, conferencias, seminarios, etc., de interés para sectores militares y civiles relacionados con las tecnologías de la Defensa y de Doble Uso.

Debe reforzarse el papel de la Escuela como centro de estudios e investigación. Para ello debe de utilizarse la vía del apoyo a los doctorandos y al personal del CIP en general. Sería un buen camino el

aumentar sus recursos de cálculo para ser empleados en entornos virtuales de simulación y experimentación y la participación en Redes Virtuales de Investigación.

Se considera muy conveniente el promover la participación del alumnado en actividades propias de ingeniería, como las organizadas por instituciones tales como, el *Instituto de la Ingeniería de España*, colegios y asociaciones profesionales, *Fundación Círculo de Tecnología para la Defensa*, *CESEDEN*, etc.

Se debe reforzar aún más, pues nunca será suficiente y es de suma importancia, la enseñanza en valores, comportamientos y virtudes militares. No se debe olvidar que la ESPOL forma militares. Esta labor debe basarse necesariamente en la enseñanza por el ejemplo, a través fundamentalmente del profesorado y de la propia Escuela como institución corporativa. En este mismo sentido, se considera también muy conveniente el promover el papel de la ESPOL como “Casa-Madre” y Solar de todos los ingenieros del CIP y del CIAC mediante la promoción de realización de actividades de hermandad; o conferencias que incidan en aspectos tales como historia, valores profesionales, etc. De esta forma se transmitirá a los futuros componentes del CIP la tradición, conocimientos y experiencia de sus antecesores.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

De las líneas presentadas en este artículo es fácil deducir las dificultades que supone encontrar una solución óptima para la formación y perfeccionamiento de esos futuros componentes del CIP que, sin olvidar el orgullo por un brillante pasado, deben asumir importantes retos, como militares, como ingenieros y como miembros de un Cuerpo que tiene la responsabilidad de proveer, soportar y mantener sistemas e infraestructuras con niveles cada vez mayores de "tecnificación". Al CIP ya no se le exige ser el motor tecnológico de la Nación, pero debe asumir un papel relevante, cada vez mayor, como motor tecnológico en el ámbito militar.

Nos encontramos además en este momento en un punto crítico debido a la necesidad de adaptación a la normativa española y europea. Ello implica un cambio de orientación de la enseñanza que debe pasar, de la mera transmisión de conocimientos mediante las clases, a fomentar el aprendizaje del alumno. Se hace mandatorio además el reforzar el aprendizaje de idiomas.

Un problema añadido es la existencia del de las habilitaciones profesionales y correspondientes reconocimientos competenciales (que parecen no tener especiales problemas en lo referente a las titulaciones de Armamento y de Construcción, pero que debe someterse a un cuidadoso estudio y crítica en otros casos).

El panorama formativo de la ESPOL a corto/medio plazo se abre a enseñar y emitir los correspondientes títulos de Máster en Ingenierías, en las especialidades de *Armamento y Telecomunicaciones Militares*, y de *Construcción y Fortificación*; y elevar al Mando su propuesta para participar en la elaboración del Plan e implantación de los estudios del ETRAY en *Gestión de Programas y Proyectos* y la adaptación a la normativa actual de los estudios de Doctorado.

A medio plazo se debe estar prevenidos; y explorar la posibilidad (siempre que sea posible, que se cuente con el apoyo del Mando y se tengan medios suficientes, y se eliminen los obstáculos competenciales antes mencionados), de la implantación de otras enseñanzas que permitan dotar en el futuro al CIP con personal dotado de formación adecuada y de suficiente nivel, en otras ingenierías que puedan ser requeridas por el Ejército en un futuro.

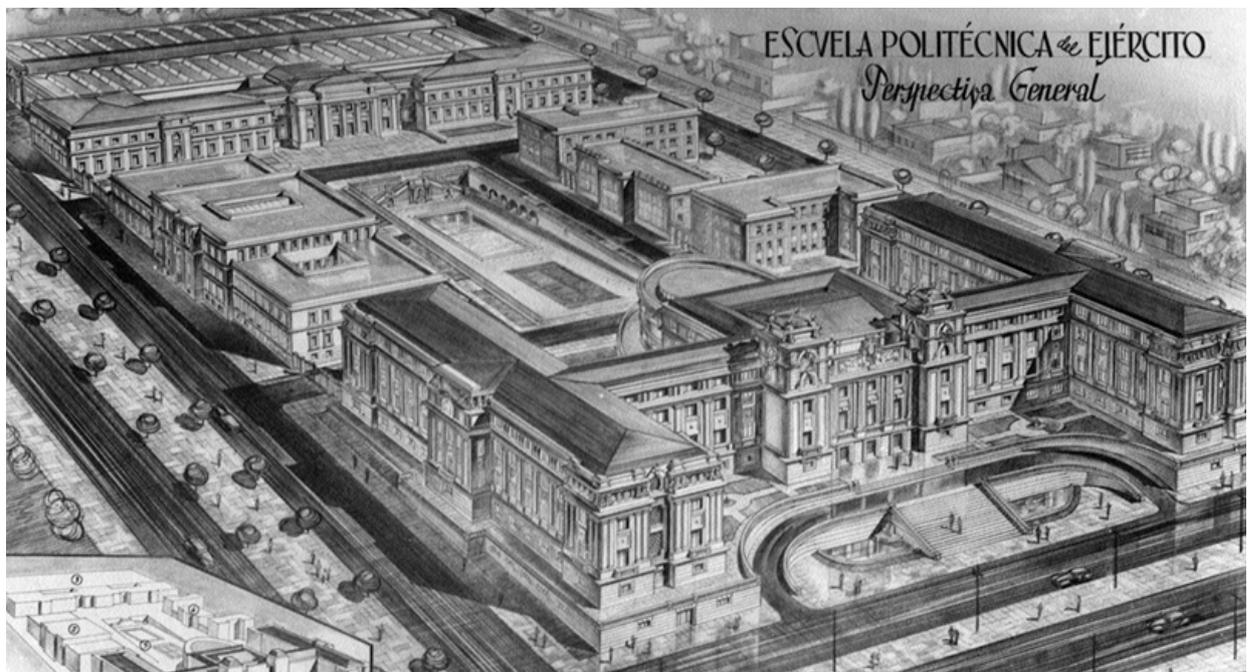


 Figura 6.—Proyecto original.

Todos estos retos, que pueden parecer en algún caso ambiciosos, suponen esfuerzo, tiempo, y recursos (materiales y humanos); pero en principio, para abordarlos, creemos que basta tener amor al servicio y convicción en que con ello se será útil a nuestro Ejército y nuestra Patria... y mantener vivo el entusiasmo, pues mantener vivo ese entusiasmo, o tener la capacidad de recuperarlo inmediata y continuamente, serán la garantía del éxito en el logro de las misiones que se han asignado y se asignen en el futuro a la Escuela Politécnica Superior del Ejército.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.A.V.V. *Proyecto de la Escuela Politécnica del Ejército*. Escuela Politécnica del Ejército, Ejército de Tierra, Madrid 1946.
- BARRIOS GUTIERREZ. “La enseñanza de la Artillería antes del Colegio de Segovia”. *Revista de Historia Militar n° 28*, Servicio Histórico Militar. Madrid 1970.
- GARCIA Y GANS, A. “El C.I.T.A.C. declarado a extinguir”, *Revista Ejército n° 610*, Ministerio de Defensa. Madrid 1990.
- GOMEZ RAMOS, F. J., “Las escuelas artilleras de Tierra en Cádiz: Antecedentes, desarrollo y proyección actual”. *Rev. Espacio y Tiempo N°8*. Fac. C. Educ. Univ, Sevilla 1994. Pp. 99-113.
- GUTIERREZ DIEZ, L. y otros. *Escuela Politécnica Superior del Ejército, 1940–1995*. Madrid, Ministerio de Defensa, 1998.
- LÓPEZ MUIÑOS, J. *Algunos aspectos de la Ingeniería Militar española y el Cuerpo Técnico*. Tomos I y II. SEGENTE. Ministerio de Defensa. Madrid, 1993.
- MADRONA MENDEZ, J. A. y GÓMEZ RAMOS, F. J. “Ingeniería militar de armamento: Un bien de estado surgido del Real Colegio de Artillería”. *Revista de Historia Militar, Número extraordinario con motivo del 250 aniversario del Real Colegio de Artillería*. IHCM. Madrid 2014.
- MUÑOZ, J. M. y otros. *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares*. Madrid, Ministerio de Defensa. 2004.
- PENACHO RÓDENAS, J. “Más sobre el CIAC (A)”, *Revista Ejército n° 589*, Ministerio de Defensa, Madrid, noviembre 1989.



Figura 7.—Personal de la ESPOL (2016).

# FRANCISCO LLOBET EN FERROL

—UN EDIFICIO DEL XVIII PARA EL SIGLO XXI—

*Jesús de Miguel Bravo  
Coronel CIP (EOF). Construcción*

*MAXIMUM SUPREMAE ARTIS QUID VIDERE VOLENTI  
PRAECIPUUM HIC ORBIS ILLI SISTITUR OPUS  
Para el que quiera contemplar una maravilla de arte supremo,  
aquí se presenta el monumento más notable del orbe  
(Dos primeras líneas de la placa conmemorativa en  
la Puerta del Dique, entrada al Arsenal de Ferrol)*



 *Figura 1.—Vista de la Sala de Armas y almacenes de Artillería.*

---

## INTRODUCCIÓN

---

*“El ministro de Defensa ha puesto fin a más de cuatro años de obras. La marinería de los buques en Ferrol tiene un excelente lugar donde alojarse. [...]”, así comenzaba la noticia del Diario de Ferrol del 30 de octubre de 2007.*

En esta ocasión efectivamente el ministro, acompañado de la secretaria de estado, inauguraron las obras que, financiadas por la Armada, durante esos cuatro años estuvo realizando el Servicio Militar de Construcciones. Sirva este artículo a modo de homenaje y recuerdo del Organismo.

La inversión final superó los 12 millones de euros.

¿Pero qué edificio puede tener este privilegio de inauguración y fuerte inversión?

Es LA SALA DE ARMAS proyectada en 1751 para el Arsenal de Ferrol, y dirigida durante ocho años por un ingeniero militar de la Escuela de Barcelona llamado Francisco Llobet, del cual más adelante, esbozaremos su biografía.<sup>1</sup>

---

## PRIMER EDIFICIO DEL ARSENAL DE FERROL<sup>2</sup>

---

El Arsenal de Ferrol pertenece al “Conjunto patrimonial histórico del Ferrol de la Ilustración”. Esta Base Naval fue diseñada y construida en el siglo XVIII tras la designación de la villa como capital del Departamento Marítimo del Norte de España en 1726. Constituye la materialización del concepto ilustrado, que propugnaba la integración de las infraestructuras portuarias (el propio Arsenal), con el apoyo al personal (la ciudad y los cuarteles) y la fortificación defensiva (el Arsenal y los castillos y baterías situados en ambas orillas, así como la muralla y baluartes de la propia ciudad).

Los primeros proyectos para la construcción de un Arsenal en Ferrol datan de 1723, firmados por el ingeniero de la escuela de Barcelona, Francisco Montañú de la Perille, y otros de 1732 del mismo autor, a instancias del entonces comisario del Cuerpo del Ministerio Zenón Somodevilla y Bengoechea, posterior Marqués de la Ensenada, y siendo Ministro de Marina José Patiño.

El nombramiento del Marqués de la Ensenada como Secretario de Marina en 1743 supuso un nuevo impulso a la idea y así, en 1747, dirigió una carta al Comandante General del Departamento Marítimo, Cosme Álvarez, para que presentara un nuevo proyecto de arsenal para la Villa de San Julián de Ferrol, que debía contar con capacidad para 60 navíos de línea, así como con los medios necesarios para la construcción, reparación y aprovisionamiento de la flota. En enero de 1750 se aprobó el proyecto que

- 
1. Francisco Llobet aparece con el número 181 del escalafón que forma Juan López Muiños en su libro *Algunos aspectos de la ingeniería española*, siguiendo la relación del Memorial de Ingenieros de 1911.
  2. Para aquel que, después de leer el artículo, quiera profundizar en el Ferrol de la Ilustración, son imprescindibles los trabajos de dos grandes conocedores y entusiastas del tema, Juan Antonio Rodríguez-Villasante Prieto y Alfredo Vigo Trasancos.





Figura 2.—Frontispicio de fachada Sur.



Figura 3.—Detalle de las escaleras principales.

debía realizarse bajo la dirección de Cosme Álvarez, con la colaboración de los ingenieros de Barcelona Joseph Petit de la Croix y Tomás de Rojas y Zermeño.

Pero las discrepancias entre el Marqués de la Ensenada y los ejecutores de la obra, hicieron que se nombrara al insigne ingeniero y científico Jorge Juan y Santacilia, responsable del proyecto.

El protagonismo de Jorge Juan en la marcha del nuevo Arsenal, se ve reflejado en los tres viajes que realiza a Ferrol entre los años 1751 y 1765.

El insigne personaje de la Ilustración española era gran amigo y asesor de Ensenada, ministro de Marina entonces del rey Fernando VI, en temas relacionados con la Armada.

En julio de 1751 se le ordena a Jorge Juan, que tome las riendas del incipiente proyecto de arsenal, por las constantes discrepancias entre la Corte y la Comandancia de Ferrol.

El ministro Ensenada quería una gran obra, que fuera admirada por Europa. No en vano perseguía un retorno a la prestigiosa España de los Austrias Carlos y Felipe.

Jorge Juan, en apenas dos meses, modifica el proyecto inicial propuesto por Cosme Álvarez (Comandante General de la Armada en Ferrol). Presenta sus trabajos al Marqués y el Rey aprueba, por R.O. de 6 de octubre de 1751, el que se debe considerar primer proyecto del Arsenal de Ferrol que marcará la pauta del futuro.

El proyecto se caracteriza por su racionalidad, con forma rectangular, donde se reflejan dos dársenas, una de maniobras y la otra para atraque y reparación de buques.

En 1753 muere Cosme Álvarez, y a su vez es cesado el que con él ha sido director de la obra, el ingeniero militar Miguel Marín<sup>3</sup>, que nunca estuvo conforme con el proyecto de Jorge Juan.

3. Ingeniero de la promoción de Barcelona 1718.

Por orden de la Corte vuelve a emprender su segundo viaje a las obras de Ferrol (diciembre de 1753 a marzo de 1754). Como Jorge Juan no quiere ser el director de las obras, es nombrado para ello el ingeniero militar sobre el que gira el artículo, Francisco Llobet, y lo hará ininterrumpidamente durante los siguientes ocho años. Como ayudante en la dirección de los trabajos, Llobet va a contar con un joven ingeniero hidráulico de la Armada llamado Julián Sánchez Bort, quién años después tendrá un protagonismo trascendental en la conclusión final de las obras del Arsenal y de la nueva ciudad, conocida como “Barrio de la Magdalena”, que hoy en día es un ejemplo del urbanismo ilustrado y racional.

Es este año 1754, con Francisco Llobet, cuando se da el impulso definitivo a las obras del edificio de la SALA DE ARMAS. Quedan así unidos los protagonistas de esta historia, ingeniero y edificio. Junto a Jorge Juan marcan las trazas definitivas y firman conjuntamente los planos, como el de la fachada Sur y las monumentales escaleras centrales.

De los tres patios proyectados inicialmente, en el gran rectángulo de 100 x 40 m de la planta del edificio, se prescinde del central, proyectando en su lugar dos escaleras monumentales a las que se accede desde la citada fachada Sur tras atravesar un imponente vestíbulo. Todas las mejoras al edificio, firmadas por ambos personajes, tienden siempre en la misma dirección, dar al edificio la grandeza y magnificencia que la monarquía española quiere representar.

En el edificio se ve claramente la influencia de la arquitectura francesa del momento. Su fachada y su escalera imperial siguen las pautas exactas de los tratados de arquitectura que nuestros ingenieros de Barcelona tan bien conocen.

La “Sala de Armas” representará durante años el poder de nuestros monarcas ilustrados, y su escalera imperial superará a la de muchos palacios de la época. Todo ello dentro de una edificación militar dedicada a almacén de armas.

Jorge Juan y Llobet no olvidan la parte industrial del Arsenal, diseñando y empezando a construir los diques de carenar.



Figura 4.—Nueva vidriera piramidal en patios.

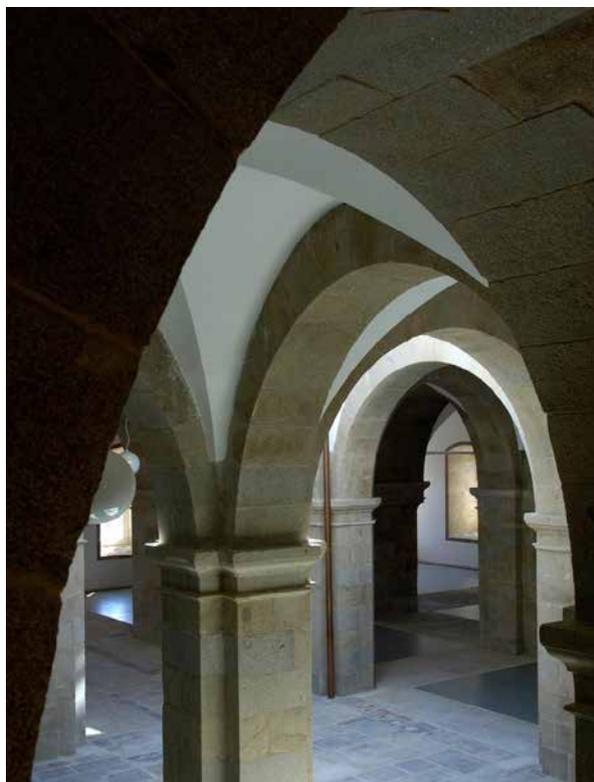


Figura 5.—Arquerías en planta baja.

Pero la situación económica y política iba a dar un vuelco inesperado en España. Es en este mismo año 1754 cuando cae, como ministro, el Marqués de la Ensenada, sucediéndole en la secretaría de Marina, Julián de Arriaga y Ribera. No olvidemos que Zenón de Somodevilla, Marqués de la Ensenada, había sido el gran impulsor y valedor de la implantación en Ferrol de ese fastuoso arsenal, frente a los otros dos enclaves, de La Carraca y Cartagena, que potenciaría su sucesor. Con la entronización del nuevo rey, Carlos III, las inversiones de la obra se ralentizan, y en concreto en 1761 se reducen a la mitad.

El nuevo responsable de la Armada era el Marqués de la Victoria, Juan José Navarro, quien informa al nuevo monarca de que las instalaciones de Ferrol deben rebajarse a la categoría de apostadero, pero potenciando las labores de astillero, para construir y reparar los grandes navíos.

Esto que aparentemente eran muy malas noticias, no lo fueron tanto, puesto que las instalaciones de la parte militar estaban ya muy avanzadas, y era la parte industrial de diques, la que más retraso llevaba, y ahora se potenciaba.

Este mismo año de 1761 toma posesión como Comandante General del departamento de Ferrol, el Conde de Vega Florida. Una de sus decisiones primeras sería construir el nuevo edificio de la Capitanía, que daría comienzo a la implantación del ya referido Barrio de la Magdalena. El edificio se construye en una zona elevada con excelente visión de todo el Arsenal.

A pesar de los recortes, la obra sigue adelante, y por tercera vez se ordena a Jorge Juan hacerse cargo de las obras, con el único fin de reducir gastos. Su estancia se prolongaría de junio de 1761 a junio de 1762.

El nuevo proyecto que se define, lo refrenda el rey Carlos III a finales de ese mismo verano de 1761, y en él ya va a participar la figura emergente de Julián Sánchez Bort.

Con la marcha de Jorge Juan a la Corte, Francisco Llobet deja la dirección de obra en manos de este ingeniero de la Armada.

Aunque se disminuyera su inversión, el arsenal en construcción, es una obra impresionante. Su dársena es la mayor jamás construida hasta entonces, y la zona industrial que, proyecta Sánchez Bort, tiene como ejemplo el edificio que en el proyecto de 1761 lleva el número 26 "TINGLADO PARA ARBOLADURA BOTES Y LANCHAS TABLONERÍA OBRADORES Y SALA DE GALIBOS", construcción apoticada de más de 300 m de largo. La nueva arquitectura que se implanta en estos años finales de la obra, reflejada en dicho edificio, es mucho más sólida y menos adornada. Se prescinde de lo superfluo y se va a lo práctico, sin devaluarse, sin embargo, el concepto de magnificencia de las edificaciones.

---

#### FRANCISCO LLOBET. INGENIERO DIRECTOR DE LAS OBRAS DEL ARSENAL

---

Vamos a terminar el artículo con la biografía de este ingeniero que, como hemos dicho, trabajó ocho años en Ferrol. Se dedicó a ejecutar las obras del arsenal, y en particular el edificio de la gran Sala de Armas y sus almacenes de artillería.

En este plano, firmado por él el 11 de febrero de 1755, refleja el estado en que se hallaban las obras, marcado en rojo lo ejecutado y en amarillo lo pendiente de cimentar.

Llobet nace en 1705, en el seno de una familia oriunda de Perpignan y afincada en Cataluña. Muere en Barcelona en 1785, donde fue Director de Ingenieros del Principado hasta un año antes de su muerte.

Ingresa en el Cuerpo de Ingenieros a la edad de 15 años como Delineador o Ingeniero voluntario, a las órdenes de Isidoro Próspero de Verboóm. Como integrante de su séquito interviene en obras en el norte de África, destinado a Barcelona sale de la escuela como Ingeniero Extraordinario con fecha 13 de diciembre de 1726.

En 1732 se incorpora a la expedición de Orán y al año siguiente a la campaña de Italia, donde su buen hacer es reconocido a su regreso a España, siendo reclamado por el ministro de la Guerra para que forme parte de la Junta de Fortificaciones en Madrid.

Antes de incorporarse, en 1750, como Director de Ingenieros de Galicia, pasa por diversos destinos en Tortosa, Málaga Sevilla, Ciudad Rodrigo y Zamora. Con el cese de su compañero de Cuerpo, Miguel Marín, en 1753 pasa a dirigir las obras del Arsenal de Ferrol. De esta etapa tenemos una extensa colección de planos en el Archivo de Simancas, de los cuales mostraremos algunos a continuación.

Pasa por Santander y Pamplona, y en 1770 se le destina a Cartagena, por la experiencia acumulada en su labor de Ferrol.

Quizás sea el agravio comparativo entre Cartagena y el Ferrol el que decida a la Corona a destinar a las obras de fortificación de Cartagena -a través de una Real Orden, fechada el 23 de febrero de 1704- al ingeniero Francisco Llobet, acompañado del ayudante de ingeniero, su hijo, Rafael Llobet. La Corona apelaba pues al prestigio de un ingeniero con amplia experiencia dirigiendo las obras del Ferrol, con el fin de sacar del punto muerto a unas obras que no llegaban a superar la fase de proyecto, ante las dudas que continuamente generaba. Llobet llega pues a Cartagena en Comisión de Servicios por orden del Rey, representando una nueva opinión técnica que parecía entrar en fricción con la presencia de Pedro Martín Zermeño, como ingeniero brigadier de los Reales Ejércitos y Plazas, y de Mateo Vodopich, como director de las obras en Cartagena<sup>5</sup>.

Ya con 69 años, y tras su duro enfrentamiento con Pedro Martín Zermeño (hijo del Ingeniero General Juan Martín Zermeño), consigue su anhelado puesto de la Dirección de Ingenieros con sede en su ciudad de Barcelona.

En los diez años de su último destino se dedica a las obras del puerto de Barcelona y al Cuartel de las Atarazanas, entre otras.<sup>6</sup>

4. R.O. para que el ingeniero Francisco Llobet pase a Cartagena acompañado del ayudante de ingeniero Rafael Llobet, a dirigir su fortificación. Madrid, 23 de febrero de 1770. AGS.  
 5. Tesis doctoral del arquitecto Guillermo Guimaraens Igual: "El último hálito de la fortificación abaluartada. El fuerte de San Julián de Cartagena".  
 6. Galcerán Villa, M. *Francisco Llobet, ingeniero director en el Principado de Cataluña*.



Figura 6.—Detalle de una gárgola que refleja el nivel arquitectónico de su cantería.

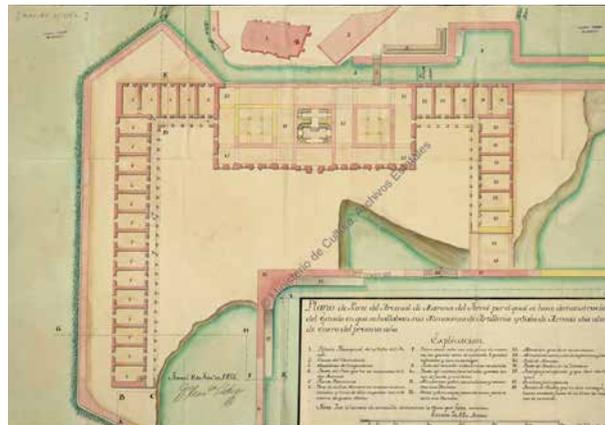


Figura 7.—Sala de Armas y almacenes de Artillería.



Figura 8.—Arsenal y fortificación de Cartagena. Llobet, 1770.

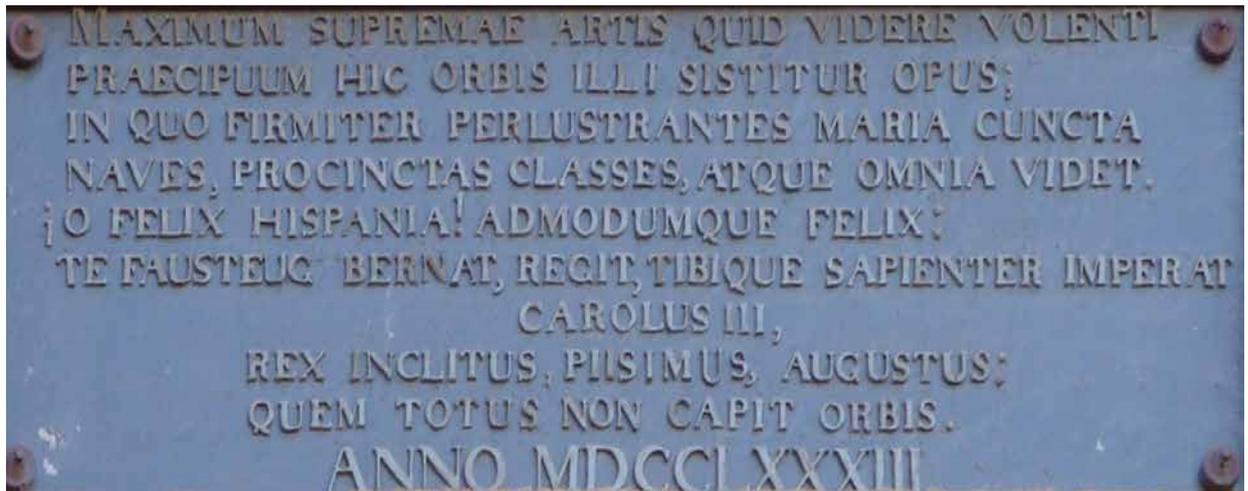


Figura 9.—Placa conmemorativa en Puerta del Dique.

En el Archivo General Militar de Segovia, sólo hemos encontrado su expediente matrimonial, en el que aparece la instancia dirigida por Llobet al Teniente General Ricardo Wall y Devereux, personaje influyente de la corte y, curiosamente, uno de los instigadores en la caída del Marqués de la Ensenada.

En la instancia de fecha 15 de mayo de 1762 dice "... para que mi Muger y mis Hijos si me sobreviven, no tengan obstáculos que vencer, Suplico a V.Ex<sup>a</sup> muy rendidam<sup>te</sup> se digne declarar haverme casado con legítimo permiso de S. Mg<sup>d</sup>....".

## PROCESO DE RESTAURACIÓN DEL EDIFICIO

La íntima colaboración entre la Armada y el Servicio Militar de Construcciones hizo que los contratos de obras en Galicia se multiplicaran. La inversión de los últimos años superó los sesenta y dos millones de euros. Las obras se ejecutaron en las Instalaciones Navales de Ferrol y La Graña, así como en las Escuelas de Marín y Antonio de Escaño.

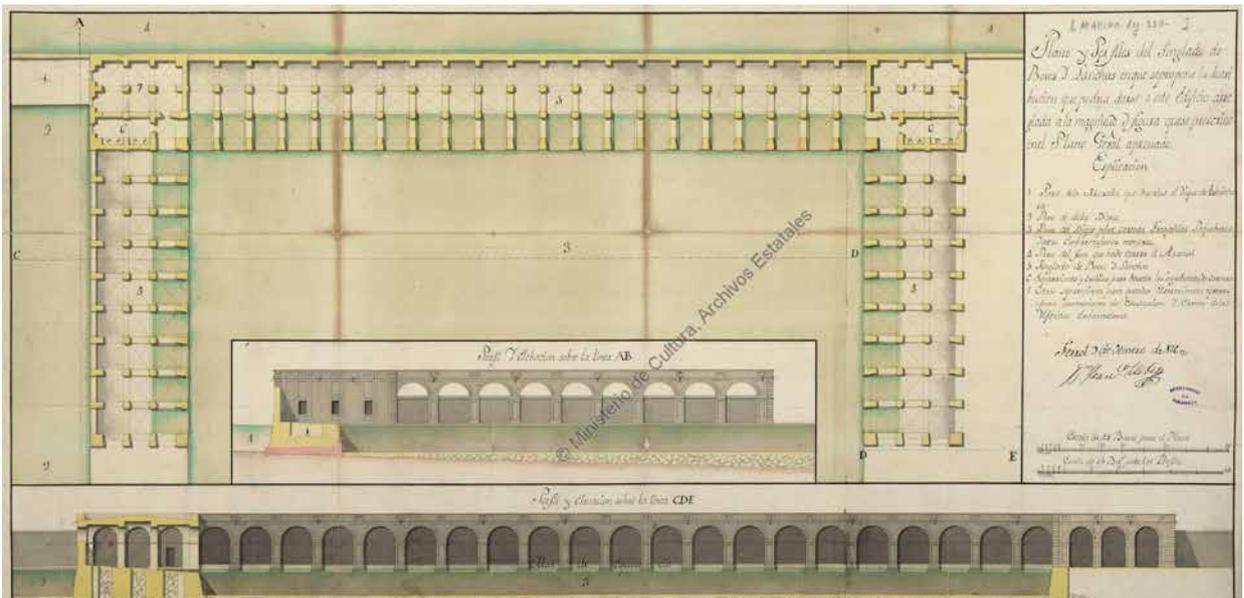


Figura 10. – Plano del Tinglado de Botes. Llobet, enero 1760.

Pero de todas las actuaciones, es la de la Sala de Armas la que ha tenido un significado especial.

La Armada era consciente del valor y trascendencia del edificio, siendo el impulso definitivo el hecho de ser el Arsenal de Ferrol la base de las fragatas F-100. La inversión adecuaría la construcción para dedicarla a las necesidades de Residencia Logística de Marinería y sede de las oficinas de la 31ª Escuadrilla de Fragatas F-100.

### El uso en el tiempo

Los dos siglos y medio de uso ininterrumpido fueron colonizando y variando su arquitectura. Se fueron haciendo obras para adaptarlo a los usos del momento, lo que llevó a utilizar los grandes volúmenes en diversas compartimentaciones. Así, en las plantas bajas del edificio central, nos encontramos con forjados de entreplantas atacando directamente a las canterías de granito.

El uso y el paso del tiempo, en una zona marítima tan expuesta a la salinidad, acabó exfoliando y disgregando las sillerías de granito del edificio.

### El proyecto

En el edificio central, Sala de Armas, se liberaron las fábricas originales, y las nuevas necesidades de uso deben tener con ellas el mínimo roce. Se devuelve al edificio el concepto original de las tres cajas de luz, siendo la central la que lleva integradas las dos escaleras principales.

La dificultad y el reto eran recuperar del edificio su valor histórico, y a la vez cumplir con el amplísimo programa de necesidades a incluir en su interior.

Los hitos que se siguieron en la recuperación de la arquitectura original fueron:

- Limpieza y apertura de los patios, restaurando la luz hacia las zonas abovedadas de planta baja.
- Limpieza de las paredes interiores del contenedor pétreo, con el fin de dejarlas exentas.

- Restauración de la piedra de fábricas interiores y exteriores. Este tema merecerá un apartado especial

- Se demolieron todas las edificaciones adosadas y sobrepuestas en los almacenes.

- Se simplificó el ático del bajo cubierta eliminando las buhardillas y sustituyendo la pizarra por una cubierta de cinc.

### El programa de necesidades

La superficie total de actuación fue de 23.760 m<sup>2</sup>, distribuida sucintamente de esta forma:

- Edificio central 14.700 m<sup>2</sup>, para dormitorios de marinería en plantas primera y bajo cubierta (278 camas), y salas de exposiciones en la planta baja, así como la Jefatura de la Escuadrilla.
- Ala Oeste 5.540 m<sup>2</sup>, para comedores, cocina, cafetería, sala de máquinas y lavandería.
- Ala Este 3.520 m<sup>2</sup>, para otras dependencias de la Escuadrilla.

A continuación repasaremos de forma más gráfica algunos de los hitos definidos anteriormente.

### Los patios de luz

Se procedió a la limpieza y apertura de los patios, altamente deteriorados por las escaleras de acceso a los locales de bajo cubierta.

Vemos como la luz se consigue llevar a las salas hipóstilas de la planta baja.

### Las cubiertas

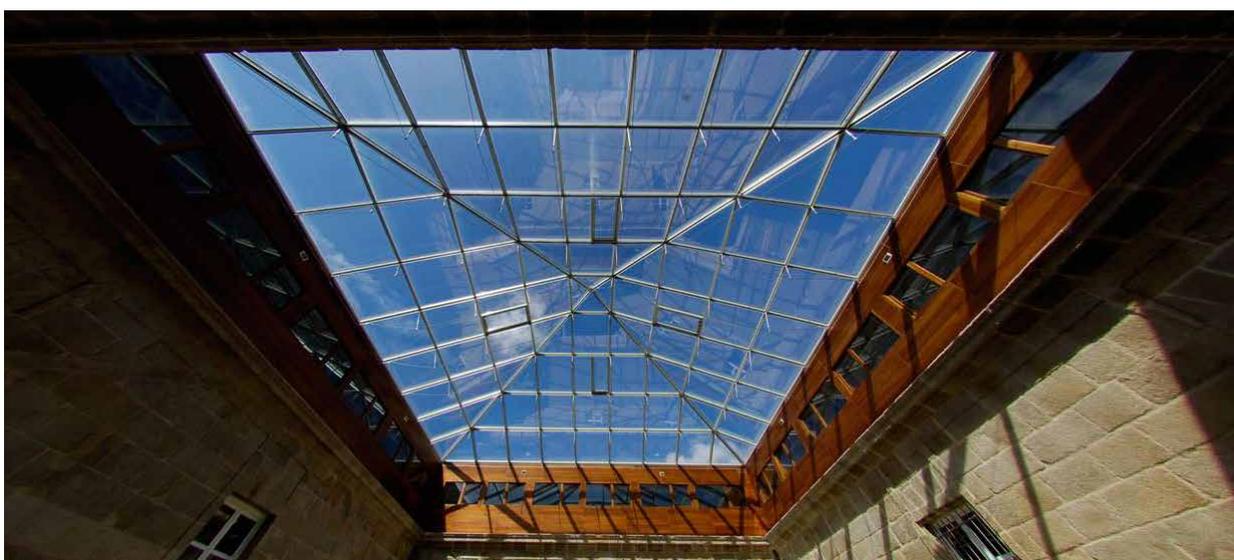
Se transformó el aspecto general de las cubiertas, quitando protagonismo al recrecido realizado en el bajo cubierta a mediados del s. XX. Desaparecen con la reforma las molduras de abuhardillados y lineales que tenía la cubierta de pizarra anterior. Se colocaron más de 9.000 m<sup>2</sup>



de bandejas de cinc negro, siendo este material el empleado también para cubrir los antiguos almacenes de artillería, alas este y oeste.

El otro elemento de cubierta, con protagonismo propio, es la pirámide acristalada que cubre cada uno de los patios.

Es una estructura muy ligera, de perfiles armada a pie de obra, atirantada espacialmente mediante cables de acero.





### Las instalaciones

Fue uno de los hitos más complicados de ejecutar. Nos encontramos con una caja de muros de sillería y toda una planta baja formada por bóvedas impene-trables. La solución fue subir la zona técnica al bajo cubierta y desde arriba, en forma de paraguas, ir ali-mentando de luz, agua y contraincendios todas las plantas inferiores. La alimentación a esa zona técnica se logra mediante una galería subterránea, desde el centro de transformación y la sala de bombas de calor, hasta alcanzar en vertical el hueco que generó la necesidad de ascensor.

### La restauración de la piedra

La degradación de las fábricas de piedra era general. Por un lado la acción de la intemperie y por otro las múltiples actuaciones llevaron a la situación que mostramos en algunas imágenes.

La inversión en la restauración superó el millón de euros.

Se procedió a eliminar los restos de cementos y re-parcheos mediante una limpieza mecánica en seco, con instrumentos desincrustantes adecuados (espátulas, escalpelos, etc.). Tras dejar el soporte sin rastro de elementos añadidos, se efectuaba una limpieza general ayudándose de aspiradores, brochas y cepillos para la eliminación de polvo en superficie, palomina, y



cualquier otro agente externo. Para la suciedad más incrustada se proyectó agua atomizada y para la más persistente un micro abrasivo de fibra de vidrio, proyec-tado a presión controlada (1-1,5 atm). Así mismo esta limpieza nos procuraba un soporte saneado en super-ficie, ya que el grado de arenización de la piedra era bastante alto. Los morteros de cemento, y los originales de cal (en mal estado), se eliminaron para restituirlos por un nuevo mortero bastardo de cal. Mediante macetas y cinceles, y poniendo especial atención en no dañar los bordes de los sillares, se fueron eliminando las juntas hasta una profundidad de 1,5 a 2 cm como mínimo. Una vez abiertas, saneadas y eliminados los morteros, se desengrasaron mediante lavados con agua y tricloroetileno para asegurar una buena adherencia de los

nuevos morteros. Las abundantes colonias de hongos y líquenes, así como las generalizadas manchas de verdín, fueron eliminadas tras un tratamiento biocida.

Cuando la degradación de la sillería hacía necesaria una integración e injerto de piedra nueva, se hacía con granito en su variedad de tostado. Los injertos para la reintegración parcial de piezas consistían, tras cajear previamente las zonas a sustituir, en la realización de las diferentes plantillas para posteriormente labrar las piezas a medida. Una vez talladas y afinadas las piezas, se colocaban mediante el pegado con resina epoxi, y practicando cosidos espaciales para anclar a las originales con varillas de acero inoxidable. Tras comprobar su consolidación estructural se afinaba o retallaba cada injerto *in situ* cuando era necesario.

La enorme cantidad de sales solubles que afloraban a la superficie de las fábricas, se traducían en descohesión y arenización del material pétreo. El protocolo

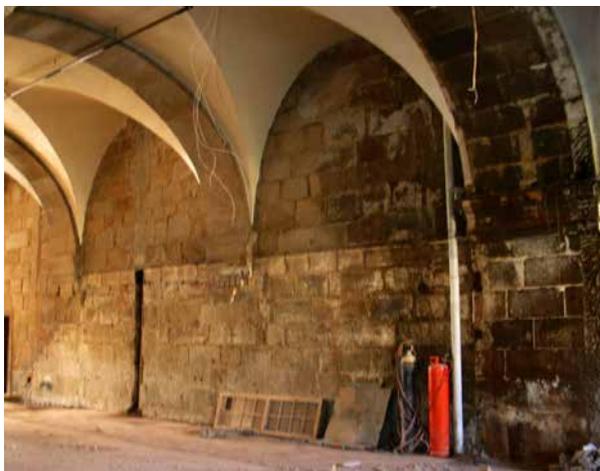
a seguir en estos casos no asegura la erradicación de las mismas, ya que la humedad ambiental aporta continuamente un grado alto de salinidad a la superficie de los materiales. La facilidad de su eliminación estaba relacionada con la solubilidad del tipo de sal, por ello, el lavado de las zonas más afectadas con alcohol etílico nos parecía lo más apropiado, pues la rapidez de su secado no favorecía la movilidad de las sales.

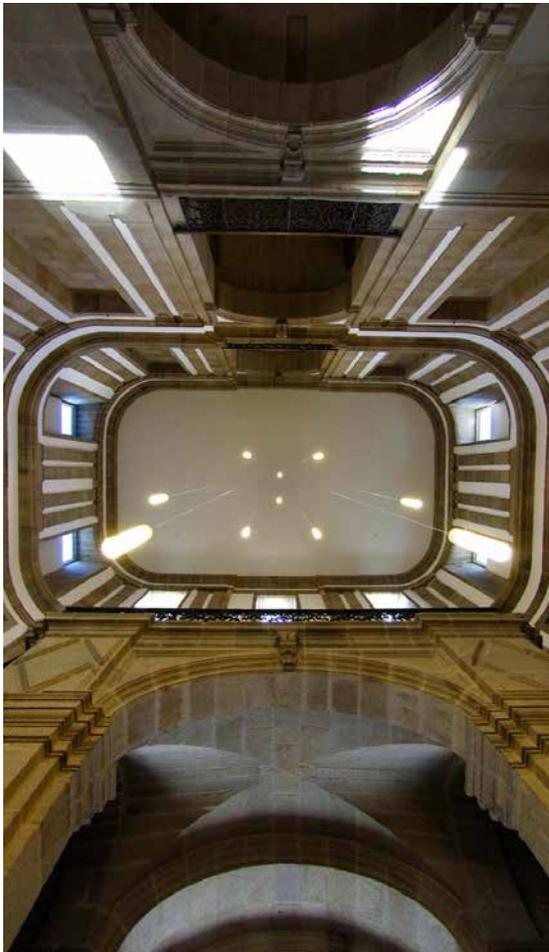
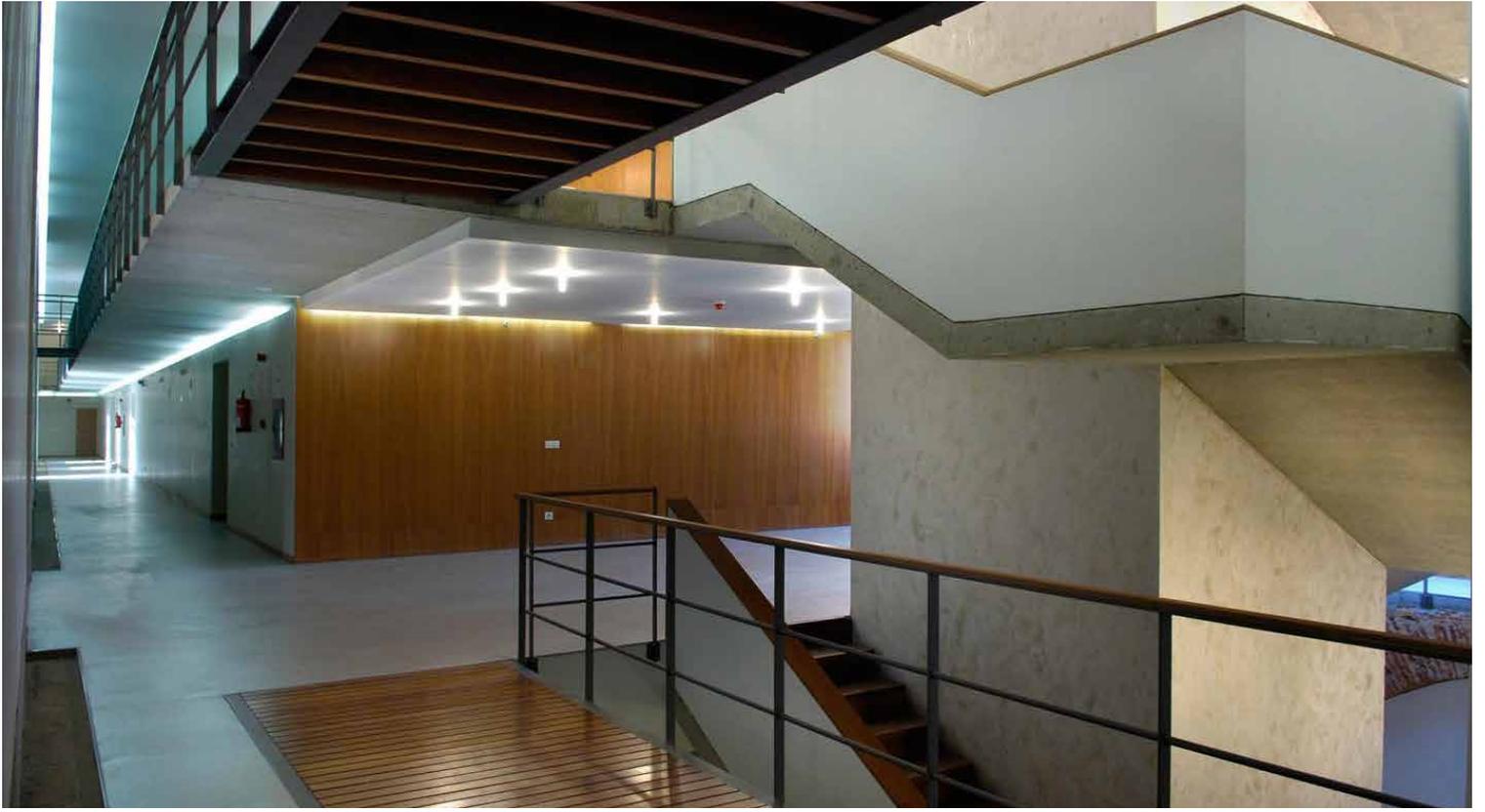
Por último se procedía a la entonación cromática de las nuevas piezas injertadas. Se evitaron los tratamientos de acabado, orientados a restablecer la unidad cromática de la obra, y que suponían intervenir directamente sobre la superficie original teniendo una única justificación estética. Se tuvieron en cuenta las condiciones más adecuadas para garantizar una correcta aplicación del tratamiento. Todas las aplicaciones se realizaron mediante veladuras, no alterando en ningún caso las características de la obra (aspecto, brillo o color.)

---

## RESULTADO FINAL

---







# VENTURAS Y DESVENTURAS DE LA OBRA DEL CUARTEL DE SAN CARLOS SANTA CRUZ DE TENERIFE, AÑO DE 1850

POR LUIS MUÑOZ Y FERNÁNDEZ VÁZQUEZ  
CORONEL DEL REAL CUERPO DE INGENIEROS  
DESCUBIERTA Y TRANSCRITA POR  
JOSÉ MANUEL PADILLA BARRERA, TENIENTE CORONEL  
DEL CUERPO DE INGENIEROS POLITÉCNICOS

*José Manuel Padilla Barrera  
Teniente coronel CIP (EOF). Construcción*

## INTRODUCCIÓN

En la mañana del lunes 13 de enero de 1851 el coronel Luis Muñoz y Fernández Vázquez, Ingeniero Comandante de la Comandancia de Obras de Santa Cruz de Tenerife, depositó en un nicho, preparado al efecto, sobre el dintel de la 2ª cuadra (dormitorio de tropa), de las dos que hasta ese momento había construidas en la obra del cuartel de San Carlos, una sencilla arqueta que contenía un frasco de cristal de los utilizados en farmacia en cuyo interior colocó, cuidadosamente enrollados, una escalilla del Real Cuerpo de Ingenieros del año anterior, un listado de todos los empleados y operarios que habían trabajado en la obra, una memoria de todas las obras realizadas durante ese año de 1850 en el distrito de la Comandancia de Obras y, finalmente, varios pequeños sobres conteniendo distintas semillas; el frasco, con su tapón de cristal perfectamente sellado, fue envuelto con el último número publicado de *El Avisador de Canarias*. Colocada también una colección de monedas de curso de la época con la efigie de Isabel II en el interior de la arqueta, ésta quedó firmemente cerrada con ocho fuertes clavos que fijaron su tapa.

Utilizando una pata de cabra, en 1978, otro ingeniero militar abrió esa arqueta, después de haber descubierto su existencia, buscarla y rescatarla antes de que la piqueta municipal procediera a la demolición de la casi totalidad del cuartel. En ese rescate se encontró con la sorpresa de que había también algo que no figuraba en los documentos consultados: junto a la arqueta había dos botellas de vino, tinto y blanco, ambas con una etiqueta que indicaba su año de cosecha, 1850. El ingeniero Luis Muñoz, 127 años atrás, ofrecía un brindis al compañero que sacara a la luz su arqueta.

Es ese ingeniero militar el que estas líneas escribe. He publicado artículos y pronunciado conferencias sobre este tema, pero siempre explicando y comentando el documento encontrado, nunca transcribiendo directamente los escritos de nuestro antecesor que, por cierto, están maravillosamente redactados, con su lectura se podría levantar un plano de las obras que describe. Resulta muy interesante y curioso lo que relata sobre las cubiertas planas en Canarias, en las que se confiaba la impermeabilización al mazapéz (arcilla volcánica fuertemente expansiva que con la humedad se hace impermeable). Pero hoy, ante unos lectores que son sus herederos directos y respetando su texto tal como lo escribió, es el momento de dejarle que se libere y nos cuente sus graves problemas en la obra del cuartel de San Carlos, que reconoce que proyectó y ejecutó por efecto de obediencia. Dejémosle hablar:

## CUARTEL DE SAN CARLOS

*"[...]. El 21 de Mayo [de 1850], acopiados materiales para dar principio a los trabajos del nuevo Cuartel de San Carlos aprobado por R. Orden de 4 de Enero de 1848, previa la orden del Excmo Sor. Brigadier Director Subinspector de Ingenieros de estas Yslas, y el necesario permiso del Excmo Sor. Gobernador militar de la Plaza, e igualmente de acuerdo y consentimiento del M. Y. Ayuntamiento de esta Capital, por haberse considerado ventajoso al aspecto y servicio publico el variar la dirección de las calles que corresponden á los lados del S. y del E. del Cuartel y reformar el piso de la del Humo, que corresponden al lado del N. ; y por consecuencia de esta ultima variación el piso de la calle de San Telmo, a cuya dirección se ha arreglado la nueva*



disposición de la calle de la Muralla frente al lado del E. del Cuartel; mas ha quedado sin la Noria y estanque de su huerta por la transación de que se hará relación.

### Concepto sobre el local

Ante todo considero de mi dever reproducir mi opinión manifestada en la Memoria que acompañó al plano del proyecto que se me mandó hacer para este local, sobre su poca acertada elección, por las desventajas que ofrece, no solo por el mayor gasto que ha ocasionado y ocasionará el gran desnivel del terreno que comprende; que lo hace mucho mas costoso que el que hubiera tenido la misma obra en el que señalé; en la memoria (como muy preferente entre el Camino de los Coches y el Hospital Militar; y por la notable diferencia de costo de este reducido espacio de terreno ó solar, é inutil ó poco aprovechable edificio antiguo, comprado con las fanegadas de tierra que con el mismo capital hubiera podido comprarse en el otro punto, que contiene pedreras ó canteras para toda la fábrica; y demas ventajas de gran interes referidas e indicadas en la memoria; sí no lo que es mas importante; que hay lugar á creer q̄ este local es insalubre por estar bajo, al nivel de la playa; y en una cañada donde los efectos del Sol son sofocantes casi todo el año; y descubierto a los vientos del E. y S. que tan mal efecto hacen en estas Yslas, que ocasiona generalmente el desazonados siempre que soplan de esta parte; y se ha observado que desde el mes de Mayo al de Diciembre; que es el tiempo en que se han hecho los trabajos, no havido un solo operario ni empleado de unos 120 que de ordinario se han empleado en ellos; que no hayan tenido que retirarse por enfermos, una ó mas ocasiones, y de gravedad algunos, y no pocos de, males en su vista; ser esta playa donde arrojan las basuras la mayor parte de los vecinos de este Barrio, que es el mas pobre de la población y el mas inmundo, por carecer las casas de agua y muchas de comunes y sumideros; por los malos olores que ecsala la playa en las bajas mareas; y por que las brisas, que son los vientos reynantes lleban hacia el Cuartel esta fetidez y es opinion muy general, hasta de los facultativos, que las oftalmias ó males en la vista que padecen con generalidad los Soldados acuartelados en el, que ha dejado ciegos a algunos, son ocasionados por estos accidentes; pues se observa, que siendo muy general esta enfermedad en los que habitan este Cuartel, es muy raro

en la tropa de la Brigada de Artill<sup>a</sup>, de la misma guarnición que está acuartelada en una casa del Barrio opuesto de la población; situada unas 24 varas mas alta que la playa, aunque á la misma distancia de ella que el Cuartel nuevo de S. Carlos.

De la fecha en que se hizo el proyecto á la de hoy se le añadido un defecto de no poca consideración, por haber quedado sin la Noria y estanque por la transación hecha antes de verificarse la compra de este edificio y Huerta por el M. Y. Ayuntamiento de esta Capital, con el propietario colindante el Teniente Oficial Archivo D. Pablo Cifra; pues priva al cuartel del agua que necesitava p<sup>a</sup> regar y asear el edificio, y especialmente para las cocinas y comunes; y han sido infructuosas cuantas gestiones ha hecho esta



Figura 2.—Interior de una cuadra.

Comandancia cerca del Teniente Cifra, para conseguir que de la Noria que fue construida para el servicio de la Casa de Beneficiencia en la Huerta del mismo durante el mando en estas Yslas del Excmo Sor. Marques de Branciforte, facilitase alguna agua de ella; aunque solo fuese una ó dos pipas de agua diària, para el aseo de los comunes, no obstante poderse dirigir el agua por cañeria á un pequeño deposito que se propuso hacer con este objeto, y sin que fuese necesario entrar persona alguna en sus campos; habiendo llegado su negativa y poca consideración á que habiendose dirigido (sin intención) los derrames ó vertientes de la azotea del pequeño comun del Cuartel de Artilleria al Campo, que por la transacion de que vá hecho merito ha venido á ser suyo, y que mas bien que daño le es veneficioso, ha

ecsigido se dirijan dentro del Cuartel, habiendo sido preciso en consecuencia lebanar las maderas de la azotea, y sentarlas nuevamente para dar dirección á las aguas al interior del Cuartel; y haun pidió en una de sus Ynstancias se cerrasen los pequeños huecos que p<sup>a</sup> luz y ventilación se dejaron al Comun, que se construyeron altos, inmediatos a las soleras de asiento de las vigas de la azotea, como permiten las leyes y practica, que no dejan registro alguno de su campo; y aun está pendiente esta resolucio; sobre que informó esta Comandancia en 2 de Junio ultimo con bastante estension.

### **Concepto de Gefé que suscribe sobre el Cuartel**

*Mi deber y conciencia no me permiten dejar pasar en silencio estos accidentes tanto mas cuanto que el proyecto aparece formado por mi; cuando ha sido solo por efecto de obediencia; y por cuya razón presenté en la memoria que acompañé al plano varios de estos inconvenientes para su elección.*

### **Consideraciones sobre la continuación de la obra**

*Como me he encontrado desde el principio de los trabajos, sin Maestro, y con solo un Celador que ha facilitado en clase de auxilio la Comandancia de Las Palmas, que como nuevo en esta clase de servicio, y sin practica ni conocimiento de las faenas de esta clase de obras; y aunque por esta extrema falta de auxilios he tenido precision de hallarme todos los días en el punto de la obra al empezar los trabajos, y pasar de 4 á 6 horas diarias en el, al menos, para trazar labor de piedra y disponer hasta las menores faenas. Y lo cual he practicado a pesar de haber sufrido como todos, varias indisposiciones de salud, no obstante mi privilegiada robustez; pero no he podido evitar un exceso de gastos y perdidas ya de tiempo ya de materiales de bastante consideracion, habiendose agregado el tener que pagar por entero el jornal á los operarios que se retiraban por enfermos, a lo menos por el día en que lo hacian; y esto acaecia todos los días. A otros cuatro operarios que se han lastimado por caídas de andamios ó golpes, se les ha abonado por antigua y justa practica sus jornales durante sus males, sí al menos la mitad.*



*Habido también perdidas por haberse acabado la piedra en la cantera, cuya cantería se usaba; que ha trastornado la marcha regular de los trabajos en bastante consideracion; así como por falta de agua para la mezclas varios dias. La falta de madera para andamios, que por escasez y prohibición de cortes, no se han podido conseguir las necesarias hasta el mes de Noviembre, ha obligado á servirse de prestadas, y ha sido necesario devolver algunas á sus dueños interrumpiendo la marcha ordinaria de los trabajos y siempre han estado escasas; y las faenas de cambiar andamios ha invertido muchos jornales sin utilidad.*

*Tambien contribuye al aumento de gastos el alto precio que desde que se formó el presupuesto á la fecha han tomado las maderas; por la gran escasez que cada dia se aumenta en estas Yslas, y haber sido preciso comprarlas al unico comerciante que las espende.*

*Por la no costumbre de hacer contratas de materiales para fabricar en el Pais, y carecer de empleados que poder destinar al beneficio de canteras y labor de las piedras, ha sido preciso comprar la cantería á un precio mucho mas alto que el que se supuso poder conseguirla cuando se hizo el presupuesto; y en fin se han reunido porcion de accidentes desventajosos para la conveniente economia y adelantos, pero inherentes á las circunstancias del pais, pues no habido epoca anterior en que se hayan hecho obras de consideracion; y en el presente año hay 4 en grande escala en esta Plaza; á saber el nuevo Muelle, un Teatro y una Plaza de abastos de nueva planta; mas nuestro Cuartel; y ha sido un bien incalculable para el pais, pues sin las obras hubieran perecido de necesidad muchas de las familias de los empleados en ellas, habiendo venido con este motivo muchas familias á esta Ysla de las de Gran Canaria, de la de Fuerteventura y de la de Lanzarote, pero esto mismo ha hecho necesario emplear operarios poco haviles, ó simplemente braceros, poco a proposito para los adelantos regulares en las fabricas; no obstante lo cual la fabrica es de la mayor solidez y buen aspecto, con notable ventaja á todas las de la poblacion.*

### **Necesidad de auxilios p<sup>a</sup> la direccion de los trabajos**

*Por estas fundadas razones soy de parecer, que sin el auxilio de un Oficial del Cuerpo para el Detall, y maestro de Obras y mejor Maestro Mayor, no debe continuarse la obra, pues aumentaria considerablemente su costo, y si la Divina Providencia me ha favorecido este año, tal vez no podre resistir otro año, y sin una continua asistencia de persona celosa é inteligente en fabricas no debe continuarse; la vigilancia de los trabajos es muy necesaria por que son de la obra pocos los operarios inteligentes para esta clase de trabajos, y por cuya razon para no distraer á los empleados de necesaria asistencia, he pasado todos los dias á dar la orden al punto.*

### **Descripcion de la fabrica**

*La Cuadra que es de 42 varas largo 13 de ancho y 8 de alto interiormente y 27 pulgadas de grueso sus paredes, tiene dos puertas en su frente de 6 por 10 pies de luz(La una se ha condenado y solo presenta la silleria del hueco, pues se ha hecho con solo el objeto de simetria) otra en el testero opuesto de 4 por 7 ¼ pies para mas fácil comunicacion para los comunes; 8 ventanas en cada costado y dos en el testero que corresponde á los cuartos del Sargento 1º y de aseo, de 5 por 9 pies de luz.*

*La cantería labrada del zocalo que es de 32 pulgadas de altura en dos hiladas; las esquinas, huecos de puerta de un pie sus fajas; y ventanas de 9 pulgadas ancho de su fajas; cornisa de 12 pulgadas de alto y 14 de vuelo, y cordon de su remate de 6 pulgadas grueso; las bases de los 7 pilares con 42 sillares de 24 pulgadas sus lados mayores y 12 por 16 pulgadas en sus cabezas, que sostienen los 8 arcos que dividen la cuadra y las semipilastras del testero para los arcos del portico y los interiores, son de una cantería nuevamente descubierta en el sitio llamado los Campos, media legua al N. de la Poblacion; y de que se ha usado en esta fabrica, así como en el nuevo teatro, y Plaza de abastos que se estan lebandando al mismo tiempo hasta que se*

De la vuetta . . . . .

Plano. n.º

1.263 1/2

Obras Extraordinarias.

Cuartel de San Carlos } El 21 de Mayo, teniendo acopia  
 dos materiales para dar princi-  
 pio a los trabajos del nuevo Cuar-  
 tel de San Carlos aprobado por R.  
 orden de 4 de Enero de 1848, pre-  
 via la orden del Excmo. Sr. Bri-  
 gadier Director Subinspector de  
 Ingenieros de estas Islas, y el nece-  
 sario permiso del Excmo. Sr. Gene-  
 ral Governador Militar de la Pla-  
 za, e igualmente de acuerdo y con  
 consentimiento del M. Y. Ayun-  
 tamiento de esta Capital, por ha-  
 berse considerado ventajoso al as-  
 pecto y servicio publico el variar  
 la direccion de las calles que corres-  
 ponden a los lados del S. y del  
 E. del Cuartel, y reformar el pi-  
 so de la del Helmo, que corres-  
 ponde al lado del N.; y por con-  
 secuencia de esta ultima varia-  
 cion el piso de la calle de San  
 Felmo, cuya direccion se ha arre-

1.263 1/2

279

Figura 3.—Una de las páginas del documento descubierto.

ha concluido esta clase de piedra en la cantera; y y de la que se remitirá muestra al Gavinete Tecnológico del Cuerpo, así como de la que á esta ha remplazado; lo cual ha obligado á buscar otra lo mas igual ó semejante posible, en vista y consistencia á la empleada en esta fabrica, pero que ha resultado mas claro de color (casi blanco) la que se ha hallado en el Balle de San Andres distante 11/2 legua de la poblacion, y que hay que conducir por mar, por ser impracticables los caminos ó veredas entre estos puntos.

Cuyos accidentes han ocasionado bastantes atrasos y perdida en las 3 fabricas, habiendose suspendido los trabajos por algun tiempo de las otras dos fabricas, y no los del Cuartel por la variedad de clases de fabrica que ha ofrecido el curso de ellos, si bien han ocasionado atrasos y perdidas sensibles.

### 1ª Cuadra

La fabrica de la 1ª Cuadra está compuesta de 233 varas<sup>3</sup> de maposteria de piedra viva en sus cimientos; de 758 varas<sup>3</sup> sus paredes y pretiles, de la misma clase de piedra, que es la preferente para fabricas en el pais; de 197 varas<sup>2</sup> de silleria; 27 lineales de cornisa, en su frente y angulos de la espalda; 116 2/3 varas lineales de cordon ó sea remate de la fabrica.

El pavimento está haun terrizo por no haber se podido conseguir las losas del n° 1 que estan pedidas hacen mas de 6 meses; y solo se han recibido para el embaldosado de las calles y pavimento del almacén.

Las puertas, ventanas, soleras, vigas, riostras y tilla que sostienen la azotea son de madera de tea numero 48, y la azotea que es de 520 varas<sup>2</sup> está compuesta de 202 vigas de 7 varas largo y 8 por 4 pulgadas de escuadria, arriostradas con dos cadenas en toda la longitud de cada uno de sus lados; de una capa de rajás de la misma madera de 2 pies de largo, tendidas sobre las vigas en sentido perpendicular á ellas tilla cubierta y sujeta con una capa de torta ó barro de tierra; la mazapez, mezclado con paja de rastrojo de trigo, que pisonado queda de unas 2 ¼ pulgadas de espesor; de otra capa de la misma clase de torta de doble espesor que la primera despues de bien pisonada; y sobre esta otra capa de hormigon formado de 3 partes de cal y 5 de zahorra, que fuertemen-

te pisonado queda reducido su espesor á unas 4 ½ pulgadas, alisada ó bruñida su superficie con callaos por espacio de 3, 4 ó mas días. [...]"

Y así, con este detalle, sigue el ingeniero describiendo las obras ejecutadas: la 2ª cuadra, el aljibe y otras menores. Tal como temía en sus objeciones al proyecto, la marcha de los trabajos fue desesperadamente lenta. Cuando el cuartel se terminó, por fin, en 1875, Luis Muñoz había pasado por Baleares, por Galicia ascendido a brigadier y se encontraba retirado, hacía 12 años, en Membrilla, su pueblo natal. Estoy seguro de que la angustia y desazón que trata de transmitirnos en su escrito, serán comprendidas por todos, porque ¿quién de nosotros no ha pasado por una situación similar? Creo que eso es lo que él pretendía al depositar la memoria de su obra en la arqueta que descubrí hace 38 años: ser comprendido.

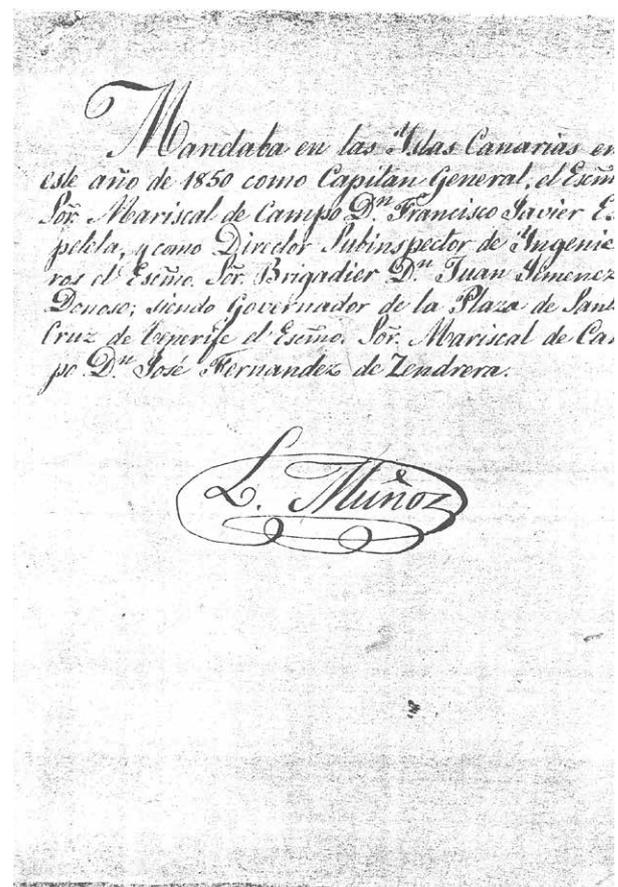


Figura 4.—Portada de la memoria.





# APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA EN SISTEMAS MILITARES. PROTECCIÓN PERSONAL

*Jesús C. Gómez Pardo.  
Coronel. CIP. (EOF) Armamento*

## INTRODUCCIÓN

En el pasado número del Memorial se analizó la contribución de las nanotecnologías (NT), consideradas las tecnologías estratégicas con mayor potencial disruptivo, capacitador y de desarrollo, a los actuales y futuros sistemas militares, centrándose en las Áreas de Actuación Funcional (AAF) de armamento, ISTAR<sup>1</sup> y plataformas. El análisis se hizo de acuerdo con la taxonomía propuesta por la Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa (ETID), que define 6 AAF, y utilizando como marco de referencia el concepto OTAN de la batalla del futuro. En el presente artículo se va a analizar el AAF de protección personal centrándose en las tecnologías del combatiente.

## PROTECCIÓN PERSONAL

El SISCAP<sup>2</sup> es en sí mismo un auténtico sistema de armas que abarca multitud de tecnologías y en los que la aplicación de las NT será clave como veremos a continuación para potenciar su desarrollo. El gran reto para el sistema es que el combatiente sea capaz de combatir durante 24 horas, sin requerir apoyo logístico, con un peso máximo de 25 kg. Este reto está aún bastante lejos de conseguirse. Requiere avances en la miniaturización de los distintos subsistemas del combatiente y es aquí donde las NT entran en juego ya que permitirán reducir el peso por unidad de volumen, el consumo de energía para funciones específicas y el desarrollo de productos específicos que proporcionarán al combatiente todas sus funcionalidades.

Con estos logros tecnológicos, el soldado del futuro estará integrado en red y se caracterizará por su capacidad de supervivencia y gran letalidad basadas en una alta movilidad, elevada protección, capacidad de auto-apoyo, inteligencia y conciencia situacional. Las NT facilitarán los despliegues y las operaciones

incrementando la probabilidad de supervivencia del soldado y disminuyendo los daños colaterales.

Esta AAF engloba todas aquellas funciones relacionadas con la protección del combatiente ante todo tipo de amenazas, incluidas la amenaza NBQ y los artificios explosivos improvisados (IED). Asimismo, incluye las tecnologías orientadas a la detección, identificación y neutralización de estas amenazas. Las tecnologías del combatiente se analizarán siguiendo la siguiente organización funcional en subsistemas:

- Ss1 Armamento;
- Ss2 Fuente de Alimentación;
- Ss3 Eficacia de Fuego;
- Ss4 Información y Comunicación;
- Ss5 Supervivencia;
- Ss6 Sostenimiento; y
- Ss7 Preparación.

### Subsistemas “Armamento” y “Eficacia de fuego”

El combatiente dispondrá de un **armamento ligero** de elevada precisión, con capacidad de tiro indirecto y remoto, que utilizará municiones optimizadas y que estará conectado a su PDA<sup>3</sup>/teléfono móvil, al visor y a la red de sensores distribuida del campo de batalla.

Se utilizarán nano-materiales, en forma de compuestos poliméricos para su fabricación, y materiales adaptativos para la fabricación de **estructuras inteligentes capaces de corregir el tiro** contrarrestando los movimientos no deseados que el combatiente realiza en el momento de hacer fuego.

El fusil de asalto tendrá **capacidad de tiro indirecto y remoto**. El arma estará dotada de un disparador no mecánico que podrá activarse desde el PDA/teléfono móvil o el casco inteligente, permitiendo al combatiente disparar desde una posición en cubierto utilizando una cámara y una pantalla LCD<sup>4</sup>. La capacidad de fuego remoto permitirá accionar el arma a distancia e incluso, que pueda ser accionada por otro compañero.

1. *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance.*

2. *SIStema Combatiente A Pie*, nuevo programa que surge tras la revisión de los requisitos del antiguo programa *COMbatiente FUTuro* (COMFUT).

3. *Personal Digital Assistant.*

4. *Liquid Crystal Display.*

Otras tecnologías que podrían integrarse en el futuro armamento ligero del combatiente serían:

- **Identificadores por radiofrecuencia** (RFID).
- Sistemas que faciliten el **reconocimiento e identificación del blanco** (micro-cámara infrarroja, micro-radar, sensores de radiofrecuencia, sistemas de Tera-Hertzios, etc.);
- **Comunicaciones inalámbricas** utilizando el PDA y el casco inteligente y que permitirán el disparo a distancia (concepto de **tele-arma**);
- **Municiones optimizadas** (cerámica conformada, proyectiles blandos y de alta penetración, munición “insensible” que minimice los daños colaterales, etc.);
- **Sensores** de todo tipo como el “*smart dust*” (polvo inteligente).

En un futuro cercano, se desarrollará el **cañón láser miniaturizado** que podrá ser transportado y usado por el combatiente como arma principal de combate.

Las NT aportarán a estos desarrollos reducción de peso y precisión en el apuntamiento.

#### **Subsistema “Fuente de alimentación”**

Uno de los grandes retos para las NT, es que el combatiente disponga de fuentes de energía miniaturizadas, que proporcionen los niveles de potencia requeridos, con la duración necesaria para desplegar, en el cumplimiento de su misión, todas las funcionalidades posibles.

Actualmente, se están desarrollando **sistemas generadores de energía** miniaturizados de tres tipos: niveles de potencia elevados pero de corta duración (súper-condensadores); niveles de potencia medios y duración intermedia (baterías de capa



 **Figura 2.**—Sistema FELIN (Fr) de tiro en desenfilada. Fuente: Fuente: Wikipedia commons.

delgada flexible); y sistemas de larga duración con niveles de potencia bajos (baterías micro-nucleares y células de hidrógeno) o medios (motores de micro-combustión). De estos sistemas, el más importante lo constituyen las células de combustible entre las que cabe destacar: las **células de hidrógeno**, que utilizan  $H_2$  y  $O_2$  gas para obtener energía; las **células de metanol** de larga duración (9 horas), que utilizan cartuchos reemplazables de una mezcla de metanol y agua, y que proporcionan el doble de capacidad que las baterías de los portátiles más avanzados pero con un 70 % de reducción de peso); y las **células de óxido sólido**, que utilizan gas propano muy fácil de encontrar y muy barato.

Por otro lado, los **sistemas captadores de energía** “cosecharán” la energía del sol, de los movimientos del cuerpo humano y de las vibraciones medioambientales en el entorno del combatiente. Se está trabajando en el desarrollo de **células solares** en tres líneas: orgánicas y de silicio, con electrodos de nano-hilos; nanotubos de carbono y fulerenos; y puntos cuánticos con un rendimiento de potencial muy elevado. En cuanto a los **captadores de movimiento** colocados en la musculatura del combatiente, ya hay desarrollos de captadores ubicados en rodilla que generan 5 W cuando el combatiente camina a un paso normal. También se están desarrollando **captadores de vibraciones** que utilizan piezoeléctricos, basados en nanohilos de óxido de cinc, que pueden llegar a producir hasta 4 W de energía por centímetro cúbico, suficiente para alimentar la mayoría de los sistemas del combatiente.

El reto para los sistemas de **almacenamiento de energía** es conseguir mayor densidad de energía, para generar mayor potencia; mayor robustez, para soportar un número mucho mayor de cargas y descargas; y mayor rapidez, para liberar su energía cuando sea requerida.

El mercado de las **baterías recargables** está dominado por las baterías de litio (metal electropositivo más ligero). Para mejorar su eficiencia, se están desarrollando cátodos de nanocompuestos a base de nanopartículas de óxidos metálicos que

permiten mayor densidad de litio, mejor difusión de los iones y mayor conductividad eléctrica. Para el ánodo se utilizan aleaciones metálicas y materiales basados en el carbono que ofrecen mayor resistencia a la tracción y permiten incrementar el intercambio iónico en los ciclos de carga.

Los **súper-condensadores** almacenan la energía cargando un conjunto de electrodos separados por un aislante y cubiertos con una capa delgada de electrolito. Hacen uso de la elevada área superficial de los nano-materiales, normalmente carbono nano-poroso, para almacenar la carga eléctrica. Presentan una densidad de potencia elevada, aunque menor que las baterías de ión litio, situándose entre los condensadores y las baterías. Su auto-descarga es relativamente rápida. Las NT han permitido el desarrollo de **nano-condensadores electrostáticos**, con una capacidad de almacenamiento de energía 10 veces mayor que la de los mejores condensadores actualmente en el mercado, y de **súper-condensadores de grafeno**, material que ha generado muchas expectativas. Finalmente se están desarrollando **sistemas híbridos** de baterías recargables por un lado y captadores de energía por otro.

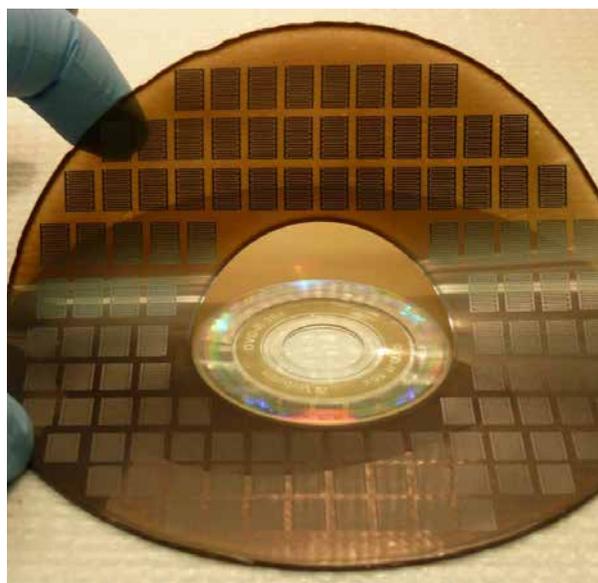


Figura 3.— Súpercondensadores de grafeno.  
Fuente: UCLA.

### Subsistema “Información y comunicación”

Su función más importante es la de proporcionar al combatiente la capacidad para operar en la red inalámbrica del campo de batalla de manera segura y eficaz. La nano-electrónica permitirá el desarrollo de dispositivos de pequeño tamaño y bajo consumo, con mayor capacidad de computación y mejor relación señal/ruido para su utilización en redes de sensores, inteligencia artificial, interfaces cerebrales, etc.

El **PDA/teléfono flexible** sustituirá a la radio tradicional. Este dispositivo de pantalla táctil podrá estar dotado de un GPS<sup>5</sup> de alta resistencia, de un lector de RFID, de una microcámara de alta resolución, de un micro-radar, de la capacidad de control remoto del armamento y de la posibilidad de enviar datos encriptados. Se fabrican con materiales flexibles, elásticos, transparentes y muy resistentes, a base de proteínas fibrosas con las que se tejen mallas tridimensionales que refuerzan las estructuras elásticas de capa fina del material. Pueden doblarse y adaptarse ergonómicamente a las condiciones requeridas manteniendo su flexibilidad incluso cuando llevan incorporados sensores y conectores (enrollables). Tienen capacidad de auto-limpieza, superficies nano-estructuradas que repelen el agua y la suciedad, tratamientos anticorrosión y una mayor vida útil.

El **reloj GPS** de pulsera actuará como un ordenador tradicional siendo, junto con el PDA, el centro de proceso de datos del combatiente que estará totalmente integrado en red y podrá realizar labores de seguimiento y localización. Tendrá capacidad de navegación en 3D, de mensajería instantánea y de emergencia, de seguimiento y posicionamiento de sus compañeros de pelotón y de su mando, y de enviar su posición y localización, tanto en campo abierto como en el interior de edificios (tecnología RFID pasiva, para pequeñas distancias, o RFID activa/radar para distancias mayores). El reloj estará dotado de: identificador digital, GPS, teléfono, sensor de ritmo cardíaco, conexión inalámbrica de radiofrecuencia, sensores de posición y movimiento, acelerómetros

3D y giróscopos, dosificador de drogas y sensores de condición.

El **casco inteligente** será la plataforma principal para la ubicación de sensores y elementos de filtrado constituyendo, además, un elemento de protección balística fundamental. Se trata de una plataforma sólida y flexible, ideal para la colocación de sensores por su forma estable y su posición (punto más elevado del combatiente). En el casco se integran nano-sensores inteligentes que utiliza el combatiente para vigilancia, localización e identificación de objetivos, comunicaciones por radiofrecuencia y audio, identificación de agresivos químico-biológicos (QB), detección acústica de francotiradores, monitorización de constantes vitales o procesado digital de señales. Entre estos sensores destacan:

- **Micro-cámara visible-infrarrojo** con 360° de campo de visión para operaciones que requieran visión nocturna;
- **Antenas de radiofrecuencia** para identificación amigo/enemigo por radiofrecuencia (RFID), posicionamiento en el interior de edificios y comunicaciones dirigidas.
- **Sensores acústicos** para formación de un haz acústico (emisión) y localización de francotiradores;
- **Sistema de comunicaciones**, para intercambio de información entre los combatientes de la unidad;
- **Sensores QB** de alerta temprana, pasivos y semi-activos que avisan al combatiente para que haga uso de su equipo de protección individual (EPI).
- **Sensores de constantes vitales** (electroencefalograma sin contacto, ritmo cardíaco, niveles de oxigenación y respiración) para medir los niveles de estrés, concentración y alerta del soldado, y que permitirá al mando conocer su estado físico y emocional.

---

5. Global Positioning System.



 *Figura 4.—Equipo individual de protección NBQ (EPI-NBQ). Fuente: Ministerio de Defensa.*

### Subsistema “Supervivencia”

El combatiente contará con un **uniforme de combate** ligero y confortable. La combinación de los nano-materiales con la nano-electrónica dotará al uniforme de las siguientes funcionalidades:

- **Protección balística** (nano-blindajes) mediante textiles muy ligeros y flexibles fabricados con fibras poliméricas de alta resistencia embebidas en una resina reforzada con nano-partículas que le protegerán contra proyectiles de diversos calibres y fragmentos de granadas. Se utilizarán protecciones balísticas flexibles para las extremidades;
- **Monitorización de constantes vitales** mediante ropa interior inteligente con sensores impresos y embebidos en el textil y sensores de movimiento y de postura (acelerómetros y giróscopos MEMS<sup>6</sup> en 2-3 ejes) o implantes de sensores inteligentes bio-compatibles (sensores acústicos integrados en la mandíbula o huesos craneales) que permitan monitorizar las constantes vitales del combatiente;
- **Generación de energía** mediante el uso de prendas fabricadas con nanohilos de óxido de cinc que actúan como piezoeléctricos;
- **Control del dolor y recuperación de tejidos** empleando: coderas y rodilleras dotadas de electrodos secos, embebidos en la estructura del tejido con capacidad para generar micro-descargas; drogas específicas a base de nano-partículas con capacidades curativas, para curas rápidas sin la intervención del hombre; ingeniería genética para la reparación de te-

6. Micro Electro Mechanical System.

jididos, curación de heridas, reconstrucción de órganos dañados y otras partes del organismo;

- **Control térmico** mediante el empleo de nano-fibras y nanotubos de carbono de alta conductividad térmica, para garantizar la micro-climatización del combatiente, su aislamiento exterior y ventilación;
- **Protección QB** a base de sensores de alerta temprana QB y redes de nano-fibras con alta capacidad de absorción, desactivación y descontaminación de agresivos QB. Los nuevos textiles del EPI permitirán el paso del aire y de la humedad pero no la penetración de los agresivos QB. Almacenarán en su estructura agentes reactivos contra diversos tipos de agresivos QB.
- **Capacidad para comunicación, integración en red e identificación** mediante la impresión, en la capa exterior del textil, de sensores de RF y antenas, para la RFID, y de un chip de identificación individual, posicionamiento y comunicación;
- **Enmascaramiento y reducción de firma multi-espectral:** en el radar, mediante el uso de textiles con capacidad para absorber la señal por medio de nanotubos de carbono enfibrados; en el visible e infrarrojo cercano, mediante el uso de polímeros electro-crómicos (efecto camaleón), el uso de matrices LED<sup>7</sup> (engaño óptico), o el uso del negro de humo (reducción de firma); y en el infrarrojo térmico, mediante diversas técnicas de absorción y disipación del calor corporal (reducción de firma). En el futuro, el empleo de meta-materiales permitirá la "invisibilidad" en las bandas de interés del espectro electromagnético.

Otro elemento de protección fundamental es el **casco inteligente** con un blindaje a base de nano-partículas (nanotubos de carbono y nano-fibras) combinadas con fibras altamente resistentes, embebidas en una matriz polimérica. Los nuevos

blindajes combinan la fibra M5, de mayor resistencia al impacto, con nano-arcillas embebidas en una matriz polimérica. También se están desarrollando blindajes de nano-partículas metálicas cubiertas con un nano-revestimiento a base de multicapas cerámicas, y blindajes de nanotubos de carbono que, además de su elevada resistencia al impacto, mantiene constante su estructura tras varios impactos sobre el mismo punto. Otro desarrollo interesante son las nano-estructuras inorgánicas, similares a los fulerenos, con enorme potencial para la absorción de ondas de choque.

### Subsistemas "Sostenimiento" y "Preparación"

Otra de las grandes funcionalidades que debe poseer el combatiente del futuro es la **capacidad de auto-apoyo**. Para este fin, dispondrá de una **mochila de combate** de fibra de carbono o de un nano-compuesto polimérico cubierta de un material estanco en la que transportará todos los **elementos auxiliares** que le permitan combatir al menos durante 24 horas y entre los que cabe destacar:

- **Kit de supervivencia** que consta de un *kit* sanitario, para el tratamiento primario de heridas o ampollas, de un *kit* de nutrición y de un sistema de inoculación de drogas;
- **Laboratorio miniaturizado ("lab-on-chip")** con sensores para analizar el medioambiente, la pureza del agua y su filtrado posterior, o para obtener datos sobre el estado y condición del combatiente;
- **Micro-UAV** (*Unmanned Aerial Vehicle*) de fácil despliegue (despegue vertical o lanzamiento manual) y puesta en operación que le permitirá obtener información e inteligencia que integrará en la red.

En un futuro algo más lejano el combatiente dispondrá de un **exoesqueleto** para amplificar sus capacidades musculares, que se integrará en la estructura del uniforme, y de un **interfaz cerebral** para la comunicación directa entre el cerebro y el ordenador (dispositivo externo).

---

7. Light-Emitting Diode.

## LUCHA CONTRA IED

Otro tema asociado a las tecnologías del combatiente es la lucha contra IED, que por su importancia merece un apartado propio. Los campos de minas y los IED constituyen uno de las mayores amenazas para las operaciones en el combate moderno. Para poder actuar con éxito contra estos dispositivos, el combatiente debe disponer de capacidad para la detección, la exposición del dispositivo y la neutralización. La detección y desmantelamiento de los campos de minas antipersonal es una de las tareas más complejas en los conflictos terrestres actuales y aún lejos de ser resuelta. El papel de las NT en este campo es crítico. En los **sistemas de detección** de minas, basados en generadores de microondas, serán cada vez más pequeños, potentes y capaces, ya que utilizarán estructuras cuánticas y tecnologías de matriz para la fabricación de los microchips.



 **Figura 5.**—Exoesqueleto HULC.  
Fuente: Lockheed Martin.

También se utiliza la resonancia cuadrupolar nuclear, técnica de espectroscopía de radiofrecuencia que sirve para la detección de sustancias químicas en fase sólida y que combina las capacidades de localización espacial del geo-radar o de los detectores de metales, con la capacidad de detección específica que proporcionan las técnicas de detección química.

Los sistemas FIDO (empresa canadiense), utilizan polímeros amplificadores de fluorescencia capaces de detectar trazas de explosivo en partes por cuatrillón (ppq= $10^{-9}$  ppm, notación anglosajona). Se trata de detectores de explosivos portátiles y de gran precisión para cantidades de explosivos de algo más de 1 kg. Los equipos FIDO detectan tanto vapores de explosivo como partículas sin necesidad de introducir ninguna modificación en el ambiente.

Los **sistemas de identificación** de explosivos son del tipo redes neuronales. Se utilizan en combinación con los sistemas de detección, microondas o radar de penetración terrestre (geo-radar). Estos **sistemas mixtos** se emplean en zona de operaciones para la detección e identificación de IED enterrados en caminos y carreteras. Tienen capacidad para la detección no solo de dispositivos metálicos, sino también de artificios plásticos.

Las estructuras cuánticas se emplearán, asimismo, en los **sistemas de neutralización**. Se fabricarán láseres de alta potencia, más pequeños, que podrán destruir o desactivar IED y minas terrestres a distancia.



 **Figura 6.**—Equipo portátil para la detección de explosivos FIDO. Fuente: FLIR Systems.

---

## CONCLUSIONES

---

A lo largo de estos dos artículos se ha analizado el enorme potencial de las NT para su aplicación en cualquier área relacionada con los sistemas militares ya que han permitido disponer de sistemas y componentes más baratos, pequeños y eficientes. El presente artículo se ha centrado en el análisis de las tecnologías del combatiente, sistema de armas en sí mismo y en el que las NT están teniendo un espectacular impacto.

Se ha visto cómo los **ordenadores** actuales avanzan hacia la miniaturización pudiéndose integrar ya en el armamento y en el uniforme del combatiente. Los **sensores** que utiliza son cada vez más potentes, pequeños, sofisticados y baratos. Pueden ser dispersados en gran número formando una red distribuida en el campo de batalla que proporcionará al combatiente conciencia situacional. El soldado será un nodo más de esta red distribuida en la que llevará a cabo sus operaciones teniendo conciencia situacional. Por otro lado, su **armamento** será cada vez más pequeño, potente y preciso incrementando así su letalidad. Los avances en el campo de los **materiales** serán fundamentales para mejorar la protección balística disminuyendo el peso y abaratando la fabricación. Se desarrollarán materiales para el enmascaramiento y reducción de firma multispectral mejorando así su probabilidad de supervivencia. La miniaturización de los **sistemas de generación y almacenamiento de energía**, permitirá su integración en el equipo del combatiente.

Las nuevas tecnologías proporcionarán al combatiente capacidad para afrontar con éxito la **lucha contra IED**.

En definitiva, el combatiente del futuro, con todo tipo de sensores integrados, podrá monitorizar el campo de batalla, comunicarse, mejorar sus capacidades (exoesqueletos) o dispensar antídotos QB. Utilizará como plataforma multi-sensor su casco inteligente o el uniforme de combate que a su vez le proporcionará protección balística y contra agresivos QB, enmascaramiento, climatización y aislamiento del exterior y monitorización de constantes vitales y funciones corporales.

---

## BIBLIOGRAFÍA<sup>8</sup>

---

- [Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa.](#) Servicio de Publicaciones del Ministerio de Defensa. España, 2010.
- Stenbaek Schmidt, M. y otros. *Xsense: using nanotechnology to combine detection methods for high sensitivity handheld explosives detectors*. Dinamarca, Proceedings of SPIE, Vol. 7664, 2010.
- *Revolución nano-tecnológica. Estado actual de las aplicaciones prácticas y avances de la nano-ciencia: desde las aplicaciones robóticas, biomédicas a las energéticas*. Madrid, Fundación Ramón Areces, 2010.
- Österlund, L. y otros. *Study on Nanotechnology Sciences into CBREN Defence*. Suecia, Division of CBRN Defence and Security, FOI-The Swedish Defence Research Agency, 2008.

---

8. Consultar, además, la bibliografía reseñada en el artículo anterior "Aplicaciones de la nanotecnología en sistemas militares. Armamento, ISTAR y Plataformas".

# Nueva **App** Revistas de Defensa

Nuestro fondo editorial ahora en formato electrónico para dispositivos Apple y Android



La aplicación, **REVISTAS DEFENSA**, es una herramienta pensada para proporcionar un fácil acceso a la información de las publicaciones periódicas editadas por el Ministerio de Defensa, de una manera dinámica y amena. Los contenidos se pueden visualizar "on line" o en PDF, así mismo se pueden descargar los distintos números: Todo ello de una forma ágil, sencilla e intuitiva.

La app **REVISTAS DEFENSA** es gratuita y ya está disponible en las tiendas Google Play y en App Store.



# Nueva **WEB**

Catálogo de Publicaciones de Defensa

Nuestro Catálogo de Publicaciones de Defensa, ahora a su disposición con más de mil títulos

<http://publicaciones.defensa.gob.es/>

La nueva página web del **Catálogo de Publicaciones de Defensa** pone a disposición de los usuarios la información acerca del amplio catálogo que compone el fondo editorial del Ministerio de Defensa. Publicaciones en diversos formatos y soportes, y difusión de toda la información y actividad que se genera en el Departamento.

## LIBROS

Incluye un fondo editorial de libros con más de mil títulos, agrupados en varias colecciones, que abarcan la gran variedad de materias: disciplinas científicas, técnicas, históricas o aquellas referidas al patrimonio mueble e inmueble custodiado por el Ministerio de Defensa.

## REVISTAS

El Ministerio de Defensa edita una serie de publicaciones periódicas. Se dirigen tanto al conjunto de la sociedad, como a los propios integrantes de las Fuerzas Armadas. Asimismo se publican otro grupo de revistas con una larga trayectoria y calidad: como la historia, el derecho o la medicina.

## CARTOGRAFÍA Y LÁMINAS

Una gran variedad de productos de información geográfica en papel y nuevos soportes informáticos, que están también a disposición de todo aquel que desee adquirirlos. Así mismo existe un atractivo fondo compuesto por más de trescientas reproducciones de láminas y de cartografía histórica.

ACTO INSTITUCIONAL  
DEL CUERPO 2015

---

# CONMEMORACIÓN DEL 75º ANIVERSARIO



---

El pasado 25 de septiembre se celebró en la Escuela Politécnica Superior del Ejército el Acto Institucional del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos. Presidido por el Jefe de Estado Mayor del Ejército, general de ejército Jaime Domínguez Buj, en esta ocasión tuvo una significación especial, ya que se conmemoraba el 75º aniversario de la creación, en 1940, del Cuerpo Técnico. La inauguración de la exposición conmemorativa del evento, junto con la entrega del Tercer Premio General Fernández de Medrano, recientemente otorgado, engrandecieron el acto, al que asistieron más de 400 personas.

---



Figura 1.—XX Promoción la Escala de Oficiales (50° aniversario).

El desarrollo del Acto fue el siguiente:

### CONMEMORACIÓN DE LOS ANIVERSARIOS DE SALIDA DE LA ESCUELA

Tras el saludo a las autoridades, el Acto comenzó con la conmemoración de los 50°, 40° y 25° aniversarios de salida de la ESPOL de las correspondientes promociones. Besaron la bandera los componentes de las XX, XXX y XLV promociones de la Escala de Oficiales y de las XIII, XXIII, XXXVIII promociones de la Escala Técnica, como hicieron también los miembros del CIP que durante el año pasaban a la reserva.



Figura 2.—XIII Promoción de la Escala Técnica de Oficiales (50° aniversario).



Figura 3.—XXX Promoción de la Escala de Oficiales (40º aniversario).



Figura 5.—XLV Promoción de la Escala de Oficiales (25º aniversario).



Figura 4.—XXIII Promoción de la Escala Técnica de Oficiales. (40º aniversario).

## ENTREGA DE TÍTULOS

A continuación, recibieron los títulos de Ingeniero de Armamento y Material o de Construcción y Electricidad los nuevos ingenieros, los tenientes Jesús González Brasero, Miguel Ángel Jerez Guillén, Daniel Arribas Ríos, Cristina Prieto Tomé, José María Moriana Reyes, Natalia Lombardo Zorzano, Ramón Sánchez Aldehuela, Saúl Álvarez Vinuesa, Juan Andrés Maíllo Fernández y Francisco Javier Vidal Cortés.

Seguidamente se entregaron los títulos de doctor al teniente coronel Joaquín Loste Verona, a los comandantes José Ignacio Yenes Gallego, Javier Bermejo Higuera y Juan Castejón Navas, y al capitán Luis Martínez Thomas.



Figura 6.—XXXVIII Promoción de la Escala Técnica de Oficiales. (25º aniversario).



Figura 7.—Entrega de títulos

---

## ENTREGA DEL PREMIO GENERAL FERNÁNDEZ DE MEDRANO

---

A continuación tuvo lugar la entrega del Tercer Premio General Fernández de Medrano al general de división del CIP Julio Antonio Villacañas Berenguer. Tras la lectura de la resolución de concesión y de los méritos del premiado, el general de ejército JEME le hizo entrega del galardón. El general Villacañas pronunció una emotiva alocución, de la que se han extraído los párrafos siguientes:

*“[...] Sean mis primeras palabras de agradecimiento a la persona del general de ejército, Excmo. Sr. Don Jaime Domínguez Buj, Jefe del Estado Mayor del Ejército por haberse dignado aceptar la propuesta de la Junta Calificadora, para que me fuera concedido el premio “General Fernández de Medrano” y presidir este acto en que se me ha hecho entrega del mismo.*

*Recibir un premio es siempre gratificante. Pero si ese premio se recibe en el ocaso de la vida, cuando ya no se espera recompensa alguna, y es por decisión de los propios compañeros y tiene el significado del que acabo de recibir, su valor resulta incalculable.*

*[...] Por lo inesperado del mismo, el Premio ha constituido para mí una sorpresa; una sorpresa muy agradable. Hace sesenta años subí por primera vez los escalones de esta Casa, previos intensos años de estudio y trabajo. Evidentemente no podía figurarme que algún día me*

*encontraría en una situación como la actual, pero lo que sí alentaba en mi ánimo era que emprendía un camino nuevo, no fácil, en el que esperaba servir a mi Patria con el mayor empeño y deseo posibles, dispuesto a dar lo mejor de mí mismo, y hacer realidad el lema de esta Escuela: “Cum scientia exercitum serviam”, es decir, serviré al Ejército con mis conocimientos.*

*Cuando pasé a la reserva, en el discurso de despedida de mi vida activa en las FFAA (el 12 de abril de 1994), afirmé el orgullo que había sentido siempre al vestir el uniforme, con nuestros queridos rombos, y que tal circunstancia había sido la mejor recompensa a mi vida de trabajo. Hoy, al recibir este Premio, [...] mis sentimientos siguen siendo los mismos y aún más acrecentados. [...]”*

Por último, expresó su reconocimiento y gratitud al General Inspector del CIP, a todos sus jefes y subordinados, a sus compañeros de la XV Promoción de la EPSE, a su familia, amigos y demás compañeros presentes en el Acto.

---

## ALOCUCIÓN DEL GENERAL INSPECTOR

---

Seguidamente el Inspector del CIP, general de división José Ramón Domingo Tudó, pronunció una alocución, de la que se extracta lo siguiente:

*“[...] constituye un honor para todos nosotros la presidencia del acto por el Excmo. Sr. General de Ejército JEME, y es pues, para*



Figura 8.—El Inspector del CIP en su alocución.

*mí, una feliz obligación agradecer que haya querido contribuir con su presencia a la solemnidad del mismo, mostrando así el apoyo explícito a la labor que realiza el Cuerpo de Ingenieros.*

*Como cada año, agrupados en torno a este Acto Institucional, los ingenieros politécnicos impulsamos la conservación y exaltación de nuestros valores y tradiciones, y fomentamos el compañerismo entre los miembros del Cuerpo, orgullosos de ser continuadores de una labor iniciada el 27 de septiembre de 1940 con la creación del Cuerpo Técnico del Ejército, heredero de las funciones facultativas de los antiguos Cuerpos de Artillería e Ingenieros, tras la separación de las funciones tácticas de las técnicas [...].*

*[...] en este tiempo, el Cuerpo y sus ingenieros han sabido ganarse un merecido prestigio, dentro y fuera del Ejército, cosa por lo demás patente [...].*

*Pero un pasado brillante no puede permitirnos que nos olvidemos del futuro. Es necesario pues, estar al tanto de las tecnologías en cambio permanente, de las tendencias del mercado, de la evolución empresarial, así como del desarrollo e implantación de nuevos métodos y productos sostenibles y sensibles con el medio ambiente.*

*Como decía..., uno de los motivos de alegría en el día de hoy, es la entrega del III Premio General Fernández de Medrano al General de División Don Julio Villacañas Berenguer. El historial y los méritos del General Villacañas que le hicieron acreedor al premio, han sido ya expuestos, por lo que no insistiré en ellos. Pero sí quisiera dejar patente, a la vez que exhorto a los alumnos de la ESPOl y a los jóvenes ingenieros a tomar buen ejemplo del compendio de virtudes de este militar e ingeniero ejemplar, [...].*

*[...] Y con el recuerdo a todos los ingenieros que enamorados de su profesión, orgullosos del Cuerpo al que pertenecieron y que, dotados de un talento admirable, llenos de gusto por el saber y disposición al servicio de la Patria, supieron llenar páginas gloriosas de nuestra historia y, a la vez, desempeñaron un importante papel en el desarrollo tecnológico e industrial de España, finalizo mis palabras. Que su recuerdo nos invite a actualizar cada día el lema de nuestra Escuela Politécnica Superior del Ejército: "Cum scientia exercitum serviam".*

## HOMENAJE A LOS CAÍDOS

Como es habitual, el Acto continuó con el emotivo homenaje a los que dieron su vida por España. Seguidamente, tras entonar el himno del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos, la Compañía de Honores del Regimiento Inmemorial nº 1 y la Unidad de Música de la Dirección de Acuartelamiento desfilaron ante las autoridades.



Figura 9.—Acto a los caídos. En primer término, banderines del Regimiento Inmemorial Nº1 y la Unidad de Música de la DIACU.

## INAUGURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

A continuación, el general de ejército Domínguez Buj procedió a la inauguración de la exposición "1940-2015: 75 años de compromiso", instalada en la nave de talleres de la Escuela.

Los asistentes al Acto pudieron visitarla tras el tradicional vino español de confraternización con el que finalizó el mismo.



Figura 10.—Delante del logotipo del 75º Aniversario, el JEME, general de ejército, y el Inspector del CIP, general de división, acompañados del resto de autoridades militares que asistieron a la inauguración de la exposición.

## EXPOSICIÓN CONMEMORATIVA DEL 75 ANIVERSARIO DEL CUERPO

Una de las actividades más relevantes realizadas en 2015 fue la exposición conmemorativa del 75 aniversario del Cuerpo. Instalada en la nave de talleres de la Escuela Politécnica Superior del Ejército, la exposición "1940-2015 75 Años de compromiso" reflejaba a lo largo de su recorrido los más importantes ámbitos de trabajo de los ingenieros del CIP. El programa temático publicado al efecto contiene de forma concisa trabajos y vicisitudes de este periodo.

EXPOSICIÓN  
CONMEMORATIVA



1940-2015

*años  
de  
Compromiso*

Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra



MINISTERIO DE DEFENSA

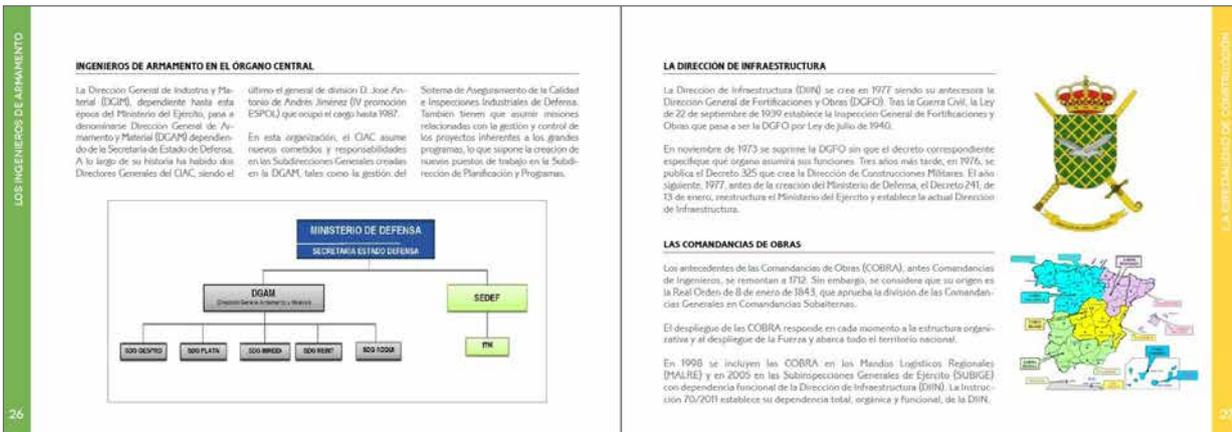


Figura 1.—Interior del catálogo publicado.

La sección “Orígenes del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos” introduce al visitante en el mundo de los ingenieros militares. Comienza en el siglo XVI, época en la que tuvo lugar la especialización y perfeccionamiento en los campos de la artillería y la arquitectura militar; se hace especial mención a las Reales Academias, donde se forman ingenieros y artilleros de la mano de expertos militares de prestigio, y se recuerda la evolución sufrida por el inicial Cuerpo de Ingenieros. Asimismo, a través de una serie de cuadros distribuidos por toda la exposición, se ensalza la figura de los grandes ingenieros militares de nuestra historia.



Figura 2.—Vestibulo, photocall y zonas de Orígenes y Escuela Politécnica.

La Ley del 27 de septiembre de 1940 crea tanto el Cuerpo Técnico como la Escuela Politécnica del Ejército. Con una reproducción de tan importante hito comienza la sección “75 años de la Escuela Politécnica Superior del Ejército”. Entre los diferentes objetos exhibidos se encuentran fotografías que datan de los primeros años de funcionamiento de la ESPOL, donde se puede distinguir a profesores y alumnos de la época. Como curiosidad se muestra la primera sede de la Escuela en la calle O’Donnell, el proyecto inicial de Joaquín Costa, y el edificio donde se aloja actualmente la Institución.



Figura 3.—Panorámica de la exposición. Zonas de Armamento y Construcción.

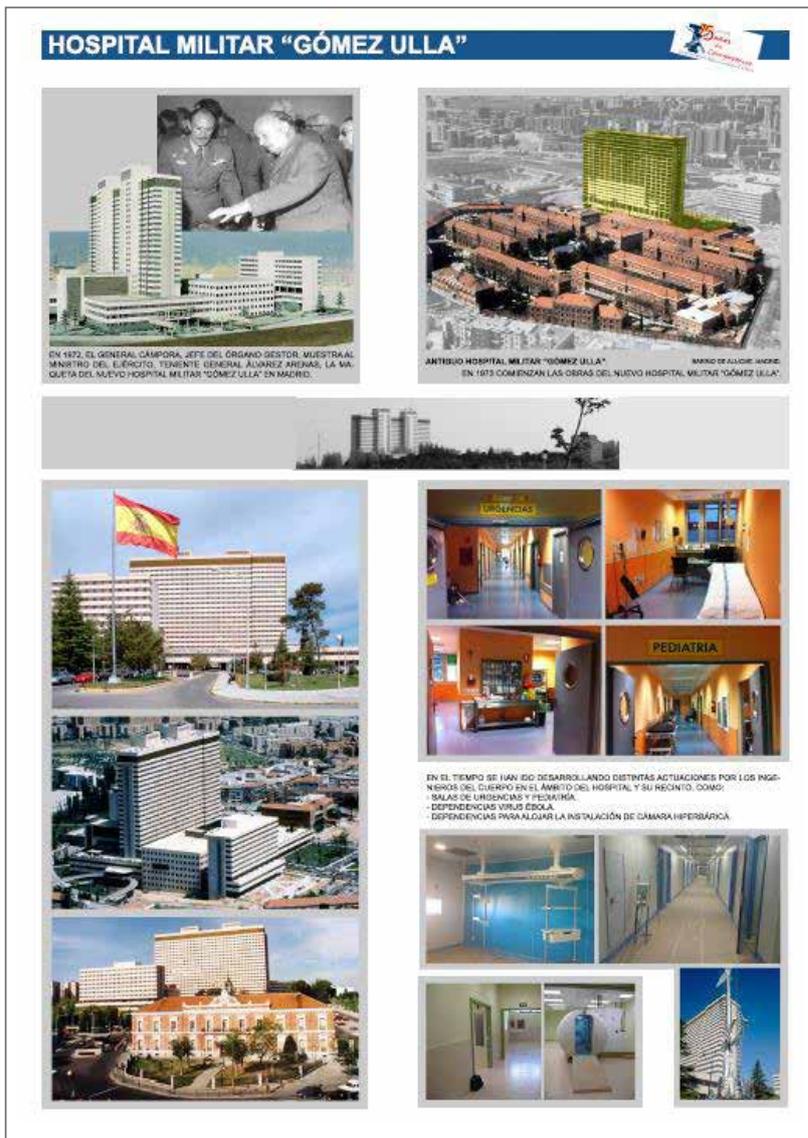


Figura 4.— Panel de la especialidad de Construcción en el Hospital Militar Gómez Ulla.



Figura 5.— Panorámica de la exposición. Zonas de Armamento y Telecomunicaciones.

Gracias a la nutrida muestra de fondos presentados, la sección "75 años de ingeniería de Armamento" da una amplia visión de la historia de esta especialidad. En esta parte se refleja la evolución experimentada desde la creación de establecimientos y factorías, cuyo objetivo era proveer y mantener las máquinas de guerra, hasta las Reales Fábricas en las que se reestructuró el tejido industrial militar. Avanzando por el recorrido, se llega al desarrollo y adaptación de los Centros Tecnológicos, nacidos de la necesidad de interpretar resultados de estudios y cálculos en distintas áreas. En 2010 se llega a su integración en el Instituto Tecnológico "La Marañosá" (ITM); la muestra de los trabajos de sus diferentes áreas tecnológicas cierra el itinerario de esta especialidad.

El título "17 años de la especialidad de Telecomunicaciones y Electrónica" da paso a la sección de la especialidad más joven del Cuerpo. Expuestos de manera didáctica, se muestran numerosos objetos relacionados con las funciones desempeñadas por los miembros del CIP en las áreas tecnológicas de la información y las comunicaciones, óptica y acústica, electrónica de armamento y simulación, áreas de plataformas, etc. Un llamativo reclamo es la recreación en varios ordenadores portátiles del funcionamiento de simuladores para adiestramiento, sistemas de información y comunicación y sistemas de mando y control. Por último, un maniquí del prototipo del Programa del Combatiente del Futuro (COMFUT), en cuya dirección técnica intervino perso-

nal CIP TL/EL, capta la atención del visitante. Con una minuciosa selección de fotografías, los “75 años de la especialidad de Construcción” recopila material gráfico de todos los puntos de España donde el ingeniero de Construcción ha llevado a cabo trabajos de diferente índole. La muestra se divide en varias temáticas, haciendo hincapié en la contribución en los principales destinos y en las intervenciones más emblemáticas, sin olvidar la participación en misiones internacionales. A modo anecdótico se expone uno de los cuatro arcones del proyecto de la 1ª fase de la base “Príncipe”, paradigma de colaboración entre distintos organismos de Construcción y recuerdo al antiguo formato papel de los proyectos, que en la última década ha pasado a la historia.

Para terminar la exposición, el visitante es invitado a acceder a la nave de talleres, donde se exhiben dos camiones pesados todoterreno de última generación,

6 x 6 y 8 x 8, y dos VAMTAC CNLTT 1,5 TN (ST5 BN3 Bivalente y S3 TR DEMOSTRADOR VERT).

---

#### AGRADECIMIENTO:

---

La Inspección del Cuerpo agradece la colaboración recibida en la preparación, montaje y desarrollo de la exposición, y particularmente a los organismos siguientes: Escuela Politécnica Superior del Ejército, Academia de Artillería, MALE, Instituto Tecnológico “La Marañosa”, JCISAT, Laboratorio de Ingenieros del Ejército, Parque y Centro de Mantenimiento de Materiales de Transmisiones, Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas de Artillería Antiaérea, Costa y Misiles, Regimiento de Transmisiones nº 22 y Brigada Paracaidista, que prestaron desinteresadamente sus fondos.



 *Figura 6.—Vehículo CNLTT 1,5 TN VAMTAC ST5 BN3 BIVALENTE.*

---

# HOMENAJE DEL INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA (IIE) A LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DEL EJÉRCITO EN EL 75 ANIVERSARIO DE SU CREACIÓN

---

En el marco de las XVIII Jornadas de Historia y Filosofía de la Ingeniería, la Ciencia y la Tecnología, el pasado 26 de noviembre se celebró un acto de homenaje a la Escuela Politécnica Superior del Ejército, con motivo del 75 aniversario de su creación.

Organizado por los Comités de Enseñanza y de Tecnologías de la Defensa del IIE, y el Colegio Oficial de Ingenieros de Armamento y Material, el acto estuvo presidido por don José Manuel Amaya y García de la

Escosura, presidente y director de las Jornadas, y por el coronel CIP Enrique Rodríguez Fagúndez, presidente del Comité de Tecnologías de la Defensa y decano del Colegio.

Para finalizar, el Inspector del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos, general de división José Ramón Domingo Tudó, expuso el tema “Cuerpo Técnico del Ejército a los 75 años de su creación”, y clausuró el acto tras el que fue servida una copa de vino español.



 *Figura 1.—Tras la presentación y bienvenida, intervienen los miembros del Cuerpo coronel Manuel Fernández Cánovas, general de brigada Manuel Santos González y general de brigada Manfredo Monforte Moreno, que disertan sobre la historia y vicisitudes de sus respectivas especialidades.*



 *Figura 2.—A continuación, en nombre del IIE se hace entrega al Director de la ESPOL, coronel CIP Francisco Gómez Ramos, de un facsímil de Leonardo de Vinci. El coronel Gómez Ramos, tras agradecer al IIE y al COIA la celebración del acto, y corresponder con una metopa de la Escuela Politécnica, pronuncia una conferencia sobre pasado, presente y futuro de la institución.*

---

# AUDIENCIA DE SU MAJESTAD EL REY DON FELIPE VI

---

Enmarcada en los actos conmemorativos del 75º Aniversario de la Creación del Cuerpo Técnico, el pasado 11 de diciembre Su Majestad don Felipe VI de España recibió a una comisión de oficiales del CIPET en el Palacio Real de Madrid.

La comisión, presidida por el General Inspector del Cuerpo, representaba a todas las escalas, especialidades y empleos del Cuerpo, así como de todos los destinos a él encomendados.

Tras el saludo de Su Majestad a cada uno de los miembros de la comisión, se realizó una fotografía de grupo. El General Inspector tomó la palabra para rememorar los hechos más destacados de los 75 años del Cuerpo y su desempeño actual. Al fi-

nalizar hizo entrega al Rey don Felipe de un pequeño recuerdo consistente en un álbum fotográfico de las visitas que realizó a la Escuela Politécnica en los años 1976, 1977 y 1978, como Príncipe de Asturias.

Fue entonces el momento de una animada conversación donde se recordaron con agrado diversas anécdotas de aquella visita a la ESPOL. Se trataron, para finalizar, temas de interés relativos al Cuerpo, como el papel de los miembros del CIP en el MINISDEF, su relación con los ingenieros de los otros ejércitos, la previsión de aumento de personal de la Escala Técnica o la constante evolución de la técnica que obliga a los componentes del Cuerpo a adoptar nuevos roles y asumir nuevos retos.



# TOMAS DE MANDO



## TOMA DE MANDO DE LA COMANDANCIA DE OBRAS NÚMERO 2 (SEVILLA)

El pasado 16 de octubre, y presidido por el general de división José Ramón Domingo Tudó, Director de Infraestructura, tuvo lugar en el acuartelamiento “Pineda” de Sevilla la Entrega de Mando de la Comandancia de Obras nº2 al teniente coronel ingeniero Antonio Melgarejo García.

El teniente coronel Melgarejo, tras dar gracias a los presentes, subrayó: “[...]. Este juramento que acabo de prestar, me lleva ineludiblemente a recordar mis dos juramentos anteriores, uno sellado mediante un beso a la Bandera dado un día de diciembre de 1980 en Zaragoza y el otro sellado mediante un intercambio de alianzas [...] con el que me comprometí de por vida, con mi esposa, cuya compañía en estos tres actos y en el resto de acontecimientos de mi vida ha sido decisiva”.

Asimismo, agradeció la acogida recibida del personal de la COBRA al que animó a mantener y mejorar sus capacidades en bien de la infraestructura del Ejército.



## TOMA DE MANDO DE LA JEFATURA DE INGENIERÍA DEL MALE

El pasado 3 de febrero, en el Palacio de Buenavista, el coronel ingeniero Rafael Tejada Ximénez de Olaso tomó posesión del mando de la Jefatura de Ingeniería del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (JIMALE).

Tras la lectura de las fórmulas reglamentarias, el coronel Tejada agradeció a las autoridades su nombramiento, expresó su vinculación con la Jefatura, en la que está destinado desde enero de 2010, y señaló que su mejor activo es el personal que la compone, por su excelente preparación y dedicación.

Expuso también que uno de los principales retos de la Jefatura es mantener el servicio que presta a las unidades, y al Ejército en general, cooperando con todas las direcciones y jefaturas del MALE y con las secciones de ingeniería de los Órganos Logísticos Centrales.

# TOMAS DE MANDO

## TOMA DE MANDO Y DE LA DIRECCIÓN DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DEL EJÉRCITO

El pasado 31 de julio, en un acto presidido por el Director de Enseñanza, general de división Mariano Bayo de la Fuente, el coronel ingeniero Francisco Gómez Ramos tomó el Mando y la Dirección de la Escuela Politécnica Superior del Ejército.

Tras el protocolo de toma de posesión, el nuevo Director agradeció la presencia de las autoridades, compañeros y amigos, y el apoyo de su familia. Seguidamente rememoró su trayectoria profesional, como Jefe de Experiencias, Representante de Aseguramiento de la Calidad de grandes programas o en destinos internacionales. Concluyó pormenorizando los retos a los que se enfrenta como Director, entre los que se encuentran la certificación de la Escuela, el desarrollo de nuevos másteres o el fomento de la ESPOL como centro de gestión del conocimiento y casa madre de los componentes del Cuerpo.



## NOMBRAMIENTO DEL SUBDIRECTOR GENERAL DE SISTEMAS TERRESTRES DEL INTA

El 11 de diciembre de 2015, el general de brigada Manfredo Monforte Moreno fue designado, en comisión de servicio, Subdirector General del Sistemas Terrestres del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas".

De acuerdo con los estatutos del Instituto, este destino conlleva la Dirección del Campus de "La Marañosa" (antiguo ITM), en San Martín de la Vega, Madrid.

Así mismo, el día 7 de enero del presente año fue nombrado Asesor del Jefe del Mando de Apoyo Logístico del Ejército de Tierra, sin perjuicio de su destino como Subdirector General del INTA.



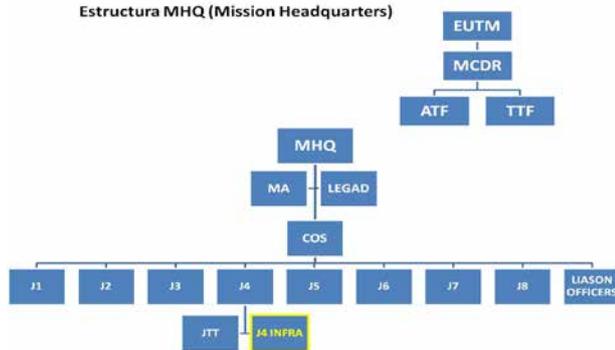


## MISIÓN EUTM MALI

Es una misión de apoyo a la reconstrucción de las Fuerzas Armadas de Mali, no participando en ningún caso en las operaciones de combate en el norte, pero respondiendo a sus necesidades operacionales mediante dos pilares fundamentales:

- ATF (*Advisory Task Force*), equipo de asesoramiento al Ministerio de Defensa de Mali, particularmente en los ámbitos del mando y control, de la logística, de los recursos humanos y del derecho humanitario internacional para la reconstrucción de las Fuerzas Armadas y de seguridad.
- TTF (*Training Task Force*), fuerza de adiestramiento de las unidades de combate GTIA (*Groupe Tactique Interarmées*), así como de los instructores futuros de las FAMA en el campamento de instrucción de Koulikoro (KTC, *Koulikoro Training Camp*) o donde así se acordase con el Ministerio de Defensa de Mali.

Estructura MHQ (Mission Headquarters)



## COMETIDO J4 INFRA

Consistió en la gestión de la infraestructura a cargo de EUTM-Mali, en Bamako y en el KTC, tanto ejecutando las operaciones de infraestructura previstas en los mandatos anteriores como asegurando el mantenimiento de las instalaciones de EUTM-Mali, instalaciones cedidas bien por el gobierno de Mali o bien mediante contrato de alquiler por un particular a la Unión Europea.

Otro de los cometidos fue llevar a cabo los estudios en materia de infraestructuras de acuerdo con las demandas que la misión requería, como por ejemplo, los proyectos que hizo falta confeccionar para adaptar las instalaciones de los acuartelamientos malienses en los lugares donde se quería realizar el reentrenamiento descentralizado de las Unidades del FAMA (GTIA). También se actuó como asesor del MCDR (*Mission Commander*) en el campo de la infraestructura.

El puesto de jefe de J4 INFRA fue cubierto desde el inicio de la misión por tenientes coroneles y comandantes ingenieros franceses del SID (*Service d'Infraestructure de la Défense*), ya que ésta fue la nación líder desde el principio de la misión EUTM. Aunque el perfil exigido para el puesto era el de ingeniero de empleo TCOL/CTE, con perfil idiomático S.L.P. francés 4.4.4.4 e inglés 3.3.3.3, debido a la retirada de Francia de algunos puestos en el Cuartel General de la misión y ante la dificultad del resto de países participantes para proveer de candidatos, España dio un paso al frente (dirigía la misión en ese momento) haciéndose cargo de los puestos que faltaban, en particular el de J4 INFRA.

## ACTIVIDADES DESARROLLADAS

La comisión de servicio duró apenas cuatro meses, del 10 de abril al 28 de julio de 2015. Los trabajos desarrollados fueron principalmente de gestión de los expedientes de contratación, de obra nueva y mantenimiento que se redactaron en colaboración con el ingeniero italiano destinado en Koulikoro (que allí gestionaba pequeñas obras de mantenimiento) y con la oficial española del Cuerpo de Intendencia Jefe de J8. Todo ello se hizo siguiendo las reglas de contratación reguladas en el mecanismo ATHENA, reglas basadas en la Directiva de Contratación de la Unión Europea, aunque por motivos obvios se aplicaron formalmente las francesas (*Procédures des Marchés Publiques*).

Así mismo se realizaron las tareas inherentes a la Dirección de Obra de los expedientes contratados con anterioridad y la gestión y resolución de todos los problemas que aparecieron durante la misión en

cuanto al mantenimiento de las instalaciones (la Tabla 1 muestra los expedientes más significativos gestionados durante esos cuatro meses).

Todas estas tareas ejecutivas se realizaron en francés dado que se seguía la normativa francesa y se contrataba a empresas locales.



Figura 3.—Grupos electrógenos KTC (Koulikoro).

NOMBRE	IMPORTE	EMPLAZAMIENTO
Construcción de edificio prefabricado para gimnasio y arreglo locales desalojados para traslado del Role 1	48.000 €	Hotel Nord Sud (EUTM MALI HQ), Bamako
Suministro e instalación del grupo electrógeno nº 4 de 525 KVA	163.000 €	Koulikoro Training Centre, Koulikoro
Mejora del sistema de filtrado de los grupos electrógenos	35.000 €	
Reparación y mantenimiento a largo plazo de tres grupos electrógenos de 450 KVA	85.000 €	
Limpieza en profundidad de dos depósitos de combustible de 45.000 litros	4.700 €	

Tabla 1

Con periodicidad semanal se celebraban reuniones de los Jefes de las distintas “J” (secciones de Estado Mayor) con el Jefe de Estado Mayor en las que se exponían los temas más relevantes de cada uno, participando activamente como Jefe de J4 INFRA.

Todas las relaciones oficiales y reuniones entre los miembros del MHQ y entre éste y Bruselas se realizaban en inglés, dado que así lo exige la Unión Europea.

## OBRAS MOPS

Capítulo aparte son las obras que el contingente español de la misión desarrolló dentro del concepto CIMIC de proyectos de impacto rápido, con créditos del MOPS y que, abanderadas por el Jefe del contingente español (general García-Vaquero), fueron comenzadas al inicio de su mando como MCDR en octubre de 2014.

La actuación de este ingeniero fue de consejero técnico de las obras, pues los distintos expedientes que se originaron se tramitaron directamente desde el entorno del general. No obstante, fue muy estimulante esta tarea adicional pues gracias a los viajes por la región para ver las obras se pudo conocer más en profundidad el país, sus gentes y los métodos de trabajo típicos en el ámbito de la construcción que de otro modo hubiera sido muy difícil haber visto.

A continuación se ilustran algunos de los trabajos realizados:



Figura 4.—Construcción de aulas, zona deportiva, letrinas y depósito elevado agua en un colegio de Bankoni- Djangui-nebouyou (Bamako).



Figura 5.—Construcción de un edificio con tres aulas y porche y un bloque sanitario con tres letrinas en un colegio de Chetou-Dombila (Kati).



Figura 6.—Construcción de un edificio de aulas y almacén para el Centro de las Hermanas del Ángel de la Guarda en Dialakorodji, Bamako.

## CURIOSIDADES CONSTRUCTIVAS

La mano de obra es muy económica (alrededor de tres euros diarios para un peón de albañil) y abundante. En consecuencia, casi todo se hace a base de mano de obra: las excavaciones, los hormigones, los bloques y las bovedillas de hormigón, etc.

La maquinaria de obra civil existe pero su coste es prohibitivo para la pequeña y mediana empresa en las obras típicas que se ejecutan allí.

No existen centrales de hormigonado como las que podemos encontrar en España. Para las grandes obras se montan *in situ*.



Figura 7.—Construcción de un edificio escuela-hogar para mujeres en Koulikoro.



Figura 9.—Bloques de hormigón secándose al sol (Bamako).



Figura 8.—Instalación de suministro de energía eléctrica a base de placas solares y grupo electrógeno en el centro de salud de Nadfadji (Bamako).

En los trabajos de instalaciones, una gran mayoría de materiales se importan con lo que eso supone de retrasos en cuanto a los trámites aduaneros, siempre al albur de la “voluntad” de los funcionarios de aduanas. Hay carencia de empresas especializadas en la ejecución de este tipo de trabajos con lo que es fácil encontrarse con empresas con una gran insuficiencia técnica que se atreven a realizar estos encargos.

El concepto de subcontratación se aplica mayoritariamente a las obras grandes, ejecutadas generalmente por empresas extranjeras, pues por lo comentado en los párrafos anteriores no existe ni en calidad ni en cantidad la especialización empresarial que se conoce en Europa.

Las empresas pequeñas dedicadas a la construcción (p.e. BTP, *Bâtiment Travaux Publiques*) son autosuficientes. Ellos mismos se encargan de realizar casi todos los oficios de una obra, salvo los más especializados. Así el constructor se compromete profundamente en la ejecución de la misma.

---

## CONCLUSIONES

---

Según nuestra doctrina (*PD2-002 Vol. 5. Funciones de combate. Apoyo logístico*) la función logística de Infraestructuras y Obras en operaciones es llevada a cabo por el Mando de Ingenieros que enviará las unidades especializadas del Arma para satisfacer las necesidades de la fuerza desplazada en la operación en cuanto a infraestructura, con apoyos puntuales de la Dirección de Infraestructura del Ejército de Tierra si éstos son obligados por la complejidad técnica de las actuaciones.

Así, las misiones en el exterior que los miembros del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos, Escala de Oficiales, en su especialidad de Construcción, podrían desarrollar serían de asesoramiento y apoyo al Mando en materia de infraestructura, en el Estado Mayor o Cuartel General del contingente, normalmente multinacional, de una determinada operación de paz.

Por tanto, los ingenieros del Cuerpo deben, para poder cubrir dichos puestos, tener los perfiles exigidos, tanto idiomáticos como los de la propia especialidad,

pues son puestos más bien ejecutivos y no estrictamente de planeamiento y control.

Desgraciadamente estos puestos no son los que España aspira cubrir, es lógico que interese ocupar los más importantes desde el punto de vista operativo (J2, J5, J3, etc.). Normalmente en una operación multinacional la nación líder rellena las vacantes “de vida y funcionamiento”.

En el futuro, la intención del Mando mostrada en el PAP (Plan de Acción de Personal) de que miembros del Cuerpo puedan realizar el Curso de Estado Mayor, facilitará esta incorporación a los Estados Mayores en las operaciones exteriores que se han mencionado, como así ocurre en el caso de los cuerpos de ingenieros de otros ejércitos extranjeros de nuestro entorno.

Sería deseable que, para la carrera profesional y como experiencia personal, todo miembro del CIPET tuviera la oportunidad de participar al menos una vez en operaciones exteriores.



Figura 10.—Inauguración en el colegio Bankoni-Djanguinebouguou (Bamako).

# LA DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN EL TRIDENT JUNCTURE 2015

La Dirección de Infraestructura ha contribuido con dos oficiales al ejercicio Trident Juncture 2015, el Comandante CIP (EOF) Jaime Michelena García, como personal de aumento del Cuartel General de Alta Disponibilidad de Bétera (NRDC-SP), y el Capitán CIP (EOT) Enrique Armisén Garrido, como personal de aumento del Cuartel General de la FLO.

El puesto de aumento en el Cuartel General de la FLO tiene como cometido el apoyo de vida real a las unidades participantes en el ejercicio, gestionando las necesidades en tránsito de las diversas unidades participantes relacionadas con el alojamiento y manutención en sus movimientos entre los pasos de frontera/puertos/aeropuertos, los CENAD/CMT/BAE implicados en el desarrollo de los ejercicios y las USBA/USAC de las BAE que proporcionaban dichos apoyos. Desde este puesto se tramitaban también los daños producidos en la infraestructura de las BAE y

de propiedades civiles, así como el seguimiento de los accidentes medioambientales y la correcta gestión de los residuos producidos.

Por otro lado, en el NRDC-SP el ingeniero de Construcción del CIP ha realizado, fundamentalmente, asesoramiento al Jefe de la Sección de Ingeniería Militar (MILENG Branch) de la División de Operaciones en temas de infraestructura y medio ambiente, sirviendo a su vez de enlace con la Dirección de Infraestructura para prestar los apoyos técnicos requeridos. Este puesto presenta aspectos interesantes para el personal de la especialidad de Construcción del CIP en cuanto que permite la adquisición y práctica de conocimientos relativos a la Infraestructura en Operaciones, entendiéndose ésta como la capacidad que permite llevar a cabo la rápida y eficaz construcción o rehabilitación de infraestructuras críticas para la fuerza desplegada.



# UN HOSPITAL DENTRO DE OTRO HOSPITAL:

## ALTO AISLAMIENTO BIOLÓGICO EN LA PLANTA 22 DEL “GÓMEZ ULLA”

---

### ANTECEDENTES

---

La epidemia de fiebre hemorrágica de virus Ébola motivó que, el 8 de agosto de 2014, la Organización Mundial de la Salud emitiera una Declaración de Emergencia de Salud Pública de importancia internacional. Ante las repercusiones habidas en territorio nacional se tomó la decisión de crear un centro especializado de tratamiento en el Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”.

En octubre del mismo año, la Subsecretaría de Defensa encargó la obra a la Dirección General de Infraestructura y solicitó, a su órgano de contratación, la declaración de emergencia del expediente, justificada por la existencia en esos momentos de una situación de grave peligro. En la Sudirección General de Proyectos y Obras de la DIGENIN se designó Director del Expediente de Obras al coronel del CIP Salvador Villanúa Martí, y se encargó la ejecución de la obra al Servicio Militar de Construcciones.

Paralelamente, el 21 de octubre de 2014, el Secretario de Estado de Defensa firmó la Directiva de Programa “Equipamiento atención situaciones emergencia por enfermedades altamente infecciosas”, que creó una Oficina de Programa y una Comisión de Seguimiento de Alto Nivel. Los requisitos funcionales y técnicos fueron definidos conjuntamente por los ministerios de Sanidad y Defensa, y recogieron, además, los criterios y especificaciones de EUNID<sup>1</sup> (*European Network of Infectious Diseases*), que en muchos casos se superaron en exigencia. A su vez, dado el carácter de las instalaciones requeridas, la DIGENIN contrató sendas asistencias

---

1. *Specifications for a High-Level Isolation Unit for hazardous infectious diseases in Europe: report and commentary on a consensus view of European experts participating in the EUNID project.*



técnicas, para redacción del proyecto y dirección de la obra, a la consultora BERNA 10, especialista en arquitectura hospitalaria y, para diseño de instalaciones especiales, a la consultora PROMEC S.A.

El día 4 de febrero de 2015 se concretaron definitivamente las necesidades y número de habitaciones a preparar; habiéndose efectuado ya las demoliciones y trabajos previos. El día 24 de septiembre de 2015 se recepcionó la obra al Servicio Militar de Construcciones y se entregó al uso al Hospital Central de la Defensa.

---

## SITUACIÓN INICIAL DEL PROYECTO

---

En la torre del Hospital Central de la Defensa, en las plantas 21 y 22, existía una unidad de tratamiento de enfermedades infecciosas. Cada planta disponía de 32 habitaciones en 2 controles (A y B); eran habitaciones simples y dobles dotadas de simple esclusa de entrada, pasillo perimetral para visitas con contacto telefónico, y lavamanos en la puerta. Las habitaciones de la planta 21 no habían sido utilizadas y las de la planta 22 dejaron de emplearse en 2002.

---

## CONDICIONANTES DE DISEÑO

---

Las necesidades y recomendaciones actuales hicieron necesario un diseño mucho más amplio de espacio de habitaciones, exclusas, zona de aseos, sistemas de climatización y filtros, control del paciente, etc., lo cual obligó a la reestructuración total de la planta.

Por otra parte, la estructura del edificio, de losas aligeradas de hormigón armado (forjado reticular) apoyadas sobre pilares metálicos, dejaba una altura libre de planta de 3 m, insuficiente para la gran cantidad de instalaciones necesarias para el funcionamiento de la unidad (mecánicas, de fontanería, eléctricas, etc.) por lo que era necesario llevar instalaciones, bien por la planta superior (cubierta), o por la planta inferior (planta 21).

Además, al no disponer el Hospital de la suficientes potencia eléctrica, frío y calor de climatización, etc., fue también necesario realizar una sobreplanta donde ubicar un centro de transformación, un grupo electrógeno de emergencia, el sistema de climatización, ventilación y filtros absolutos, caldera para el agua caliente, etc.

---

## DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

---

En el control B de la planta 22 se diseñaron 8 habitaciones de alto aislamiento biológico con doble esclusa, zona de staff, vestuarios, despachos médicos, etc.

### Dimensiones de la actuación:

- Superficie de actuación 1.500 m<sup>2</sup> aproximadamente, de las cuales 395 m<sup>2</sup> en zona de habitaciones.
- La habitación de paciente tiene una superficie aproximada de 23 m<sup>2</sup>, aseo de 5,4 m<sup>2</sup> y doble esclusa (esclusa de limpio y esclusa de sucio) de 18 m<sup>2</sup>.
- En la zona central (430 m<sup>2</sup>) se ubican las áreas comunes de apoyo, tales como el control de enfermería, despachos médicos, vestuarios, cuartos de apoyo y almacén y laboratorio.

### Ubicación de instalaciones

- Planta técnica en cubierta, de 2.000 m<sup>2</sup>, en dos niveles, con estructura metálica atornillada elevada desde zona de aparcamiento. La elevación de la estructura y equipos hizo necesario utilizar la segunda mayor grúa móvil de España, de 750 T.

### Seguridad

- Control de accesos a la planta mediante doble tecnología (p.e. tarjeta y teclado).
- Vigilancia y monitorización en esclusas y habitaciones, así como accesos y zona de pasillos, mediante circuito cerrado de televisión, con grabación de imágenes.

### Acondicionamiento del aire

- Sistema independiente del resto del hospital, con unidades climatizadoras y extractores de aire trabajando en conjunto coordinadamente. Cada conjunto funciona para un grupo de habitaciones o espacios. Producción de calor mediante caldera de gas.
- Para conseguir presión negativa en las habitaciones se instalaron extractores equipados con filtros HEPA H14, de manera que el aire que se expulsa al exterior está libre de partículas. El número de renovaciones por hora en habitaciones es de 20.

- Se mantienen presiones negativas (depresión) escalonadas en función de la criticidad y nivel de contención requerido, con los valores siguientes:

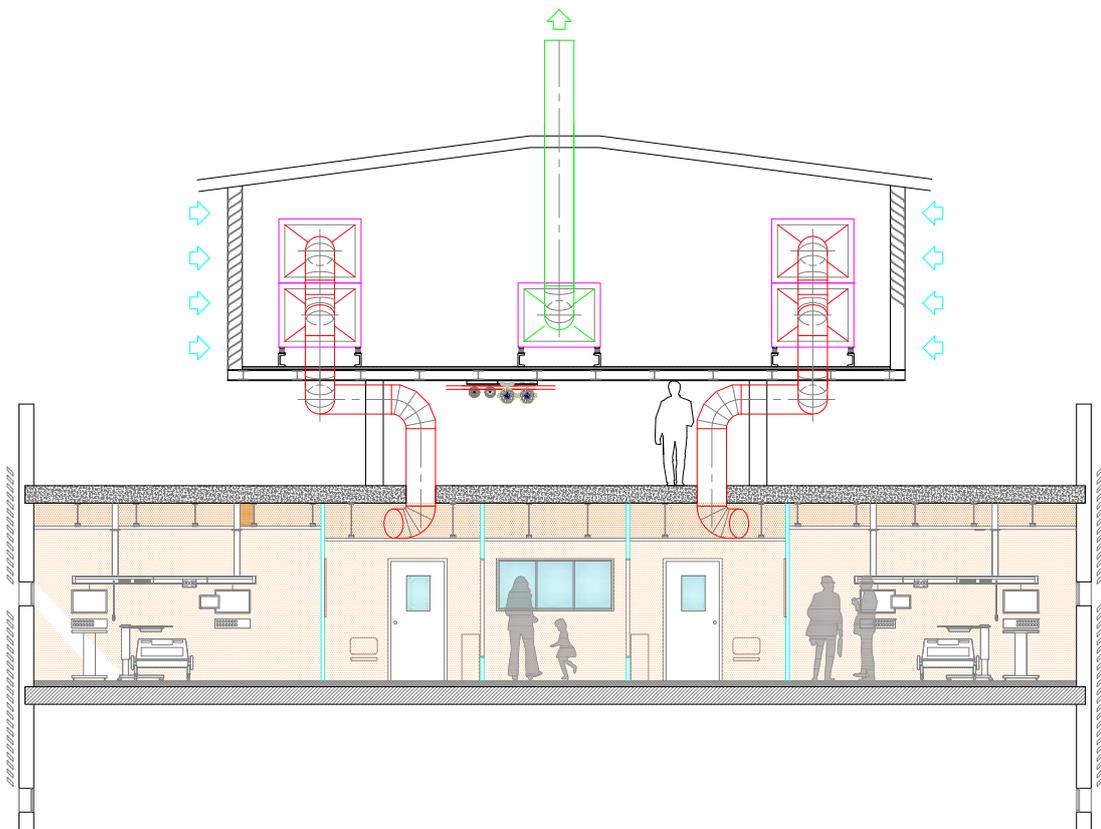
≥ (- 30 Pa) en habitaciones y aseos de pacientes.

≥ (- 15 Pa) en esclusas acceso a salas de pacientes.

(0 Pa) en pasillo y zonas comunes.

### Electricidad

- Suministro eléctrico independiente a la planta 22 mediante nuevos centro de transformación y grupo electrógeno.



- Encendido y apagado de luminarias de habitación y aseo y subida o bajada de persiana interior mediante domótica desde el control de enfermería.

### Comunicaciones

- Sistema de comunicación paciente-enfermería.
- Megafonía/manos libres entre esclusa y pasillo y entre esclusa y control de enfermería.
- Video y audio integrado, posibilidad de visita a pacientes por teleconferencia.

### Acabados

- Los paramentos verticales y techos se realizaron en materiales fenólicos y PVC de 2 mm de espesor, que son resistentes al peróxido de hidrógeno y la humedad y no son porosos; son fungiestáticos y bacteriológicos. Juntas y uniones quedaron perfectamente selladas.

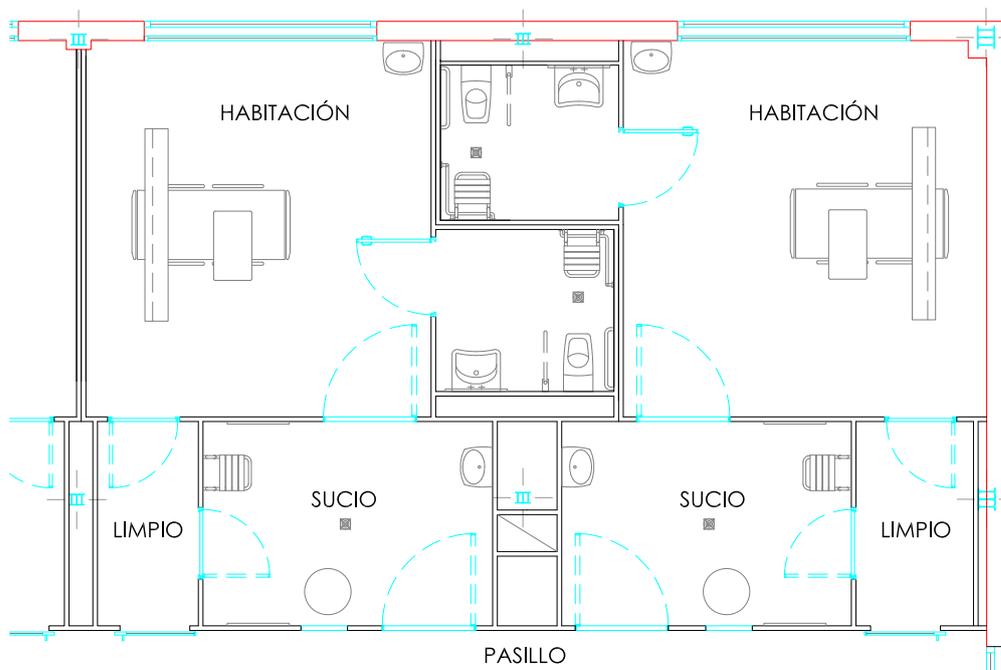
- El trasdosado interior de fachada así como las particiones interiores, en las zonas de hospitalización y vestuario/desinfección, fue resuelto mediante paneles sanitarios (autoportantes sándwich con alma de poliuretano y acabado exterior en resina fenólica). Los tabiques de cartón-yeso situados en los pasillos de la zona central revestidos con paneles de resina fenólica de igual acabado que las habitaciones.

- Revestimientos vinílicos en zonas de vestuarios, aseos, sala de limpieza y sala de cubos de la zona central.

- Perfilería sanitaria de media caña de aluminio en esquinas pared-suelo y pared-techo.

### Carpintería

- Puertas de acceso a las habitaciones con acabado similar al de los paramentos verticales, semiherméticas o con fugas controladas y dotadas de mirilla o ventana.



- El sistema de apertura y cierre de puertas de la esclusa provisto de semáforo indicador de puerta cerrada y enclavamiento eléctrico de cerradura con el fin de garantizar los escalones de presiones diferenciales y, por tanto, el aislamiento.
- Ventanas de habitaciones dobles, en la piel interior compuesta por dos lunas de 4 mm 4/24-25/4 espesor total 60 mm, con elementos secantes entre ambos vidrios para evitar condensaciones. En la piel exterior, carpintería de aluminio con rotura de puente térmico, dotada de un acristalamiento de 3 vidrios *float* de 4 mm y 2 cámaras de 8 mm de gas argón. Estancas y no practicables.

### Saneamiento

- Instalación de agua hiperclorada, independiente del resto de suministro de agua, específica para labores de limpieza en esclusa y para uso en el inodoro del cuarto de baño.
- Preinstalación alternativa en cuarto de baño de pacientes para tratamiento de residuos.



### Acceso a la planta

- Se mantuvieron las escaleras peatonales existentes así como los ascensores y montacargas con los debidos controles de seguridad.
- Se rediseñó el ascensor montacamillas existente de acceso único a la planta 22 con entrada por las plantas sótano 1 y sótano 2.
- También se dispone de otro montacamillas de emergencia para acceder a la planta que se programará para que sea de uso exclusivo en caso de necesidad.

---

### EQUIPO TÉCNICO INTERVINIENTE

---

DIGENIN, Subdirección General de Proyectos y Obras.

#### Equipo de Redacción y Dirección de Obra:

- Director del Expediente: Coronel ingeniero CIPET **Salvador Villanúa Martí.**
- Comandante ingeniero CIPET **Araceli Ortíz Quintana.**
- Comandante ingeniero CIEA **Miguel Ángel López del Amo.**

#### Oficina de Supervisión:

- Jefe de la Unidad: Coronel ingeniero CIPET **David Jáñez López.**
- Teniente coronel ingeniero CIEA **Antonio París de La Morena.**
- Comandante ingeniero CIEA **Miguel Ángel Cataño Liedo.**
- Capitán ingeniero CIEA **Pilar Ureña.**

Ejecución de la obra: Servicio Militar de Construcciones.

- Teniente coronel CIPET **Joaquín de la Torre Fernández.**
- Teniente coronel CIPET **Miguel Hernando García.**
- Aparejador **Javier García García de las Hijas.**

## NUEVO EDIFICIO PARA EL MANDO DE OPERACIONES DEL ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA EN LA BASE DE RETAMARES, POZUELO DE ALARCÓN, MADRID



### Redacción Proyecto:

- Coronel CIP (EOF)  
**Félix González de la Campa**

### Dirección de Obra:

- Teniente coronel CIP (EOF)  
**Joaquín Loste Verona**
- Capitán CIP (EOF)  
**Luis Arcos Fernández**

### Contratista:

- Servicio Militar de Construcciones
- Comandante CIP (EOF)  
**Guillermo Collazos Ramos**

### Jefe de Obra:

- **Beatriz Colmenarejo García y Beatriz Serrano Vázquez**

### Presupuesto:

- 4.645.511,15 €

### Superficie construida total:

- 4.543 m<sup>2</sup>

El edificio, destinado a albergar las principales instalaciones del Mando de Operaciones del Estado Mayor de la Defensa, está situado en el acuartelamiento de Retamares, en Pozuelo de Alarcón, Madrid. Este acuartelamiento, sin uso tras la evacuación del cuartel regional de la OTAN, está acogiendo distintas dependencias del EMAD actualmente ubicadas en el paseo de la Castellana de Madrid.

Se compone de dos plantas sobre rasante y de un semisótano, que es planta baja desde la fachada Este, dados los desniveles del terreno. Su forma general es la de un rectángulo de 64,67 x 30,68 m, que contiene dos patios de luces simétricos de 5,95 x 4,90 m. En las dos plantas sobre rasante se sitúan la totalidad de las oficinas y locales de trabajo, incluyendo el centro de operaciones conjuntas, mientras que en el semisótano, construido bajo la fachada Este, se sitúan las dependencias de instalaciones y servicios generales del edificio, y los vestuarios y duchas del personal.

Además, se disponen dos locales en planta ático bajo cubierta, en el que se sitúan las calderas de calefacción, los climatizadores de aire exterior y las bombas y equipos auxiliares de la instalación de climatización.

---

## CARACTERÍSTICAS RELEVANTES

---

### Diseño:

El espacio de acceso se formaliza con un hall de doble altura con la cubierta inclinada desde el que se distribuyen las circulaciones del edificio y se accede a la sala de seguimiento de operaciones.

Esta dependencia tiene una superficie de 230 m<sup>2</sup> y cuenta con un anfiteatro con capacidad para 40 puestos de trabajo y un *videowall* de 30 m<sup>2</sup> de superficie.

En la planta primera se ubica una sala de reuniones compartimentada por tabiques móviles que permiten su uso individual o conjunto hasta una superficie máxima de 126 m<sup>2</sup>.

### Constructivas:

Cimentación por pilotaje y estructura aérea con soportes de hormigón y forjados reticulares en las plantas de piso y losa maciza de espesor constante en la cubierta.

Centro de transformación de 630 KVA y grupo electrógeno de 520 KVA para asegurar el suministro eléctrico dado que es un edificio de uso 24/7.

Dispone de 31,8 km de cableado de red de Cu cat.6 y 16,2 km de cableado de fibra óptica multimodo para alimentar 860 tomas RJ-45 y 1.620 tomas de FO.



---

## TESIS DEL COMANDANTE CIP (EOF) JOSÉ IGNACIO YENES GALLEGO ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DEL IMPACTO Y RECUPERACIÓN DE UN IED-EFP

---

Dentro de los artefactos explosivos improvisados (IED, *Improvised Explosive Device*) se encuentran aquellos que generan proyectiles formados por explosión (EFP, *Explosively Formed Projectile*), penetradores de blindajes y sistemas acorazados, como los utilizados por grupos insurgentes contra las fuerzas aliadas en zona de operaciones. El objeto de este estudio es reproducir y entender el comportamiento de dichos IED capaces de generar proyectiles de alta velocidad y gran capacidad de penetración. La comprensión de su comportamiento permitirá mejorar el conocimiento sobre ellos y, por ende, combatirlos de forma más eficaz. Para ello se han realizado los ensayos correspondientes obteniéndose las primeras caracterizaciones de EFP construidos de manera artesanal, tal y como lo haría un terrorista. Además, se

han creado los modelos numéricos correspondientes a cada ensayo, que simulan todo el evento desde su inicio hasta el impacto en el objetivo, recorriendo todos los pasos intermedios. Se han ensayado tres configuraciones y posteriormente se han simulado, usando el software de análisis por elementos finitos, LS-DYNA, con una configuración 2-D axisimétrica, con mallados Lagrangianos. Los resultados obtenidos por el modelo han alcanzado un alto grado de precisión en relación a los datos experimentales. A partir de aquí se puede concluir que los IED-EFP son un serio peligro y que los modelos generados permitirán conocer y ahorrar costes en la lucha contra el artefacto improvisado y, por ende, contra el terrorismo, al disponer de un enfoque holístico de la amenaza, y finalmente reducir los costes de la experimentación.

---

## TESIS DEL COMANDANTE CIP (EOF) LUIS MARTÍNEZ THOMAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

---

Esta tesis tiene como objetivo fundamental proponer nuevas alternativas de producción del FPBO (*Fast Pyrolysis Bio-oil*). Como puntos fundamentales a desarrollar en esta tesis han sido:

- Modelo cinético. Estudio cinético y calorimétrico.
- Estudio de los factores principales en el proceso de secado y pirólisis.
- Estudio experimental del efecto de la temperatura y tamaño de partícula.
- Estudio de las condiciones óptimas de operación y de los productos obtenidos.
- Configuración del proceso y solución técnica para un reactor de pirólisis.

Una vez obtenido un modelo para la pirólisis y unas condiciones óptimas de operación se estudia el diseño de un reactor tubular provisto de un eje giratorio central provisto de actuadores que en base a la inclinación del reactor y a la velocidad de giro de las

aspas podrá poner en movimiento las partículas de la biomasa y a su vez mejorarán la transferencia de calor y materia de las partículas. Este tipo de diseño tiene como ventajas:

- Sencillez y economía.
- Mejor transferencia de calor partícula/pared metálica del reactor.
- Se evita problemas de tamaño de partículas de la biomasa de partida.
- Se puede controlar de manera efectiva el tiempo de residencia de las partículas.
- Se disminuye el contacto de los vapores con el coque (resto sólido), con lo que se evita el craqueo catalizado de los vapores.
- Se disminuye el arrastre de sólidos hacia el condensado lo que mejora sus prestaciones como producto y su estabilidad.
- Se eliminan posibles capas aislantes de resto sólido sobre las partículas.

# Miscelánea

## LA EXPERIENCIA “CERVANTES”: LA CARA AMABLE DE LAS MISIONES

En mayo de 1999, en la Escuela de Secundaria de Citluc (Bosnia y Herzegovina) se daba la primera clase de español. El programa Cervantes nació así con el objetivo de hacer más familiar a la población local la presencia de las tropas y facilitar así su trabajo. Se trata de que el español se convierta en una lengua vehicular en la que puede concienciarse a la población civil, en especial a los niños, acerca de los peligros de las minas y artefactos sin explotar o de la necesidad de seguir unas pautas adecuadas de sanidad e higiene.

En Líbano, el 23 de enero de 2007, tuvo lugar el acto de inauguración de los cursos del Programa Cervantes. A partir de entonces la demanda ha seguido creciendo, dentro de las poblaciones cercanas, como parte de los trabajos de cooperación Cívico Militar (CIMIC) de la misión. A través del Programa, el Ejército ofrece cursos impartidos por oficiales y suboficiales, que comparten su tiempo libre en diez localidades y en la propia Base “Miguel de Cervantes”, no sólo con alumnos libaneses de toda confesión religiosa, sino también con personal de otros países bajo bandera de Naciones Unidas. Además, como parte de la colaboración con las Fuerzas Armadas Libanesas (LAF), una veintena de sus oficiales, suboficiales y tropa también reciben clases.

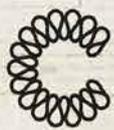
Unos cuantos miembros del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos han tenido la oportunidad de participar en el Programa Cervantes en el Líbano. Dichos oficiales compaginaron su labor diaria en las distintas unidades donde fueron integrados, con la dedicación de parte de su tiempo a uno de los aspectos más amenos y enriquecedores de las misiones.



Figura 1.—Teniente CIP (EOT), Mecánica, Eduardo Rodiles Vignalondo, integrado en la RTV de la Unidad Logística (ULOG) durante la LH-XIX. Año 2013.



Figura 2.—Teniente CIP (EOT), Telecomunicaciones y electrónica, María Isabel Carcelén García. Participación con la UCI-MIC en LH-IV y LH-X. Año 2010.



IV CENTENARIO  
CERVANTES

# Cervantes

## soldado de la Infantería Española

El 22 de abril de 1616 falleció en Madrid D. Miguel de Cervantes Saavedra, siendo enterrado al día siguiente en el Convento de las Trinitarias Descalzas de San Ildefonso.

Soldado, novelista, poeta y dramaturgo español, Cervantes es, sin lugar a duda, el escritor español más sobresaliente de los Siglos de Oro.

Mundialmente conocido por su obra maestra, *el Ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha*, es aún hoy, cuatro siglos después, una de las novelas más editadas, traducidas y conocidas de la literatura mundial.

Pero el genio de las letras tuvo otra intención vital: quiso ser y fue soldado. Sirvió primero en el tercio de Moncada, con el que combatió en Lepanto. Tras recuperarse de sus heridas, que le apodaron como «El manco de Lepanto», pasó al tercio de Lope de Figueroa, o de Granada. Ambos tercios se habían levantado para luchar en las Alpujarras, tras lo cual se embarcaron los dos hacia Lepanto, donde también combatió el tercio de Sicilia, junto con otros tercios de Infantería española, aparte de numerosas tropas de los dominios de Felipe II, o de los coaligados en la Santa Liga. En el año 1573 pasó con su capitán al tercio de Sicilia y tras un breve periodo en Nápoles se embarcó hacia España, con cartas de recomendación de Juan de Austria, para pretender una compañía. Los combates de estos años quedaron reflejados en sus obras, así como su cautiverio en Argel, durante cinco años, tras haber sido apresado en el trayecto de regreso a España.

Por cierto, el tercio de Lope es el origen del Regimiento «Córdoba» n.º 10, de guarnición en Córdoba y el tercio de Sicilia lo es del Regimiento «Tercio Viejo de Sicilia» n.º 67, de guarnición en San Sebastián.

La experiencia militar de Cervantes está presente en la mayor parte de sus obras, denotando su lealtad a los valores de la época: Cristiandad, España y Rey, así como a valores caballerescos anteriores, en los que seguía creyendo, como la Justicia, la Caridad, la protección al débil, etc.; tal como refleja en su obra principal, *el Quijote* y en la mayor parte de sus obras, donde aparecen habitualmente referencias a la milicia.

El Ejército de Tierra, durante este año, homenajeará al insigne Genio de las Letras, que fue definido en la «Aprobación» de la segunda parte del *Quijote* como «Viejo, soldado, hidalgo y pobre».



EJÉRCITO DE TIERRA



MINISTERIO DE DEFENSA



Cervantes, soldado de la  
Infantería Española

---

# INGENIEROS DEL IMPERIO

---

*“Nombres dimos a los ríos, nombres a los mares”*

B. Bermúdez

Esta es una historia de héroes, de honor, de orgullo y de aflicción. Esta es una historia de personas enfrentadas. Esta es una historia de sangre derramada pero que debe ser contada, incluso si produce dolor, puesto que forma parte de nuestro pasado: las tinieblas que debemos atravesar para conocernos a nosotros mismos en profundidad, las sombras que perfilan con nitidez los contornos de nuestros logros.

Por último, esta es una historia de supervivencia, de valor frente a formidables desafíos; la historia de una nación ocupando y manteniendo su lugar en la Historia.

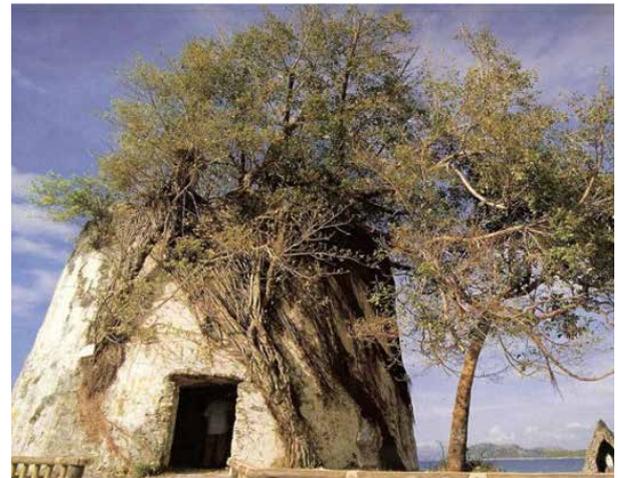
Hoy en día los fuertes, torres y armas españoles en Filipinas agonizan rápidamente bajo el sol tropical. Simples sombras de una formidable máquina de guerra en su tiempo, sus paredes han sido horadadas, sus baluartes devorados por una vegetación exuberante, sus cañones oxidados por la humedad del Trópico.

Y cuando nuestros ojos las contemplan surgen algunas preguntas complicadas: ¿Por qué razón hay un pequeño fuerte en la isla de Pamilacan, un islote de 1,6 por 1,25 km situado en el mar de Bohol? ¿Por qué estaba tal fuerte orientado a tierra si se suponía que su función era la protección frente a los piratas del mar? Algunas fortificaciones eran muy pequeñas, como el baluarte de Punta Cruz, en Maribojoc, ¿cómo podía la población refugiarse en un espacio así?

Varios cientos de construcciones de diversa entidad constituyen el testimonio de la voluntad, la capacidad, arrojo y esfuerzo de nuestros antepasados, ingenieros militares que a lo largo de más de trescientos años tuvieron la oportunidad de descubrir y cartografiar un mundo y de construir un patrimonio que protegió los intereses de nuestra Patria y que quedó como legado para nuestros hermanos filipinos y la humanidad en su conjunto. Ingenieros que hubieron de trabajar en el confín del Imperio y en muy difíciles condiciones: en palabras de Felipe del Alcázar, mili-

tar del siglo XVIII, Manila era *“este destierro del mundo y laberinto confuso de extraordinarias máximas”*.

Un patrimonio que, sin embargo, permanece invisible a nuestros ojos, oculto y condenado al olvido y la extinción. Sé que en el mismo momento en que estoy escribiendo, el mar de Visayas está desgastando la cimentación de una torre en ruinas que se encuentra en Oslob. Sé que las piedras de coral labradas están siendo sistemáticamente arrancadas de los cerramientos de torres abandonadas para ser vendidas en anticuarios y que los baluartes de Daang Lungod están siendo utilizados como vertederos y letrinas comunales.



 *Figura 1.—Los ficus parásitos deshacen la piedra caliza, reduciendo a escombros la torre de San Esteban, Ilocos Sur.*

Esta es la introducción del trabajo monográfico *“Ingenieros del Imperio”*, publicado en el número extraordinario de diciembre de 2015 de la revista de la Escuela Politécnica Superior del Ejército, *Palas y Minerva*.

En él se dan detalles de la vida y trabajo de los ingenieros más destacados que desarrollaron su labor en aquel archipiélago durante los 333 años en que for-

mó parte de nuestro País. Entre ellos nombres como Juan de Císcara, Tomás de Castro, Miguel Antonio Gómez, Feliciano Márquez, Dionisio O'Kelly, Tomás Sanz, Gregorio Clavero, José Gago, Rafael Rávena, Manuel Cortés o Rafael Cerero.

El embajador de Filipinas en España, Carlos C. Salinas, en la sede del Instituto Cervantes de Madrid, rindió el pasado 8 de octubre de 2015 homenaje a Miguel López de Legazpi, el explorador que estableció el primer asentamiento español en el sitio del Cebú actual y a Andrés de Urdaneta, el sacerdote agustino que asistió como piloto de la expedición y abrió la ruta del tornaviaje. En sus propias palabras, estos exploradores *“mantuvieron ideales que pueden parecer ingenuos e ideas que, improbables en un principio, al final hicieron del mundo un lugar mejor y a la humanidad, más valiente, más sabia y más fuerte”*.

El espacio filipino, por sus características geográficas, climáticas y culturales, era particularmente proclive a la dispersión, a la individualización en grupos, al desarrollo de formas autónomas de vida, creencias, gobierno y otras manifestaciones culturales.

Por estas razones fue fácil teatro de operaciones para acciones de descubrimiento, exploración y conquista; y por lo mismo resultó enormemente complicado para actuaciones colonizadoras, vertebradoras, reordenadoras del territorio, de incorporación del espacio y su población a la Corona hispánica y a la fe católica. Pero un pueblo como el español, que había demostrado una gran capacidad náutica, una gran actitud para la conquista y unas enormes aptitudes para la colonización, tuvo la osadía de afrontar el reto.

Situado el archipiélago filipino en el límite de la expansión hispana, el más alejado de sus territorios, la superioridad náutica y castrense no eran suficientes: un solo español por isla suponía un contingente demasiado importante, demasiado costoso. Y eran necesarios muchos más, así como capacidad de abastecimiento, transporte, comunicación, conocimiento, control y defensa, lo que requería entre otras actuaciones la construcción de fortificaciones

y establecimientos militares de distinta categoría. Intentar lograr autofinanciación era inimaginable, obtener beneficios una utopía dada la relativa pobreza de las islas, su enorme distancia a la Península, los hombres que costaban así como las naves que engullían sus aguas, los terremotos, el vulcanismo, lo costoso del transporte, la ausencia de estímulos suficientes para atraer un grupo inmigratorio aparte del propio funcionariado o los abundantes tifones y bajíos.

El archipiélago era un territorio selvático formado por 7.100 islas de las que solamente 11 cubren la casi totalidad del territorio siendo la mayoría de las restantes de un tamaño mínimo pero nunca despreciable a efectos náuticos o de refugio propio o de enemigos y piratas y a las que, por tanto, había que llegar.

Y los ingenieros que se sucedieron, partiendo de estas condiciones, cartografiaron el archipiélago, diseñaron sus ciudades, construyeron sus defensas e incluso en ocasiones combatieron a enemigos muy superiores en número, contribuyendo a crear una nación capaz de decidir su propio destino.

Cualquiera que tenga interés en leer el trabajo completo puede acceder a él desde la Intranet del Ejército de Tierra, en el siguiente enlace:

<http://intra.mdef.es/portal/intradef/Ministerio de Defensa/Ejercito de Tierra - UCO/UCO/Publicaciones/UCO:1195>

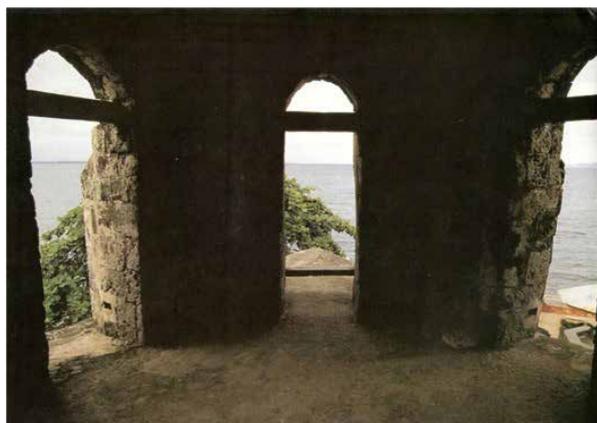


Figura 2.—Fuerza de San Vicente vigilando el estrecho de Cebú, entre las islas de Bohol y Cebú (1796).

# Impresión Bajo Demanda

## Procedimiento

El procedimiento para solicitar una obra en impresión bajo demanda será el siguiente:

Enviar un correo electrónico a **publicaciones.venta@oc.mde.es** especificando los siguientes datos:

**Nombre y apellidos**

**NIF**

**Teléfono de contacto**

**Dirección postal donde desea recibir los ejemplares impresos**

**Dirección de facturación (si diferente a la dirección de envío)**

**Título y autor de la obra que desea en impresión bajo demanda**

**Número de ejemplares que desea**

Recibirá en su correo electrónico un presupuesto detallado del pedido solicitado, así como, instrucciones para realizar el pago del mismo.

Si acepta el presupuesto, deberá realizar el abono y enviar por correo electrónico a:

**publicaciones.venta@oc.mde.es**  
el justificante de pago.

En breve plazo recibirá en la dirección especificada el pedido, así como la factura definitiva.

## Centro de Publicaciones

Solicitud de impresión bajo demanda de Publicaciones

Título:

ISBN (si se conoce):

N.º de ejemplares:

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Teléfono

Dirección

Población:

Código Postal:

Provincia:

E-mail:

*Dirección de envío:  
(sólo si es distinta a la anterior)*

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Dirección

Población:

Código Postal:

Provincia:



Publicaciones de Defensa  
Camino de los Ingenieros, 6 • 28047 Madrid  
Teléfono: 91 364 74 27 (Pedidos)  
publicaciones.venta@oc.mde.es



*Polígono de Experiencias de Carabanchel. Biblioteca.*

