CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

CUADERNOS de ESTRATEGIA

11

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por el Seminario de "Investigación Científica".

LA GESTIÓN DE LOS PROGRAMAS DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS

MINISTERIO DE DEFENSA

MD

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

CUADERNOS de ESTRATEGIA

11

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por
el Seminario de "Investigación Científica".

LA GESTIÓN DE LOS PROGRAMAS DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Mayo, 1990

CATALOGACION DEL CENTRO DE DOCUMENTACION DEL MINISTERIO DE DEFENSA

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATEGICOS. Seminario de Investigación Científica.
La Gestión de los programas de tecnologías avanzadas / Estudios de investigación realizados por el Seminario de Investigación Científica.— [Madrid] : Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, D. L. 1990.—72 p.; 24 cm. («Cuadernos de Estrategia»; 11).
ISBN 84-7823-079-3.—NIPO 076-90-024-3.—D.L. M-17802-1990.
I. España. Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, ed.
II. Título.

CENTRO DE DOCUMENTACION
DEL MINISTERIO DE DEFENSA
REGISTRO 9054
SIGNATURA .....
ITEM Nº .....

EDITA: **MINISTERIO DE DEFENSA**
Secretaría General Técnica
ISBN: 84-7823-079-3
NIPO: 076-90-024-3
Depósito Legal: M-17802-1990
IMPRIME: Imprenta Ministerio de Defensa

C E S E D E N

Instituto Español de Estudios Estratégicos

SEMINARIO NÚM. 7: "INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA"

Grupo de Trabajo "N": Investigación y Desarrollo

LA GESTIÓN DE LOS PROGRAMAS DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS

PREÁMBULO

La investigación científica y técnica (I+D) en el sector defensa ha tenido un notable protagonismo, dando respuesta en cada momento a las diferentes exigencias de la defensa y extendiendo su acción incluso a contextos lejanos del estrictamente militar. Baste mencionar, en este último aspecto, las repercusiones en tecnologías de uso civil y en la propia investigación científica y técnica en general, aparte de que por ejemplo, las repercusiones políticas que cabe atribuir a un programa como la Iniciativa de Defensa Estratégica hacen pensar en la intencionalidad política con que un programa militar de investigación de tal envergadura fue anunciado con gran profusión de detalles antes de su iniciación.

Pero, ¿cuál puede ser el papel de la I+D en defensa en los contextos que se vislumbran en futuros inmediatos?, ¿determina la reducción y control de armamento una disminución de la I+D en defensa?, ¿tiene impacto positivo o negativo sobre la I+D en defensa una posible reducción en los ejércitos?, ¿puede producirse un cambio en la especificidad de la demanda de I+D en defensa como consecuencia de cambios en las amenazas?, ¿va a seguir siendo la I+D en defensa un arma con fines diferentes de los estrictamente militares?.

La política de I+D del sector defensa debe estar en condiciones de dar respuesta a ésta y otras cuestiones que, en la actualidad, y cara al futuro pueden plantearse. De ahí el interés del presente trabajo en que se analizan las bases de la política de I+D en defensa y las dificultades inherentes a la gestión de los programas de investigación en este sector.

La Ingeniería de Defensa, llamada a jugar un papel esencial en la gestión de programas de I+D, es objeto de un análisis general seguido de un estudio

crítico de las especialidades actualmente existentes en España. El déficit en personal investigador y gestor de la investigación en el sector defensa, es quizás un reflejo del déficit general de personal investigador en algunas especialidades civiles hoy prioritarias, siendo posiblemente necesario un mayor apoyo mutuo entre ambos sectores como en el trabajo se propone.

Los autores de las ponencias, civiles y militares con diferentes especializaciones, miembros del «Seminario de Investigación Científica» del IEEE, realizan una aportación interesante y en la solución de los problemas actuales que detectan puede estar la base para agilizar la gestión de la I+D *en el sector defensa, en los cambiantes escenarios a que cabe esperar se enfrente la defensa en los próximos años.*

EL PRESIDENTE DEL SEMINARIO,

ÍNDICE

Págs.

PRESENTACIÓN 13
Por Luis González Domínguez

Capítulo I
LA *I+D* DE DEFENSA EN ESPAÑA ANTE LA NUEVA SITUACIÓN INTERNACIONAL 17
Por Manuel Quinteiro Blanco

Capítulo II
LA DEMANDA CIENTÍFICO-TÉCNICA DE LA DEFENSA NACIONAL 25
Por José A. Cordero Martín

Capítulo III
APORTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE LA DEFENSA A LA GESTIÓN DE PROGRAMAS *I+D* 33
Por José A. Aláez Zazurca

Capítulo IV
ESPECIALIDADES NECESARIAS EN LAS INGENIERÍAS DE DEFENSA 47
Por Antonio José Juliani y Hernán

COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO 71

PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

Por Luis González Domínguez

Dentro del tema general del seminario: «La problemática de la gestion de programas de tecnologías avanzadas en Defensa Nacional», correspondió al «Grupo "N": Investigación y Desarrollo», analizar los aspectos científico-técnicos, subyacentes con aquella problemática, así como sugerir medidas conducentes a la progresiva superación de la actual situación.

Después del análisis previo del tema, tras la exposición realizada por el subdirector de Ciencia y Tecnología, de la Dirección General de Armamento y Material, que sugirió el tema en cuestión, el Grupo acordó abordarlo bajo la triple perspectiva siguiente:

a) La demanda científico-técnica de la Defensa Nacional.

b) La aportación de la ingeniería de defensa a la gestión de programas de ésta.

c) Las especialidades requeridas por la Defensa Nacional.

Esta aproximación al tema, objeto de estudio, no pretende agotar su análisis, pero se considera lo suficientemente variada y significativa, como para iluminarlo en sus aspectos más representativos. Al presentar ahora las ponencias correspondientes, de forma sucinta, quisiera enmarcarlas en el futuro previsible para las organizaciones de defensa, regionales y mundiales, y que prefiguran unas relaciones de interdependencia menos rígidas, más fluidas, lábiles y discontinuas, entre la planificación estratégica y las actividades de investigación y desarrollo, especialmente en las naciones desarrolladas. Si bien, sigue siendo válido el hecho de que «el motor principal de una eficaz dinámica estratégica lo constituye una actividad

investigadora amplia y continuada», no lo es menos que en la actual prospectiva mundial de defensa, los objetivos de tal estrategia general parecen alejarse de forma evidente de toda finalidad militar, incluso sea ésta de carácter defensivo. Ya hay síntomas claros de esta tendencia, que se irán percibiendo con más nitidez en los próximos años.

La presente evolución política del Este europeo, la escasa y débil percepción de amenazas en nuestro entorno, la progresiva distensión entre los bloques Este-Oeste, con la continuada búsqueda de un equilibrio al nivel más bajo de fuerzas, hace pensar en un cambio futuro importante en los objetivos estratégicos, que se orientarán, probablemente, a enfrentar desafíos mundiales, tales como las grandes áreas de pobreza y miseria del Planeta, la sima creciente en el desarrollo entre los países del Norte y del Sur, o bien la preservación de la naturaleza para las generaciones venideras.

En este contexto general, la demanda científico-técnica de la defensa, en España, se verá afectada en su actual y ya débil significación, en forma de asesoramientos, estudios o programas de investigación y desarrollo, durante la fase de planeamiento estratégico, como consecuencia de solicitudes más amplias e importantes de sectores tales como los de educación, sanidad, justicia, telecomunicaciones o transportes. En tal circunstancia, la menor demanda podría paliarse por una mayor coordinación de objetivos generales y una mejor imbricación de la defensa en la nueva planificación del Gobierno. En las fases posteriores, de programación y de ejecución, aquella demanda es menos significativa, por lo que las consecuencias también serán menores.

La aportación de la ingeniería de defensa a la gestión de programas que, en el pasado, pudo cumplir satisfactoriamente el limitado campo de funciones que implicaba el seguimiento y control de aquéllos, hoy se ve desbordada por la diversidad y complejidad de áreas tecnológicas y por la amplitud y dificultad de las actividades exigidas, por una gestión continuada y eficaz de los programas relativos a sistemas, subsistemas o equipos de armas modernos. Como posibles salidas de la presente situación se contemplan la aplicación y diversificación de las actuales ramas y especialidades de la ingeniería de defensa, en sus dos niveles, una mayor y más estricta coordinación de éstas, a nivel de la defensa, también una más fluida y flexible referencia y la solicitud de aquélla al área civil correspondiente, superando prejuicios, distanciamientos y reticencias de épocas pasadas.

Las últimas disposiciones legales sobre la enseñanza técnica militar y, en particular, la ya aprobada Ley de la Profesión Militar, apenas si roza tangencialmente el tema, por lo que no podemos ser optimistas, respecto a

la superación de la problemática, objeto de nuestro estudio, ni siquiera a medio plazo.

La creación de una Escuela Politécnica de la Defensa, por agregación de las facilidades existentes en cada Ejército, su estructuración sobre bases coordinadas y proyección al ámbito global de la defensa, entendida a efectos educativos como de acción subsidiaria a la del sistema de educación nacional, podría suponer un avance significativo para corregir las amplias deficiencias de la ingeniería de defensa, en el campo de la gestión de programas modernos, hasta situarla como puente eficaz de enlace, entre los órganos de planeamiento —Estados Mayores— y los centros de investigación y desarrollo. Esta evolución, no obstante, hay que contemplarla como transitoria, tanto por la previsible dinámica estratégica general, como por el acontecer histórico que parece vislumbrarse en un futuro próximo.

EL PRESIDENTE DEL GRUPO DE TRABAJO,

CAPÍTULO PRIMERO

LA I+D DE DEFENSA EN ESPAÑA ANTE LA NUEVA SITUACIÓN INTERNACIONAL

LA I+D DE DEFENSA EN ESPAÑA ANTE LA NUEVA SITUACIÓN INTERNACIONAL

Por MANUEL QUINTEIRO BLANCO

1. Introducción general

Problemática de los programas nacionales de I+D en defensa

La situación actual en Europa llevará a una evolución en la que se prevé la disminución del número de armas ofensivas con un incremento de su eficacia así como un aumento de los equipos de vigilancia, detección y comunicaciones. Al mismo tiempo se producirá una progresiva apertura del mercado de equipos de defensa entre los países europeos. La reducción de armamento convencional que previsiblemente también se producirá en EE.UU. se traducirá en una mayor presión de sus fabricantes sobre el mercado europeo.

Las enormes cantidades de recursos económicos que los países líderes de los grandes bloques militares dedican en las últimas décadas a programas de investigación y desarrollo de armamento y equipos de defensa hacen avanzar la tecnología a tal ritmo que hace imposible su seguimiento en forma aislada por cualquiera de los demás países. En el bloque de la OTAN en concreto se hace de día en día mayor la distancia tecnológica entre EE.UU. y cualquiera de los países europeos, que dependen cada vez más de adquisiciones de equipos de defensa norteamericanos.

Para evitar estas diferencias en tecnología se ponen en marcha una serie de programas de colaboración dentro de los países de la OTAN. Adicionalmente se establecen también programas de desarrollo en colabo-

ración en el GEIP. Se pretende poder abordar de forma conjunta programas de investigación y desarrollo de armamento imposibles de realizar aisladamente y contribuir así a un aumento de nivel tecnológico y una mayor uniformidad entre los países europeos.

Desde su ingreso en la OTAN, España se lanzó de lleno a la participación en reuniones técnicas, grupos de trabajo y empezó a tomar parte en algunos programas de investigación y desarrollo. Esta participación se intensificó con la entrada en el GEIP y a través de acuerdos bilaterales. Sin embargo, estas colaboraciones en programas de investigación y desarrollo no dan todos los resultados esperados por diversas razones: desarrollos muy lentos, incrementos muy notables en los costos, dificultades administrativas, y en general falta de espíritu de colaboración entre los diferentes países. En los últimos meses las retiradas de países de estos programas se están sucediendo en cadena.

Está ampliamente comprobado que la colaboración no es eficaz cuando la diferencia de nivel tecnológico entre los partícipes es grande, como ocurre entre España y naciones como Francia, Reino Unido o Alemania. Parece existir un círculo cerrado en la colaboración internacional de tal forma que no se puede adquirir tecnología si no se participa en programas y no se puede participar en éstos si no se dispone de tecnología. Quizás la forma de romper este círculo sea adquirir la suficiente tecnología de base en programas de *I+D* nacionales, que permita a la industria entrar a participar en los programas de manera efectiva.

En general, la forma en que ha llegado a establecerse las colaboraciones en programas internacionales es tal que, cada país realiza en sus propios centros de investigación o su industria una parte de trabajo equivalente a su aportación económica al programa.

Los resultados de los programas de desarrollo o de investigación se producen a medio o a largo plazo. Períodos comprendidos entre cinco y veinte años son frecuentes en este tipo de programas. El planeamiento de programas de investigación a tan largo plazo debe estar basado en previsiones de las necesidades de la defensa por una parte y la evolución de la tecnología en el período contemplado por otra. El establecimiento de un orden de prioridades y la programación de recursos disponibles completa el marco en que se ha de hacer la selección.

No hay siempre previsiones disponibles a medio plazo y raramente se dispone de ellas a largo plazo. Convertir estas previsiones en requerimientos tecnológicos y éstos en programas de investigación y desarrollo es una tarea que requiere gran esfuerzo y competencia por parte del organismo

responsable. La especificación de los objetivos de los programas establecido a estos plazos deben ser realistas, se debe tener en cuenta la evolución de la tecnología en el tiempo de desarrollo y utilizar criterios económicos de coste/eficacia, si no se quiere tener que abandonar los programas a mitad de camino o, por el contrario, obtener productos que nazcan obsoletos.

Puesto que la industria es la ejecutora de los programas de desarrollo y de una buena parte de los de investigación, es necesario un conocimiento muy detallado de la capacidad que la industria tiene, de las implicaciones del aprendizaje de las tecnologías requeridas y de su posible aprovechamiento en otros productos. Es necesario un contacto directo y continuo de la Administración con la industria que permita escuchar sus objeciones y recomendaciones durante la preparación de cada programa. La posición de enfrentamiento o falta de diálogo parece, más que nada, una forma de encubrir un desconocimiento de los problemas técnicos o industriales. El grado de sintonía entre la Administración de Defensa y la industria podría ser tomado como una medida del estado de desarrollo de un país.

La industria debe asumir plenamente las implicaciones de los programas de investigación y desarrollo. Debe estar dispuesta a esperar un período largo de tiempo antes de que se pueda producir la explotación de los resultados. Los programas de *I+D* no deben ser considerados como una fuente de beneficios directos sino que, al contrario, suelen requerir financiación adicional de la empresa.

Establecidos adecuadamente los objetivos de un programa y el límite máximo de su alcance económico, la competición abierta sería el camino deseable para ajustar su coste exacto. En nuestro caso no tenemos suficiente industria para poder disponer de competencia real en la mayor parte de los programas. En estas circunstancias se requiere una mayor experiencia en los técnicos de la Administración que han de controlar el coste del programa.

La supervisión del desarrollo de los programas de *I+D* requiere un seguimiento mucho más cercano que cualquier otro programa de adquisición. No basta esperar al cumplimiento de unos hitos determinados para comprobar sus características y certificar su cumplimiento. La supervisión de estos programas implica asegurar en cada momento la toma de decisiones acertadas que garanticen el logro de los objetivos. Para esta función de supervisión se necesita por parte de la Administración disponer de personal técnico con una gran experiencia en investigación y gran conocimiento de la tecnología.

Si la colaboración de centros de investigación universitarios en los programas de *I+D* de Defensa es importante en otros países, en el nuestro

es imprescindible. El tamaño de nuestras industrias es tal que no les permite disponer de técnicos y laboratorios de investigación en número suficiente y con una especialización adecuada para atender a todas las necesidades de los programas. Afortunadamente, esta colaboración se está dando en nuestro país en cantidad creciente y, en general, con resultados satisfactorios.

Obtenidos los prototipos con las especificaciones establecidas en los programas, es necesario un período extenso de evaluación técnica y operativa antes de que puedan ser homologados y entrar en fase de industrialización. Los lugares adecuados para esta evaluación y experimentación son los centros de investigación y los polígonos propios de Defensa en donde técnicos y operativos pueden trabajar en equipo.

Defensa dispone de centros de investigación, desarrollo y experimentación que juegan un papel muy importante en todo el proceso de adquisición de tecnología:

- Realizan trabajos de investigación y desarrollo que, siendo necesario para Defensa, por razones de seguridad, económicas o de disponibilidad de medios, no pueden ser llevados a cabo por la industria o por centros de investigación exteriores.
- Sirven de apoyo a la industria transfiriéndole la tecnología desarrollada en ellos o realizando pruebas o experiencias que la industria necesita.
- Realizan la experimentación y evaluación de los productos de los programas de desarrollo de Defensa.
- Sirven para formar y mantener al día en las tecnologías más avanzadas a los investigadores e ingenieros que Defensa necesita para dirigir y gestionar los programas de investigación y desarrollo, asesorar en el proceso de planeamiento, etc.

Estos centros, que han sufrido un cierto estancamiento en su evolución en las últimas décadas, están en pleno proceso de actualización con la asignación de misiones acordes con las necesidades tecnológicas de Defensa, potenciación de sus medios, mayor especialización y estrecha coordinación de sus actividades.

Está dando muy buenos resultados a nivel de experiencia piloto la utilización de uno de dichos centros como lugar de realización de trabajo de colaboración en programas avanzados entre Defensa, la industria y centros de investigación universitarios. El ambiente de estímulo técnico, colaboración y competencia aconseja extender este tipo de operación a los demás centros de investigación de Defensa.

Hemos dejado para el final el mayor problema en relación con la investigación y desarrollo y, en general, con la tecnología en el área de

Defensa. Se trata del problema de personal técnico superior. No se dispone, ni muy de lejos, del número de personas con adecuada formación tecnológica y experiencia en investigación para cubrir los requerimientos mínimos dentro de la propia estructura de la organización de Defensa. Quizá no es este el lugar adecuado para extendernos a considerar unos métodos de captación y unos programas de formación necesitados de revisión, unas especializaciones inadecuadas, unas condiciones de permanencia en puestos de trabajo impropias para adquirir experiencia, y unas condiciones económicas poco atractivas que, en conjunto, dificultan la solución al problema de investigadores, técnicos e ingenieros al servicio de Defensa.

Si la coordinación es importante en todas las actividades de una organización tan compleja como el Ministerio de Defensa, difícilmente se puede imaginar un área en donde sea tan necesaria y eficaz como en investigación y tecnología. Aquí la comunalidad y sinergia pueden multiplicar por un factor muy elevado el rendimiento de los recursos utilizados.

Coordinación fuerte y al más alto nivel posible es una característica común de las actividades de ciencia y tecnología en las organizaciones de Defensa de los países más avanzados. En EE.UU., la responsabilidad exclusiva recae en un adjunto al secretario de Defensa para Ciencia y Tecnología.

Sería necesario que todos los centros de investigación, desarrollo y experimentación de Defensa así como los programas de investigación y desarrollo sin excepción, estuvieran agrupados dentro de una parte de la organización con competencia exclusiva en ciencia y tecnología para obtener pleno rendimiento de los recursos dedicados a esta actividad que alcanzan ya un volumen muy importante.

CAPÍTULO SEGUNDO

LA DEMANDA CIENTÍFICO-TÉCNICA DE LA DEFENSA NACIONAL

LA DEMANDA CIENTÍFICO-TÉCNICA DE LA DEFENSA NACIONAL

Por José A. Cordero Martín

1. Procedencia

En las naciones desarrolladas de nuestro entorno, esta demanda se inicia desde el momento en que se aborda la planificación estratégica, proceso que va estrechamente ligado a las actividades de investigación y desarrollo. Durante su primera fase, la demanda se concreta en forma de asesoramiento científico, al más alto nivel, antes de decidir las posibles líneas de acción del Plan Estratégico Nacional que, sin duda, obligarán a desarrollar unos acontecimientos científico-técnicos en áreas específicas.

La complejidad y carestía de las actividades *I+D*, aún abordadas de forma multinacional, la dificultad de acceder a los logros científico-técnicos de otras naciones y la conveniencia de disponer de cierto grado de independencia tecnológica, obligan a definir, con el mayor cuidado y rigor, las áreas de nuestro interés específico y la posibilidad de alcanzar resultados positivos. Posteriormente, deberán definirse el conjunto de disciplinas científicas y tecnológicas involucradas en las áreas elegidas y, de cuyo desarrollo queda esperar soluciones innovadoras.

Dada nuestra realidad, sería preciso definir previamente con el mayor cuidado el área en el que nuestro interés como nación sea más importante y nuestras posibilidades de todo tipo hagan más viable alcanzar un resultado positivo.

Posteriormente deberá definirse el conjunto de disciplinas científicas y tecnológicas involucradas en el área y de cuyo desarrollo caben esperar soluciones innovadoras.

Desde Defensa, y en colaboración con la CICYT, deben propiciarse proyectos de investigación, política de formación, dotación de infraestructura y en general todo aquello que permita alcanzar una capacidad científica y tecnológica importante en el área definida.

Esta acción a largo plazo, evidentemente, es la más fácil de organizar y llevar a buen término, es sin duda la que puede suscitar una mayor demanda al sector de *I+D* forzando a su crecimiento, para beneficio de todo el país y, por tanto, lógicamente para su defensa.

Para definir estos temas insistimos en lo indicado en el seminario del año anterior respecto a la utilización de un método prospectivo tipo «Delfos».

Actualizadas las diversas posibilidades de la acción estratégica y concretadas las líneas que ofrezcan las mayores garantías de factibilidad, la posterior formulación de «Objetivo de Fuerza Conjunta y del Plan Logístico Nacional», dará origen a una segunda fase de demanda científico-técnica, sin duda de menor cuantía y significación, que la de la primera fase pero con una proyección más práctica y exigente, al relacionarse con los diversos programas de desarrollo en la consecución, a medio plazo, con los dos objetivos antes señalados.

2. **Necesidades de equipamiento**

Las Fuerzas Armadas precisan de unos equipamientos para poder asegurar una cobertura de defensa de unas zonas geográficas que le han sido encomendadas. La definición de estas áreas, así como la implicación de esta cobertura en las asignadas a las Fuerzas Armadas de otros países, vendrá dada por los pactos y acuerdos suscritos por España.

De todo ello se deducirán unas necesidades de equipos definidas tanto en sus características como en el momento en que deben ser efectivas. Dichos equipos además deberán ser definidos conjuntamente a fin de alcanzar una mayor efectividad. Estos equipamientos, que son precisos en momentos determinados, pueden dar lugar a un desarrollo científico-tecnológico.

Las necesidades de equipamiento se definen a lo sumo con plazos medios, 3-5 años, que pueden permitir desarrollar procesos de fabricación nacionales en función de tecnologías que previamente se posean, siendo lo más usual que se adquieran mediante contratos con socios de otros países.

Estos procesos de cofabricación son muy útiles para mejorar la tecnología industrial, tanto en el proceso de fabricación como en el de control de calidad, por lo que deben ser potenciadas al máximo.

3. **El acceso a tecnologías avanzadas**

Puede darse el caso de que aún estando dentro de un pacto, existan por parte de terceros reticencias a ceder ciertas tecnologías, necesarias para el desarrollo de equipos fundamentales para la defensa. Se puede producir

una situación de dependencia que merma considerablemente las posibilidades reales de libertad de nuestro país.

En este caso pensamos que, independientemente de que se llegue a acuerdos que resuelvan temporalmente el problema, debe plantearse una acción a largo plazo para obtener una solución propia. La búsqueda de esta solución la entendemos como un programa de investigación y desarrollo a medio-largo plazo. Estos programas, financiados por Defensa y con el grado de confidencialidad necesario, significarían un esfuerzo importante en el desarrollo científico-tecnológico propiciado por una demanda de la defensa.

Evidentemente, estos temas pueden ser muchos y nuestras posibilidades limitadas. Deben elegirse en función de los siguientes parámetros:

— Importancia estratégica del tema.
— Capacidad científico-técnica.
— Capacidad de industrializar los resultados si se consiguen.

En estos casos, existirán desarrollos científicos y tecnológicos importantes en sí mismos y por los subproductos a que den lugar.

4. **Programación y gestión**

Por el grado de implicación científico-técnica, los distintos programas, derivados de las fuentes antes señaladas, pueden ser: de adquisiciones de sistemas o equipos, de asistencia técnica y de colaboración. Estos últimos pueden subdividirse en programas de cooperación plena, codesarrollo y coproducción, según que la participación se inicie con el diseño, con el desarrollo o bien con la fabricación del producto.

Los programas de adquisiciones suelen conllevar acuerdos de «contrapartidas», que pueden suponer en casos muy limitados y concretos, la financiación de otros programas *I+D* nacionales, aunque en la mayoría de ellos las contrapartidas tratan de compensar los gastos de las adquisiciones, en la mayor cuantía posible, en sectores nacionales cualificados.

Los programas de asistencia técnica, con frecuencia asociados a los de adquisiciones de sistemas o equipos, especialmente complejos, suelen traducirse en programas de formación técnica o especializada, a fin de paliar la falta de personal cualificado en campos tecnológicos concretos. Estos programas están en relación directa con el abanico de especializaciones que ofrece el sistema educativo técnico de la defensa, de forma subsidiaria al sistema educativo nacional. En el momento actual hay que señalar el escaso desarrollo de ambas y más aún su poca flexibilidad y permeabilidad mutuas, para hacer frente a la cooperación reciente de los sectores militar y civil que conlleva una defensa moderna.

En otro lugar se analizarán estos aspectos, con mayor detenimiento, baste ahora indicar aquí que ellos constituyen hoy por hoy un serio «cuello de botella», para aliviar los problemas de la gestión de programas avanzados, derivados de nuestro actual grado de desarrollo general.

Aunque la gestión de programas supone un seguimiento y constatación de prescripciones varias, establecidas en la definición del programa, la amplitud y diversidad de su contenido, especialmente en los de *I+D*, hace necesario, con frecuencia, dotar al equipo de gestión, no sólo de técnicos y usuarios cualificados, sino de especialistas en áreas diversas, como control presupuestario, dirección empresarial, técnica financiera, asesoría legal, etc.

La naturaleza del programa y su relación con objetivos de Defensa conlleva, asimismo, la implicación mayor o menor de ésta en el equipo de gestión, que puede significar desde la presencia de un simple observador, hasta la designación del gestor, o de todo el equipo asesor.

Además del problema de «escala», ya comentado, la defensa suele enfrentar dificultades adicionales a la hora de recurrir al campo civil para buscar «especialistas», en la variada temática, ya señalada; aunque hoy puedan encontrarse debido a la mayor dinámica que muestra el sector civil que el militar, al respecto.

5. **Formación de personal técnico**

Los problemas del personal técnico comienzan con los que plantean los Cuerpos Técnicos Superiores militares que aún siguen estructurados por Ejércitos, sin que Defensa logre coordinar y dotar a la ingeniería militar de una mayor permeabilidad con los sectores civil y militar afines.

La ingeniería militar, como estamento directamente implicado en los aspectos del asesoramiento científico-técnico, planeamiento estratégico, conducción operativa, sostenimiento de la fuerza, programación y gestión técnica, muestra hoy una escasa virtualidad funcional, anomalías estruturales singulares y muy reducida especialización, para la amplia demanda de una defensa moderna, al tiempo que mantiene pobres relaciones orgánico-funcionales entre sí y menos aún con un sector civil afín, cada día con un mayor peso específico en la Defensa Nacional.

Así pues, la ingeniería militar aparece en España como un recurso muy limitado, para enfrentar los problemas de la gestión de programas de tecnología avanzada, que requieren la adscripción de especialistas en campos tan diversos como: control de calidad, sistemas expertos, optrónica, sistemas integrados, instrumentación y control, etc.

En realidad, la figura del gestor, como experto en el control y seguimiento de programas de *I+D*, no ha sido potenciada en España y menos aún en la defensa, como ocurre en otros países, lo que obliga a la convergencia de especialistas en campos diversos, como solución de compromiso: la experiencia es fundamental para garantizar actuaciones eficaces en la gestión de programas de tecnologías avanzadas.

Según un trabajo reciente del «Seminario de recursos para la Defensa», se estima que la demanda de ingenieros, en las áreas militar y civil se aproximará a los 10.000 para los próximos cinco años, dentro de una amplia gama de ramas y especialidades, lo que plantea una dura labor de planificación y ejecución.

Las actuales políticas de actuación, tanto en la CEE como en la OTAN, en materia de investigación y desarrollo, con vistas a la satisfacción de las necesidades del mercado único europeo, juegan en contra de actitudes restrictivas y proteccionistas, lo que significa una agudización de los problemas de grado de desarrollo de los países miembros.

La experiencia de la Dirección General de Armamento y Material en cuanto a la gestión de programas, tales como el FACA, la fragata de los 90, el misil de baja cota o el EFA, muestra que hay que avanzar decididamente en la formación complementaria de técnicos y usuarios, para poder disponer cuanto antes de un adecuado plantel de gestores en la defensa, ello implica una mayor flexibilidad de los actuales sistemas educativos y una correspondiente mayor permeabilidad de las estructuras generales de los sectores militar y civil.

Los distintos tipos de programas, sean éstos de adquisiciones, de colaboración o de asistencia técnica, implican actuaciones de gestores de variada cualificación e importancia, de clara incidencia en el índice coste/eficacia del programa.

Junto a las limitaciones básicas ya señaladas, derivadas del problema de «escala», es decir, la escasez y falta de cualificación apropiada de los gestores disponibles, hay que señalar también la falta de equipos e instrumentos necesarios para llevar a cabo un control secuencial de los procesos, a veces difíciles y complejos, que requieren programas de esta naturaleza.

Aunque el gestor, actúa en áreas definidas y concretas, si bien múltiples, no hay que confundirlas con las de «manager» que le han debido de preceder en el tiempo, al establecer normas, especificaciones, variaciones, ritmos, comprobaciones, etc., a que debe ajustarse el programa concreto.

Desde la perspectiva global del tratamiento, pueden atenuarse los problemas de «escala» que surgen al afrontar los programas nacionales e internacionales de *I+D* de nuestra defensa y que afectan, en este momento, al número y calidad de especialistas en las múltiples y profundas tecnologías, que están a la base de los modernos sistemas de armas.

6. **Posibles actuaciones**

Así, junto al camino ya señalado de crear una Escuela Politécnica de la Defensa, como recurso a medio plazo para reducir la actual problemática de la gestión de programas *I+D* avanzados, debería impulsarse otra acción coordinada y conjunta en las dos áreas de la defensa (militar y civil) para buscar los recursos personales y materiales disponibles idóneos a la finalidad perseguida, soslayando las tradicionales reservas de la organización militar a este tipo de colaboraciones y superando las posibles reticencias desde el sector civil, ante una tal demanda.

En el aspecto científico-técnico del Plan Logístico Nacional, los graves problemas de la gestión de programas derivados de aquél, suponen actuar en varios frente:

a) A corto plazo, recurrir al campo civil, sin reticencias ni complejos, cuando en él se encuentre la solución a los problemas ya aludidos.

b) A medio plazo, complementar la formación especializada de ingenieros en campos próximos a la gestión de programas, tales como: legislación aplicable, control presupuestario, dirección empresarial, estructuras operativas en centros de *I+D*, etc.

c) A largo plazo, demandar un desarrollo apropiado del sistema educativo nacional para que cubran las necesidades de la formación básica del futuro ingeniero de Sistemas de Armas de Defensa Nacional y permita una amplia permeabilidad de este aspecto, de los sectores militar y civil de la defensa.

d) Crear una Escuela Politécnica Superior de la Defensa Nacional, que satisfaga las necesidades de la especialización en sistemas de armas y sistemas de apoyo al combate, bajo el estricto plantemiento coordinado, que responda a la demanda científico-técnica global y a la optimización del criterio coste/eficacia.

CAPÍTULO TERCERO

APORTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE LA DEFENSA A LA GESTIÓN DE PROGRAMAS DE I+D

APORTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE LA DEFENSA A LA GESTIÓN DE PROGRAMAS DE I+D

Por José A. Aláez Zazurca

1. Introducción

No cabe la menor duda que una buena defensa frente a posibles ataques exteriores es uno de los mayores beneficios que un Estado puede dar a sus ciudadanos. Todo el mundo desea vivir en paz y no ser ni siquiera molestado, por lo que, aunque no quiera, debe protegerse de los que pretenden, o en algún caso puedan pretender, atacarle. Desde la edad del bronce las armas se han construido siempre utilizando la tecnología más avanzada. Durante muchos años las factorías de armas eran de propiedad privada. Basta con recordar nombres como Vickers, Krupp, Armstrong, que además de abastecer a sus propios países eran capaces de exportar sus productos a todo el mundo. A finales del siglo pasado el número de empresas de armamento de propiedad privada empezó a disminuir de manera que, en el momento presente, las principales pertenecen a los Estados o están tuteladas por ellos. La razón de haber llegado a esta situación ha sido el coste creciente del armamento que hace imposible para cualquier empresa, que no tenga ayuda del Estado, soportar los riesgos que lleva consigo el desarrollo de un nuevo sistema de armas. El Estado es por consiguiente el que decide los caminos en los que deben moverse las industrias de la defensa y esto no sólo porque es el principal cliente, sino porque sin su tutela no puede emprenderse ningún desarrollo. Incluso los controles a la exportación hacen depender del Estado las ventas en el mercado exterior.

Los programas que lleva a cabo el Ministerio de Defensa son el procedimiento para alcanzar los objetivos de fuerzas que son los que hacen posible la realización de los planes estratégicos. La diferencia entre lo que se tiene y lo que debería tenerse para poder satisfacer los objetivos de fuerza define las áreas, armas o sistemas en las que es necesario actuar. A

veces, las necesidades pueden ser atendidas por un producto ya existente en el mercado, con lo que el programa tiene poco de investigación y desarrollo. En otras muchas ocasiones, por no existir nada concreto en lo que apoyarse, se hace preciso empezar el proceso de investigación y desarrollo. En la definición y realización de un programa de investigación y desarrollo en el Ministerio de Defensa hay dos aspectos fundamentales. El primero es el militar y el segundo el científico y tecnológico. El primero, es decir el militar, es el que establece el objetivo a cumplir. El científico y tecnológico es el que indica si se puede alcanzar y cuál es el procedimiento para lograrlo. En la definición de las necesidades militares deben intervenir los cuerpos operativos, mientras que en la de los aspectos científicos y tecnológicos deben hacerlo los cuerpos técnicos.

2. Características de la gestión de los programas de *I+D*

Aunque es difícil dar una definición que exprese lo que es la gestión, parece que la que dice que la gestión «es el conjunto de actividades encaminadas a llevar a buen fin un negocio» se adapta bastante bien a la realidad. Las actividades pueden ser muchas, pero las principales son las de planificación y supervisión, que deben ir acompañadas de una cierta capacidad creadora para poder amoldarlas a las diferentes circunstancias cuando los acontecimientos lo hagan necesario. Si desaparece la capacidad de creación la gestión se convierte en una labor rutinaria, limitada a la vigilancia de las tareas encomendadas, con lo que a menudo se vuelve ineficaz. Claro está que la falta de atención a la supervisión puede también redundar en una pérdida de eficacia aunque el trabajo esté perfectamente planificado.

En lo que a investigación y desarrollo se refiere, como en muchos otros asuntos, el buen fin del negocio consiste en conseguir los resultados que se buscaban. Sin embargo, así como en la producción de bienes y servicios el resultado es fácilmente medible y por consiguiente comparable sin dificultad con el objetivo buscado al comenzar el programa, en investigación la comparación no es tan sencilla.

Muchas pueden ser las maneras de clasificar la investigación. Una de ellas es la que se representa en el cuadro 1.

Se basa en asimilar la investigación a un espectro continuo que va desde el extremo en el que lo que se pretende es descubrir principios fundamentales hasta aquél en el que lo que se trata es conseguir un nuevo producto. Entre ambos cabe el resto de actividades que de una manera u otra consituyen lo que se llama investigación. Cada una de ellas tiene sus peculiaridades, por lo que la manera de realizarlas y de gestionarlas debe ser diferente.

Cuadro 1.—*Clasificación de la investigación*

TIPO	Investigación básica		Investigación aplicada	Desarrollo tecnológico
OBJETIVOS	Descubrir principios fundamentales	Descubrir principios de posibles nuevas tecnologías	Descubrir aplicaciones prácticas de principios generales	Proyecto y pruebas de prototipo
ORGANIZACIÓN	Poco sujeta a procedimientos burocráticos estrictos			Supeditada a procedimientos burocráticos estrictos

La investigación básica trata de averiguar principios, de explorar lo desconocido. Por eso al plantearla no se puede garantizar un resultado ni mucho menos exigirlo de antemano. Este tipo de búsqueda ha sido siempre fruto del entusiasmo de unas pocas personas que han trabajado a su aire, con pocos medios, muchos conocimientos y muy escasos controles. En general su gestión es el mejor ejemplo de la teoría que afirma que la investigación más eficaz es la que se lleva a cabo con un mínimo de control, ya que el éxito del trabajo depende más que nada de la capacidad y actitud del que lo realiza. Por otra parte, la fiscalización, de este tipo de investigación es difícil, puesto que pocos conocen con suficiente detalle lo que se pretende como para dar un juicio válido. Por eso casi siempre el control se refiere más a los procedimientos utilizados en el gasto de los fondos asignados que a los resultados científicos cuando éstos no son espectaculares, como ocurre en la mayoría de la ocasiones. El resultado puede ser una burocratización excesiva de la investigación que paraliza o, al menos, hace prácticamente imposible llevar a cabo la tarea. A veces el control se convierte en un fin en sí mismo. La solución no es fácil, pues el que paga, sea quien sea, quiere saber lo que se hace con su dinero, y la investigación básica, que casi siempre evoluciona a partir de la iniciativa de personas que trabajan en áreas muy especializadas, no se puede somer a unas reglas fijas de planificación y control. Tal vez el último comentario que deba hacerse acerca de la investigación básica es que, al contrario de lo que sucedía hasta hace pocos años, en la actualidad debido a los grandes progresos que

han hecho la tecnología muchas hipótesis pueden comprobarse en relativamente poco tiempo.

La investigación dirigida a descubrir principios de posibles nuevas tecnologías, lo que algunos llaman investigación estratégica, es más susceptible a la planificación y al control, aunque muchas veces los resultados que se alcanzan al terminarla son muy diferentes de los que se esperaba conseguir en un principio. Lo mismo ocurre a la investigación aplicada debido como siempre a la dificultad de establecer proyectos que permitan sacar conclusiones suficientes y definitivas. En general, después de terminar con éxito un proyecto de este tipo, se estará más cerca de conseguir una aplicación inmediata, pero siempre queda un gran trecho que recorrer. La mayoría de las veces hay que continuar avanzando sin tener totalmente resueltos muchos interrogantes anteriores.

Todo lo anterior no quiere decir que no sea posible planificar y controlar la investigación. Lo único que se pone de manifiesto es que, dadas sus especiales características, no se debe tratar de controlarla comprobando si se han cumplido ciertas tareas fijadas de acuerdo con especificaciones predeterminadas. El énfasis debe ponerse en motivar a los propios investigadores brindándoles estímulo y colaboración.

En los programas relativos al desarrollo tecnológico parece que la proximidad de llegar a un resultado práctico medible hace más fácil la planificación y el control. No hay que olvidar que la toma de decisiones en los sectores productivos se apoya en datos cuantitativos, fácilmente conseguibles, mientras que en investigación y desarrollo son menos precisos. Incluso el control económico que en principio siempre es el más sencillo se complica cuando se trata de cuantificar el beneficio que genera la investigación y el desarrollo. El control del gasto no es difícil, pues basta con llevar la cuenta de lo que se va pagando y en qué, pero las ventajas que se consiguen son muy difíciles de cuantificar.

Asimismo, es importante destacar que así como en muchas actividades el control económico sirve para dar una idea casi exacta del estado en que se encuentra el trabajo, en investigación y desarrollo la situación es diferente. En primer lugar, porque al redactar el presupuesto inicial se ignoran muchos factores que, casi siempre, se van conociendo a medida que se desarrolla el programa. Además la ausencia de resultados cuantificables impide encontrar correspondencia entre el gasto y la situación exacta del programa. Por ejemplo, si se va gastando menos de lo previsto inicialmente para la fase que se está realizando, puede ser porque

el trabajo va atrasado o por todo lo contrario, porque se haya avanzado tan rápidamente que la previsión inicial sea muy conservadora.

3. La investigación y la Defensa

Los programas de investigación y desarrollo relacionados con la Defensa Nacional tratan, tal como se ha dicho antes, de satisfacer un objetivo de fuerza, por lo que en principio se dedican casi siempre a resolver problemas prácticos. Sin embargo, de acuerdo con las tendencias modernas de agrandar el concepto de seguridad mutua y pensando que la defensa es algo más que la satisfacción de las necesidades militares, en ocasiones Defensa participa en programas de investigación básica sin aplicación militar inmediata. Incluso a veces conviene tomar parte en esa clase de programas para mejorar la imagen que los militares tienen ante la sociedad civil, lo cual es también muy importante desde el punto de vista político. Ejemplos de este tipo de programas son la investigación oceanográfica, la espacial o la biomédica.

Una de las características específicas de la investigación militar es la confidencialidad de sus resultados y en general de todo su proceso. Cierto es que en el desarrollo tecnológico también la industria civil guarda celosamente sus logros, pero nunca una indiscreción es tan grave, desde el punto de vista de la seguridad nacional, como cuando se comete en temas que atañen a la defensa. En la industria civil las consecuencias, en general, afectan a unos pocos a lo más a la vida de una empresa, en la industria de defensa pueden llegar a afectar a la existencia misma de la nación.

Las mismas razones de seguridad obligan, muchas veces, a mantener la investigación y desarrollo para la defensa apartada de la luz pública, lo que añade una responsabilidad mucho mayor a los encargados de gestionarla al faltarles, en ocasiones, beneficiosa influencia de la crítica.

Por otra parte, la complejidad de las nuevas armas y sistemas hace que los Ministerios de Defensa necesiten de la colaboración de establecimiento ajenos a su jurisdicción, normalmente de las industrias. En países en los que se acometen con frecuencia investigaciones de las que se han llamado básicas, la colaboración con la universidad suele ser muy estrecha. En ocasiones las dificultades técnicas y la necesidad de abaratar los costes aconsejan la participación en programas internacionales.

Aunque el concepto de investigación y desarrollo militar apareció durante la Primera Guerra Mundial no fue hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se hizo patente su influencia en el resultado final de una guerra. Junto a las siempre fundamentales actividades de los ejércitos, como son la

conducción de las actividades bélicas en sí y la producción del equipo necesario para acometerlas, surgió la investigación y desarrollo militar, que pasó a ocupar una posición intermedia entre las operaciones militares y la industria de guerra.

En España la investigación y desarrollo para la defensa está aún en sus comienzos. Hasta ahora las Fuerzas Armadas han mantenido unos cuantos establecimientos en los que se realiza investigación, casi siempre aplicada, que en muchos casos no es de uso exclusivamente militar. Surgieron como resultado de haber sido los ejércitos los que empezaron la aplicación de ciencias que en su momento eran avanzadas.

Los programas de investigación y desarrollo actuales tienen otros fines, por lo que su realización corresponde principalmente a la industria aunque siempre con la ayuda, de una manera o de otra, de expertos militares.

En cualquier caso y como sucede siempre que se emprende algún nuevo afán, las dificultades que hay que superar son muchas y grandes. En primer lugar, está la poca investigación tecnológica que se ha hecho en España a lo largo de la historia. La falta de tradición en investigación, junto con el gran número de tecnologías, muchas de ellas nuevas, en las que es preciso trabajar, hace que no exista, tanto en la industria como en la defensa, experiencia y personal suficientemente preparado para acometer con éxito la tarea. A veces la falta de popularidad que tienen los asuntos militares en la sociedad civil, especialmente en los jóvenes, ensombrece el ya de por sí problemático reclutamiento del personal técnico.

Sin embargo, la importancia de la investigación y desarrollo en la defensa es tan evidente que en todos los países se ha buscado o se está buscando el mejor procedimiento para abordarla. Por un lado la industria de armamento, en nuestro caso la española, debe preparase para competir con el mercado internacional y al mismo tiempo salvar su participación en el mercado nacional, ya que hace unos meses se rompieron, de mutuo acuerdo, las barreras que cada país había establecido para proteger su industria.

Por otra parte, el Ministerio de Defensa tendrá que crear, si es que no lo ha creado ya, infraestructura suficiente para poder garantizar que la investigación que se realice bajo su patrocinio sea la correcta, es decir, que estando bien hecha sea la necesaria y la posible. Dándose esas premisas, el desarrollo posterior será más fácil.

Como ha ocurrido en todos los países, uno de los asuntos más delicados de tratar es el nivel que dentro de la organización de mando del Ministerio de Defensa deben tener los encargados de la investigación y desarrollo.

Aunque todo el mundo admite sin vacilación su importancia creciente, pocos están dispuestos a darle la capacidad de decisión que, su cada vez mayor papel y responsabilidad en la planificación de la defensa se merece.

Otro factor importante es, como se ha dicho antes, la necesidad de contar con personal técnico suficiente para poder abordar con garantía los programas de investigación y desarrollo. Aunque en muy pocas ocasiones la realización de la investigación en sí será labor del personal perteneciente al Ministerio de Defensa, la supervisión sí que lo será. Por ello parece aconsejable contar con grupos de expertos, distribuidos por áreas tecnológicas, capaces de analizar, planificar, controlar y sobre todo de entender la investigación que otros hacen, aprovechando lo que de útil tenga para el Ministerio de Defensa. Estos grupos no deben ser muy numerosos aunque sí deben contar con suficiente cantidad de efectivos como para poder soportar, sin menoscabo de su eficacia, las bajas que se produzcan normalmente y al mismo tiempo absorber eficazmente a las personas que vayan rellenando estos huecos.

La formación de expertos es una tarea complicada y larga, lleva bastante tiempo preparar gente capaz de participar en un programa de investigación aunque no sea el encargado de realizarla. Además, y esto sucede en casi todos los países, al estar la industria necesitada de técnicos competentes los busca en la propia administración donde los encuentra con una preparación excelente. Es muy difícil luchar contra esta circunstancia, pues los incentivos que da la industria privada son muy superiores a los que puede dar el Estado, por lo que al hacer cualquier planificación debe tenerse en cuenta la posible fuga de personal, aunque como es lógico se pongan todos los medios posibles para evitarla. En cuanto al tiempo de formación que deben recibir es evidente que dependerá de las misiones que tengan que desempeñar.

En general, la investigación básica se hace en las universidades o en centros de investigación, aunque alguna pueda hacerse también en laboratorios pertenecientes a las industrias. En la investigación aplicada la participación de la industria es mucho mayor, aunque la mayor parte siga correspondiendo a las universidades y otros centros de investigación. El desarrollo del equipo militar es responsabilidad de la industria, mientras que las pruebas son tarea principal del personal militar ayudado por la industria. En cualquier caso, aunque el personal perteneciente al Ministerio de Defensa no participe directamente en la realización de la investigación, la responsabilidad última de la gestión será suya. Existen muchas opiniones acerca de si la gestión corresponde más a un administrador que a un técnico en la materia de que se trate, en este caso no es muy disparatado

afirmar que la gestión debe recaer en personas con amplios conocimientos técnicos. Esto es así porque lo importante es juzgar, en cada momento, cómo va desarrollándose un trabajo muy especializado y mal puede hacerlo el que no conoce con detalle todas sus características, con el agravante de que en muchas ocasiones no se sabe a ciencia cierta lo que se va a conseguir.

4. Participación de la Ingeniería de Defensa en los programas de *I+D*

Una vez analizadas las carácterísticas de la investigación y desarrollo de la defensa, parece llegado el momento de considerar cuál es el papel que debe jugar la ingeniería.

En el gráfico 1 se puede ver un esquema del proceso que a grandes rasgos debe seguir un programa de investigación, indicándose la participación de la ingeniería.

En primer lugar, una vez establecidas las necesidades militares de las que, como antes se ha dicho, se derivan los objetivos de fuerza, la ingeniería, partiendo de sus conocimientos técnicos, los convierte en especificaciones técnicas. A veces, cuando el objetivo no puede ser alcanzado por algún producto perfectamente definido, la ingeniería debe estudiar las posibles alternativas para que el órgano que tenga que decidir elija la que crea más conveniente. Cuando el programa trate de investigación básica la labor de la ingeniería será la de definir los objetivos científicos.

Una vez establecido lo que hay que hacer, llega el momento de seleccionar por quién; para ello es necesario tener un buen conocimiento de la situación tecnológica del país, incluso de sus carencias, para a la vista de todo ello, aconsejar qué empresa o empresas son las más adecuadas y en qué y cómo es necesario ayudarles caso que lo necesiten. Aunque parezca ocioso el decirlo en esta etapa, como a lo largo de todo el proceso, hay que tener siempre presente que lo fundamental es conseguir el objetivo propuesto dentro de las posibilidades económicas. Muchas veces los problemas burocráticos y de personal hacen que se olvide esa regla tan evidente y elemental.

La fase siguiente es ya la realización del trabajo. Aquí las tres actividades fundamentales de la ingeniería son el control, tanto técnico como económico, la coordinación y la información. Para controlar adecuadamente es necesario no sólo tener conocimientos, sino también disponer de infraestructura suficiente para ayudar a solucionar los problemas menores que vayan apareciendo y que dificultan, cuando no se tienen resueltos, el trabajo. Dicho esto, que por referirse a la parte más prosáica del trabajo en

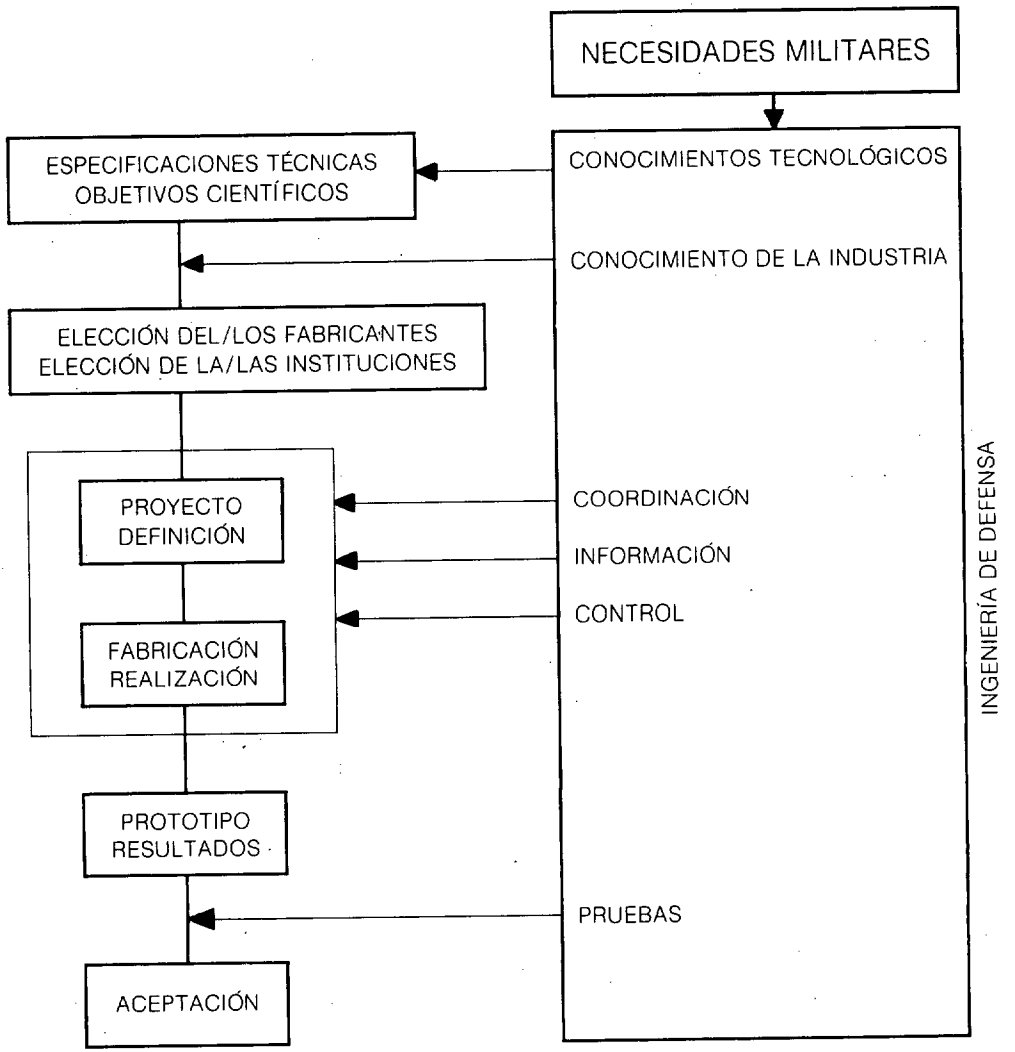

Gráfico 1.—*Esquema del proceso de un programa de investigación*

ocasiones se olvida, conviene detenerse un poco en el control propiamente dicho. Debido al dinamismo de todo programa de investigación conviene hacer revisiones periódicas para lograr un control eficaz. Suele ser de dos clases, técnico y económico, y en muchas ocasiones la consecuencia de un examen minucioso del estado de adelanto del progama suele ser modificar la programación e incluso, a veces, recomendar un cambio en el objetivo final del programa. Por eso conviene dar una gran agilidad administrativa a los gestores del programa, por supuesto acompañada de la responsabilidad, pues a veces una excesiva rapidez burocrática puede paralizar un proyecto.

La coordinación entre los diferentes equipos que participan en el programa y entre la industria y los cuerpos operativos es también una de las tareas que corresponden a la Ingeniería de Defensa.

En cuanto a la información no cabe duda que la propia naturaleza de los programas exige un flujo permanente de datos, de manera que los que tengan algo que comunicar lo hagan a las personas que lo necesitan y en el momento adecuado. Es también importante mantener contacto con todas las organizaciones científicas, de manera que se pueda disponer de la información que ellos posean. A veces, si no se cuida este aspecto, puede desperdiciarse información existente en el país o trabajar dos veces en la misma cosa.

Una vez realizada la investigación o decidido el proceso de fabricación se obtienen unos resultados que hay que evaluar o un prototipo que habrá que someter a una serie de pruebas hasta su aceptación definitiva.

El desarrollo de cualquier arma o sistema nuevos comprende el proyecto de sus diferentes partes, su construcción y sus pruebas. Como ocurre frecuentemente, las pruebas iniciales demuestran que ciertos componentes tienen que ser proyectados de nuevo. No es extraño que el ciclo de proyectar, probar y proyectar otra vez tenga que ser repetido varias veces hasta conseguir un funcionamiento perfecto. En general el desarrollo comienza con el de ciertas partes elementales para seguir con conjuntos más complejos y así llegar al sistema completo. El esquema de este proceso puede verse en el gráfico 2.

En cualquier caso, las pruebas o la evaluación de los resultados de la investigación permitirán saber si el programa ha sido un éxito o un fracaso, aunque como ocurre en casi todos estos casos, nunca el éxito o el fracaso será completo. La Ingeniería de Defensa será la encargada de realizar las pruebas y dar el informe definitivo.

Con esto se ve que el papel que debe jugar la Ingeniería de Defensa en los programas de *I+D* es fundamental y lo será mucho más en el futuro ya que las armas son cada vez más sofisticadas técnicamente.

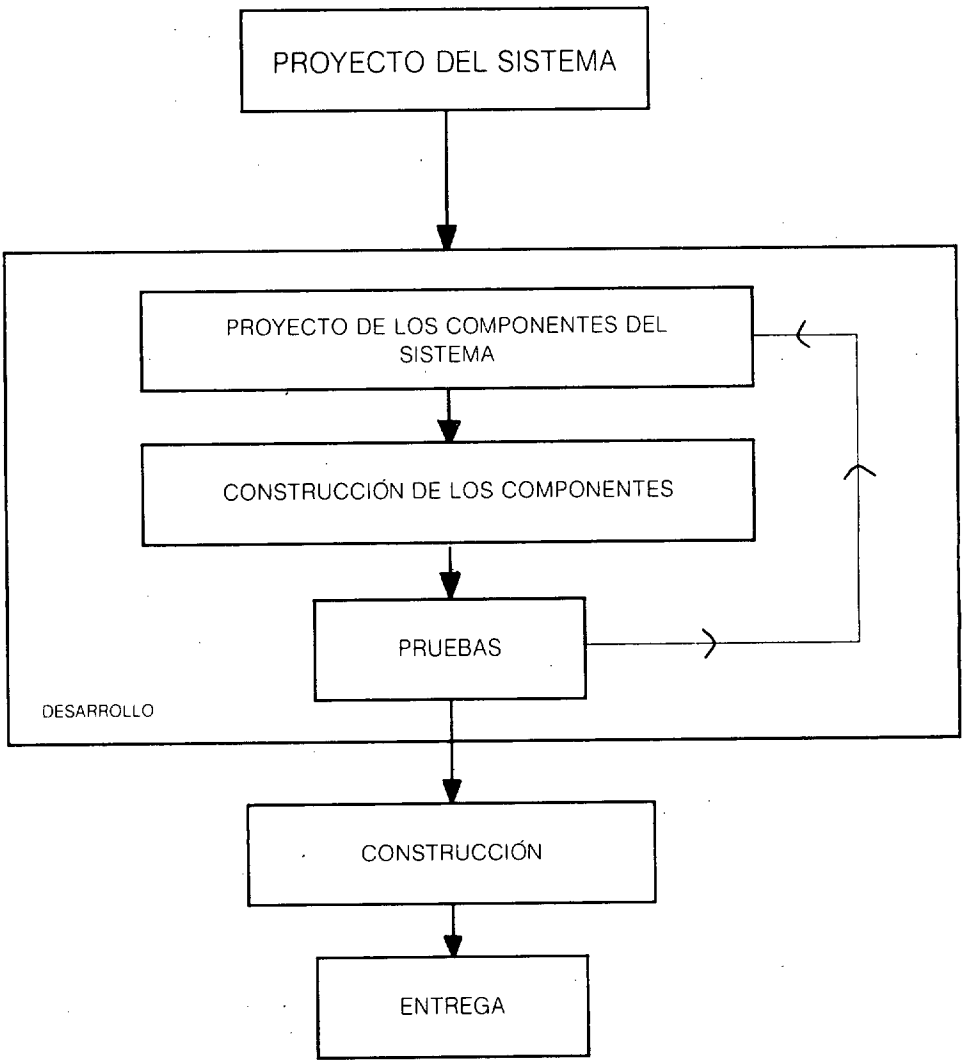

Gráfico 2.—*Esquema del sistema completo*

CAPÍTULO CUARTO

ESPECIALIDADES NECESARIAS EN LAS INGENIERÍAS DE DEFENSA

ESPECIALIDADES NECESARIAS EN LAS INGENIERÍAS DE DEFENSA

Por Antonio José Juliani y Hernán

1. Introduccion

1.1. *Ingenierías de Defensa*

Las llamadas especialidades fundamentales, en nuestra opinión, deben constituir, cada una de ellas, una carrera o ingeniería diferente, como lo venían constituyendo, hasta hoy día, las Ramas del Cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción del Ejército y del Cuerpo de Ingenieros de la Armada. Se deberá hablar, para hacerlo con propiedad, de Ingeniería de Armas Navales, de Ingeniería Naval, etc., y al hacerlo estaremos enumerando diversas ingenierías de defensa. Hablar de Ingeniería de Defensa, a secas, como de una ingeniería diferente de las civiles, nos parece que carece de sentido.

Como es lógico, cada una de estas ingenierías diferentes se desarrollan, en mayor o menor medida, en diversas áreas de actuación, como explicábamos al hablar de la Ingeniería de Armas y Material de Guerra (1).

En este trabajo nos vamos a referir a cualquier tipo de ingeniería relacionada directamente con los ejércitos o con las actividades de las Direcciones Generales de Armamento y Material y de Infraestructura.

En algunos casos, como en el de la Ingeniería Electrónica, nos encontramos con una carrera o especialidad fundamental necesaria en los tres Ejércitos y en los organismos centrales del Ministerio de Defensa. En otros, como en el de la Ingeniería Naval, sólo tendrá aplicación para un ejército, en este caso la Armada, encontrándose también en la DGAM, por la relación de este alto organismo en la gestión para la obtención de buques de guerra. Lo mismo ocurre con una ingeniería como la aeronáutica.

---

(1) *Cuadernos de Estrategia*. Núm. 2. p. 29

Parece que las reformas que se deriven del desarrollo de la nueva Ley 17/1989, reguladora del Régimen del Personal Militar Profesional, ofrecen la gran oportunidad de reestructurar estas ingenierías de forma tal que cada carrera o especialidad fundamental tenga el mismo tratamiento, tanto en su reclutamiento como en la gestión ulterior de su personal, en cualquier ejército u organismo en que se sienta la necesidad de ingenieros de una determinada especialidad fundamental.

1.2. *Condición de los ingenieros de Defensa*

Los artículos 16, 21 y 25 de la citada Ley 17/1989 se refieren, respectivamente, al Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, al Cuerpo de Ingenieros de la Armada y al Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Aire, no creando un Cuerpo de Ingenieros de Defensa, de modo similar a como se ha hecho en el artículo 27 para el Cuerpo Jurídico Militar, en el artículo 29 para el Cuerpo de Sanidad Militar y en el artículo 30 para el Cuerpo de Músicas Militares, manteniendo en el artículo 28 al Cuerpo Militar de Intervención, que fue el primer cuerpo común de las Fuerzas Armadas.

Aunque no es objeto de este trabajo el análisis de la mencionada Ley 17/1989, la misma constituye un hito de obligada referencia y de su lectura se pueden sacar estas conclusiones:

Los tres cuerpos de ingenieros actualmente existentes en los ejércitos, integrados en cuerpos de nuevo cuño, siguen constituyendo la cantera de los ingenieros de dirección de Defensa, no quedando integrados en los mismos los ingenieros técnicos, declarados a extinguir en el punto 2 de la disposición adicional 6. Consiguientemente, los ingenieros de dirección forman parte de Cuerpos militares. Estos Cuerpos, verosímilmente reducidos, se deberán ver complementados por ingenieros militares de empleo e incluso por ingenieros contratados, todo el personal que llamaríamos —plagiando a los ingleses— de carrera corta, y cuya misión es cubrir las puntas de demadas temporales.

Antes de continuar, subrayemos que no consideramos ingenieros de Defensa a los que, aunque trabajen para este Ministerio, lo hacen desde la industria civil u organismos ajenos al Ministerio. De no hacer esta distinción, resultaría muy difícil matizar qué ingeniero no es de Defensa.

Otra consecuencia importante, en nuestra opinión, se deduce del apellido «Politécnicos» de los ingenieros del cuerpo del Ejército de Tierra. En efecto, si los ingenieros del Cuerpo necesitan un apellido, será porque es preciso distinguirlos de otros que no pertenezcan al Cuerpo de Ingenieros.

La Ley de 27 de septiembre de 1940, que creaba el entonces llamado Cuerpo Técnico del Ejército, separaba lo técnico de lo operativo, lo que no

es posible si se quiere que el nivel técnico del apoyo logístico en campaña sea el demandado por un ejército moderno. Ello se obviaba, hace casi cincuenta años, porque las Armas siguieron contando con oficialidad técnicamente tan bien cualificada como la del Cuerpo Técnico, pues formaban parte de las promociones salidas de Segovia y Guadalajara con la misma preparación y reconocimiento de título que la integrada en el Cuerpo Técnico. Esta oficialidad fue siendo sustituida por personal que adquiría la formación necesaria sin obtener titulación equiparable a niveles universitarios. Hemos prescindido de los oficiales, a los que nos referiremos en el punto 2.1.2 dado lo irrelevante de su número.

Este puede ser el momento indicado de corregir esta situación, abriendo a los oficiales del Cuerpo General de las Armas la posibilidad de formarse como ingenieros de explotación (2).

El abanico de personal científico-técnico empeñado en servir a la Defensa se extiende desde el investigador civil que hace investigación básica hasta el combatiente con formación técnica superior; actuando como bisagra entre ambos extremos el ingeniero militar, que no es un combatiente, sino que sirve a éste.

La selección de las especialidades fundamentales y complementarias debe ser coordinada de tal modo que coincidan en los tres Ejércitos el nombre y contenido de las que cubren una misma ingeniería. E incluso que se identifiquen en la medida de lo posible con una ingeniería civil, si existe tal ingeniería.

1.3. *Creciente escasez de ingenieros de Defensa*

El día 5 de octubre de 1988 el almirante don Juan Fernando Ruiz Montero, director general de Armamento y Material del Ministerio de Defensa, en la sesión de apertura de las «Terceras Jornadas de Electrónica Militar», refiriéndose a la formación de personal necesario para atender a los programas de cooperación internacional, decía textualmente: «... esta formación puede convertirse en el verdadero cuello de botella de nuestra política a medio plazo, por lo que debemos colaborar todos en conseguir los titulados de la Industria y de Defensa necesarios en cantidad y especialidades más convenientes».

A la autorizada voz del almirante Ruiz Montero se unen las de todas las autoridades y mandos responsables de centros de investigación y dirección de programas de investigación y desarrollo.

---

(2) Ver en la p. 32 del número 2 de *Cuadernos de Estrategia* lo que al respecto se comenta en nuestro trabajo.

En este grupo «N» de trabajo, del Seminario número 7 del Instituto Español de Estudios Estratégicos, se ha subrayado insistentemente el problema de la dificultad del reclutamiento de personal cualificado.

1.4. *Dificultad en la selección de ingenieros de Defensa*

Parece que la dificultad para la selección de este personal reside en la falta de candidatos. En efecto, en la última oferta pública para ingresar en los Cuerpos de Ingenieros de Armamento y Construcción del Ejército de Tierra y de Ingenieros Aeronáuticos del Ejército del Aire, se cubrieron sólo dos plazas de las cuatro convocadas para Armamento y Material y tres de las convocadas para Construcción y Electricidad, y ello con personal vinculado ya al Ejército y cuya carrera civil no era la más adecuada para una rápida reconversión. Y, por lo que respecta a los ingenieros aeronáuticos, que al reclutarse sólo entre candidatos con esta carrera civil el dato es más representativo y más alarmante: sólo se ha cubierto una plaza de las trece convocadas. Y ello en una oferta en la que el ingreso se efectuaba con el grado de capitán y no con el de teniente, como establece la Ley 17/1989 en su artículo 25, punto 2.

Permítasenos traer ahora a colación un informe escrito el 30 de agosto de 1988 por el agregado de Armamento de la Embajada de Francia en España, a petición de la Dirección de Estudios y Documentación del Senado Español, que, entre otras cosas, dice:

«La plantilla del Cuerpo de Ingenieros de Armamento es de 1.630, pero de éstos sólo prestan servicio en la Delegación General para el Armamento unos mil, mientras que los restantes están empleados en empresas públicas o privadas.»

«De esta plantilla, estatutariamente, el 5 por 100 es de ingenieros generales de primera clase (generales de División), el 5,5 por 100 ingenieros generales de segunda clase (generales de Brigada), el 34,5 por 100 ingenieros jefes (coroneles)». Es decir, el 45 por 100 del Cuerpo, casi la mitad, son generales o coroneles.

Sin duda, parece un porvenir atractivo.

Estos ingenieros militares proceden de la Escuela Politécnica de París, conocidísima escuela francesa donde se forman los cuadros científicos del país vecino. Su nivel de formación es el de un doctorado universitario según el ingeniero jefe de Armamento don André Bocchi, agregado de Armamento en la Embajada de Francia.

En el encuadramiento de los establecimientos y servicios de la Delegación General para el Armamento francesa, participan con el Cuerpo

anterior el de Ingenieros de Estudios y Técnicos de Armamento, a cuya Escuela Superior, que radica en Brest, concurren unos mil candidatos para setenta y cinco plazas. La formación de todos los ingenieros de este Cuerpo, sea cualesquiera su especialidad, se efectúa en centros de enseñanza de la DGA y en establecimientos o unidades militares, y su nivel de salida es de licenciatura.

Actualmente alcanzan los empleos de coronel un 10 por 100 de sus componentes, y algunos llegan a general.

Después de señalar que en ambos se perfecciona también la carrera militar trabajando en industrias públicas o privadas independientes de la DGA, sólo falta comparar estos estatutos con los de los Cuerpos de Ingenieros de nuestros Ejércitos, para comprender la diferencia de éxito en la selección que se obtiene a cada lado de los Pirineos.

2. **Situación de las Ingenierías de Defensa hoy**

2.1. *En el Ejército de Tierra*

2.1.1. CUERPO DE INGENIEROS

Desde su creación, la estructura del Cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción (CIAC) cuenta con dos Ramas que corresponden a dos carreras diferentes: la de Ingeniero de Armamento y Material, orientada a los sistemas de armas, y la de Ingeniero de Construcción y Electricidad, que estudia todos los sistemas de apoyo al combate (construcciones militares, vehículos militares de transporte y telecomunicaciones militares, etc.). Estas dos carreras tan amplias y diversificadas, cubren todas las áreas tecnológicas que actualmente se emplean en el Ejército de Tierra, presentando el inconveniente de cursarse en ambas carreras una colección de disciplinas cuyos fundamentos son prácticamente iguales. En efecto, esto ocurre así, por ejemplo, respecto a las telecomunicaciones militares y a la electrónica de los sistemas de armas, o a los vehículos militares de transporte y a los de combate, lo cual ha venido sucediendo al diferenciar a las carreras por el objetivo de la tecnología (apoyo al combate o sistemas de armas), en lugar de por la naturaleza de la misma, que es la que condiciona la formación y el ejercicio de la profesión. Parecería más razonable agrupar las tecnologías, formen parte o no de un sistema de armas, en grupos homogéneos como la electrónica. Como dice el general de Ingenieros don Pedro de la Puente Sicre, en el número 592 de la revista *Ejército*, «Las Transmisiones hace ya tiempo que han alcanzado la mayoría de edad», y tienen entidad sobrada para independizarse. No conocemos otro ejército que el español, donde aún no existe un Arma de Transmisiones. Por otra parte, las disciplinas que se

pueden encuadrar en el epígrafe Infraestructura, en sus vertientes de Interior y de Campaña, tienen contenido sobrado para llenar una especialidad fundamental.

Está previsto que los ingenieros de ambas Ramas se integren en el Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, al entrar en vigor la mencionada Ley 17/1989, Reguladora del Régimen del Personal Militar Profesional.

2.1.2. OFICIALES COMBATIENTES CON ESTUDIOS DE INGENIERÍA SUPERIOR

La Escuela Politécnica del Ejército, en sus comienzos, formaba juntamente con los oficiales alumnos (profesionales y de complemento, titulados universitarios y técnicos superiores estos últimos), destinados a nutrir el CIAC, los cuales seguían los estudios de tres especialidades o diplomas, a otros oficiales profesionales que cursaban los mismos estudios de base, pero se preparaban en una sola especialidad, a los que se les denominó «diplomados». Al terminar sus estudios no ingresaban en el CIAC, continuando en el Arma a que pertenecían. Realizaron estos estudios un comandante y ocho capitanes cuya distribución por «diplomas» fue: automóviles 5, electrónica 3 y armamento 1 (3).

El que se suspendiera la formación de «diplomados», probablemente fue por razones coyunturales, pues en un ejército moderno, nos atreveríamos a decir, que más que necesarios son indispensables.

En su artículo «Reflexiones de un general de Ingenieros» de la revista *Ejército* citada anteriormente, el general de la Puente señala que el Arma cuenta con brillantes diplomados de Estado Mayor, de Geodesia y en otras materias. Los que quisimos hacer ingeniería nos vimos forzados a dejar el Arma. Este fue un precio que oficiales que hubieran sido unos magníficos ingenieros no quisieron pagar.

Insistimos: son útiles y necesarios los oficiales de armas combatientes que hayan añadido a su formación operativa la de ingeniero, para cubrir los puestos de la zona de operaciones, en asesoramiento facultativo, mantenimiento, transmisiones, guerra electrónica, vías de comunicación y otras necesidades de la infraestructura de campaña que requieren sólidos conocimientos técnicos, y que merecen el reconocimiento oficial, a su esfuerzo y preparación.

---

(3) *Véase nuestro trabajo: Actividades del ingeniero de Armamento en las logísticas de interior y campaña* XXV CAMASCU de la Escuela Superior del Ejército. pp 101 y siguientes.

Al diseñar las especialidades de las ingenierías de defensa, no debemos de olvidarnos de ellos.

2.2. *En la Armada*

Actualmente en la Armada se forman los siguientes tipos de ingenieros: Armas Navales, Navales, Electricistas y Electrónicos e Hidrógrafos, de acuerdo con las vicisitudes siguientes:

2.2.1. ARMAS NAVALES

Se viene formando en cuatro años y medio, siguiendo las siguientes orientaciones:

— Lanzadores y municiones.
— Mando y control.
— Detección y seguimiento.

En la ETSIAN, en los dos años y medio de estudios que allí se realizan, se siguen dichas orientaciones en las que se incluyen, no sólo Electrónica de sistemas de Armas, sino también Telecomunicaciones Tácticas.

Antes de comenzar los estudios en la ETSIAN, los oficiales del Cuerpo General de la Armada, deben realizar dos cursos previos en el Real Observatorio de San Fernando, Escuela de Estudios Superiores Físico Matemáticos de la Armada (EESA). Señalemos que una parte importante de estos estudios superiores previos son comunes a los seguidos por los oficiales que van a cursar los de ingeniero naval, electrónico, electricista o hidrógrafo.

2.2.2. NAVALES

Estos ingenieros se forman entre los oficiales del Cuerpo General, con vocación y aptitudes, que han seguido dos años de estudios en EESA, y cuatro en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, de la Universidad Politécnica, ya que les concede automáticamente las convalidaciones establecidas por Orden de la Presidencia del Gobierno de 4 de agosto de 1980 («Boletín Oficial del Estado» número 211, de 2 de septiembre de 1980).

2.2.3. ELECTRÓNICO-ELECTRICISTAS

Análogamente, y tras dos años de EESA, cursan tres años en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales del ICAI, obteniendo el título de ingeniero de Telecomunicaciones o Industrial del ICAI en cada caso.

2.2.4. HIDRÓGRAFOS

Tras dos años de estudios en el Instituto Hidrográfico de la Armada se hacen ingenieros, los oficiales de la Armada que han seguido, también previamente, dos años de estudios en la EESA. Esta rama de la Ingeniería de la Armada, no tiene relación directa con los sistemas de apoyo al combate. Los hidrógrafos, como los meteorólogos, apoyan a la Marina y a la Aviación en paz y en guerra. De modo análogo los diplomados en Geodesia del Ejército de Tierra hacen un trabajo de ingeniería imprescindible para la conducción de las operaciones. Nos limitamos aquí a consignar su existencia sin considerarlas Ingenierías de Defensa propiamente dichas, al ser claramente independientes del Armamento y Material y de la Infraestructura.

2.3. *En el Ejército del Aire*

El Cuerpo de Ingenieros con que hasta ahora contaba el Ejército del Aire era el Cuerpo Militar de Ingenieros Aeronáuticos, con su dos escalas: Superior y de Ingenieros Técnicos. La Escala Superior, de la que vamos a ocuparnos, agrupa, en principio, entre sus miembros a ingenieros de todas las especialidades y opciones que se cursan en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

La ingeniería aeronáutica española ha estado ligada desde su origen a la aviación militar. Ya en 1923 el Ejército y la Marina de Guerra enviaron a Francia oficiales para formarse como ingenieros aeronáuticos.

Por RD. de 29 de septiembre de 1928, se creó la Escuela Superior de Aeronáutica para formar ingenieros aeronáuticos y navegantes aéreos. En aquel entonces el desarrollo de la aeronáutica en España estuvo prácticamente ligado a la aviación militar, sin apenas realizaciones en el ámbito civil.

La Ley de 7 de octubre de 1939 crea las Armas del Ejército del Aire y el Cuerpo de Ingenieros Aeronáuticos (IA), y el Decreto de 15 de diciembre del mismo año la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos, que sustituye a la Escuela Superior de Aeronáutica.

La creación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, terminó con la formación de ingenieros en la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos que no fue disuelta por Decreto hasta el 9 de diciembre de 1965, sin que hasta la fecha cuente el Ejército del Aire con centro alguno que permita la especialización de los Ingenieros Aeronáuticos Militares en los cometidos propios del Cuerpo. Concretamente en armamento aéreo.

No conocemos las razones que en aquel entonces impulsaron al Gobierno a dejar al Cuerpo Militar de Ingenieros Aeronáuticos sin ninguna escuela de aplicación propia, confiando su formación técnica militar ulterior a la realización de cursos en países amigos. Lo que es incuestionable es que los otros ejércitos fueron completamente ajenos a esta decisión, máxime cuando la EPSE abrió sus puertas a oficiales de Aviación, que desgraciadamente concurrieron en escasísimo número.

2.4. *Efectivos actuales de los Cuerpos de Ingenieros de los tres Ejércitos*

Para conseguir una imagen más viva de la realidad actual recordemos que el primero de enero de 1988, en situación de actividad y destino se encontraban los siguientes ingenieros militares:

- Ingenieros de Armamento y Material 162
- Ingenieros de Construcción y Electricidad 199
- Ingenieros de la Armada 139
- Ingenieros Aeronáuticos 144
- Ingenieros Técnicos de Armamento y Material 101
- Ingenieros Técnicos de Construcción y Electricidad 130
- Ingenieros Técnicos Aeronáuticos 453

Entre los tres Ejércitos cuentan, pues, con 644 ingenieros de dirección y 684 ingenieros técnicos. Un total de 1.328.

En este punto conviene recordar que la Marina de Guerra no ha dispuesto de ingenieros técnicos, empleando en su lugar, a ingenieros, que en el futuro llamaremos «ingenieros militares de empleo», que no han quedado contabilizados en la suma anterior.

3. **Ingeniería de armamento**

En España, ingenieros dotados de un profundo conocimiento del armamento empleado por el Ejército de Tierra o de la filosofía de los sistemas navales de combate, se forman únicamente en la EPSE y en la ETSIAN. En ambas escuelas se les imparten enseñanzas que les permiten un conocimiento de conjunto. Es decir, se forman como ingenieros de Sistemas de Armas.

En la ETSIAN, además, se les especializa, como hemos dicho, en tres orientaciones de técnicas afines que permiten a cada ingeniero dominar una parcela específica de los sistemas navales de combate.

Estas orientaciones son:

— Lanzadores y municiones: que comprende la artillería, lanzadores de torpedos y misiles, pólvoras y explosivos.
— Mando y control de sistemas de armas: que comprende los sistemas antiaéreos, de superficie y submarinos.
— Detección y seguimiento: referido a blancos aéreos, de superficie y submaninos.

En la ETSIAN, las áreas de conocimiento están encuadradas, según su afinidad, en tres departamentos:

— Construcción y materiales.
— Sistemas navales de combate.
— Física y matemáticas aplicadas.

Hasta hoy día la ETSIAN se ha nutrido exclusivamente con marinos de guerra, mientras que en la EPSE han ingresado con mayor facilidad los ingenieros y licenciados civilles, pues a los oficiales de las Armas se les venía exigiendo tres años de mando, dos de preparatorio y cinco de carrera. Un total de nueve años que hacía desistir a aquel que no tuviera una excepcional vocación por esta carrera.

Por lo que respecta a la EPSE, hasta la fecha, sus ingenieros de ambas ramas no adquieren una orientación particular hacia una especialización concreta, de las ahora llamadas complementarias. Si, como esperamos, una de las especialidades fundamentales de los Cuerpos de Ingenieros, es Armamento y Material, las especialidades complementarias de la misma se referirán a orientaciones hacia:

— Armamento convencional.
— Misiles tierra-tierra.
— Misiles tierra-aire.
— Misiles tierra-mar.
— Directores de tiro.
— Detección y seguimiento de objetivos.
— Vehículos de combate.

Las cuales guardan cierta coherencia con las de Armas Navales.

Los siete años necesarios, hasta ahora, para formar como ingeniero a un oficial procedente de la AGM son menos realistas que los cuatro años y medios en que se hace ingeniero a uno procedente de la Escuela Naval Militar. Esta sensible diferencia es debida a la excesiva y mal compartimentada polivalencia de los actuales ingenieros del CIAC en sus dos ramas.

Pensamos que, en cualquier caso, el tiempo empleado por la Armada en formar un ingeniero de Armas admite escasos recortes, si se quiere contar en el futuro con más ingenieros que alcancen en su época, el mismo nivel que han alcanzado los actuales.

4. Especialidades actuales de las Ingenierías de Defensa

En el cuadro 1 se han hecho aparecer las ramas y sus especialidades, con que se cubrián las necesidades de los tres Ejércitos. Destacamos la carencia de especialistas en armamento aéreo, y de ingenieros de infraestructura para la Defensa Nacional. Hemos querido limitarnos aquí, a una exposición de la situación el 19 de julio de 1989.

En nuestra opinión, las llamadas por la nueva Ley, especialidades fundamentales, sustituyen a las que veníamos denominando Ramas que, evidentemente, correspondían a carreras distintas. Cada carrera de ingeniería en su aplicación a Defensa es lo que denominaremos una Ingeniería de Defensa.

5. Determinación de las especialidades fundamentales y complementarias de las Ingenierías de Defensa del futuro

5.1. *Carreras y especialidades existentes en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*

En el cuadro 2 se muestran las especialidades que existen en cada una de las nueve escuelas técnicas superiores. La ETS de Ingenieros de Telecomunicación no cuenta realmente con seis especialidades, sino con seis áreas que hemos denominado de acuerdo con el contenido de las asignaturas obligatorias en cada una de ellas, según nuestro criterio.

En cualquier caso son más de treinta las especialidades existentes, alguna de ellas con nombres parecidos. De ahí se deduce la gran dificultad existente en acoplar las mismas con las necesidades en Defensa. Aunque, si se exceptúa la Ingeniería de Armamento, los conocimientos necesarios para las diferentes especialidades de Defensa se encuentran en los programas de la UPM, si bien, no estén agrupadas en forma conveniente.

Aunque hemos presentado esta Universidad, a título de ejemplo y para fijar ideas, evidentemente, el abanico de selección de los futuros ingenieros de especialidades de Defensa, se debe abrir a todas las universidades españolas públicas y privadas. Por ello, aparecen dos números en el cuadro 3 a los que no se ha aludido en el cuadro 2. Estos son el 36, con el que nos referimos a doctores, licenciados o ingenieros químicos que se forman fuera

Cuadro 1.—*Ramas y especialidades de los tres Ejércitos*

Corresponde Actualmente	*Ramas*	*Especialidades/Orientaciones*
A/M	ARMAS TERRESTRES	Armamento convencional
		Misiles
		Directores de tiro
		Detec. y seguimiento de objetivos
		Vehículos de combate
AN	ARMAS NAVALES	Lanzadores y municiones
		Mando y control
		Detección y seguimiento
No existe	ARMAS AEREAS	
A/M	PÓLVORAS, EXPLOSIVOS Y QUÍMICA	
C/E	TELECOMUNICACIONES MILITARES	
IE	ELECTRICISTAS ELECTRÓNICOS	Electromecánicos ICAI
		Telecomunicación
C/E	TRANSPORTES TERRESTRES	Vehículos de transp. no ferrov.
		Vehículos de transporte ferrov.
		Vías de comunicación
IN	INGENIERÍA NAVAL	Las de las carreras civiles correspondientes
IA	INGENIERÍA AERONÁUTICA	
C/E	INFRAESTRUCTURA DE LA DEFENSA	Infraestructura terrestre
No existe		Infraestructura naval
IA		Infraestructura aérea
C/E		Producción y transp. de energía

SIGLAS:

A/M Rama de Armamento y Material del Cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción.
AN Ingenieros de Armas Navales.
C/E Rama de Construcción y Electricidad del Cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción.
IA Ingenieros Aeronáuticos del Ejército del Aire.
IE Ingenieros Electricistas de la Armada.
IN Ingeniero Naval de la Armada.

Cuadro 2.—*Especialidades de las nuevas escuelas técnicas*

Escuela Técnica Superior de:	Especialidad	N.º
ARQUITECTOS	Edificación	1
	Urbanismo	2
AERONÁUTICOS	Aeronaves, Misiles y Motopropulsores	3
	Aeropuertos, Navegación y Transporte aéreo	4
AGRÓNOMOS	Economía agraria	5
	Fitotecnia	6
	Industrias Agrarias	7
	Ingeniería Rural	8
	Zootecnia	9
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	Cimientos y Estructuras	10
	Transportes	11
	Urbanismo y Ordenación del Territorio	12
	Hidráulica y Energética	13
INDUSTRIALES	Electricidad int. Automática y Electrónica	14
	Electricidad int. Electrotecnia	15
	Mecánica int. Construcción	16
	Mecánica int. Máquinas	17
	Metalurgia	18
	Organización Industrial	19
	Química	20
	Técnicas Energéticas	21
MINAS	Laboreo y Explosivos	22
	Geología y Geofísica	23
	Metalurgia y Mineralurgia	24
	Energía y Combustibles	25
MONTES	Silvopascicultura	26
	Industrias	27
NAVALES	Arquitectura Naval	28
	Máquinas Marinas	29
TELECOMUNICACIÓN	Radio y Radar	30
	Transmisión por Conductores	31
	Ordenadores	32
	Mando Automático	33
	Electroacústica	34
	Microelectrónica	35

de la UPM, y el 37 para mencionar a los ingenieros del ICAI, de la Universidad Pontificia de Comillas, cuyos estudios han sido seguidos por oficiales del Cuerpo General de la Armada.

Las Juntas Facultativas celebradas en la Escuela Politécnica Superior del Ejército, para decidir la concesión de convalidaciones a los oficiales alumnos que las solicitaban, han recogido la enorme dificultad que entrañaba la determinación de la similitud de los programas. Este es en hecho muy a tener en cuenta.

5.2. *Decisión sobre la determinación de especialidades*

En el cuadro 3 se han recogido las especialidades fundamentales y complementarias relacionadas con las ingenierías que tienen aplicación en los tres Ejércitos, o con aquellas que están dirigidas a la obtención de los suministros específicos de armas y material de guerra que precisan o se refieren a la infraestructura necesaria.

Las hemos recogido en grupos homogéneos, en cuanto a su naturaleza, sin reparar én si su aplicación está en logística del interior o de campaña, y consiguientemente si se refieren sólo a los ingenieros de los Cuerpos o si alcanzan también a la zona de operaciones y su interés se extiende a los oficiales combatientes; es decir, a los del nuevo Cuerpo General de las Armas.

El primer grupo de ellas, que se refiere al armamento, siempre estará constituido por carreras diferentes de las que se cursan en las universidades civiles, puesto que en dichas universidades no están previstos unos estudios sistemáticos, y con el indispensable apoyo de laboratorios apropiados, que exigen las enseñanzas del armamento. Este grupo nos parece claramente diferenciable de los restantes. Y, como hemos señalado, aún presenta una carencia, incomprensible pero real: los ingenieros de armamento aéreo.

Para citar una referencia próxima a nuestro entorno, recordemos que Francia cuenta con dos escuelas de formación de ingenieros de armamento y otras dos de formación de ingenieros de estudios y técnicas de armamento, y, precisamente, una de cada nivel está dedicada a los aeronáuticos, mientras que las otras dos cubren el resto de las especialidades.

Seguidamente, hemos agrupado como ingenierías de plataforma las tres ingenierías de vehículos terrestres, navales y aéreos, que actualmente son desempeñadas por ingenieros del CIAC, navales y aeronáuticos. Estas dos últimas tal y como están cubren perfectamente las misiones que las hacen necesarias. La de vehículos terrestres la enfocamos como la utilización en

Cuadro 3.—Especialidades fundamentales relacionadas con la ingeniería

Grupo	*Fundamentales*	*Complementarias*	*Observaciones*	*UPM*
ARMAMENTO	ARMAMENTO Y MATERIAL TERRESTRE	Armamento convencional	Estas especialidades fundamentales constituyen unas carreras específicas y diferentes de las existentes en las Universidades Politécnicas. Sus ingenieros deben tener un conocimiento profundo del empleo táctico del armamento y de los temas logísticos conexos.	
		Misiles		
		Directores de tiro		
		Detección y seguimiento de objetivos		
		Vehículos de combate		
	ARMAS NAVALES	Lanzadores y municiones		
		Mando y control		
		Detección y seguimiento		
	ARMAMENTO AÉREO	A determinar por el Ejército del Aire contrastando la experiencia exterior		
	PÓLVORAS, EXPLOSIVOS Y QUÍMICA			20 36
PLATAFORMA	INGENIERÍA DE VEHÍCULOS TERRESTRES	Ferrocarriles	Ejército de Tierra	17
		Automóviles	Tres Ejércitos	17
		Sistemas no convencionales		
	INGENIERÍA NAVAL	Las de la carrera de la UPM.	Armada	28 29
	INGENIERÍA AERONÁUTICA	Las de la carrera de la UPM	Ejército del Aire	3 4
ELECTRÓNICA	TELECOMUNICACIONES MILITARES Y GUERRA ELECTRÓNICA	A determinar conociendo el parecer de los Estados Mayores y la oferta de la ETSI Telecomunicación	Tres Ejércitos	30 a 35
INFRAESTRUCTURA	INFRAESTRUCTURA DE LA DEFENSA	Infraestructura de campaña	Ejército de Tierra	10 11
		Infraestructura de defensa del interior		1 10
		Infraestructura naval	Armada	10 13
		Infraestructura aeronáutica	Ejército del Aire	4
		Producción y transporte de energía	Tres Ejércitos	15 21 25 37

los vehículos militares de las tecnologías de aplicación civil, sin cubrir los aspectos relacionados con el blindaje ni con otros temas que sean de pura ingeniería de armamento.

Para estas ingenierías de plataforma y las relacionadas con las telecomunicaciones y la infraestructura se encuentran titulados civiles cuya conversión en militares requiere un tratamiento similar al que se ha venido haciendo para nutrir a los Cuerpos de Sanidad. La formación científico-tecnológica necesaria que recibe en la universidad puede impartirse en ella incluso a los oficiales del Cuerpo General de las Armas que la requieran. Un criterio de rendimiento económico aconseja reservar las escuelas técnicas superiores militares para complementar la formación específicamente en las aplicaciones a Defensa. Y esto no es nada nuevo. Así se reclutan los ingenieros aeronáuticos y se han venido formando los ingenieros navales, electrónicos y electricistas de la Armada.

Nos encontramos en un momento en el que la universidad española está reestructurándose. Concretamente las universidades politécnicas están pensando en alumbrar en sus escuelas técnicas superiores nuevas titulaciones y nuevas especialidades. Cuando unas y otras se vayan consolidando, será el momento de revisar cuanto ahora se indica, incorporando o suprimiendo las especialidades complementarias e incluso fundamentales que la experiencia aconseje.

Por lo que respecta al grupo de electrónica, se ha separado de la misma la electrónica de los sistemas de armas, que forman especialidades complementarias en el cuadro 3, tanto para el Ejército de Tierra como para la Marina de Guerra, y que previsiblemente lo harían también cuando se considerase en el futuro el estudio del armamento aéreo. Esta separación nos parece aconsejable, aunque la electrónica de los sistemas de armas maneja fundamentalmente las mismas técnicas de proyectos que las otras aplicaciones de la electrónica, porque parece más útil formar ingenieros de armamento especializados en sistemas de armas con conocimiento de lo que es factible con la electrónica, los cuales pueden formar equipo con ingenieros cuya especialidad fundamental sea la electrónica, que electrónicos con formación de ingeniería de armamento. En resumen: un ingeniero de telecomunicaciones militares y guerra electrónica se forma a partir de uno civil de telecomunicación, mientras que un ingeniero de armamento de las especialidades de «detección», «dirección de tiro» o «mando y control» tiene una formación que es sólo parcialmente electrónica y orientada a un propósito concreto. Y ello, entre otras razones, porque los estudios civiles de telecomunicaciones no tienen en la actualidad ninguna rama de aplicación directa a la electrónica de los sistemas de armas. Hoy por hoy, parece

preferible especializar, en España o en el extranjero, en electrónica a los ingenieros de armamento consagrados a la investigación y desarrollo de equipos electrónicos para armas, como se ha venido haciendo hasta no hace muchos años.

Al tratar de infraestructura de defensa, nos ha parecido claro en el Ejército de Tierra la separación que se impone entre la infraestructura de campaña y la de defensa del interior: unas de ellas dirigida al teatro de operaciones y la otra a la logística del interior. Las diferencias entre ambas son obvias: unas técnicas tan de aplicación para el ingeniero de vanguardia como son la terramecánica y traficabilidad, se vienen investigando en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, cuyo objetivo es el trabajo y aprovechamiento del terreno.

La especialidad complementaria de producción y transporte de energía cubre las necesidades actuales y futuras de especialistas en electrónica.

Para terminar, permítasenos repetir que geodestas, hidrógrafos, astrónomos, metereólogos, etc., cuyas carreras están relacionadas con sistemas de apoyo a la defensa, se apartan del interés de este trabajo, puesto que no tienen aplicación en ninguna de las dos Direcciones Generales de Armamento y Material o de Infraestructura en que se agrupan actualmente las tecnologías que nos ocupan.

6. **Los otros ingenieros de Defensa**

6.1. *Ingenieros de empleo*

La citada Ley 17/1989 reguladora del Régimen del Personal Militar Profesional, en el artículo 104.2 prevé el complementar con militares de empleo de la categoría de oficial determinados cuerpos y especialidades, a los militares de carrera. Este puede ser el caso de los que llamaremos, «ingenieros de empleo», constituido por personal en posesión de títulos civiles adecuados a la especialidad que corresponda, los cuales complementan a los ingenieros de carrera de Defensa.

Por constituir las especialidades fundamentales de Armamento carreras específicas diferenciadas de las civiles, como hemos señalado, parece razonable reservar para esta especialidad el máximo razonable de las plazas existentes en los Cuerpos de Ingenieros Militares, para los de carrera. Pese a esta medida será necesario proporcionar las enseñanzas de esta especialidad a personal no militar que cubra las necesidades de las industrias civiles de armamento, como se viene haciendo en las escuelas dependientes de la Delegación General de Armamento francesa.

6.2. *Ingenieros civiles para Defensa*

Para complementar las escasas plantillas de personal técnico militar profesional en los establecimientos militares, siempre se ha recurrido a la contratación de titulados civiles. En la Marina de Guerra un gran número de ellos, al pertenecer a las hasta hoy llamadas Escalas de complemento realizaban su trabajo con el correspondiente estatuto de oficial. De hecho han venido funcionando como los ingenieros de empleo a que nos referíamos anteriormente. Con la posibilidad de convertirse los militares de empleo en militares de carrera, contemplada por la Ley 17/89, se abre una vía de selección que juzgamos muy útil. El resto, aun conservando su talante y características civiles, en nuestra oponión han hecho ingeniería militar, aunque esta ingeniería sea la misma en la que se habían graduado en la universidad.

La modernización de nuestras Fuerzas Armadas ha traído consigo, entre otras cosas, un incremento en los presupuestos de armamento y material, y nuestro ingreso en la Alianza Atlántica, una apertura de la oferta nacional y aliada a nuestros ejércitos y los de la OTAN, un endurecimiento de la competitividad entre las industrias, todo ello tutelado, propiciado y encauzado por los mecanismos administrativos de la OTAN.

Al haber sido absorbida por empresas civiles prácticamente toda la industria de Defensa, permítaseme la expresión: ha cambiado de talante, en el área de producción, ingenierías hasta hace poco tan específicamente militares como la de Armamento y Material.

Consiguientemente, nos inclinamos por adjetivar como militar o civil a una ingeniería, prescindiendo de su naturaleza y atendiendo a las circunstancias en las que se ejercita.

De la misma manera que las Universidades Politécnicas han venido contribuyendo a la formación científico-técnica de futuros ingenieros militares, es previsible que Escuelas Técnicas Superiores Militares formen, en un futuro, ingenieros de Armamento o completen la formación técnica con criterios de Defensa, a titulados en ingenierías civiles. Estos ingenieros civiles, que trabajan para el Ministerio de Defensa sin pertenecer al mismo, no debemos considerarlos, como antes hemos dicho, ingenieros de Defensa.

Por lo que actualmente respecta a los ingenieros civiles, señalamos que trabajan bajo contrato alrededor de 800 en Centros de Investigación del Ministerio de Defensa (INTAET, Canal de Experiencias Hidrodinámicas, Polígonos, etc.).

Quizás el número se vea abultado por el hecho de que tanto el INTAET como el Canal de Experiencias Hidrodinámicas cubran en proporción notable misiones de aviación civil y de marina mercante.

Según el registro de empresas de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) puede estimarse en 2.700 los ingenieros que actualmente trabajan para las industrias (entre el sector público y el privado), con contratos con el Ministerio de Defensa. Este personal, al no depender orgánicamente del Ministerio, no forma parte de lo que hemos entendido como ingenieros de Defensa, aunque la participación de civiles en las tareas de Defensa es de esperar que sea cada día más importante.

6.3. *Ingenieros de explotación*

En un trabajo nuestro publicado con el número 2 de *Cuadernos de Estrategia* (CESEDEN) (4), al definir el campo de actividad de los «militares ingenieros» les llamábamos Ingenieros de Explotación, y así denominaremos, en lo sucesivo, a los oficiales del Cuerpo General de las Armas cuya misión aconseje el perfeccionarlos con una formación técnica superior.

A este respecto, nos parece muy significativa la distribución de los diferentes tipos de «diplomados» en el Arma de Ingenieros del Ejército francés, que refleja el cuadro 4. En este cuadro, los diplomados de Estado Mayor corresponden a los del mismo nombre de nuestro Ejército. Hemos denominado diplomados técnicos a los que en este trabajo llamamos ingenieros de explotación. Señalamos que la obtención del «diploma» requiere la posesión del título superior correspondiente. Los diplomados técnicos que completan su formación con estudios de Estado Mayor en la Escuela de Guerra de París, los hemos llamado diplomados técnicos de estado mayor y constituyen el grupo más selecto de oficiales de las Armas con enseñanza técnica superior.

Para concluir el comentario sobre este cuadro 4, se puede observar que el porcentaje del total de diplomados aumentó desde el 19 por 100 entre los capitanes hasta el 96 por 100 entre los coroneles.

Los datos que en el mismo figuran proceden del Anuario de Antigüedad de Oficiales del Ejército de Tierra francés de 1960. Estos datos estaban incluidos en el manuscrito de un artículo anterior que apareció en el número 278 de la revista *Ejército*, y que fueron suprimidos del mismo sin conocer el motivo (5).

---

(4) *La ingeniería de armas y material de guerra en el Ejército de Tierra*. p. 4. p. 32.

(5) Ver el artículo del general francés Bichon en *Defense* en el que señala que en 1947 nació en Francia *Enseignement militaire superieur scientifique et technique*, marzo 1988.

Cuadro 4.—*«Diplomados» en el Arma de Ingenieros del Ejército francés*

Diplomas / *Empleos*	*Diplomados de Estado Mayor*	*Diplomados Técnicos de Estado Mayor*	*Diplomados Técnicos*	*Total*	*Tanto por ciento Diplomados*
Coroneles	9	25	32	69	96
Tenientes coroneles	10	12	47	116	59
Comandantes	16	14	82	305	31
Capitanes	14	10	127	787	19
Tenientes	0	0	2	538	0,4

La cantera que se puede constituir con estos oficiales ingenieros de las Armas ofrece la posibilidad de incrementar las existencias reales de ingenieros militares profesionales.

El perfeccionar la formación técnica de estos oficiales, así como el complementar con la formación militar y específica indispensable a los civiles que trabajen para Defensa, son misiones asumibles por la Escuela Politécnica Superior del Ejército, que tiene capacidad legal para tutelar y refrendar los estudios.

Y ello es bueno, puesto que, como hemos dicho, no concursan apenas candidatos titulados superiores civiles con quienes cubrir las necesidades de ingenieros que siente Defensa.

7. **Recapitulación**

Como es bien sabido, los ingenieros militares se han venido desarrollando en España, desde las perspectivas particulares de cada ejército, e incluso de cada Arma o Cuerpo. Ello ha traído como consecuencia que sus desarrollos han sido inconexos, cuando no dispares, y en cualquier caso con muy escasa proyección en una visión de conjunto de nuestra Defensa Nacional, cuya actual perspectiva, aunque con la indispensable autonomía para poder hacer frente a posibles conflictos locales, está imbricada en la de la OTAN. Ello obliga a planear nuevos métodos y estructuras flexibles y eficaces, en las que presida la coordinación.

Ante un previsible crecimiento de nuestra colaboración a nivel europeo en programas industriales de armamento, se impone, en primer lugar, una profunda colaboración entre nuestros tres Ejércitos, y, en segundo lugar, orquestar desde el Ministerio de Defensa una participación creciente de los sectores científicos, industriales, económicos, etc., en las tareas de la investigación y desarrollo en armamento y material de guerra.

Insistimos en que la decisión que determine las especialidades fundamentales y complementarias se va a producir en un momento especialmente apropiado para asumir esquemas nuevos que conduzcan a una óptima coordinación, la cual parece una condición previa a un funcionamiento eficaz. Y, por supuesto, dicha alta decisión corresponde a quien por la responsabilidad y autoridad que ostenta cuenta con mejor información y criterio que nosotros.

Al reflejar la situación de nuestros ingenieros de Defensa hoy, nos hemos limitado a aquéllos cuyo ejercicio exige la correspondiente titulación oficial. Según la normativa vigente se han agrupado las ramas análogas y se han reflejado las orientaciones o especialidades, cuando en los últimos años se ha venido contando con un grupo de ingenieros expertos en las mismas, o se ha sentido la necesidad de definir el contenido de la Rama.

Hemos insistido en que las únicas ingenierías de Defensa que son en sí mismas específicas son las de Armamento y Material y de Armas Navales, hasta este momento, al no existir la de Armas Aeronáuticas. Todas las demás encuentran titulados civiles que, o bien, son convertibles en militares en un período de tiempo prudencial, o pueden incorporarse directamente a las tareas de Defensa.

En nuestro trabajo «*La ingeniería de Armas y Material de Guerra en el*

Ejército de Tierra» (6) señalábamos al final del punto 8 la necesidad que tiene un proyectista de armamento de conocer el empleo en el combate y los factores que condicionan su eficacia en campaña, así como sobre las formas de organización y empleo de las unidades tácticas y de la logística de la zona de combate.

Terminaremos ratificando nuestra opinión personal sobre la necesidad de contar con militares combatientes, no sólo expertos en armamento, sino en otras varias especialidades a las que nos hemos referido a lo largo de este trabajo.

Nota de reconocimiento

Me complazco en agradecer al Profesor Doctor don Alejandro Mira Monerris la valiosa ayuda que me ha prestado en la preparación de este trabajo, tanto con sus acertadas sugerencias como por el interesante material que me ha facilitado.

(6) Trabajo citado en (4). p. 37

COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO

Presidente: D. JOSÉ R. MASAGUER FERNÁNDEZ
Doctor en Ciencias Químicas.

Secretario 1.º: D. GONZALO PARENTE RODRÍGUEZ
Coronel de Infantería de Marina (GE) (GC).

GRUPO DE TRABAJO "N": INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Presidente: D. LUIS GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ
General de División EA.

D. JOSÉ A. ALÁEZ ZAZURCA
Capitán de Navío, Ingeniero Naval.

Vocales: D. JOSÉ A. CORDERO MARTÍN
Doctor en Ciencias Físicas.

D. LUIS ESGUEVILLAS RAMOS
Teniente Coronel Ingeniero del ET.

D. JOSÉ MARÍA GOYA CABEZÓN
Coronel Ingeniero Aeronáutico del EA.

D. ANTONIO JOSÉ JULIANI HERNÁN
Coronel Ingeniero de Armamento y Construcción del ET.

D. ALEJANDRO MIRA MONERRIS
Doctor Ingeniero Naval.

D. DOMINGO L. MORENO BELTRÁN
Doctor Ingeniero Industrial.

D. MANUEL QUINTEIRO BLANCO
Doctor en Ciencias Físicas.

Las ideas contenidas en este trabajo son de responsabilidad de sus autores, sin que refleje necesariamente el pensamiento del IEEE que patrocina su publicación.

Colección Cuadernos de Estrategia

PUBLICACIONES
Pd
DE DEFENSA