

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

---



**CUADERNOS  
de  
ESTRATEGIA**

**2**

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATEGICOS

Estudio de investigación realizados  
por el Seminario de: "Investigación Científica".

**LA INGENIERIA MILITAR DE ESPAÑA  
ANTE EL RETO DE LA INVESTIGACION  
Y EL DESARROLLO EN LA DEFENSA  
NACIONAL**

---

---

**MINISTERIO DE DEFENSA**



CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL



**CUADERNOS  
de  
ESTRATEGIA**

**2**

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATEGICOS

Estudio de investigación realizados  
por el Seminario de: "Investigación Científica".

**LA INGENIERIA MILITAR DE ESPAÑA  
ANTE EL RETO DE LA INVESTIGACION  
Y EL DESARROLLO EN LA DEFENSA  
NACIONAL**

Diciembre, 1988



CENTRO DE DOCUMENTACION  
DEL MINISTERIO DE DEFENSA  
REGISTRO 9054  
SIGNATURA  
ITEM N°

EDITA: MINISTERIO DE DEFENSA  
Secretaría General Técnica

NIPO: 076-89-041-0

ISBN: 84-7823-049-1

Depósito legal: M-18320-1989

IMPRIME: Imprenta del «B.O.D.»

**C E S E D E N**

**Instituto Español de Estudios  
Estratégicos**

SEMINARIO NUM. 07 "INVESTIGACION CIENTIFICA"

Grupo de Trabajo "N" «Investigación y Desarrollo»

**LA INGENIERIA MILITAR DE ESPAÑA ANTE EL  
RETO DE LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO  
EN LA DEFENSA NACIONAL**

## **COMPOSICION DEL SEMINARIO**

- Presidente: D. JOSE R. MASAGUER FERNANDEZ.  
Doctor Ciencias Químicas
- Secretario 1.º: D. GONZALO PARENTE RODRIGUEZ.  
Coronel de Infantería de Marina (GE) (GC).
- Secretario 2.º: D. ANTONIO DE QUEROL LOMBARDEO.  
Coronel de Infantería de Marina (G) (GC).

## **GRUPO DE TRABAJO «N» INVESTIGACION Y DESARROLLO**

- Presidente: D. LUIS GONZALEZ DOMINGUEZ.  
General División del E.A.
- Vocales:
- D. JOSE A. ALAEZ ZAZURCA.  
Capitán de Navío. Ingeniero Naval.
  - D. JOSE A. CORDERO MARTIN.  
Doctor Ciencias Físicas.
  - D. JOSE M. GOYA CABEZON.  
Coronel Ingeniero Aeronáutico del E.A.
  - D. JOSE A. JULIANI HERNAN.  
Coronel Ingeniero Armamento y Construcción del E.T.
  - D. ALEJANDRO MIRA MONERRI.  
Doctor Ingeniero Naval.

D. AMADOR PALACIOS ARRUABARRENA.  
Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones.

D. MANUEL QUINTEIRO BLANCO.  
Doctor 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.**

# INDICE

	<u>Págs.</u>
PRESENTACION .....	13
PRIMERA PONENCIA	
La Ingeniería Militar en relación a la Investigación y Desarrollo de la Defensa .....	19
SEGUNDA PONENCIA	
La Ingeniería de Armas y Material de Guerra en el Ejército de Tierra	29
TERCERA PONENCIA	
La Ingeniería Militar y la Investigación y el Desarrollo en la Defensa Nacional .....	39
CUARTA PONENCIA	
Modelo de Oportunidad Tecnológica .....	69

## PREAMBULO

*Tenemos el privilegio y la responsabilidad de vivir quizás la mayor revolución tecnológica de la historia. Una serie de descubrimientos científicos y de innovaciones industriales acaecidos en los últimos cincuenta años, convergen en la constitución de un nuevo paradigma tecnológico que afecta al conjunto de la actividad humana. Sus efectos, que resultan evidentes en el orden económico y social, redefinen la ecuación entre guerra y paz en un mundo en profunda transformación política, económica y social.*

*El arte y las artes de hacer la guerra, íntimamente ligadas al arte de hacer la paz, reciben el impacto de las nuevas tecnologías, matizadas, por supuesto, por el contexto social en que se constituye el paradigma tecnológico. Si dentro del contexto social se puede señalar un sujeto del desarrollo tecnológico éste es, sin duda, el constituido por el sistema investigación educación que en su matriz científica tiene su propio ritmo, pero que a la vez interactúa con el sistema productivo y social al que sirve.*

*Las universidades, los centros de estudios superiores y los centros de investigación son sujetos activos en el cambio tecnológico. Pero no cualquier universidad, centro de estudios superiores, o centro de investigación, sino aquéllas o aquéllos que, preservando su autonomía científica, se articulan con la demanda social en el sector dentro del que se extiende su producción o servicio.*

*Los centros superiores donde se cultiva la ingeniería militar, tienen que verse afectados en su propia concepción y estructura por los impactos de la nueva tecnología y del nuevo Arte militar surgidos en una sociedad que ha asimilado el desarrollo tecnológico.*

*La presente publicación del IEEE del CESEDEN es el producto de algunas reflexiones y estudios sobre el tema de la Ingeniería Militar en la España que se enfrenta a la nueva revolución tecnológica en un momento*



*decisivo de su historia, en el que, integrada económica y psicológicamente en Europa, inicia un amplio proceso de modernización institucional y social.*

*Los miembros militares y civiles que suscriben las ponencias, forman parte del Seminario de Investigación Científica, y en sus ensayos se asoman desde los puntos de vista militar y civil a las que pudieran ser modernas concepciones de la ingeniería militar y de sus centros de formación, plenamente incardinados con las demandas y ofertas en el campo de la Defensa de una sociedad, como la de la España de 1988, que tiene que afrontar decididamente la empresa de su modernización tecnológica.*

*Detrás de las reflexiones y estudios realizados por todos los ponentes existe, sin duda, el interés de sentar las bases para estructurar un verdadero sistema ciencia-tecnología-industria-defensa, en el que los centros de investigación-formación, las empresas productoras de tecnología y el arte militar se articulen en orden a una mayor eficacia y seguridad en su funcionamiento y objetivo que no es otro que el de asegurar y, si es preciso, ganar la paz.*

*Tengo la seguridad de que el tema planteado resultará de actualidad y gran interés al lector consciente de que la Seguridad pasa por una total identificación de la Defensa con una Sociedad, integrada en un entorno tecnológicamente avanzado y profundamente penetrada en todos sus sistemas y subsistemas por las nuevas tecnologías.*

*EL PRESIDENTE DEL SEMINARIO,  
José R. Masaguer Fernández*

## PRESENTACION

Los miembros del Grupo de Trabajo dedicaron varias sesiones para presentar, comentar y analizar los diversos temas propuestos para desarrollar en el año 1988, acordándose finalmente proponer al General Secretario Permanente del Instituto, el titulado:

«LA INGENIERIA MILITAR DE ESPAÑA ANTE EL RETO DE LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO EN LA DEFENSA NACIONAL»

La decisión de abordar este tema se justificó en una serie de consideraciones, entre las que destacamos las siguientes: En primer lugar el que la Ingeniería Militar en España ha llevado a cabo en los últimos decenios una lenta, muy limitada y desigual adaptación de sus estructuras generales a las nuevas circunstancias surgidas en la Segunda Guerra Mundial; en segundo lugar, el que los tímidos y apenas significativos desarrollos habidos (en Marina y Tierra) se han hecho desde la óptica particular de cada Ejército, lo que ha desembocado en órganos, sistemas, métodos y procedimientos funcionales dispares, inconexos, autolimitados y faltos de proyección futura en la Defensa Nacional; también, porque la participación creciente en ésta, de sectores activos de la Ciencia, la Tecnología y la Industria nacionales exigía una previa armonización y coherencia del sector técnico militar, aún por realizar; añádase a esto, el que el sector de la enseñanza militar, incluidas las técnicas superior y media, está sujeto a profunda revisión, con referencia estricta a las posibilidades y facilidades que puede y debe ofrecer el Sistema Educativo Nacional, que, a su vez, trata de conseguir en estos momentos un mayor grado de homologación con los europeos; digamos, finalmente, que España últimamente se está incorporando a foros europeos cualificados en materia de Ciencia y Tecnología, con una participación creciente en programas de investigación y desarrollo, tanto civiles como militares, lo que exige que, desde la Defensa, se adopten medidas encaminadas a conseguir que los sectores militar y civil

de la misma dispongan de estructuras, sistemas y mecanismos funcionales idóneos, ágiles, permeables y eficaces.

Siguiendo la metodología recomendada por la Dirección del Instituto, se designaron Ponentes para desarrollar el tema, bajo su óptica personal, a los Sres. Aláez, Cordero, Domínguez y Juliani. Los textos sucesivos de estas ponencias fueron objeto de aclaraciones, comentarios y opiniones en reuniones posteriores, hasta conseguir el texto final que hoy se presenta.

En la primera Ponencia, a cargo del Dr. Ingeniero Naval señor Aláez, con el título de: «La Ingeniería Militar en relación con la Investigación y Desarrollo de la Defensa» se parte de una disgresión sobre el concepto, las formas y las funciones de la Ingeniería, en las distintas épocas, así como las dificultades que han surgido para «hacer las cosas bien, en tiempo oportuno y lo más barato posible», según el planteamiento de la Ingeniería clásica.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, la complejidad y carestía de los nuevos sistemas de armas, al implicar amplios sectores activos de la Nación, exige políticas militares más coordinadas e integradas a nivel Defensa Nacional y siguiendo estrictos criterios de coste/eficacia. Incluso, bajo esos supuestos, sólo las grandes potencias pueden «ir por libre» en el complicado mundo de las armas. El resultado ha sido, de un lado, el aumento de la cooperación internacional y, de otro, el incremento de los gastos de investigación para la Defensa.

La colaboración científica, a partir de la última guerra mundial, se ha demostrado como uno de los motores esenciales para la dinámica estratégica de las naciones avanzadas: de aquí que las actividades de investigación y desarrollo (I + D) sean estimuladas y potenciadas en organismos nacionales e internacionales de planificación de Defensa.

La investigación militar y el desarrollo posterior ocupan actualmente una posición intermedia entre las operaciones militares y la industria de guerra; su importancia radica en que son el soporte de la tecnología que van a utilizar los ingenieros, para intentar dar satisfacción a los requisitos operativos formulados por los Estados Mayores.

La imposibilidad de mantener un Cuerpo de Oficiales numeroso para atender las crecientes exigencias científico-técnicas de una Defensa moderna requiere, cada vez más, la participación de personal civil en funciones a las que conviene una mayor estabilidad y continuidad profesionales, como puede ser el caso de las actividades de I + D, de gestión de programas, o de control y seguimiento de los mismos.

En la actualidad la Ingeniería Militar, en España, aparece escasamente incardinada en los planteamientos de una Defensa Nacional, con estructuras, sistemas y métodos derivados de exigencias de cada Ejército y por tanto poco idóneas y eficaces para enfrentar el reto que plantean las nuevas tecnologías y el papel determinante de las actividades de investigación y desarrollo, en el contexto de una Europa comunitaria.

La Ponencia del Dr. Ingeniero de Armamento y Construcción, señor Juliani, se orienta, más específicamente, a la problemática actual de este Cuerpo, después de haberse superado la crisis histórica de la Artillería y la Ingeniería, en el año 40, con la creación del Cuerpo Técnico del Ejército y la Escuela Politécnica, para la formación de sus titulados.

Lo que denomina como Ingeniería de Armas y Material de Guerra debe cubrir áreas tan extensas y diversas como la Investigación y el Desarrollo, la Inspección y Recepción, la fabricación de Equipos y Sistemas, la Homologación de productos, el Mantenimiento, la Movilización Industrial, la investigación de accidentes, el Empleo, la evaluación y la Docencia. Junto a esta rama cabría considerar la de la Ingeniería de Empleo, establecida en Francia, en base a Oficiales de las Armas que, junto a una amplia experiencia profesional, ostentan títulos técnicos superiores.

La Revisión de las actuales especialidades del Cuerpo de Armamento y Construcción parece obligada por la creciente amplitud y conveniente transferencia de responsabilidades al sector civil de la Defensa, para que la Ingeniería Militar pueda concentrarse en sus fines esenciales: la dirección técnica de los sistemas de armas, el asesoramiento a la programación y el desarrollo, la ayuda a la buena gestión, el seguimiento y el control de programas y la asistencia técnica a la planificación estratégica.

En este contexto, se contempla un nuevo cuadro de especialidades que podrían ser:

- Armamento terrestre y sus municiones.
- Explosivos y materiales (Química Militar y NBQ).
- Electrónica Militar.
- Vehículos Militares de Combate y Apoyo.
- Fortificación e Infraestructura de Defensa.

Se siguen, luego, ciertas consideraciones sobre la carrera del Ingeniero de Armas y Material de Guerra y su «especificidad», en una línea muy tradicional y apenas referida a la evidente interconexión de estos campos con los correspondientes de la Armada y el Aire.

Al referirse a la participación de la Ingeniería «civil» en la Defensa, cada vez más amplia e importante, en naciones desarrolladas, se sugiere (como se ha hecho desde la Escuela de Armas Navales y por análogas razones) que se aproveche la capacidad sobrante en la Escuela Politécnica, por su estado de «infrautilización» actual, en beneficio de la Ingeniería Civil de Defensa. Ello requerirá una planificación minuciosa de las exigencias globales de la Defensa, es decir, de las ramas básicas de la Ingeniería Militar (terrestre, naval y aérea), más las de la Ingeniería Civil, con una ponderación estricta de su importancia relativa en el Objetivo de Fuerza Conjunto y en el desarrollo de actividades I + D, que supongan una clara y significativa incidencia en el progreso general de la Nación.

La Ponencia del General Don Luis G. Domínguez, aborda, precisamente este tema, desde la perspectiva de la Defensa Nacional, después de una reseña histórica en que comenta los avatares de la Artillería y la Ingeniería en relación con la amplia conflictividad y frecuente inestabilidad política que se desarrolla en España, durante los siglos XVIII y XIX. En consecuencia de ello, la Ingeniería Militar sólo alcanza una estructura moderna bien entrado el siglo XX, mientras la Ingeniería y la Industria y las actividades de investigación y desarrollo, muestran importantes desfases, respecto a las del reducido grupo de naciones europeas que marchan a la cabeza del desarrollo. La Segunda Guerra Mundial, con la aparición de nuevas y potentes tecnologías, dentro de un nuevo concepto de Arte Militar, pone en cuestión las estructuras generales de la Ingeniería Militar surgidas al término de la guerra civil, bajo el enfoque particular de cada Ejército y mantenidas durante más de treinta años.

La falta de idoneidad de las actuales estructuras de la Ingeniería Militar, para la Defensa Nacional, se reconoce especialmente en la disparidad de Organos, Sistemas y Procedimientos existentes en cada Ejército, en la situación de «infrautilización» en que se encuentran las dos Escuelas de Ingeniería Militar (la de Armas Navales y la Politécnica), en la falta de atractivo para la juventud y en la escasa o nula coordinación interejércitos, en este campo, precisamente cuando la prospectiva tecnológica apunta hacia una creciente utilización común.

De la consideración de las responsabilidades técnicas que una Defensa Nacional moderna debe atribuir a los sectores militar y civil de la Ingeniería y de la necesaria cohesión y permeabilidad de éstos, parece lógico deducirse unos pre-requisitos de la formación básica para sus aspirantes, en clara y directa relación con el Sistema Educativo Nacional, para seguir luego la formación especializada en una Escuela Politécnica de la Defensa.

Esta misma Escuela llevaría a cabo la «adaptación», a la estructura de la Defensa, de todos aquellos titulados civiles de directa aplicación a la misma.

El sistema seguido hasta ahora por aquellas escuelas, abandonado, ahora por la Politécnica, venía a ser, en buena parte, una «reconversión» profesional, a edad tardía, de escaso atractivo, muy onerosa para el Estado, en cierto modo de carácter discriminatorio respecto de otros Cuerpos y cuestionable en sus objetivos. Las claras disfunciones y anomalías del sistema de selección y formación de aspirantes obliga a una reconsideración global del tema, bajo la óptica de la coordinación y de la eficacia. Es por ello que se propone en la Ponencia, como solución alternativa y probablemente temporal, la creación de una Escuela Politécnica de Defensa.

Un análisis de las actuales «especialidades» de la Ingeniería Militar, delata, en la presencia de «opciones» y en la amplitud de los campos asignados a las mismas, la necesidad de establecer nuevas especialidades y opciones, así como tratar de lograr una mayor homologación de las mismas, en el contexto de la Defensa, dada la afinidad de tecnologías aplicables, en muchas de ellas: tal es el caso de las relativas al armamento y las municiones, a los propulsores y explosivos, a las telecomunicaciones y el control, a la electrónica o la informática, a la instrumentación, etc.

Teniendo en cuenta, además que son estas tecnologías «avanzadas» las que potencian la acción de las armas, la Ingeniería Militar deberá orientarse, cada vez más, a la ingeniería de sistemas relacionados con ellas y su mantenimiento, descargando en la Ingeniería Civil colaboradora con Defensa los problemas técnicos, relativos a las plataformas, vehículos o infraestructuras de apoyo.

En consecuencia del análisis de la situación actual de la Ingeniería Militar en España, se propone una adecuación progresiva de las estructuras actuales, bajo el enfoque de la Defensa y aplicando criterios de máxima coordinación y eficacia. La exigencia de requisitos de formación básica de los aspirantes, deben ser comunes a las tres ramas de la Ingeniería Militar y referidos estrictamente al Sistema Educativo Nacional. La formación conjunta, en una Escuela Politécnica de Defensa, de los Ingenieros de Armas, con una especialización posterior en los campos que se consideren necesarios, en el estado actual de desarrollo de los sistemas de Armas y de Apoyo al Combate, supondría el 75 % de la actividad de la Escuela, en tanto que un 10-15 % se destinaría a la adaptación de titulados civiles, necesarios para la Defensa y el resto de la actividad se aplicaría a organizar seminarios,

cursos monográficos, jornadas de estudio, conferencias, etc., de interés para los sectores militar y civil de la Defensa.

Finalmente, la Ponencia del Dr. Cordero, aborda un tema de singular interés para la Ingeniería Militar, cual es el de asesorar a los Estados Mayores a la hora de promocionar áreas científico-tecnológicas o subvencionar programas de I + D, con carácter prioritario, para dar respuesta a las necesidades previstas en la Defensa.

A tal fin, se propone el desarrollo de una metodología basada en los siguientes puntos:

- a) Definición del conjunto de áreas científico-tecnológicas que intervienen en el desarrollo del conjunto Productos/Sistemas de Armas.
- b) Definición del método de desarrollo de las matrices Productos/Áreas Tecnológicas.
- c) Desarrollo del programa de tratamiento de datos que permitan definir la oportunidad tecnológica de las diferentes áreas, en función de las decisiones tomadas, ya sea por motivos políticos, estratégicos o de mercado.

EL PRESIDENTE DEL GRUPO DE TRABAJO  
 Luis González Domínguez

# **LA INGENIERIA MILITAR EN RELACION A LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA DEFENSA**

José A. Aláez Zazurca  
Capitán de Navío

## **1. INTRODUCCION.**

Hay muchas definiciones sobre lo que es la ingeniería pero todas ellas coinciden en afirmar que la ingeniería se ocupa, primordialmente, de aplicar y dirigir hacia fines prácticos y económicos los fenómenos básicos que los científicos descubren y formulan en teorías. Lo que distingue a la ingeniería de otras actividades es que su objetivo principal es hacer las cosas, en un cierto plazo de tiempo y dentro de un coste determinado. Lo que podría hacerse de acuerdo con los conocimientos actuales es ciencia aplicada. Lo que se puede hacer en un cierto coste es ingeniería. El arte del ingeniero es hacer las cosas lo más barato que se pueda.

Tradicionalmente existían dos ramas de la ingeniería: La militar y la civil. Poco a poco, a medida que se fueron conociendo más fenómenos, la división se hizo más compleja surgiendo en la ingeniería civil nuevas especialidades.

En la primitiva ingeniería militar ocurrió lo mismo, las armas ofensivas y defensivas se complicaron y los artesanos, pues esto era al principio, no podían, a pesar de su habilidad, avanzar con la rapidez que exigían los nuevos tiempos. Había que construir armas mejores y para ello hubo que echar mano de los conocimientos científicos. Aparecieron varias clases de ingenieros militares cuyas misiones, aunque variando con el transcurso de los años, se pueden resumir en el estudio, proyecto, construcción, fabricación, inspección y mantenimiento de los equipos, armas y



sistemas utilizados por los ejércitos. Para ayudar al mejor desempeño de sus misiones se fueron creando laboratorios e instalaciones. Durante muchos años los cuerpos de ingenieros militares fueron cumpliendo sus misiones, adaptándose a las necesidades crecientes, sin grandes sobresaltos.

Sin embargo a partir de la segunda guerra mundial la situación cambió radicalmente. El cumplimiento del viejo dicho romano «Si quieres la paz prepara la guerra» se encareció demasiado. En los últimos años, el precio de las armas y del equipo militar ha crecido en proporción mayor a lo que lo han hecho los precios en general. La causa ha sido la necesidad y, sobre todo el deseo de contar con armas y equipos mejores que los del posible adversario. Para ello se procura incorporar las nuevas tecnologías, por lo que nunca como ahora ha sido tan imprescindible utilizar en el estudio del armamento criterios de eficacia-coste. El objetivo final es conseguir armas y equipos que cumpliendo las especificaciones del proyecto sean posibles y baratos.

Cuando se analiza cualquier equipo, sistema o arma militar hay que distinguir entre sus características y su eficacia (1). Las primeras son fáciles de medir por ser las propias del sistema. En un buque podrían ser la velocidad, el espesor del blindaje, el alcance de los cañones o el tipo de misiles que monta. Dicho de otra manera, las características son las que son, sin importar las que tenga otra arma similar. La eficacia es otro cantar, ésta se mide por la capacidad del arma para cumplir la misión para la que ha sido concebida. Depende principalmente de los esfuerzos que haga el enemigo para anularla. Por esta razón, armas, que fueron eficaces hace años, aun conservando sus propias cualidades, no sirven ya para nada pues su poder puede desbaratarse fácilmente. El progreso en armamento se ha basado siempre en la búsqueda permanente de las armas y sistemas más eficaces, es decir, los que permiten una ventaja temporal frente a las posibles armas del enemigo. Generalmente se ignora la ventaja real, sólo se supone, pues no se conoce muy bien la que tiene el posible enemigo. Por suponer hasta el enemigo es un supuesto, pero aunque realmente existiera una cierta superioridad ésta duraría poco pues inmediatamente el país amenazado se esforzaría en encontrar algo que compensara su inferioridad. Inmediatamente comienza un nuevo ciclo pues alguien comenzaría a buscar algo nuevo y más eficaz.

---

(1) The cost of seapower. Philip Pugh. Conway Maritime Press (1986).

Además la complejidad de las nuevas armas y su coste creciente, hicieron imposible que ningún país, fuera de las grandes potencias, pudiera ir solo por el complicando mundo de las armas. El resultado fue, por un lado, el aumento de la cooperación internacional en el terreno del armamento y, por el otro, el incremento de los gastos de investigación para la defensa. La ingeniería para defensa debió, por tanto, adaptarse a la nueva situación; el ingeniero militar debía además de desempeñar sus funciones tradicionales, proponer y gestionar los programas de investigación de la defensa.

## 2. EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LAS FF.AA.

En la actualidad es creencia general que el mejor procedimiento de progresar en cualquier campo es estimulando la investigación, aunque no pueda garantizarse de antemano su éxito. A pesar de lo difícil que es, en la mayoría de los casos, medir los resultados de cualquier investigación se admite que la inversión en ella produce buenos rendimientos. No hay más que mirar alrededor para ver que la expansión de la industria, el crecimiento de la economía, la calidad de los bienes y servicios que disfrutamos y la evolución de la sociedad entera depende en gran medida de cómo se aplica lo que poco a poco se va descubriendo.

Hasta la segunda guerra mundial la investigación básica, es decir, la que trata de descubrir principios fundamentales, estaba normalmente separada del desarrollo tecnológico. La separación era tan evidente que en muchos países los gobiernos y empresas creaban centros de investigación y laboratorios distintos de aquéllos puramente universitarios o académicos, de forma que la investigación aplicada estaba muy separada de la dedicada a descubrir principios fundamentales.

La colaboración científica durante la segunda guerra mundial demostró la utilidad de la investigación básica en la solución de problemas prácticos. Ejemplos típicos son el descubrimiento de los sistemas de detección, radar y sonar, y los de la penicilina y el DDT. Sin embargo, fue el éxito de la colaboración entre científicos e ingenieros para desarrollar la bomba atómica lo que demostró la conveniencia de financiar programas de ciencia pura, sin considerar de antemano sus posibles aplicaciones.

A partir de entonces, especialmente en los Estados Unidos e Inglaterra, se crearon departamentos que canalizaban fondos públicos incluidos los de defensa hacia la investigación en universidades que en

su mayoría eran privadas. En otros países tales como Francia, el estado tenía mayor control sobre las universidades y otros centros de investigación, por lo que el proceso fue ligeramente diferente.

Otro rasgo peculiar de la época fue la desaparición de la penuria económica y de la parsimonia en la adquisición de equipos y material de investigación fundamental, cuando era casi solitaria y se basaba en el entusiasmo de algunos hombres llenos de ilusión. También, y este es otro hecho a destacar, desapareció la autonomía personal en la elección de los temas de investigación, pues estaban impuestos por los gobiernos u otras instituciones, de acuerdo con las necesidades del momento.

La investigación para la defensa no sólo no se escapa del modelo anterior sino que fue la que la impuso. Sin embargo, tiene rasgos especiales como son la confidencialidad de sus objetivos y de sus hallazgos, lo que aunque también se da en otros tipos de investigación, nunca se lleva a cabo con el rigor característico de la defensa. No hay que olvidar que la única justificación para hacer investigación militar en tiempo de paz es asegurar la mayor supremacía posible en tiempo de guerra (2), por lo que se hace obligatorio limitar y en ocasiones incluso cortar la universalidad de la ciencia. Además, en la investigación para la defensa no interviene casi nunca el capital privado, siendo el Estado quien se hace cargo de ella, por ser la defensa nacional una de sus obligaciones.

Por otra parte, las armas y los sistemas son tan complejos y variados que su estudio no puede hacerse sólo por los servicios militares. No existe, ni siquiera en los mayores ejércitos, personal científico y técnico suficiente para resolver todos los problemas que plantea la defensa. Por eso necesita el apoyo de la industria civil y de la investigación no militar. En la actualidad, la colaboración entre las universidades, centros de investigación y grupos industriales con los ejércitos es fundamental. En ocasiones la colaboración tiene que hacerse con otros países, ya que los medios de uno solo no son suficientes.

### 3. LA INVESTIGACION EN LAS FUERZAS ARMADAS.

Tradicionalmente la investigación se ha dividido en pura, básica o fundamental, que de las tres maneras suele llamarse, y aplicada. En la

---

(2) Journal of American Society of Naval Engineers (1953).

Research and Development for the Security of America. A joint endeavor between the Military and civilian institutions. T.K. Ewan.

actualidad no parece que sea válida una división tan categórica. La división es más suave, puede asimilarse a un espectro continuo, con ciertos puntos sobresalientes. El espectro va desde el extremo en el que la investigación es más teórica sin ninguna pretensión inicial de utilidad hasta el otro en el que lo único que se intenta es conseguir un nuevo producto (3).

Siguiendo este criterio, aparece en primer lugar la investigación básica que es la que pretende descubrir principios fundamentales, explorar la naturaleza o entender como funcionan las cosas. A continuación aparece otro tipo de investigación que, aunque también va dirigida a mejorar los conocimientos generales, tiene ya un propósito práctico pues trata de averiguar los principios básicos de posibles nuevas tecnologías. En el caso militar, sería la que estaría dirigida a mejorar un conocimiento general que permita alguna ventaja militar.

Luego, siguiendo el espectro vendría la investigación dedicada a problemas más próximos a la vida cotidiana, es decir, aquellos en los que existe una relación más estrecha entre un principio general y un caso real concreto. Un ejemplo típico sería el estudio de la relación entre la exposición de la radiación y el cáncer. Otro sería el análisis de la relación entre el tiempo atmosférico y el estado de la mar. Por definición, esta clase de investigación tiene un motivo práctico evidente y se espera que produzca resultados aplicables.

La última categoría y por tanto el extremo final del espectro es el desarrollo tecnológico. Cubre todo el trabajo que va desde el proyecto detallado a las pruebas de los prototipos, necesario para conseguir que un nuevo producto o proceso entre en uso regular.

La investigación en defensa no queda limitada a la zona más utilitaria del espectro como parecería lógico. De acuerdo con las teorías más modernas el concepto de seguridad mutua debe agrandarse para incluir otros aspectos más generales de la vida como son la protección del medio ambiente, el aprovechamiento de los recursos naturales y el bienestar de los pueblos, por lo que la defensa debe tratar de participar en estudios relativos a ellos (4).

(3) John Ziman. An Introduction to Science Studies. Cambridge University Press (1984), Págs. 141-142.

(4) The North Atlantic Treaty Organization. Facts and Figures. Nato Information Service. Brussels (1984), pág. 208.

La investigación militar y el desarrollo posterior ocupa, actualmente, una posición intermedia entre las operaciones militares y la industria de guerra. Su importancia radica en que es el soporte de la tecnología y del conocimiento de que la posibilidad de alcanzar el éxito de cualquier operación militar depende tanto de las fuerzas de que se dispone como del estado de la tecnología. Por ello, todos los ejércitos van aumentando, en la medida de lo posible, los medios materiales y humanos utilizados en mejorar la tecnología.

Puestas así las cosas, lo primero que se debe evaluar es como elegir las investigaciones que ha de efectuar la defensa, partiendo de la base que, militarmente y a corto plazo, lo principal es la utilidad práctica de la investigación emprendida.

La investigación teórica o fundamental, promovida por la defensa, se hace casi siempre por centros externos a ella y tiene objetivos más amplios que el mero desarrollo de un arma o equipo concreto. Se lleva a cabo normalmente por científicos y profesores universitarios sin ninguna vinculación permanente con el Ministerio de Defensa. Por esta razón y de momento no se va a hablar más de ella, ya que el ingeniero militar no tiene, en general, una participación muy directa en su desarrollo.

En cuanto al resto de las investigaciones, es evidente que la decisión final acerca de cuales son conveniente realizar corresponde al Estado Mayor, que es el Organismo encargado de fijar los medios y armas necesarias para cumplir la política de defensa, establecida por el Gobierno. En el proceso que lleva a la decisión final intervienen muchos factores, no todos estrictamente militares. Van desde un conocimiento profundo de la capacidad científica y técnica del país, hasta el de las posibles colaboraciones y ayudas exteriores necesarias para eliminar los vacíos tecnológicos que existen en algunos campos. Todo ello, además teniendo en cuenta las disponibilidades económicas y humanas. Dicho en pocas palabras, la elección se basa en un estudio minucioso sobre si lo que es militarmente deseable es técnica y económicamente posible, para al final decidir si merece o no la pena hacerlo.

La siguiente tarea es acerca de cómo se va a llevar a cabo el trabajo y de quién lo va a hacer. Ambas decisiones van normalmente ligadas. Según el quién, será el cómo. Además, si como ocurre frecuentemente la elección recae en una institución o empresa ajena al Ministerio de Defensa, la naturaleza del trabajo necesita continuamente durante su desarrollo información técnico-militar. Por esta razón, no es posible que los servicios militares se despreocupen de la investigación durante su

realización. También, en la mayoría de los casos, las investigaciones se llevan a cabo por más de una empresa o institución que deben ser coordinadas y que requieren muchas veces la ayuda de laboratorios y talleres pertenecientes a la Defensa. Todo ello hace imprescindible que los organismos de Defensa deban mantener el control del trabajo durante su realización y, por consiguiente, de la manera en que se va a llevar a cabo. En cuanto al quién, muchas veces no habrá duda, pues la verdad es que en muchos temas no se anda sobrado de expertos. Cuando haya varios equipos capaces de llevar a cabo con éxito la investigación, la dificultad estriba en averiguar si lo que propone un grupo es mejor que lo que propone otro, dado que los únicos jueces competentes son ellos y están compitiendo por los fondos. Cualquier decisión, en este asunto hecha por no especialistas tiene una gran probabilidad de ser errónea.

Lo que normalmente se hace es llegar a la decisión final a través de sucesivos comités independientes, formados por personas con suficientes conocimientos para entender los argumentos técnicos. Estos comités están pensados al modo de los de redacción de las más prestigiosas revistas técnicas y que sirven para seleccionar los artículos a publicar.

La participación de la ingeniería de la defensa en la elección de lo que se va a investigar, del cómo se va a hacer y de quién lo va a llevar a cabo es, sin duda, muy importante y constituye una de sus principales tareas. Por ello su organización y la formación de sus miembros debe ser tal que le permita un funcionamiento eficaz.

Normalmente, en la mayoría de los países las organizaciones encargadas de gestionar los programas de investigación para la defensa están formadas tanto por personal civil como militar. La razón es que es imposible mantener cuerpos de oficiales con un número de miembros capaz de satisfacer todas las necesidades, y esto no es sólo por el número sino también por la clase de trabajos a realizar. Las funciones de los miembros de cada uno de estos grupos están claramente diferenciadas (5). El personal militar actúa, normalmente, como representante de los cuerpos operativos y por tanto debe poseer no sólo conocimientos técnicos sino también los relativos al arte militar. Su trabajo es, en general, de gestión y actúa como representante de los que luego serán los usuarios, es decir, de los cuerpos estrictamente militares. La función principal del personal civil es dar experiencia científica y técnica. En la

---

(5) Officer-civilian Relationship in Semi-military Technical Organizations. J.K. Fordyce. Journal of American Society of Naval Engineers (1954), pág. 9.

realidad, ocurre que la división de tareas no está tan clara y que las funciones están un poco mezcladas. La diferencia fundamental está en que el personal militar cambia constantemente de destino, mientras que el civil tiene una gran estabilidad en el trabajo, con lo que puede especializarse más en problemas técnicos concretos. Con ello, ambos grupos se colocan en posiciones complementarias, pues uno cada vez sabe menos de más cosas mientras que el otro cada vez sabe más de menos cosas.

La principal dificultad en el funcionamiento de organizaciones de esta clase proviene de la mezcla de personas con diferentes orígenes y con un grupo, el del personal militar, manteniendo la mayoría de los puestos directivos. En ocasiones, las fricciones entre ambos grupos pueden afectar seriamente al rendimiento de la organización. En España, este problema es casi inexistente pero conviene tenerlo presente, incentivando al personal, tanto económicamente como en promoción personal y científica, si la solución adoptada para atender las demandas crecientes de investigación en defensa consiste en aumentar el número de personas, pertenecientes al Ministerio de Defensa, dedicadas tanto a gestionar como a realizar investigaciones.

#### 4. LA INGENIERIA MILITAR Y LA INVESTIGACION EN DEFENSA.

El personal militar, responsable de las tareas de investigación y desarrollo en defensa, debe ser principalmente el perteneciente a los diferentes cuerpos de ingenieros, pues es el que está preparado para ello.

En la actualidad, los cuerpos de ingenieros con que cuentan las Fuerzas Armadas son el de Armamento y Construcción del Ejército de Tierra, el de la Armada con tres ramas: Navales, Armas Navales y Electricidad y el de Ingenieros Aeronáuticos del Ejército del Aire. Los procedimientos de formación de sus componentes son diferentes, pues mientras el Ejército de Tierra tiene una Escuela propia, el Ejército del Aire utiliza una Escuela ajena al Ministerio de Defensa. La Marina participa de los dos procedimientos, ya que tiene una Escuela propia para la formación de los Ingenieros de Armas Navales, mientras que los Ingenieros Navales y los de Electricidad lo hacen en Escuelas ajenas, después de pasar un período de formación en una Escuela propia.

El origen de los aspirantes es también diferente. En algunos Cuerpos los aspirantes son oficiales de otros Cuerpos militares que completan su formación en las Escuelas que antes se han citado. En otros casos, los

Cuerpos se nutren de personal civil, con la titulación correspondiente, que una vez ingresado pasa por un corto periodo de formación militar.

Los miembros de los Cuerpos indican, claramente, los conocimientos que se dan a sus miembros y por consiguiente a los que van a dedicar su actividad. La cuestión está en averiguar si la situación actual cambia sustancialmente las tareas de los ingenieros militares.

En lo que a investigación se refiere no era esa uno de sus principales cometidos, ahora tampoco lo es, pero no cabe duda que sí lo es más que hace años y que, presumiblemente, el porcentaje de dedicación a ella aumentará en el futuro.

La misión de cualquier organismo encargado de la investigación en defensa es estimular, promover, planear, iniciar y coordinar lo que sea preciso, para garantizar la seguridad nacional. Dado que todo esto, en mayor o menor medida, dependerá de los ingenieros militares, es evidente que no se debe descuidar su formación en este sentido.

Hasta ahora la formación de los ingenieros españoles ha sido, en general, más académica que práctica. En los últimos años, debido tal vez a la influencia de las universidades americanas, esto ha cambiado un poco, tratando de preparar al futuro ingeniero desde el principio en la resolución de problemas prácticos, lo cual es bueno, pues ayuda a formar criterios y facilita el tomar decisiones. Estas consideraciones ayudan a definir cuál debe ser la formación de un ingeniero en defensa.

Otro tema en debate y que probablemente variará en el futuro, debido a la incorporación de España al Mercado Común, es el de las titulaciones de los ingenieros civiles. La futura ingeniería militar deberá tener en cuenta lo que resulte para, conservando sus peculiaridades propias, aprovecharlo.

Al tratar de la formación básica que debe tener un ingeniero en defensa hay quien piensa que, debido al auge que han tomado los sistemas (6), la formación básica debe dirigirse en este sentido. No cabe duda que a pesar de la importancia cierta de los sistemas de armas y comunicaciones y de los medios de detección y contramedidas, si la plataforma, que por supuesto no es mucho más barata, no es capaz de aguantar la acción exterior, los equipos se vuelven ineficaces. En un buque, por ejemplo, aunque hay bastante dicho acerca de su comportamiento en aguas tranquilas, poco hay con relación a su comportamiento en mares agitados. Este ejemplo, como muchos otros, viene a demostrar que no pueden dejarse a un lado las materias tradicionales en las que todavía hay mucho que hacer.

(6) Research and Development, the Bureau of Ships and the Future. Dr. G.C. Sponsler. Naval Engineers Journal. Mayo 1962, pág. 275.



# **LA INGENIERIA DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA EN EL EJERCITO DE TIERRA**

Antonio José Juliani y Hernán  
Coronel del CIAC (A/M)

## **1. RESUMEN DE ANTECEDENTES HISTORICOS.**

La artillería hizo su aparición en España hacia 1331, pero hasta el siglo XVI su organización no fue permanente. En la eterna lucha entre el cañón y la coraza, el ataque y la defensa de castillos exigió, desde muy pronto, el conocimiento del arte de la arquitectura para conseguir fortificaciones capaces de resistir a la amenaza que suponía el descubrimiento de la pólvora. Muchos militares se percataron de la importancia de poseer estos conocimientos y se dedicaron a su estudio. Como para ello necesitaban fundamentos matemáticos de que carecían, se aplicaron a obtenerlos, y muy pronto hubo un buen número de ellos aptos, por su ciencia y su experiencia, para desempeñar los cometidos de artilleros e ingenieros.

Los ingenieros militares hasta principios del siglo XVIII, no formaban corporación ni tenían un centro de dirección ni de instrucción común.

La reorganización de la Artillería se acomete en 1710, al crearse un Regimiento de la Real Artillería de Campaña y Escuelas Prácticas de Artillería y Bombas, para la formación de artilleros.

En enero de 1710, Verboon fue nombrado ingeniero general de los Ejércitos y Fortificaciones, organizando en Barcelona el Cuerpo de Ingenieros. También en Barcelona se creó en 1711 la Real Academia Militar de Matemáticas, precursora que fue de la Academia de Ingenieros del Ejército. La Academia de Artillería se fundó en 1725 en Segovia.

En 1756 se refundieron en un solo Cuerpo Artillería e Ingenieros, siendo el Conde de Aranda el primer director general del Cuerpo de Artillería e Ingenieros. Sin embargo, en realidad nunca se llegó a realizar la fusión, pues se hacía mención de los Cuerpos por separado y, pese a tener un Director General común, jamás se llegó a formar una sola escala, ni menos aún a emplear a los individuos de uno de ellos en misiones del otro, sin distinción de procedencia. A principios del siglo XIX, el Cuerpo de Ingenieros obtuvo la Ordenanza, la Academia y el Regimiento.

En 1873, se constituyó la Brigada Telegráfica que, según nuestras noticias, fue la primera Unidad de Ingenieros ajena a trabajos de fortificación o castramentación. Con ella el antiguo Cuerpo de Ingenieros del Ejército asumió misiones, algunas de las cuales, corresponde a lo que entendemos actualmente como «ingeniería de material de guerra», como se verá más adelante, al considerar el material de transmisiones militares, por lo que respecta a su obtención, uno de los tipos de material de guerra.

La Academia de Ingenieros fue inaugurada en Alcalá de Henares, el 1 de septiembre de 1803, saliendo su primera promoción el 20 de diciembre de 1819. Tras muchas vicisitudes, por Real Orden de 13 de septiembre de 1933, la Academia de Ingenieros se trasladó a Guadalajara.

Los oficiales que cursaban sus estudios en las Academias de Artillería y de Ingenieros, además del despacho de su empleo, recibían, al salir de ellas, los títulos de Ingeniero Industrial del Ejército o de Ingeniero Militar respectivamente.

Esta situación cambió a partir de la creación de la Academia General Militar en su segunda época, cuya primera promoción salió teniente el 10 de julio de 1932, sin título de ingeniero pero poseyendo sus componentes tan sólida preparación técnica que, en ocasiones, sirvieron como tales.

Transcurrieron, pues, más de diez años sin formar oficiales con la instrucción técnica necesaria para el desempeño de los cometidos de carácter técnico que el Ejército demandaba.

Para resolver esta carencia, la Ley de 27 de septiembre de 1940, crea el Cuerpo Técnico del Ejército y la Escuela Politécnica. Según esta Ley, les corresponde el desarrollo de las labores de carácter técnico hasta entonces encomendadas a jefes y oficiales de Artillería e Ingenieros. Por Decreto de 19 de enero de 1943, se dispone que el Cuerpo Técnico del Ejército pase a denominarse «Cuerpo de Ingenieros de Armamento y

Construcción» (CIAC), que es su denominación actual. Este Cuerpo está constituido por dos Ramas: Armamento y Material (A/M) y Construcción y Electricidad (C/E).

## 2. INGENIERIA DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA.

Considerando que forma parte del material de guerra no sólo el armamento propiamente dicho, sino todos los constituyentes de los sistemas de armas, vehículos y transmisiones, se encuentran especialidades de la Ingeniería de Armas y Material de Guerra, como electrónica y vehículos, para las que, además de los ingenieros de Armamento están preparados los ingenieros de Construcción.

En esta última Rama, como su primer nombre indica, sus ingenieros lo son también en Infraestructura de Defensa, que es una ingeniería con peculiaridades tan diferenciadas de las Armas y Material de Guerra, como puede serlo la Naval o la Aeronáutica.

Digamos, de pasada, que también los ingenieros aeronáuticos tienen entre sus especialidades la de «infraestructura».

Consiguientemente, al referirnos, en lo que sigue, a Ingenieros de Armas y Material de Guerra o de Infraestructura de la Defensa, lo hacemos a las funciones y desempeños que ellos cubren y no a unas carreras establecidas y sancionadas por un título. Cuando sea necesaria la referencia a las carreras de ingeniero, cuyos títulos, son expedidos por el Ministerio de Defensa, hoy por hoy, tendremos que citar: Armamento y Material, Construcción y Electricidad y Armas Navales.

## 3. EL INGENIERO DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA TERRESTRE EN LA ACTUALIDAD: AREAS DE ACTUACION.

El que llamamos ingeniero de Armas y Material de Guerra, cualquiera que sea su especialidad, actúa en varias áreas que, aunque estén bien diferenciadas, están muy interrelacionadas entre sí. Estas áreas, en principio, son:

- **Investigación y Desarrollo.**—Que es la que mayor preparación requiere al explotar la investigación básica, ejercida primordialmente por los científicos, en la investigación aplicada al armamento y en su subsiguiente desarrollo. La investigación es la base de la independencia tecnológica y, por tanto, garantía de la autonomía defensiva.

- **Inspección y Recepción.**—Que hoy día cobra una fundamental importancia al haberse privatizado la fabricación de armamento en muy alto grado. El material de guerra fabricado por la industria civil de defensa, debe ser inspeccionado y recepcionado por ingenieros militares para ser aceptado por los Ejércitos.
- **Fabricación de Equipos y Sistemas.**—Además de los ingenieros que habitualmente se desempeñan en este área, deben pasar por ella los futuros inspectores y homologadores para conseguir una cabal formación, que les permita una certera estimación de la relación costo/eficacia en las especificaciones.
- **Homologación de productos.**—Que refleja la calidad de los mismos, orientando su aplicación a un propósito concreto.
- **Mantenimiento.**—Fundamental para disponer permanentemente del material en óptimas condiciones de servicio. El ingeniero de mantenimiento está encargado de devolver su potencial y su eficacia al material que ha sufrido deterioro a causa de su utilización o por el enemigo.
- **Movilización industrial y científica.**—Propuesta para su planificación.
- **Investigación de accidentes.**—Producidos por el material de guerra, si bien este área puede considerarse incluida en:
- **Explotación y evaluación.**—Que consigue de un material, bien adquirido y perfectamente entretenido, las mejores prestaciones en el servicio y en el combate. En nuestra opinión este área de actuación tiene una importancia muy grande y es preciso potenciarla.

Y, claro está, además la **docencia** avalada por una solidísima experiencia profesional que se actualiza al simultanearla con la investigación.

#### 4. EL INGENIERO DE EXPLOTACION

Es un oficial que por su sólida formación, tanto táctica como técnica, es capaz, en estrecha relación con los investigadores y con la industria, de orientar el proyecto de nuevos materiales, precisando su futuro empleo táctico.

Estos oficiales ingenieros deben poseer conocimientos muy sólidos en una determinada rama técnica, estar al día en las investigaciones

científicas y en los problemas que presentan las operaciones de la guerra moderna, y seguir la evolución constante de los materiales de guerra y de los procedimientos de su empleo. Al mantenerse en contacto con la tropa, por el tiempo de mando que deberán forzosamente efectuar, adquieren un conocimiento preciso de los problemas que presenta el material en servicio.

Además, estos ingenieros, que continúan perteneciendo a las Armas, constituyen una magnífica cantera del profesorado de las Academias Militares, en las materias de su competencia.

En las distintas fases de la obtención de un Sistema de armas, o de apoyo al combate, se siente la necesidad de la actuación de los diferentes tipos de ingenieros de armas y material de guerra: ingenieros militares, civiles y de explotación, a los que llamaremos militares ingenieros.

## 5. ESPECIALIDADES DE LA INGENIERIA DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA TERRESTRE.

Los sistemas de armas, se componen, además de las armas propiamente dichas, de equipos complementarios, los cuales pueden ser tan específicos que, al menos hasta el momento, no tengan otra utilización pacífica, o por el contrario, que tengan tales aplicaciones que hasta se encuentren comercializados. En cualquiera de los dos casos, los equipos complementarios de utilización militar deben cubrir una serie de exigencias que de ordinario no se requieren para los de uso civil.

Entre ellas se encuentran: gran fiabilidad, resistencia a traqueteo y vibraciones, y garantía de funcionamiento en duras condiciones climáticas.

Las características específicas que deben tener todos los equipos militares y están reflejadas en las normas militares, sirven de punto de referencia de calidad a la industria civil de defensa.

Al tratar de la ingeniería de armas y material de guerra, no se puede olvidar a los ingenieros de C/E, los cuales, como hemos dicho, además de las de Infraestructura, tienen entre sus misiones otras que son, obviamente, de armas y material de guerra, y que han producido dicotomías tan curiosas como la de la Electrónica: de Transmisiones a Construcción y Electricidad y la de Sistemas de Armas a Armamento y Material, y a tener que formar en la misma especialidad de Vehículos Militares a ingenieros de ambas Ramas.

En lo sucesivo, olvidando la Rama a la que deba pertenecer, o si debe pertenecer a ambas, agruparemos todas las posibles necesidades de conocimiento sobre Armas y Material de Guerra en estas cuatro especialidades:

- Armamento terrestre y sus municiones.
- Electrónica Militar.
- Explosivos y Materiales.
- Vehículos Militares.

Sean de la especialidad que sean, todos los ingenieros de Armas y Material de Guerra lo serán en sistemas de Armas, lo que les permitirá poseer una visión global de los proyectos y trabajos a los que aportan su especialización.

Con una especialidad común de electrónica se evita la absurda discriminación de un componente electrónico, según sea su destino al equipo de un sistema de armas o a un sistema de telecomunicaciones. Nos parece que la integración de todas las electrónicas en una sólo produciría un gran ahorro de personal y equipo, así como una coordinación de piezas de repuesto y otros abastecimientos, al reunir bajo una sola responsabilidad y organización las electrónicas que hoy día dependen del Arma de Artillería, apoyada por la Rama de Armamento y del Arma de Ingenieros apoyada por la Rama de Construcción.

## 6. LA CARRERA DE INGENIERO DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA.

Es corriente la práctica de generalizar en la palabra armamento, la designación de todo el material de guerra, aunque hayamos utilizado el concepto de ingeniero de Armas y Material de Guerra para referirnos sin distinciones a cualquier material de nuestro Ejército de Tierra, sea o no de la de la Rama de Armamento y Material, como es el de transmisiones, el de zapadores, el de ferrocarriles y máquinas eléctricas, que no les están encomendadas.

La carrera que en este trabajo llamamos de ingeniero de Armas y Material de Guerra, por las razones expuestas, se conoce, pues, comúnmente como de ingeniero de Armamento. Es tan diferenciable de las demás ingenierías y posee unas señas de identidad tan claras, por lo menos, como la que se pueda considerar con más fuertes características peculiares. Ello se deriva, fundamentalmente, del destino que tiene el material de su competencia y de las técnicas muy específicas empleadas en su proyecto.

## 7. ESPECIFICIDAD DE LA CARRERA DE INGENIERO DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA.

El hecho de que el ingeniero de Armas y Material de Guerra se ocupe del proyecto, fabricación y mantenimiento del armamento y otro material de guerra, le obliga a que se le exijan precisiones y fiabilidades mucho más estrictas que en las demás ingenierías, teniendo que trabajar, además, con velocidades y presiones cuyas magnitudes no se manejan en las aplicaciones pacíficas, y debiendo reunir sus productos características tales que soporten las condiciones ambientales y de empleo más duras.

Por otra parte, existen una colección de disciplinas que, por su especificidad, no se encuentran en ninguna de las carreras civiles de ingeniería, o se estudian con una óptica muy diferente.

## 8. TIPOS DE ASIGNATURAS DE LA CARRERA.

La Escuela Politécnica Superior del Ejército propuso a la Superioridad en 1972 un Plan de Estudios en el que se enumeraban todas las asignaturas correspondientes a las Especialidades de la Ingeniería de Armas y Material de Guerra y de Infraestructura de la Defensa, sin destacar las que son completa o parcialmente específicas y no figuran en ningún Plan de Estudios de las Universidades Politécnicas Civiles, de las que se encuentran en las carreras civiles con una gran afinidad a algunas de Armas y Material de Guerra, ni de las que son fundamentales y comunes a cualquier ingeniería.

Las asignaturas, en nuestra opinión, deben clasificarse en cinco tipos o categorías:

- A. **Específicas:** Como Balística, Cálculo de Bocas de Fuego, Pólvoras y Explosivos, Material de Guerra Electrónica, Blindajes, Fortificación, etc., que no se encuentran, ni parcialmente entre los Planes de Estudios de los Ingenieros Civiles.
- B. **De Aplicación Militar:** Que cuentan con asignaturas más o menos paralelas en las Universidades Politécnicas. Entre ellas cabe citar a Motorización, Electrónica de Transmisiones.
- C. **Complementarias:** Técnicas de Gestión, Informática, Inglés, Francés, etc.

D. **Fundamentales:** Resistencia de Materiales, Termodinámica, etc.

E. **Físico-Matemáticas.**

Las capacidades necesarias para desempeñar funciones militares requiere conocimientos que, con frecuencia, son similares a los que requiere la vida civil. Es decir, materias necesarias para la formación del oficial son las mismas de una carrera civil, como matemáticas, física, topografía, informática, psicología, etc. Esto, que es válido para todas las carreras militares, obviamente, en el caso de la ingeniería militar, encontrará mayores similitudes.

Para las asignaturas de los tipos A y B se podrían establecer cátedras con un sistema de acceso similar al de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Civiles.

Durante el período de transición, que forzosamente se ha de establecer, entre la situación actual y la plena vigencia de la nueva organización de la Escuela, dichas cátedras deberían poder ser cubiertas por oficiales ingenieros en situación de Reserva Activa o similar, de los que se aprovecharía su experiencia técnica y sus dotes pedagógicas, hasta su edad de retiro.

El ingeniero de Armas y Material de Guerra, además de necesitar los conocimientos específicos sobre la constitución, características, materiales a emplear, etc., de las armas y sus municiones, por lo que respecta a los sistemas de armas, en los que se añan con los anteriores los de electrónica, oprónica, transmisión de datos, tratamiento informático de los mismos, etc., etc., deben poseer un conocimiento profundo de la finalidad de estos sistemas, pues no se debe confundir una técnica concreta o un conjunto de ellas, con el objeto específico de una ingeniería que, como la de Armas y Material de Guerra, es fundamentalmente una ingeniería de sistemas. Por tanto, tal ingeniero, aunque sea especialista en un área determinada, necesita tener un conocimiento suficiente de las restantes tecnologías que intervienen en el sistema de armas.

Para que pueda asimilar nuevas concepciones tecnológicas de sistemas de armas modernos, a los que hoy día se tiene acceso —sobre todo desde nuestra entrada en la OTAN, con la participación, cada vez más frecuente, de nuestros ingenieros militares en programas conjuntos— se necesitan ingenieros de Armas y Material de Guerra con la capacidad necesaria para llegar a un conocimiento profundo del sistema en su conjunto.



Por otra parte, para proyectar un arma o un sistema de armas, o para redactar acertadamente sus especificaciones, es preciso poseer una idea clara de su forma de empleo en el combate y de los factores que condicionan su eficacia en campaña, por eso el ingeniero de Armas y Material de Guerra y, muy especialmente, aquél cuyas áreas de actuación sean investigación y desarrollo, u homologación y evaluación de armas, deben tener un conocimiento suficiente sobre las formas de organización y empleo de las Unidades Tácticas y de la Logística en la Zona de Combate.

## 9. EL INGENIERO CIVIL DE ARMAS Y MATERIAL DE GUERRA.

Parece urgente contar con ingenieros de Armas y Material de Guerra en un número considerablemente mayor al meramente necesario para cubrir las plantillas del Ejército, porque son requeridos por las industrias civiles. Al ser cubierta esta necesidad se aprovecharía la capacidad de una Escuela, que, sólo empleada en la formación de los necesarios para nutrir las Escalas Activas del CIAC, resulta onerosa.

Los ingenieros civiles requeridos por las industrias de defensa, podrían formarse en la EPSE e integrarse una nueva Escala de Complemento a medio camino entre la de Armas y la Honorífica de Ferrocarriles, por ejemplo. La financiación de sus estudios podría correr a cargo de las empresas privadas que los necesitan, como ocurre en Francia, y como propuso la Empresa Nacional Santa Bárbara en 1982.

Cuanto mayor número de ingenieros se formen, dentro de la capacidad existente, tanto menor será el coste de cada uno, por lo que el aprovechamiento de toda la capacidad de la Escuela es deseable por motivos económicos y porque se necesita cubrir con urgencia las necesidades de las industrias civiles de defensa.

La formación en la EPSE de alumnos destinados a la industria civil, permitiría contar en el futuro con personal con que surtir a las industrias de la defensa de ingenieros con formación técnica especializada en Armas y Material de Guerra.

## 10. CONSIDERACIONES FINALES

En el Ejército de Tierra, como se ha visto, existen dos carreras de ingeniería. El ingeniero de Construcción y Electricidad, que cubre

actualmente todas las técnicas de Apoyo al Combate, transmisiones, vehículos, infraestructura, etc. De entre ellas, infraestructura, fortificación y vías de comunicación son substancialmente distintas de vehículos, transmisiones, etc., que son de material de guerra, y por tanto similares a las de la otra carrera: el ingeniero de Armamento y Material.

Esta segunda carrera, evidentemente es la de los Sistemas de Armas Terrestres que, juntamente con la de ingeniero de Armas Navales, son específicamente carreras de aplicación militar. La formación técnica de estos ingenieros tiene de común con la de las Escuelas Técnicas Superiores Civiles, las ciencias y técnicas básicas de toda ingeniería, pero requieren, repetimos, una formación substancialmente específica que no se encuentra en aquéllas.

Hay otras ingenierías de interés para la Defensa: la de Infraestructura, la Naval y la Aeronáutica. Concretamente los ingenieros aeronáuticos civiles se convierten en militares tras un período de formación militar. El ingeniero aeronáutico civil que ingresa en el Ejército del Aire no adquiere una nueva especialización técnica. Otra cosa sería, si para concebir el avión de combate como un sistema de arma en su conjunto, se le exigiera una formación como ingeniero de armamento aeronáutico.

La Defensa, pues, necesita varias clases de ingenieros comprendidas entre los de armas terrestres, navales y aeronáuticas y los que pueden cubrir prácticamente toda su formación técnica en aulas civiles.

Una ingeniería de defensa se delimita por su aplicación a los sistemas de armas y/o a los sistemas de apoyo al combate. Las plataformas: vehículos militares terrestres, buques de guerra y aviones de combate constituyen siempre un sistema de uno de estos tipos. Las demás ingenierías, por muy alto que sea su interés estratégico, no nos parece que específicamente sean de defensa.

Y, para terminar subrayaremos que, de la misma forma que, tal y como está constituida actualmente la industria de Defensa, son necesarios ingenieros de Armas y Material de Guerra con sólida formación técnica especializada pero con talante civil, en la guerra moderna se necesitan ingenieros en vanguardia que, con independencia del mantenimiento, analicen la eficacia de las armas propias, que estudien el material capturado al adversario, que estén en condiciones de informar al Mando con rigor y prontitud. Y estos ingenieros deberán ser tan militares como los cirujanos que sirvan en un Puesto Quirúrgico Avanzado, distante no más de diez kilómetros de la línea de contacto. En primera línea también hay extrema urgencia en cuestiones de armamento y material de guerra.

# LA INGENIERIA MILITAR Y LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO EN LA DEFENSA NACIONAL

(Estructuras de Personal)

Luis González Domínguez  
General de División del Ejército del Aire

## 1. APUNTE HISTORICO.

### 1.1. **En busca de la identidad.**

Antes de hacer su aparición la pólvora, en el siglo XIV, en el secular enfrentamiento entre «la espada y el escudo», la fortificación había jugado un papel importante como muestran aún los numerosos fuertes y castillos existentes en Europa que, en nuestra «piel de toro», son testigos mudos de una ejecutoria brillante y singular.

El uso, generalizado entonces, de la voz «engaño» para designar los artefactos o artilugios empleados en las expugnaciones de fortalezas y, que es el antecedente inmediato de las palabras ingenio e ingeniería, no se aplicaría después, por extensión, a los tubos metálicos que utilizaban la pólvora, con fines análogos. Esta circunstancia, no por anecdótica, habría de tener importancia en la vida de artilleros e ingenieros.

La preocupación de civiles y militares, otrora asignados al estudio de la defensa y expugnación de fortificaciones, debía orientarse ahora a buscar nuevas protecciones más eficaces contra la amenaza creciente de la artillería, en sus variadas formas. Surgió así la conveniencia de adquirir ciertos conocimientos básicos como matemáticas, física y química, en que fundamentar sus buenos

deseos. Afortunadamente, la presencia frecuente en España de expertos italianos, franceses, flamencos, etc., como la de españoles en diversos teatros europeos, contribuyó a facilitar y fomentar esos estudios.

A comienzos del siglo XVII, la ingeniería parece haber encontrado un amplio campo de actividades específicas, en torno a la defensa y expugnación de fortalezas y, aunque puesto en cuestión con frecuencia por los artilleros, el Ingeniero Mayor Spannochi Superintendente de Fortificaciones, intenta crear un Cuerpo especial para dar mayor homogeneidad a tareas y proyectos, pero al cesar su sucesor en el cargo Ingeniero Mayor Turriano, dejó de proveerse éste.

La dependencia formal más que real de la Ingeniería respecto de la Artillería, durante todo el siglo XVII, no consta a su término pero tampoco parece que aquella disponga de centros de dirección e instrucción propios; sin embargo, el reconocimiento de la existencia de una amplia base de conocimientos físicos-matemáticos comunes a artilleros e ingenieros será esgrimido, a veces, por personalidades políticas y militares para buscar aproximaciones entre ambas organizaciones.

En 1710, la Artillería lleva a cabo una primera reorganización por la que crea una Plana Mayor «facultativa», el Regimiento Real y unas Escuelas Prácticas de Artillería y Bombas, mientras que la Ingeniería pasa por una aguda crisis de personal, por falta de incentivos económicos, lo que provoca la salida de España de muchos ingenieros. Para paliarla, el propio Rey Felipe V debe solicitar el apoyo de Francia y es así como el Ingeniero Mayor flamenco, Próspero de Verboon acomete la primera organización de la Ingeniería, siguiendo el modelo francés.

En 1711, se constituye el Cuerpo de Ingenieros «para entender en obras militares, trabajos geográficos, obras públicas y canales de riego», al tiempo que se le dota de una Real Academia de Matemáticas, en Barcelona, que será el precedente remoto de la Academia de Ingenieros del Ejército.

También ese año empieza su andadura la Ingeniería Naval con la creación de varias escuelas en departamentos marítimos, buscando una mayor atención a los problemas de la construcción y el artillado navales y una desvinculación progresiva de la artillería terrestre.

## 1.2. Vicisitudes de los cuerpos.

La primera mitad del siglo XVIII conoce un desarrollo importante de las dos áreas aplicativas y un acopio extenso de experiencias teórico-prácticas sustentadas, en buena parte, por la eficaz labor formativa que vienen realizando tanto Escuelas como Academias.

En 1756, siendo Capitán General de la Artillería y Superintendente de las Fortificaciones el Conde de Aranda, tiene lugar el primer intento de unión de la Artillería y la Ingeniería en un solo Cuerpo, del que aquél sería su primer Director General. La economía y la eficacia en el empleo de los recursos exigidos, por las campañas ultramarinas, parecen haber sido las motivaciones esenciales esgrimidas entonces, empero el proyecto no tendría una aplicación real y sólo dos años más tarde, los Cuerpos volverían a separarse.

La reorganización de la Artillería del año 1762 deja al Cuerpo formado por un Estado Mayor facultativo, el Regimiento Real y varias Compañías provinciales, además de la de Caballeros Cadetes afecta a la Academia de Segovia dos años después.

La Ingeniería, siguiendo el modelo francés y buscando sus propias señas de identidad, adopta pronto una organización bien distinta y crea una Dirección y Comandancia de Academias Militares y otra de Fortificaciones. Posteriormente, en 1780 y, siguiendo esta línea de mayor distanciamiento con la Artillería, crea la Dirección y Comandancia de Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y de Canales de Riego y Navegación.

En 1791, cuando llega Sabatini a la Comandancia General del Ramo de Caminos, Puentes, Edificaciones y Canales de Riego y Navegación reúne, bajo su mando, las otras ramas de la Ingeniería y prescinde de la compleja nomenclatura anterior, restableciendo el título de Ingeniero General.

A fin del siglo XVIII nos encontramos pues, con la separación formal de los Cuerpos de Artillería e Ingeniería, con funciones duales en ambos (técnicas y de empleo), aunque subsiste una dependencia de esta última del Capitán General de Artillería.

La Marina, atenta a los progresos científicos y al desarrollo técnico y, preocupada por los problemas de la navegación transoceánica, sitúa en San Fernando un Observatorio Astronómico, centro de importantes tareas de investigación y difusión científicas.

El nuevo siglo trae, por fin, la homologación real de los dos Cuerpos: la Artillería y la Ingeniería, al dotarse ambos de las tres instituciones básicas: la Ordenanza, la Academia y el Regimiento Real, en el período histórico en que las nuevas ideas liberales de la Revolución Francesa soplan, con fuerza, por toda Europa y encuentran en España terreno abandonado para su difusión.

La Guerra de Independencia trae a España reajustes orgánicos, cambios de planes y programas, traslados de centros y unidades, cierres de fábricas y talleres e interrumpe la marcha normal de Academias, Escuelas y Centros de Instrucción. Con el retorno al absolutismo de Fernando VII la situación se agrava: se suprimen Regimientos, se cierran las Academias y se disuelven los Cuerpos. El ensayo, durante la Regencia, de crear una Academia General Militar, relegando las demás a la condición de Escuelas de Aplicación, aunque no encuentra favorable acogida y es abandonado pronto, no deja de ser un precedente significativo para posteriores gobiernos.

Cuando, a mitad de siglo, Academias, Escuelas, Centros y Talleres recobran cierta estabilidad funcional han perdido impulso, mientras allende los Pirineos la revolución industrial avanza con paso firme y, la Artillería y la Ingeniería europeas, reconociendo una amplia base científico-técnica común, constituyen Escuelas Politécnicas en diversas naciones.

Es cierto que la frecuente actividad civil de artilleros e ingenieros compensa, en buena parte, nuestro secular retraso, aunque ello lleve aparejado su excesivo protagonismo en la vida política y tiende a dejar marginados y desasistidos otros sectores importantes, afectados directamente por el progreso y desarrollo generales. La prolongada conflictividad interna de España y la inestabilidad política tiende a prolongar esa situación, creará expectativas a veces no deseables y retrasará la vuelta a comportamientos y actitudes normales en una sociedad avanzada.

La llegada de la Primera República trae una nueva disolución de Cuerpos, a la que siguen reformas y contrarreformas de la Artillería y la Ingeniería, que evidencian así claros síntomas de debilidad estructural, no siempre abordados desde actitudes responsables, juicios serenos y análisis racionales.

Con el fin de siglo se perciben ya, en Estados Unidos y Europa, los primeros logros de unas actividades de investigación y desarrollo

(I + D) que movilizarán amplios recursos personales y materiales, capaces de impulsar nuevas e importantes tecnologías y situar a unas pocas naciones a la vanguardia del progreso.

### 1.3. **Hacia la modernidad.**

Al alborear del siglo XX da sus primeros pasos la Aviación, con clara vocación civil en Estados Unidos, pero en Europa, estimulada por la ingeniería militar, pronto desarrollará toda una serie de técnicas propias, a la vanguardia del desarrollo. España, que se incorpora a esta nueva actividad con evidente retraso y, desde la condición inicial de Servicio de Ejército, quemará algunas etapas de su aproximación a la situación europea, gracias al conflicto con Marruecos.

Por entonces los Ingenieros Militares tienen asumidos, responsabilidades en especialidades tan variadas e importantes como zapadores, transmisiones, pontoneros, aerostación, alumbrado, ferrocarriles y automovilismo.

El estallido de la Guerra Mundial acelera el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías, entre las que las de la Aviación, la Automoción, la Óptica, las Transmisiones, etc., suponen un notable impulso para la Ingeniería Militar. En particular, los avances conseguidos por la Aviación (para la que la distinción entre Zona de Ejércitos y Zona del Interior va desdibujándose) y, la aportación de amplios sectores de la nación al esfuerzo de guerra, hace surgir el nuevo concepto de Defensa Nacional.

La postguerra someterá a profunda revisión y crítica a toda la Organización Militar, de la que no se librarán una vez más los Cuerpos, especialmente el de Artillería que, con su larga y peculiar ejecutoria y la renovada consideración del dualismo arma-cuerpo, estará en el punto de mira de estadistas y militares, en medio de una agitación social creciente, en las zonas más industriales de la nación.

La Dictadura trae una nueva disolución del Cuerpo de Artillería, en medio de una contestación «asamblearia» general y, en 1927, se apunta ya la separación de funciones técnicas y tácticas con la creación de la Dirección Técnica de la Industria Militar.

La Aeronáutica española tras adaptar, durante algunos años, ingenieros y artilleros a las exigencias técnicas específicas de la

aviación crea, en 1931, la Escuela Nacional de Aerotecnia, abierta a toda la juventud estudiosa.

Con la llegada de la Segunda República se abre un nuevo período de cambios e incertidumbres para la Ingeniería, que ahora serán enfocados desde concepciones políticas distintas de la Organización Militar: la creación de un Consorcio de Industrias Militares o la de una Sociedad Española de Intercambio Comercial, la nueva consideración a la vieja propuesta de la Academia «común» de artilleros e ingenieros para su formación básica o el trasvase de las funciones de los Ingenieros Navales a unos Servicios Técnicos Industriales, son sólo un botón de muestra de los nuevos enfoques posibles.

Antes de que puedan decantarse las nuevas ideas surge la guerra civil y con ella se inicia un nuevo compás de espera para la revisión y análisis del estatus de la Ingeniería Militar, que se va a ver sometida a una larga «prueba de fuego» por el inmediato estallido del Segundo Conflicto Mundial: primero, por su condición de «banco de pruebas» de potencias extranjeras produce, en el bando nacional, un «hito» orgánico al crear, en 1938, el Ministerio de Defensa que contará, entre sus Organos principales, con un Estado Mayor Conjunto, una Subsecretaría, una Dirección General de Industrias Militares y una Dirección General de Armamento y Material; esta organización desaparece un año después y sólo será posible recuperarla al cabo de 38 años.

En la postguerra, reaparece la Escuela Superior de Aerotecnia convertida, durante unos pocos años, en Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos; también se recupera la Escuela de Ingenieros de la Armada y poco tiempo después ambas retornan al campo civil como Escuelas Especiales.

El Ejército de Tierra, por su parte, lleva a cabo, en 1940, la desvinculación definitiva de artilleros e ingenieros de los aspectos técnicos de las armas (esta vez sin traumas), trasvasándolas a un cuerpo técnico con dos ramas: armamento y material y, construcción y electricidad, creando a su vez la Escuela Politécnica para estas formaciones. En 1943, tanto la Escuela como los nuevos ingenieros pasarían a denominarse de Armamento y Construcción.

El pronto retorno a la Administración Militar tridepartamental, su dilatada existencia y el largo período de aislamiento internacional de España favorece los planteamientos y desarrollos unilaterales de



cada Ejército, dificulta la coordinación y apenas se contempla la óptica de Defensa Nacional, presente ya en las naciones más avanzadas.

Las ingenierías naval y aeronáutica del campo civil, siguiendo la reforma de las enseñanzas técnicas superiores, del año 1964, se transformarán en Escuelas Técnicas Superiores y la Escuela Politécnica del Ejército conseguirá el decreto de homologación correspondiente.

Finalmente la Marina, en 1972, actualizará su Ingeniería al establecer tres ramas: la naval, la de armas navales y la de electricidad y electrónica.

## 2. MOMENTO ACTUAL DE LA INGENIERIA MILITAR.

### 2.1. **Cometidos previsibles.**

Desarrollada, como hemos visto, desde enfoques particulares de cada Ejército durante más de 35 años, sin una mínima coordinación, sus actuales planteamientos están desfasados y agotados, como dejan entrever algunos analistas y es lógico suponer, al haberse abandonado tan pronto la referencia al marco superior de la Defensa Nacional.

En particular, las Escuelas para la formación específica: Politécnica y de Armas Navales, están infrautilizadas, muestran un altísimo coste anual por alumno (sin contar con los de la formación profesional anterior), practican una «reconversión o adaptación profesional» de discutible interés y siguen planes de estudios diversos y complejos. La falta de una Escuela similar en el Ejército del Aire es una singularidad del sistema, apenas inteligible, que pone en cuestión los desarrollos de Tierra y Marina y, sobre todo, en este momento, tenderá a generar mayores desajustes y disfunciones del actual sistema, si no se recupera la óptica de la Defensa Nacional en ulteriores desarrollos.

Bajo este prisma de Defensa, la ingeniería «militar» actual tiende a circunscribirse cada vez más (en virtud del principio de subdivisión del trabajo) a responsabilidades técnicas próximas al planeamiento estratégico, a la programación de sistemas de armas, de sistemas de apoyo al combate y a la dirección de su mantenimiento, dejando las correspondientes a la logística primaria a la ingeniería civil colabora-

dora en Defensa: recuérdese la no lejana desaparición de la Dirección de Industrias Militares, en tanto ha cobrado notoria importancia la Dirección General de Armamento y Material. Ello no obsta para que la coordinación y la permeabilidad entre ambos sectores sea la máxima posible.

De otra parte, es obvio reconocer que tanto los sistemas de armas como los de apoyo, sean éstos terrestres, navales o aéreos, adquieren su potencialidad y eficacia, en función de los equipos avanzados que incorporan y cuyas tecnologías de base son ampliamente comunes: electrónica, informática, óptica, laser, inteligencia artificial, nuevos materiales, etc. La dinámica estratégica y la eficacia operativa modernas, van estrechamente ligadas al desarrollo y aplicación de estas nuevas tecnologías, más que al de un arsenal de tanques, buques o aviones, lo que significa que la ingeniería militar debe tender un puente entre el planeamiento estratégico y las actividades de investigación y desarrollo (I + D), para acortar las posibles vías abiertas a una eficaz aplicación militar. Ella no tiene por qué ser el motor principal de la investigación militar, excepto en los sectores y circunstancias específicas que así lo requieren, sino que deberá promover la investigación básica y aplicada, nacional, capaz de generar tecnologías de utilización militar.

Así pues, la ingeniería militar parece atravesar una crisis de identidad, por la escasa o nula referencia al marco superior de la Defensa Nacional, en el que hubieran encontrado su lógico fundamento, unos desarrollos orgánicos y estructurales basados en las nuevas perspectivas abiertas por las actividades de investigación y desarrollo (I + D) y la consiguiente aproximación de áreas aplicativas, en virtud de la amplia utilización común de tecnologías modernas.

El panorama europeo al respecto muestra, según hemos señalado, una evolución mucho más temprana en cuanto a la coordinación de los distintos ingenieros militares, en el marco de la Defensa: la creación de Escuelas Politécnicas, con amplias áreas de estudios comunes y una clara referencia al sistema de enseñanzas técnicas del campo civil, data de fines del siglo pasado y su gradual perfeccionamiento e interrelación, ha llevado a la Ingeniería Militar Europea a un marco de creciente interacción y colaboración, con la ingeniería civil más afín.

El caso extremo de esta interrelación de las ingenierías militar y civil, colaboradoras en defensa, se da, lógicamente en los Estados Unidos, en donde la racionalidad y el sentido de la eficacia preside la evolución del sistema global.

## 2.2. **La selección y formación de aspirantes.**

El actual sistema de formación seguido por Tierra y Marina es, sustancialmente, una «reconversión o adaptación» profesional de oficiales de las Escalas Activa y de Complemento y, de titulados civiles (en el caso de Tierra), justificado en el primer caso en «las ventajas que supone, para el ejercicio de sus funciones, el que los futuros ingenieros cuenten con una sólida experiencia profesional». Este sistema está en clara discordancia con el seguido por el Ejército del Aire, que realiza una mera «adaptación» de los titulados superiores procedentes de la escuela civil, para cubrir las vacantes del Cuerpo Militar de Ingenieros Aeronáuticos.

Sin prejuzgar la eficacia real de ambos sistemas, parece lógico buscar una mayor armonización de estos planteamientos, en el marco de la Defensa Nacional, en vista de las tendencias antes apuntadas. La simple constatación de que las Fuerzas Aéreas operan múltiples sistemas con las más severas limitaciones, por razones funcionales y ambientales y, que la reconversión profesional en sí misma, es muy gravosa para el Estado, conduce inevitablemente a un ejercicio tardío de la nueva profesión, supone una cierta discriminación para otros cuerpos y no excluye otras alternativas válidas, debería llevarnos a una reconsideración global del tema. Se arguye, a veces, a favor de la reconversión, el entorno específico en que cumplen su misión estos profesionales, por cierto, no tan diferente del que se da en grandes empresas civiles, colaboradoras en Defensa y que, si bien suelen premiar la experiencia, no excluyen una formación gradual en la práctica diaria.

El contingente de aspirantes a la Ingeniería Militar, en sus tres ramas, ha sido en el pasado reciente de un promedio entre 20-30 alumnos por año, que si lo incrementamos en 15-20 más, para necesidades del sector civil colaborador en Defensa, daría un total estimado de 35-50, perfectamente manejable por un solo Centro Técnico.



### 2.3. **Ramas o especialidades.**

El tema de las especialidades, seguidas en las distintas escuelas, debe ser asimismo reconsiderado desde las reflexiones antes señaladas. La Escuela Politécnica imparte actualmente las de Armamento y Material y Construcción y Electricidad. Las tres de la Armada: Naval, Armas Navales y Electricidad, tras seguir una formación básica en el Centro de Estudios Superiores Físico-Matemáticos, de San Fernando, continúan caminos distintos; para la rama Naval está la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales que acredita las especialidades de: arquitectura naval y máquinas marinas; para la de Armas Navales existe una Escuela propia, en Madrid, que acredita asimismo las «orientaciones» de lanzadores y municiones, mando y control y detección y seguimiento. En cuanto a la rama de Electricidad y Electrónica que, hasta hace poco, se impartía en la Escuela de Electricidad y Transmisiones de la Armada en Vigo, parece buscar ahora la vía civil: Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI) para la formación en electricidad y la de la Escuela Técnica Superior de Telecomunicación, para la de Electrónica. Los Ingenieros Aeronáuticos Militares que, según hemos dicho, proceden del campo civil, pueden adquirir dos especialidades: aeronaves, misiles y propulsores, o bien, aeropuertos, navegación y transporte aéreo; en cada una de ellas, la propia escuela civil controla dos «opciones» (véase Anexo número 1).

### 2.4. **Nuevas perspectivas.**

Este panorama no deja de ser sugerente y preocupante, en muchos aspectos, si se confronta con las ideas ya reiteradas de las tendencias modernas en cuanto a distribución de competencias de los sectores militar y civil de la Ingeniería de Defensa, con el contingente total requerido en España y con la referencia obligada al Sistema Educativo Nacional, en cuanto a las facilidades que puede y debe ofrecer, tanto por la formación básica como para la especializada, en ciertas áreas aplicativas comunes a ambos.

El núcleo central de responsabilidades técnicas «iniciales» para la Ingeniería Militar gira en torno a los sistemas de armas, a los sistemas de apoyo al combate y su mantenimiento y, más específicamente a la de los sistemas avanzados que gobiernan y potencian su eficacia real; por tanto, hacia ese objetivo fundamental debería orientarse prioritariamente su formación aplicada básica, mientras

que la específica por armas terrestres, navales o aéreas podría abordarse en una etapa posterior. Un carácter más teórico-práctico de las enseñanzas, junto a la programación de visitas a Centros, Escuelas o Fábricas, estancias en «prácticas», durante alguna parte del período estival y, finalmente, un primer destino «remunerado», por espacio de tres o cuatro meses, contribuirían muy positivamente a iniciar la carrera con un adecuado nivel profesional.

Según hemos visto, las propias Escuelas están ofreciendo ya algunas «opciones» y «orientaciones» dentro de las especialidades o ramas establecidas con carácter oficial, en un momento en que las Universidades llevan a cabo una revisión de las titulaciones que imparten, con el propósito de ampliarlas y ajustarlas, en lo posible, a las exigencias actuales de la sociedad y a una mayor homologación con las de los países de la Comunidad Europea.

La actual infrautilización de las Escuelas Politécnicas y de Armas Navales, consecuencia (según apuntábamos antes) de estar agotadas sus posibles vías de desarrollo, bajo el enfoque «unilateral» con que nacieron, se sugiere ya paliarla con una posible aportación a la industria civil colaboradora en Defensa, pero ello no haría sino dificultar más la necesaria planificación global del área, desde los presupuestos obligados de Defensa Nacional.

El caso actual de las ingenierías naval y aeronáutica, con sus especialidades y opciones, aprovechadas en toda su extensión, tanto en el sector militar como en el público y privado que colabora en Defensa, es un ejemplo claro y posible a seguir para otras ramas aplicativas; un reciente ejemplo está en la vía abierta por la Marina para la especialidad de Electricidad y Electrónica y que sería fácilmente aplicable a las de Construcción y Electricidad o a otras previsibles, en un futuro no muy lejano, como las de Informática, Software, Guerra Electrónica, etc.

Lo expuesto, hasta ahora, parece desembocar inexorablemente, en la necesidad de crear una sola Escuela Politécnica «de la Defensa», para la selección y formación de los Ingenieros Superiores, en las distintas ramas que exijan los sistemas de armas, los sistemas de apoyo al combate y la dirección de su mantenimiento, así como para la adaptación, a las exigencias de la Defensa, de aquellos otros titulados civiles necesarios en áreas afines a las del campo civil. Una tal Escuela Politécnica, sugerida en otras múltiples ocasiones desde instancias diversas, llevaría a cabo otras tareas no menos importantes

como fomentar vocaciones de investigador científico-militar (tan importantes hoy en día para adquirir cierto protagonismo en la esfera internacional), realizar cursos monográficos sobre temas de gran actividad científico-técnica, organizar seminarios, jornadas de estudios, conferencias, etc., amén de servir de foro de encuentros de técnicos y operativos civiles y militares, a fin de estrechar las relaciones en el marco de la Defensa. Sin duda alguna, ésta parece ser la solución viable, eficaz, económica y de prestigio para España, en su desarrollo actual y futuro. En principio, esta solución podría acometerse aprovechando la actual Escuela Politécnica del Ejército, concentrando allí las capacidades necesarias para las nuevas responsabilidades (profesores e instalaciones) y utilizando las sobrantes en las Escuelas de Aplicación.

Aunque hemos adelantado la posible orientación final de este análisis, en aras de una clara referencia al marco de la Defensa, vamos a proseguir el estudio, más en detalle, de los problemas parciales que suscita el tema global de la Ingeniería de Defensa.

### 3. ANALISIS SECTORIAL DE LA INGENIERIA DE DEFENSA

#### 3.1. Ingeniería Militar.

Se trata del sector prioritario de formación en una Escuela Politécnica de la Defensa. Actualmente, la Politécnica del Ejército, bajo el epígrafe de Ingenieros de Material de Guerra (término quizás demasiado amplio) considera como áreas de su responsabilidad técnica las siguientes:

- Investigación y Desarrollo (I + D).
- Inspección y Recepción.
- Fabricación de Equipos y Sistemas.
- Homologación de Productos.
- Mantenimiento.
- Movilización Industrial.
- Investigación de Accidentes.
- Empleo y Evaluación.
- Docencia.

La Escuela Técnica de Armas Navales considera, por su parte, áreas de interés para su ingeniero específico, las siguientes:

- Investigación y Desarrollo (I + D).
- Proyecto y Fabricación.
- Inspección y Control de Fabricación.
- Mantenimiento y reparaciones.
- Docencia.

Al margen de algunas diferencias de terminología, se aprecia en la primera lista un mayor detalle de áreas que, sin duda, en la segunda se dan por supuestas: homologación, recepción, evaluación o movilización; por lo demás, las listas son ampliamente coincidentes.

— La Ley de 6 de noviembre de 1942 otorga al Cuerpo de Ingenieros Aeronáuticos las siguientes misiones (o áreas de responsabilidad):

- Asesoramiento técnico al Alto Mando.
- Investigación e Información científico-técnico.
- Estudio, proyecto, comprobación y ensayo.
- Normalización.
- Organización, desarrollo e inspección de la Industria Aeronáutica.
- Movilización industrial aeronáutica.
- Adquisición, recepción y distribución del material.
- Dirección y Mando de Maestranzas y Talleres.
- Formación e instrucción del personal facultativo, técnico especialista, auxiliar y obrero.

Como puede observarse, las coincidencias en los tres listados son amplias y examinadas con detalle, a la luz de las actuales exigencias científico-técnicas de una Defensa Nacional moderna y de las responsabilidades atribuidas a la Dirección General de Armamento y Material, podría resumirse de forma asumible para las tres ramas, así:

- Asesoramiento científico-técnico al Alto Mando.
- Asistencia técnica a la formulación de planes y programas.
- Gestión, seguimiento y control de éstos.
- Investigación y Desarrollo (I + D).
- Recepción, inspección y mantenimiento de sistemas y equipos.
- Normalización, homologación y evaluación de materiales.

- Movilización industrial.
- Docencia.

Con el carácter restrictivo que hemos señalado para la ingeniería militar actual, el área de proyecto y fabricación de sistemas y equipos habría que entenderla como válida, sólo para aquellos casos en que la ingeniería civil no tuviera capacidad de actuar, o que, razones de seguridad y secreto, así lo aconsejaran.

En cuanto a la investigación, hemos de señalar que dada la complejidad y carestía de estas actividades, la Ingeniería Militar, salvo en casos concretos y justificados, no la abordará en beneficio de sectores civiles capacitados para realizarla y, en todo caso, de llevar a cabo actividades de esa naturaleza, deberá hacerse por «investigadores», actuando en el marco ambiental que es exigible para tal clase de actividades y con sujeción a un estatuto similar al que se apruebe para el sector privado.

A partir de esas áreas de responsabilidad técnica las Escuelas proponen, como especialidades u opciones a establecer las siguientes:

a) Escuela Politécnica:

- Armamento terrestre y sus municiones.
- Telecomunicaciones de armamento (electrónica militar).
- Explosivos y materiales (química militar y NBQ).
- Vehículos militares de combate y de apoyo.

b) Escuelas de Armas Navales:

- Lanzadores y municiones.
- Mando y Control de sistemas de armas.
- Detección y seguimiento.

Aquí las diferencias son más significativas, en razón del tipo de armas preponderante en cada Ejército; sin embargo, existen también algunas analogías, veladas por aspectos semánticos. Las listas, una vez más, se podrían aproximar y hacerlas aceptables también para la rama aeronáutica, en una versión más o menos parecida a la siguiente:

- Sistemas de armas y de municiones.
- Propulsantes y explosivos.



- Instrumentación y control.
- Informática táctica.
- Detección, seguimiento y control.

La primera especialidad: sistemas de armas y de municiones, tiene una parte básica común a los tres Ejércitos en lo que se refiere a arquitectura general (cañones, misiles, bombas, lanzadores, etc.), a la balística exterior, interior y de efectos y a las municiones, en tanto en su aplicación concreta al combate terrestre, naval y aéreo, aparecen rasgos específicos de cada Ejército.

La segunda especialidad: propulsores y explosivos; muestra una mayor concordancia de intereses, en las tres ramas armadas.

La especialidad que Tierra denomina «electrónica militar» tiene mucho en común, con la opción de Marina de «seguimiento y control» y con el campo más amplio de la «detección, seguimiento y control», del mayor interés para el Ejército del Aire.

La especialidad que la Marina señala como de «mando y control», a la que no hace referencia Tierra, se presta a confusión por tratarse de funciones atribuidas al personal operativo; sin embargo, en el ejercicio de esas funciones juegan un papel importante las telecomunicaciones, la informática y la automática, por lo que suelen dar lugar a una rama específica, designada modernamente como «informática militar».

La opción de «instrumentación y control» suele considerarse asimismo del mayor interés, especialmente en el Ejército del Aire, en relación con la llamada Aviónica, pero también allí donde la complejidad de las máquinas adquiere un fuerte desarrollo técnico.

Finalmente la especialidad «vehículos militares de combate y de apoyo», parece que debería relacionarse más con las dedicadas al desarrollo de plataformas, común a los tres Ejércitos, aunque con señaladas diferencias.

Según la Escuela Politécnica, las áreas de conocimiento implicadas en sus especialidades, serían.

- Ciencias básicas de la Ingeniería Militar.
- Armamento.
- Electrónica.
- Infraestructura.

Para la Escuela de Armas Navales, éstas serían:

- Construcción y materiales.
- Sistemas navales de combate.
- Física y Matemáticas aplicadas.

Si asumimos que bajo el epígrafe general de Ciencias Básicas de la Ingeniería «actual», caben perfectamente la Física, la Matemática, la Electricidad, y la Electrónica (y algunas más, como los nuevos materiales o el cálculo automático) y que voces como Construcción e Infraestructura, con frecuencia se refieren a técnicas similares, no sería difícil tampoco llegar a una lista que satisfaga las necesidades de las tres ramas y que podría ser la siguiente:

- Ciencias básicas de la Ingeniería.
- Sistemas de armas y de apoyo.
- Balística interior, exterior y de efectos.
- Infraestructura militar.

Una vez más conviene recordar que el área de responsabilidad técnica «inicial», es decir, la de los titulados de la Ingeniería Militar, al término de su formación, sería, lógicamente la dirección del mantenimiento de sistemas, para ir escalando sucesivamente, las demás.

### 3.2 Ingeniería civil.

Entendiendo por tal la que ejercería en la industria civil colaboradora en Defensa, amparada en títulos adquiridos en la Escuela Politécnica de la Defensa, o bien en títulos conseguidos en Escuelas Civiles y que han seguido un curso de «Adaptación» a las necesidades de la Defensa, sus áreas de responsabilidad vendrían dadas en función de sus titulaciones de origen y de las especialidades afines a que fueran adscriptos, una vez terminado el curso de adaptación.

Actualmente funcionan como tales, la rama Naval y, en breve, la de Electricidad y Electrónica de la Armada, la rama Aeronáutica en sus dos especialidades y, debería seguir este mismo sistema, la de Construcción y Electricidad del Ejército de Tierra. En un futuro próximo habría que pensar en la necesidad de seguir esta misma vía para áreas del mayor interés, como pueden ser la Electrónica, la Informática, la de Ordenadores, etc.

### 3.3 La Ingeniería de Sistemas.

El punto de vista más importante hoy para el Ingeniero Militar es el de «sistemas», tanto en relación con las armas y equipos como con los medios de apoyo al combate, por cuanto supone una mayor aproximación a la exigencia y eficacia operativas de la Fuerza, cada día más condicionada por el correcto funcionamiento de unos sistemas complejos que usan tecnologías de vanguardia, para gobernar y potenciar la acción de las Armas. Es por esta razón que la propia fabricación de armas y equipos y, más aún la de las plataformas para su lanzamiento, deba pasar a un segundo orden de prioridades, cuando se ha reducido el ámbito aplicativo de la Ingeniería Militar.

En efecto, tanto los sistemas de armas como los sistemas de apoyo al combate, en sus variados tipos y formas, incorporan corrientemente un gran número de subsistemas complejos de las más diversas tecnologías, de cuya coordinación o integración funcional correcta y eficaz, dependen directamente la eficacia del Arma o el resultado del combate. El caso del combate aéreo o aeronaval, en ambiente de guerra electrónica puede ser especialmente ilustrativo al respecto: la detección, el análisis y la identificación de las posibles amenazas, la subsiguiente alarma previa, la elección del objetivo prioritario, la ayuda más amplia posible, a la situación de disponibilidad, son sólo una muestra de la compleja interacción entre subsistemas, presentes hoy en la ingeniería de sistemas.

Las mayores exigencias de la planificación estratégica y la conducción operativa de la Fuerza hace que el asesoramiento y la asistencia técnica al alto mando requiera, cada día, una mejor formación científico-técnica del ingeniero superior y una gran experiencia profesional, hasta el extremo de que algunos países como Francia buscan vocaciones específicas para esta misión, impartiendo cursos de alto nivel a ingenieros y operativos, hasta lograr la eficacia deseada en aquellas funciones: el diplomado técnico de Estado Mayor francés es una de las posibles vías para lograr aquel objetivo.

## 4. POSIBLE EVOLUCION ORGANICA DE LA INGENIERIA MILITAR

### 4.1 Criterios generales.

Según lo dicho hasta ahora, esta Ingeniería debería figurar, junto con la rama civil «contratada», bajo el epígrafe más amplio de

Ingeniería de Defensa, manteniendo aquélla la estructura de Cuerpos y especialidades actuales de cada Ejército.

Las plantillas de estos Cuerpos Técnicos Superiores deberían restringirse, conforme a las responsabilidades técnicas relativas al asesoramiento en el planteamiento estratégico, la programación operativa y la dirección superior del mantenimiento.

Para las demás áreas de responsabilidad técnica, el actual y futuro ingeniero «civil» afecta a Defensa, debería figurar por escalas y especialidades en Cuerpos Técnicos Superiores, en forma análoga y con una asimilación a la categoría militar correspondiente.

Tanto los ingenieros militares como los civiles que ejerzan (o desean ejercer) como investigadores, deberían integrar un Cuerpo especial con vicisitudes y prerrogativas a establecer en un estatuto especial, similar al que rija en el campo civil.

En adelante, la revisión de las actuales ramas (o especialidades) de los Cuerpos Técnicos sería materia a decidir por Defensa, en estrecha coordinación con los Ejércitos.

Para la selección y formación de aspirantes a la Ingeniería de Defensa se crearía la Escuela Politécnica de Defensa, utilizando las facilidades actuales de la Escuela Politécnica del Ejército de Tierra, a la que se dotaría y estructuraría, no obstante, conforme a los requisitos necesarios para cumplir sus nuevas funciones.

El acceso a la nueva Ingeniería de Defensa sería posible, desde la vía civil, para aquellos alumnos de Escuelas Técnicas Superiores, Facultades Científicas o Escuelas Superiores, que hayan superado el primer ciclo de estudios y, desde la vía militar, en análoga circunstancia; sería, por ello, deseable que el primer ciclo de la carrera militar fuera homologable al de las Escuelas Técnicas Superiores. En ambos casos debería superarse una prueba de comprobación de un nivel científico-técnico básico, para poder proseguir los estudios de especialización (véase anexo número 2).

Los planes de estudio en la Escuela Politécnica abarcarían un período de dos años y medio; el primer curso sería de materias comunes (técnicas y de orientación militar); el segundo sería de profundización de la base común y de iniciación a la especialización, mediante la elección de materias optativas y, finalmente, el último semestre sería de pura especialización (véase anexo número 3).

Durante la estancia en la Escuela y, más particularmente a partir del segundo curso, se girarían visitas a Centros e Industrias de interés y se llevarían a cabo estancias «en prácticas», al menos durante un mes de verano, según las especialidades elegidas y, al final de la carrera, los nuevos ingenieros obtendrían un destino «provisional» hasta alcanzar el puesto de trabajo definitivo; todo ello iría encaminado a lograr una conveniente experiencia profesional.

Para aquellas otras áreas de la Defensa en que la titulación civil se considere suficiente, la Escuela Politécnica organizaría cursos de «adaptación», a las necesidades militares, de una duración de seis meses, entre los aspirantes seleccionados, para cubrir las vacantes existentes en las distintas ramas o especialidades. Este sería el caso de los actuales ingenieros navales (arquitectura y máquinas) de electricidad y electrónica o los previsibles en un futuro, tales como: los de infraestructura, de informática, de electrónica, etc.

Especialmente para establecer el plan de estudios de estos ingenieros «civiles» de Defensa, aunque también para los «militares», la referencia estricta al Sistema Educativo Nacional, en cuanto a nuevas «especialidades» que puedan surgir o a una demanda, por parte de la Defensa, para ampliarlas en la medida necesaria, se considera de la mayor importancia.

Así pues, la Escuela Politécnica de la Defensa volcaría su actividad en un 75 % en la formación de las especialidades estrictamente militares (sistemas de armas y sistemas de apoyo, terrestre, navales y aéreos); un 15 % a la «adaptación» de los títulos civiles a la organización militar y un 10 % a otras actividades complementarias ya señaladas (conferencias, jornadas, seminarios, cursos monográficos, etc.)

Las actuales Escuelas de Formación especializada, existentes en los Ejércitos y las demás facilidades que puedan ofrecer éstos se utilizarían para incrementar la experiencia previa de los aspirantes, antes de su salida definitiva de la Escuela Politécnica.

#### **4.2. Revisión de las actuales ramas (o especialidades).**

La propia existencia de «opciones» y «orientaciones» en las mismas Escuelas demuestra que la actual abertura de la Ingeniería Militar no es suficiente, para cubrir la amplia y compleja diversidad tecnológica de los sistemas de armas y sistemas de apoyo. Además, la preeminencia que están adquiriendo los llamados sistemas

«avanzados», dentro de la estructura general de aquéllos, hace que las llamadas tecnologías «blandas» (electrónica, optrónica, telecomunicaciones, ordenadores, informática, etc.) y la ingeniería de sistemas se estén convirtiendo en el núcleo esencial de interés militar, en tanto que otras áreas importantes de la Logística primaria, pero inasequibles, en razón del esfuerzo general requerido, deban ser cedidas al sector civil de la Ingeniería de Defensa: tal es el caso de la fabricación de armas, explosivos o municiones, de las plataformas o de los vehículos y sus materiales.

La consecuencia evidente, de lo anterior es que la actual armamentística militar, al menos en cuanto a su operatividad y eficacia se refiere, radica esencialmente en esa ingeniería de sistemas, basada en el empleo de tecnologías avanzadas, de cuya utilización hacen amplio uso común tanto los sistemas de armas terrestres, como navales o aéreos, así como los sistemas de apoyo al combate en sus medios específicos, como se ha demostrado en los últimos conflictos y como apunta la actual prospectiva militar.

Es, en vasa a ello, que se apunta la solución de la Escuela Politécnica de la Defensa, no sólo para reorientar la formación de la Ingeniería Militar en el sentido de la demanda científico-técnica actual y futura, sino también para aproximar los dos sectores activos de la Defensa, buscando una mayor permeabilidad y eficacia conjuntas.

Las especialidades actuales de armas navales, de armamento y material y la que pudiera considerarse de armas aéreas, no parecen ser suficientemente significativas, en razón de su empleo en combate, ya que éstas deben encuadrarse en un complejo sistema funcional dominado por otras tecnologías distintas (blandas) y más asociadas a la eficacia del arma que las usadas en su propia fabricación (duras). Esto se pone, claramente, de manifiesto en las llamadas «opciones», y «orientaciones» de las propias Escuelas actuales, al añadir a la especialidad genérica de «armamento», las de «mando y control» y de «detección y seguimiento» la Marina, o la de «electrónica», el Ejército.

Creemos que junto a la especialidad genérica de «armamento» (por cierto vinculada, en sus aspectos de fabricación, más a la ingeniería civil de Defensa, al igual que debería ser la de «vehículos de combate») deberían aparecer ya, para la ingeniería militar, al menos las de «electrónica», «informática» y «telecomunicaciones».

Las actuales ramas (o especialidades) de la ingeniería civil de Defensa: naval, con sus dos opciones (arquitectura y máquinas) deberían completarse con una de infraestructura (en dos opciones: terrestre y aérea), y separar las actuales de «electricidad y electrónica» de la Marina, para crear dos nuevas en las modalidades terrestre, naval y aérea.

#### 4.3. **Cuerpos, escalas y especialidades.**

Bajo el nuevo epígrafe de Ingeniería de Defensa, deberían figurar tanto los Cuerpos Técnicos «militares», por escalas y especialidades, como los «civiles» encuadrados unos y otros, bien en la Administración Central o afectos a cada Ejército; cabría considerar aparte la categoría de «investigador», en escala independiente.

La agrupación del actual personal facultativo «contratado» en un Cuerpo Técnico «civil», por escalas y ramas (o especialidades), es una vieja aspiración sentida por un importante colectivo de las FAS, que ejerce como tal técnico superior y tiende, cada vez más, a participar en el esfuerzo general de defensa. El reconocimiento de esta situación contribuiría a mejorar y robustecer toda la organización militar. La movilidad normal de este personal aseguraría, por otra parte, las relaciones de la Defensa con las industrias civiles colaboradoras.

Las ramas o especialidades actuales mantendrían la distinción actual, pero sería deseable ir a una pronta revisión y clarificación de los campos de responsabilidad de cada una, a fin de esclarecer mejor su propia identidad y definir otras nuevas para cubrir lagunas actuales, o bien, desdoblar alguna de las existentes, en razón de la amplitud del campo, como es el caso de la rama de «electricidad y electrónica» de la Marina, o la de «construcción y electricidad» del Ejército.

#### 5. CONCLUSIONES.

La amplia inestabilidad política y frecuente conflictividad interna de España, durante el siglo pasado, contribuye a dar un excesivo protagonismo a la Artillería y a la Ingeniería, en pleno proceso de desarrollo industrial

europeo y de grave deterioro de amplios sectores científicos, técnicos e industriales de la Nación.

En particular, las estructuras de la Ingeniería Militar no entran en vía de modernidad, hasta bien entrado el siglo XX, y mantienen, en su desarrollo posterior, puntos de vista apenas coordinados a nivel Defensa, lo que la lleva a una etapa actual de amplia discordancia, escasa eficacia y poca adecuación a los fines de aquélla.

Las actuales Escuelas de formación técnica superior del Ejército y la Marina están agotadas en sus planteamientos iniciales, al haber surgido bajo el enfoque restrictivo de su Ejército. La anomalía más singular, sin embargo, la ofrece el Ejército del Aire, que, con una problemática tecnológica más exigente, recurre al campo civil para la alimentación de su Cuerpo Técnico Superior, con lo que cuestiona todo el sistema actual de selección y formación de aspirantes de Tierra y Marina.

A estas alturas, no parece aconsejable subsanar tan extraña singularidad, como tampoco lo sería desbordar las competencias actuales de aquellas Escuelas, por más que lo sugieran sus propios responsables, a menos que se pretenda degradar aún más el sistema global.

La solución viable, económica, eficaz y de prestigio para la Defensa debe estar, a nuestro modesto entender, en la creación de una Escuela Politécnica de la Defensa, que atienda y coordine las necesidades de enseñanza técnica superior, de los sectores militar y civil. Esta nueva Escuela podría surgir en torno a la actual del Ejército de Tierra, si bien dotándola de los recursos humanos y materiales necesarios para esa misión.

Habría que abandonar, definitivamente, la práctica actual de la «reconversión profesional», seguida para la selección y formación de aspirantes y recurrir a un sistema mixto que, entroncado con el sistema educativo nacional, procure el mayor grado de experiencia profesional para los futuros aspirantes.

La nueva Escuela Politécnica de la Defensa desarrollaría su actividad principal (un 70 % - 80 %) en seleccionar y formar a un reducido número de aspirantes (del orden de 35 - 50) para la ingeniería militar, en sus varias armas o especialidades. Como actividad secundaria (un 15 % - 20 %) en impartir cursos de «adaptación» militar a titulados civiles, que desean incorporarse a los cometidos técnicos superiores de la Defensa, o de la Industria Civil colaboradora. Finalmente, como actividad comple-



mentaria (un 5 - 10 %), la Escuela organizaría conferencias, jornadas, seminarios, cursos monográficos, etc., de carácter científico-técnico, para promover las más estrechas relaciones entre sectores militar y civil de la Defensa.

Situar todos los Cuerpos Técnico-superiores bajo un primer epígrafe, más amplio y comprensivo, de Ingeniería de Defensa, en el que tengan cabida también todos los títulos civiles actuales y futuros, que prestan sus servicios en los Ejércitos, agrupándose por ramas o especialidades.

Sería deseable aprovechar esa oportunidad para revisar, a fondo y bajo la óptica de Defensa, las ramas o especialidades actuales de la Ingeniería Técnica Superior de los Ejércitos, ampliando y modificando las existentes, según criterios de mayor coordinación y analogía.

La formación de los Ingenieros en Sistemas de Armas se llevaría a cabo a lo largo de dos años y medio, a los que seguiría un período de tres meses, en prácticas. El curso de adaptación militar, para los titulados civiles, tendría una duración de seis meses, al término de los cuales se incorporarían al Cuerpo de Ingenieros Civiles de la Defensa, o a la Industria Civil colaboradora en la especialidad elegida.

Hay que recordar, que la Ingeniería Técnica de grado medio no se ha tocado aquí, por considerar su tratamiento y desarrollo responsabilidad de cada Ejército, en razón de su entidad y grado de especialización, si bien deberá hacerse en estrecha coordinación con los planteamientos dados a la Ingeniería Técnica Superior.

## ANEXO I

ESPECIALIDADES, OPCIONES (O INTENSIFICACIONES) que se imparten en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Aeronáutica (IA), Ingeniería Naval (IN), Ingeniería Industrial (II), Ingeniería de Telecomunicación (IT), Facultad de Informática (FI) y Facultad de Ciencias Físicas (FF).

<u>ESCUELA O FACULTAD</u>	<u>ESPECIALIDAD</u>	<u>OPCION</u>
Ingeniería Aeronáutica .....	Aeron. Misil y Motoprop .....	Aeronaves Propul. y Misil.
	Aerop. Naveg. y Transp. Aereo ...	Naveg. y Transp. Ae. Aerop. y Transp. AE.
Ingeniería Naval .....	Arquitectura Naval .....	A) Sin nombre B) " "
	Máquinas marinas .....	C) Sin nombre D) " "
Ingeniería Industrial .....	Electricidad .....	Autom. y Electro. Electrotecnia
	Mecánica .....	Construcción Máquinas
	Metalurgia	
	Organización Industrial	
	Química	
	Técnicas Energéticas.	
Ingeniería de Telecomunicaciones ...	Area 1. Sin nombre específico Area 2. " " " Area 3. " " " Area 4. " " " Area 5. " " " Area 6. " " "	

Facultad de Informática.—Ninguna, aunque se dan Seminarios.

Facultad de Ciencias Físicas ..... { Física Fundamental  
Electrónica  
Cálculo Automático  
Física del Aire y Geofísica  
Astrofísica  
Física de Materiales

ESPECIALIDADES Y OPCIONES que se imparten en la Escuela Politécnica del Ejército y en la Escuela de Ings. de Armas Navales.

Escuela Politécnica ..... { Armamento y Material  
Construcción y Electricidad

Escuela de Armas Naval ... Armas Navales ..... { Lanzad. y Munic.  
Mando y Control  
Detec. y Seguin.

## ANEXO II

TABLA DE MATERIAS que componen el Primer Ciclo de estudios correspondiente a las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Aeronáutica (IA), Ingeniería Naval (IN) e Ingeniería Industrial (II), con indicación del Centro en que se cursan.

<u>Primer Curso</u>	<u>IA</u>	<u>IN</u>	<u>II</u>
Algebra lineal .....	X	X	X
Cálculo Infinitesimal .....	X	X	X
Dibujo Técnico .....	X	X	X
Física .....	X	X	X
Química .....	X	X	X
<u>Segundo Curso</u>			
Análisis Matemático .....	X <sup>1</sup>		
Ampliación de Cálculo Infinitesimal .....		X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>
Ampliación de Física .....		X	
Ampliación de Química .....			X
Dibujo y Geometría Descriptiva .....	X <sup>2</sup>		
Dibujo y Sistemas de Representación .....		X <sup>2</sup>	
Ecuaciones Diferenciales .....			X
Geometría Diferencial .....	X	X	
Mecánica .....	X <sup>3</sup>		X <sup>3</sup>
Métodos Informáticos e Ingeniería .....			X
Química de los Materiales Aeroespaciales .....	X		
Técnicas de Representación .....			X <sup>2</sup>
Termodinámica y Física Atómica y Nuclear .....	X <sup>4</sup>		
<u>Tercer Curso</u>			
Cálculo Numérico, Informática y Estadística .....		X	
Calor y Frío Industrial I .....			X
Campos y Ondas .....			X
Construcción Naval I .....		X	
Ecuaciones Diferenciales .....		X	
Elasticidad y Resistencia de Materiales .....	X	X	X
Electricidad y Electrotecnia .....	X	X	
Estadística .....			X
Mecánica .....		X <sup>3</sup>	
Mecánica de Fluidos .....	X		

Metalotecnia .....			X
Métodos Matemáticos .....	X		
Termodinámica .....		X <sup>4</sup>	X <sup>4</sup>
Inglés A .....		X	

NOTAS.—1) Forman un grupo homogéneo.

2) " " " "

3) La Escuela de Ing. Naval las da en el 3.<sup>er</sup> Curso.

4) La Esc. de Ing. Naval e Industrial las dan en el 3.<sup>er</sup> Curso.

### Consideraciones Generales.

Como puede verse, el primer año es común; el segundo año es bastante similar, con las matizaciones antes apuntadas, mientras que el Tercer Curso, junto a materias comunes, aparece una primera diversificación.

TABLA DE MATERIAS que componen el Primer Ciclo de estudios correspondientes a las Escuelas Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (IT), Facultad de Informática (FI) y Facultad de Ciencias Físicas (FF), con indicación del Centro en que se cursan.

<u>Primer Curso</u>	<u>IT</u>	<u>FI</u>	<u>FF</u>
Algebra lineal .....	X	X	X
Análisis Matemático I .....			X <sup>1</sup>
Cálculo Infinitesimal .....	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	
Dibujo Técnico .....	X	X	
Física .....	X	X	X
Química .....	X	X	X

#### Segundo Curso

Ampliación de Matemáticas I .....	X <sup>1</sup>		
Ampliación de Matemáticas II .....	X <sup>1</sup>		
Análisis Matemático .....		X <sup>1</sup>	
Análisis Matemático II .....			X <sup>1</sup>
Electricidad y Magnetismo (2.º Cuat.) .....	X <sup>2</sup>		
Electrónica de Dispositivos .....	X		
Estructuras de Programas y Datos .....		X	
Fundamento de Material Informativo .....		X	
Física General II .....			X
Historia de la Ciencia .....		X	

Laboratorio de Electrónica y Componentes .....	X		
Lógica Formal .....		X	
Mecánica y Ondas .....			X
Métodos Matemáticos de la Física I .....			X
Programación .....	X	X	
Redes (Análisis y Síntesis) .....	X		
Terminología .....			X

Tercer Curso

Análisis Numérico .....		X	
Campos Electromagnéticos .....	X		
Circuitos Integrados (2.º Cuat.) .....	X		
Circuitos y Sistemas Lógicos .....		X	
Electricidad y Magnetismo .....			X <sup>2</sup>
Electrónica Digital (1.º Cuat.) .....	X		
Estadística (1.º Cuat.) .....	X		
Física Cuántica .....			X
Física General III (Técnicas Experimentales) .....			X
Fundamentos de los Ordenadores I (1.º Cuat.) .....	X	X	
Fundamento y Función de la Ingeniería .....	X		
Informática Teórica .....		X	
Inglés A .....	X	X	
Laboratorio de Electrónica Digital (1.º Cuat.) .....	X		
Laboratorio de Sistemas Digitales I (2.º Cuat.) .....	X		
Métodos Matemáticos de la Física II .....			X
Óptica .....			X
Programación II .....		X	
Probabilidades y Estadística .....		X	
Sistemas Digitales I (2.º Cuat.) .....	X		
Sistemas Lineales (1.º Cuat.) .....	X		
Teoría de la Comunicación (2.º Cuat.) .....	X		

NOTAS.—1) Forman un grupo homogéneo.

2) En la carrera de Física se cursa en 3.º.

**Consideraciones Generales.**

Aunque el primer año sigue siendo ampliamente común, en el segundo y tercer años las diferencias son más señaladas que en el caso de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Naval e Ingeniería Industrial.

### ANEXO III

TABLA DE MATERIAS que imparte el Centro de Estudios Superiores Físico-matemático, de la Armada, como preparación básica para el acceso a la Escuela de Ingenieros de Armas Navales y su correlación con otras análogas o similares del Primer Ciclo de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Aeronáutica (IA), Ingeniería Naval (IN), Ingeniería Industrial (II), Ingeniería de Telecomunicación (IT), Facultad de Informática (FI) y Facultad de Ciencias Físicas (FF).

<u>Materias del Centro de Est. Sup. Físico-matemático</u>	<u>IA</u>	<u>IN</u>	<u>II</u>	<u>IT</u>	<u>FI</u>	<u>FF</u>
<u>Primer año</u>						
Algebra lineal (Trim.) .....	X	X	X	X	X	X
Análisis Matemático .....	X	X	X	X	X	X
Física Atómica y Nuclear (Trim.) .....	X		X	X	X	X
Mecánica I (Trim.) .....	X	X	X			X
Práctica de Programación de ordenadores (Bim.)				X	X	
Prácticas de Química (Bim.) .....	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X	X
Probabilidad y Estadística (Trim.) .....	X	X	X	X		
Química (Trim.) .....	X	X	X	X	X	X
Sistemas Digitales (Bim.) .....				X		
Termodinámica (Bim.).....	X	X	X			
<u>Segundo año</u>						
Análisis Matemático II (Sem.) .....		X	X			X
Automática (Sem.) .....						
Cálculo Numérico (Trim.) .....	X	X	X		X	
Dibujo y Sistemas de Representación (Mens.) ...	X	X		X	X	
Elasticidad (Bim.) .....	X	X	X			
Electromagnetismo (Sem.) .....						X
Electrónica de Dispositivos (Trim.) .....				X		
Mecánica Cuántica (Bim.) .....						X
Mecánica de Fluidos (Bim.) .....	X					
Prácticas de Programación de Ordenadores (Bim.)				X	X	
Prácticas de Química (Bim.) .....	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X	X
Resistencia de Materiales (Bim.) .....	X	X	X			
Sistemas Digitales (Trim.) .....				X		
Transmisión de Calor (Bim.) .....		X				X

NOTAS.—1) Se suponen incorporadas a la clase de Química.

### **Consideraciones Generales.**

Como puede comprobarse, el primer año es ampliamente común, incluso con el de las Facultades de Informática y de Físicas, salvo en las materias de Programación de Ordenadores y Sistemas Digitales. En el segundo año, las diferencias son más significativas, si bien al margen de las materias propias de cada Escuela Técnica (como puede ser la Mecánica de Fluidos o la Transmisión de Calor) estas diferencias parecen justificarse por la necesidad de ampliar la base formativa en las áreas de la Programación y la Electrónica, esenciales para el tratamiento posterior de los Sistemas de Armas. La separación, respecto de la Escuela Técnica de Telecomunicación y las Facultades de Informática y de Físicas, es lógicamente mayor.



# MODELO DE OPORTUNIDAD TECNOLÓGICA

José A. Cordero Martín  
Doctor en Ciencias Físicas

## 1. INTRODUCCION.

Se pretende presentar una metodología que ayude a la toma de decisiones relacionadas con la oportunidad de la asignación de fondos a una u otra tecnología, dentro de la política de promoción de temas de I + D relacionados con las necesidades futuras de las Fuerzas Armadas.

No se aportan pues soluciones, nada más lejos de nuestra intención y sobre todo de nuestra capacidad, sino únicamente se plantea un conjunto sistematizado de acciones que creemos puede permitir realizar unas elecciones de prioridades con un alto grado de objetividad.

Es preciso indicar también que hasta el momento es sólo un ejercicio teórico y que es preciso contrastar el método con la realidad para depurarlo y perfeccionarlo.

Hemos utilizado como ejemplo, y con la sola intención de centrar ideas, los datos recogidos en un estudio similar realizado hace años sobre los productos de electrónica profesional. De todos los datos recogidos y tratados en aquella ocasión hemos presentado como ejemplos los correspondientes al sector de Defensa.

Entendemos que el método tiene tres partes fundamentales, que designaremos por:

- Determinación de los conjuntos Areas Tecnológicas y Productos.
- Construcción de las matrices productos-areas tecnológicas.

- Tratamiento de los datos mediante el M.O.T. (Modelo de Oportunidad Tecnológica).

Para cada una de estas partes explicaremos los objetivos a alcanzar y el método que sugerimos utilizar para alcanzarlos.

## 2. DETERMINACION DE LOS CONJUNTOS, AREAS TECNOLOGICAS Y PRODUCTOS.

Esta determinación influye decisivamente en los resultados del estudio, ya que éste, fundamentalmente indicará las áreas tecnológicas más interesantes a desarrollar en función de los productos que se consideren más importantes.

Es pues fundamental elegir estos dos conjuntos con gran cuidado, no sólo en cuanto a la selección de las personas que han de definirlos sino también en el contenido concreto y discernible de cada elemento del conjunto.

### 2.1. Conjunto de Productos.

Deben ser elegidos por personas que puedan conocer las necesidades de productos a plazo medio y largo. Han de realizarse estimaciones de los posibles mercados, así como de los índices previsibles de crecimiento o decrecimiento de estos mercados, y tener además una estimación cualitativa del grado de dinamicidad tecnológica de cada producto.

La elección de productos debe individualizarlos hasta el punto en que pueda hablarse de unas ventas posibles y unas técnicas de fabricación determinadas.

Para obtener este conjunto se sugiere utilizar un método Delphi modificado.

La propuesta de funcionamiento es:

- Selección, por el grupo de trabajo, de un conjunto de personas pertenecientes a las Fuerzas Armadas y a las Industrias de Armamento que se suponga puedan tener, aun subconscientemente, el mayor conocimiento respecto a los mercados de los productos a estudiar.

- Envío a este panel de expertos de un documento explicativo de lo que se espera de ellos. La petición debe ir suficientemente estructurada para que no existan dudas respecto a los datos que se solicitan, a fin de que las respuestas sean homogéneas.

Los datos a solicitar son:

- \* Nombre del producto.
  - \* Mercado previsible a un plazo determinado. Dado que se desean tomar acciones de I + D, el plazo debe ser del orden de cinco años.
  - \* Variación esperable de ese mercado. Dar posibilidades de respuestas claras. Por ejemplo, crecimiento importante ++, crecimiento lento +, estancamiento del mercado 0, producto con mercado decreciente —.
  - \* Dinamicidad tecnológica del producto. También deben ceñirse las respuestas a valoraciones cualitativas, por ejemplo: **A** Dinamicidad tecnológica alta, **M** media, **B** baja.
- Las respuestas recibidas permitirán, mediante su comparación, realizar un listado que podemos llamar listado más probable y en el que incluiremos los datos con mayor número de respuestas favorables.
  - Se volverá a enviar a cada experto el listado más probable, así como su propia respuesta. Se solicitará que, a la vista de las respuestas del resto del panel, cuyo valor medio o más probable se le suministra, vuelva a enviar su listado modificando lo que crea conveniente o afirmándose en aquellos datos que se separan de listado más probable. En este caso se ruega den las razones que justifican su apreciación.
  - Finalmente se realiza una reunión de todos los expertos para discutir dicho listado, que después de esta reunión se considera definitivo.

Con este procedimiento estamos recogiendo el conocimiento distribuido existente, y si la selección de expertos se ha realizado convenientemente, habremos obtenido probablemente el mejor listado posible con el nivel de conocimientos actual. En base a estos datos será preciso trabajar.

## 2.2. **Conjunto de Areas Tecnológicas.**

El primer punto conflictivo para lograr este conjunto es la propia definición de lo que entendemos por área tecnológica.

Dado que intentamos conocer las mejores acciones a tomar para incidir en desarrollo de productos, entendemos que no tiene sentido introducir una clasificación académica de las ciencias y las tecnologías.

Este conjunto debe estar elegido de forma que los resultados del estudio permitan realizar acciones concretas que repercutan en la posibilidad de resolver problemas tecnológicos de la fabricación de dichos productos.

En este sentido proponemos como área tecnológica el conjunto mínimo de conocimientos y dominio de técnicas que debe poseer un técnico especialista en un campo determinado. Lógicamente, en la mayoría de los casos cualquier profesional dominará varias áreas tecnológicas, lo cual no resta validez a la definición. Por el contrario, no es imaginable que un técnico especialista en cualquiera de las tecnologías así definidas no la domine en su totalidad.

Así pues, por extensión, la "tecnología" que posee una empresa es el conjunto de las tecnologías sedimentadas por sus técnicos.

## 2.3. **Procedimiento.**

En base a la definición indicada en el apartado anterior, para realizar la clasificación buscada se sugiere el proceso que se describe a continuación.

En primer lugar, el equipo de trabajo realizará una clasificación previa que será remitida a una serie de expertos destacados a nivel nacional, y ligados tanto al ámbito de la empresa privada, como al de la investigación oficial.

A estos expertos se les rogará que aporten cuantas precisiones y modificaciones estimen oportunas, dándoles incluso la opción de ofrecer una nueva clasificación esencialmente distinta.

A la vista de éstas, el equipo de trabajo realizará una nueva clasificación que será utilizada durante el proceso de elaboración de la matriz cuya descripción se ofrecerá en el próximo apartado.

Durante este proceso, la clasificación propuesta mostrará seguramente algunas carencias e imprecisiones, por lo que irá sufriendo algunas modificaciones.

Al final de todo el proceso se llegará a establecer como definitiva la clasificación de áreas tecnológicas sobre la que se actuará, de acuerdo a los resultados del modelo.

Como criterio general se procederá a una clasificación con divisiones sucesivas con mayor detalle, buscando siempre que las áreas tecnológicas queden definidas suficientemente, a fin de que las acciones a tomar según los resultados del estudio sean posibles. A título de ejemplo, es evidente que si la clasificación queda al nivel de mecánica, electrónica, óptica, etc., cualquier intento de utilizar los resultados es inviable. Lo mismo podría suceder si la clasificación llegase al extremo de referirse a algo tan concreto como Tecnología CMOS para circuitos integrados.

### 3. MATRIZ PRODUCTOS-AREAS TECNOLOGICAS.

Esta fase es otra parte fundamental del trabajo. Mediante su realización conoceremos una serie de datos que nos permitirán posteriormente evaluar la oportunidad de promover cada una de las áreas tecnológicas.

Los datos principales a recoger son:

- Grado de influencia de cada área tecnológica en el desarrollo de cada producto. Será preciso enviar a los expertos unas calificaciones concretas y definitivas. Fundamentalmente conviene resaltar las áreas tecnológicas críticas y las importantes. Consideramos críticas aquellas de las que depende fundamentalmente la consecución de un producto competitivo en el mercado. Importante es el área tecnológica fundamental para lograr un producto, pero de la que no se espera que proporcione un mejor nivel de competitividad. Estos niveles de importancia se pueden reflejar por figuras diferentes en las casillas correspondientes, por ejemplo, un círculo para las críticas y un rombo para las importantes. En el caso que se considere oportuno, se puede introducir un cuadrado para áreas tecnológicas que intervienen con un menor grado de influencia.

- Grado actual de disponibilidad o accesibilidad de la industria española a cada una de estas áreas tecnológicas en su aplicación concreta a la fabricación de cada producto.

Como valoración sugerimos se escriba, dentro de cada círculo o rombo, un número del 0 al 4, con el siguiente criterio:

0. Se trata de un área tecnológica inaccesible para la industria española, que no hay más remedio que importar si se quiere disponer de ella.
1. Área tecnológica accesible, pero mediante un gran esfuerzo. Estaría en duda si sería más positivo importarla que desarrollarla.
2. Área tecnológica que, aunque exija un esfuerzo importante para dominarla, está al alcance de la Industria y los Centros de Investigación españoles.
3. Área tecnológica que puede ser dominada con poco esfuerzo.
4. Área tecnológica que actualmente está dominada.

### **3.1. Método de realización de la matriz.**

Se propone un método Delphi como el anteriormente citado.

Los expertos deben ser elegidos entre utilizadores, fabricantes y organismos de investigación, a fin de contar con diferentes enfoques del problema.

Las reuniones finales en las que se elaborarán las matrices definitivas han de prepararse con sumo cuidado, siendo conveniente realizar diferentes reuniones por temas.

## **4. TRATAMIENTO DE LOS DATOS MEDIANTE EL MODELO DE OPORTUNIDAD TECNOLÓGICA.**

### **4.1. Planteamiento General.**

Llegados a este punto del estudio, se plantea la necesidad de idear un procedimiento de algún tipo para obtener conclusiones de modo sistemático, en relación con las dilatadas listas de procedimientos y tecnologías en torno a las cuales se ha venido trabajando.

Básicamente se cuenta, como producto de todo el largo proceso de análisis anterior, con unas ciertas evaluaciones del nivel de criticidad de una determinada tecnología en la fabricación de un producto y del nivel de accesibilidad de la industria española hasta esa tecnología aplicada, precisamente a la fabricación del producto indicado, cuyo volumen de mercado da una idea cuantitativa de su importancia.

A partir de esta información, de la cual se dispone para toda una larga serie de productos agrupados por subsectores y una gama de áreas tecnológicas, que abarcan prácticamente todo el saber técnico aplicable a la fabricación de los productos, es preciso obtener alguna norma que permita orientar los esfuerzos de I + D, de forma que se obtenga una máxima rentabilidad para los recursos aplicados.

Parace evidente que esta máxima rentabilidad se obtendrá si los esfuerzos van dirigidos, preferentemente, a actuar sobre aquellas tecnologías que ofrecen la posibilidad de fabricar productos de máximo interés, con un coste comparativamente menor.

Si el principio de selección es obvio, en cambio el método para esa misma selección aparece enormemente complejo en cuanto se empieza a trabajar en él. Enseguida se comprende que las interrelaciones entre las diversas variables, que aparecen por doquier, imposibilitan la obtención de resultados válidos sobre la base de algoritmos sencillos o de selecciones más o menos intuitivas. Por el contrario, el número de datos de partida y la complejidad de las relaciones que se manifiestan entre ellos indican rápidamente la necesidad de aplicar cierto tipo de modelos matemáticos a la resolución del problema.

La utilización de modelos matemáticos, de cierta complejidad, para la toma de decisiones o el establecimiento de previsiones futuras en relación con fenómenos o actividades de raíz económica, sociológica, política, cultural, etc., ha sido sometida últimamente a fuertes críticas. Parece indudable que este "abandono" de los modelos (más pregonado que real, por otra parte) está en cierto modo justificado por los abusos que, en los últimos tiempos, se venía haciendo de ellos, utilizándolos como recurso para salvar cualquier situación de incertidumbre, y otorgándoles una fiabilidad y una significación que nunca habían tenido, y que quedaba desmentida en muchas ocasiones, incluso antes de la aplicación del modelo, por

la precaria fiabilidad de los mismos datos de entrada que los alimentaban.

Con este rechazo global, la comunidad científica y técnica ha hecho patente su reacción ante estos abusos, y aunque quizás en algunos momentos se haya caído en un cierto histerismo, en contra de los modelos matemáticos, en conjunto los criterios en este terreno han quedado mucho más centrados, tras las fuertes polémicas registradas, que ciertamente continúan todavía.

Ahora todo el que utiliza modelos matemáticos es consciente de que los resultados que proporcionan no son mejores por el hecho de haber sido calculados mediante ciertas reglas lógicas explícitas y repetitivas. El modelo sacrifica matices, datos colaterales, intuiciones y otros elementos de juicio del mayor interés, pero a cambio permite introducir y obtener juegos de datos y conjunto de resultados de gran extensión, que de otra manera sería imposible abordar. La conveniencia e incluso a veces la necesidad de la utilización de modelos deriva, por consiguiente, sobre todo de los propios términos en que está planteado el problema. El modelo deja de ser la mejor solución, la que proporciona resultados más certeros, para pasar a ser la más asequible de las soluciones válidas posibles. Reconociendo sus limitaciones los modelos matemáticos no se devalúan, sino que se afianzan como herramientas de cálculo para todo tipo de análisis.

#### 4.2. **Diseño del modelo.**

Teniendo bien presente todas las cuestiones puestas de manifiesto en el apartado anterior, se ha procedido a elaborar un modelo matemático capaz de proporcionar, con los datos de partida disponibles respecto al mercado, criticidad y accesibilidad de los productos y tecnologías presentes en electrónica profesional, un cierto criterio para evaluar comparativamente el interés de invertir en I + D, en cada una de las áreas tecnológicas identificadas.

Para la definición del modelo se ha procedido de la forma siguiente:

Se ha buscado preferentemente encontrar una relación ordenada, tanto en Areas Tecnológicas como de Productos, en función de la rentabilidad nacional de su desarrollo. Para ello se ha tenido muy en cuenta los efectos de acciones colaterales inducidas.



La mayor dificultad estriba en escoger unos coeficientes que permitan cuantificar unos efectos generados por causas cuya acción en forma cualitativa es evidente. Respecto a los valores asignados a estos coeficientes se abre realmente un período de comprobación ya que solamente la contrastación con la realidad permite depurar el modelo.

El modelo matemático está compuesto por un conjunto de fórmulas que vamos a subdividir en dos grandes grupos:

- Grupo A. Aquellas que se refieren a la clasificación de Areas Tecnológicas.
- Grupo B. Aquellas que permiten la clasificación de productos.

El modelo se ha realizado de forma que, con gran facilidad, pueda realizarse un proceso iterativo, ya que por ejemplo, al eliminarse unos productos con una rentabilidad de producción baja vendrán modificadas todas las clasificaciones debido a los efectos colaterales que estos producían.

### **Grupo A.**

#### **— Fórmulas correspondientes a las Areas Tecnológicas:**

En primer lugar estudiamos el impacto o trascendencia que para el sector industrial tiene el desarrollo de un Area Tecnológica determinada.

La trascendencia del desarrollo de un área tecnológica resultará como la suma de la importancia de su desarrollo en los distintos productos en los que interviene.

Si denominamos  $(IAi)_j$  a la importancia del desarrollo del área tecnológica  $A_i$  para el sector a través del producto  $P_j$  y como  $IA_i$  a la importancia del desarrollo del área tecnológica  $A_i$  para el sector en general resultará que

$$IA_i = \sum_{j=i}^n (IAi)_j$$

Este  $(IAi)_j$  dependerá directamente del mercado del producto  $P_j$ ,  $(IAi) = K_j \cdot Mp_j$ .

Asimismo, será función directa y con una mayor dependencia aún que del mercado, del crecimiento del mercado previsto, ya que el desarrollo del  $A_i$  repercute principalmente hacia el futuro. Esa fuerte dependencia respecto al crecimiento del mercado la hemos introducido elevando al cuadrado el valor de este incremento.  $(IA_i)_j = K_2 (\Delta p_j)^2$ .

Existen finalmente dos factores que son: la dinamicidad tecnológica del producto y la importancia del área tecnológica para el producto considerado.

Respecto a la dinamicidad tecnológica se considera que la importancia del desarrollo de  $A_i$  tiene dependencia directa, ya que a mayor dinamicidad tecnológica, mayor necesidad de dominar las áreas tecnológicas de las que depende el desarrollo del producto, a fin de poder sacar nuevos productos tecnológicamente competitivos.

Por otra parte, parece evidente que será tanto mayor la importancia de  $(A_i)_j$  cuanto mayor sea la importancia de la incidencia del dominio del área tecnológica para el producto en cuestión.

Hemos introducido estas dependencias mediante un coeficiente  $\alpha_{ij}$  cuyo valor para cada  $(IA_i)_j$  viene dado por la siguiente tabla:

D.T. \ Imp.	<>	0
A	1,5	4
M	1,2	3
B	1	2

Por otra parte, hemos querido introducir la diferencia entre aquellas áreas tecnológicas cuyo dominio significa prácticamente la solución del producto y aquellas otras que sólo resuelven una parte del producto. Para ello repartimos proporcionalmente el

producto, mercado por incremento del mercado elevado al cuadrado, respecto a las distintas  $\alpha_{ij}$  correspondientes a las  $A_i$  que intervienen en el  $P_j$ .

Con todo lo cual la importancia sectorial del desarrollo  $A_i$  vendrá dada por:

$$I_{A_i} = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij}}{\sum \alpha_{ij}} M_{pj} (\Delta M_{pj})^2$$

Estudiaremos ahora el coste del desarrollo de cada área tecnológica.

Por ello cuantifiquemos, en primer lugar, los valores cualitativos de dificultad que se han introducido para cada  $A_j$ .

Consideramos que un cero (0) implica que ha de realizarse todo el proceso de innovación completo, es decir, investigación básica (IB), aplicada (IA), de desarrollo (ID) y de industrialización (II).

El (1) uno indica que debe realizarse parte del esfuerzo de IB, del orden de un 25 %, y todos los restantes completos.

El (2) dos lo consideramos como el 50 % del esfuerzo de IA y todo el de ID e II.

El (3) tres todo el de ID e II.

El (4) cuatro solamente el de II.

Por otra parte, juzgamos que los esfuerzos necesarios para desarrollar las diferentes etapas a un plazo determinado están en las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{Esfuerzo ID}}{\text{Esfuerzo II}} = 3 \frac{\text{Esfuerzo IA}}{\text{Esfuerzo ID}} = 4 \frac{\text{Esfuerzo IB}}{\text{Esfuerzo IA}} \approx$$

Esto da lugar a las siguientes correlaciones si llamamos 1 al esfuerzo en II.

		0	1	2	3	4
80	IB					
12	IA					
3	ID					
1	II					
		96	36	10	4	1

Obtenemos por tanto las siguientes relaciones.  $\left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow 96 \\ 1 \rightarrow 36 \\ 2 \rightarrow 10 \\ 3 \rightarrow 4 \\ 4 \rightarrow 1 \end{array} \right.$

a estos valores les llamaremos  $\beta_{ij}$ .

El coste del desarrollo tecnológico, para cada  $A_{ij}$ , no depende sólo del  $\beta_{ij}$  correspondiente, sino también del número de otros productos para los que esa misma área tecnológica sea precisa, bien sea en el mismo subsector o en otro, así como el nivel de dificultad para alcanzar cada uno de los desarrollos correspondientes.

Entendemos que si el área tecnológica  $A_i$  es necesaria en dos productos, con el mismo esfuerzo en ambos, el esfuerzo total no es el doble pues la tecnología adquirida en un desarrollo influye en el otro. Hemos cuantificado esa interdependencia de forma que el esfuerzo en el caso del ejemplo sea 1,8 E en vez de 2 E, en el caso de que se trate del mismo subsector.

Los distintos coeficientes escogidos, según las relaciones entre el índice de dificultad de  $A_{ij}$  y los restantes  $A_{ik}$ , vienen dados en la siguiente tabla:

Dificultad	N.º elementos AiK con esa diferencia en el mismo Subsector		Subsector
<u>Aik-Aij</u>	<u>Subsector</u>		
- 4	1/75	n8	1/100 n8 †
- 3	1/60	n7	1/75 n7 †
- 2	1/45	n6	1/60 n6 †
- 1	1/30	n5	1/45 n5 †
0	1/9	n0	1/19 n0 †
+ 1	1/8	n1	1/18 n1 †
+ 2	1/7	n2	1/17 n2 †
+ 3	1/6	n3	1/16 n3 †
+ 4	1/5	n4	1/15 n4 †

El coste de Aij se obtiene:

$$C_{ij} = \beta_{ij} \left(\frac{9}{10}\right)^{n_0-1} \left(\frac{8}{9}\right)^{n_1} \left(\frac{7}{8}\right)^{n_2} \left(\frac{6}{7}\right)^{n_3} \left(\frac{5}{6}\right)^{n_4} \left(\frac{29}{30}\right)^{n_5} \\ \left(\frac{44}{45}\right)^{n_6} \left(\frac{59}{60}\right)^{n_7} \left(\frac{74}{75}\right)^{n_9} \left(\frac{18}{19}\right)^{n_0^\dagger} \left(\frac{17}{18}\right)^{n_1^\dagger} \left(\frac{16}{17}\right)^{n_2^\dagger} \\ \left(\frac{15}{16}\right)^{n_3^\dagger} \left(\frac{14}{15}\right)^{n_4^\dagger} \left(\frac{44}{45}\right)^{n_5^\dagger} \left(\frac{59}{60}\right)^{n_6^\dagger} \left(\frac{74}{75}\right)^{n_7^\dagger} \left(\frac{99}{100}\right)^{n_8^\dagger}$$

El coste de la tecnología Ai sería:

$$CA_i = \sum_{j=i}^n C_{ij}$$

## GRUPO B

### — Fórmulas correspondientes a los productos:

Estudiaremos ahora la importancia nacional que tiene el desarrollo de innovación, en una familia de productos determinada.

Consideraremos dos facetas de esta importancia:

- Por una parte la debida a la necesidad nacional de los productos en si mismos y la llamaremos  $I_{P_j}^D$  importancia directa de los productos  $P_j$ .
- Por otra parte la que se deriva del desarrollo de las áreas tecnológicas necesarias, para esa familia de productos y la influencia que este desarrollo tiene en aumentar las posibilidades de innovación en otros productos. La llamaremos  $I_{P_j}^C$  importancia colateral de los productos  $P_j$ .

### **Importancia directa.**

Dependerá fundamentalmente de las siguientes magnitudes:

- Mercado de los productos  $P_j$ . Dependencia directa.
- Crecimiento del mercado durante el período considerado. Dependencia directa y mayor influencia que el mercado. Se ha introducido, en una primera aproximación, como el cuadro del crecimiento, tal como se hizo en las áreas tecnológicas.
- Dinamicidad del producto: Consideramos que en este caso debe haber una dependencia inversa, ya que a mayor dinamicidad tecnológica, existe una mayor y más rápida obsolescencia de los productos. Como la dinamicidad tecnológica está recogida en la matriz de forma cualitativa, es preciso cuantificar o ponderar lo que hemos llamado alta, media o baja dinamicidad. Introducimos un factor  $SDT_{P_j}$ , cuyo valor viene dado por la siguiente tabla:

$$SDT_{P_j} \begin{cases} A - 1 \\ M - 2 \\ B - 4 \end{cases}$$

La importancia directa vendrá dada por:

$$I_{P_j}^D = M_{P_j} \cdot SDT_{P_j} (\Delta M_{P_j})^2$$

### Importancia colateral.

Esta importancia viene fijada por la incidencia que el desarrollo de un área tecnológica determinada  $A_i$ , necesaria para la obtención de innovación en la familia de productos  $P_j$ , tiene sobre el desarrollo de innovación en la familia de productos  $P_k$  para la que también es necesaria dicha área tecnológica.

Recordemos que  $IA_{ik}$ , el impacto nacional del área tecnológica  $A_i$  mediante la innovación en la familia de productos  $P_k$ , viene dado por:

$$IA_{ik} = \frac{ik}{\sum_k ik} M_{pk} (\Delta M_{pk})^2$$

Por otra parte el desarrollo de  $A_i$  para  $P_j$  no resuelve en su totalidad la problemática del desarrollo necesario de  $A_i$  para  $P_k$ . Influirá en mayor o menor grado dependiendo de dos factores fundamentales:

- Por una parte que el nivel tecnológico necesario para el producto  $P_j$  sea mayor, igual o menor que el necesario para  $P_k$ . Cuanta mayor diferencia de nivel de dificultad exista entre los desarrollos necesarios de  $A_i$  para los productos  $P_j$  y  $P_k$ , siempre que sea más alto el necesario para  $P_j$ , mayor será la incidencia positiva en el desarrollo de los  $P_k$ .
- Por otra parte tanto mayor será esta incidencia positiva en el desarrollo del otro producto cuanto más parecidos sean ambos y esto por dos causas:
  - Por estar más relacionadas las tecnologías entre sí.
  - Por existir mayor intercambio de conocimientos entre los equipos humanos que desarrollan ambos productos, al pertenecer ambas familias de productos al mismo subsector industrial.

La cuantificación de estos efectos la lograremos introduciendo unos coeficientes  $(m_i)_{jk}$ , cuyo valor viene dado por la tabla siguiente:

Tabla de valores de  $(m_i)_{jk}$

MISMO SUBSECTOR	GRADO DIFICULTAD $A_{ij}$ - GRADO DIFICULTAD $A_{ik}$	DISTINTO SUBSECTOR
75	+ 4	100
60	+ 3	75
45	+ 2	60
30	+ 1	45
9	0	20
8	- 1	19
7	- 2	18
6	- 3	17
5	- 4	16

La importancia colateral para cada área tecnológica  $A_i$  que interviene en el producto  $P_j$  vendrá dada por:

$$\bar{Z} = \frac{1}{(m_i)_{jk}} |A_{ik}$$

y la importancia colateral se obtendrá por:

$$I_{pj}^c = \bar{Z}_i \bar{Z}_k \frac{1}{(m_i)_{jk}} |A_{ik}$$

### Costes de desarrollo del producto $P_j$ .

Al ser conocidos los costes del desarrollo de cada área tecnológica que interviene en el producto  $C_{ij}$ , el coste total se obtendría por suma de ellos:

$$C_{pj} = \sum_i C_{ij}$$



## 5.—EJEMPLO:

Se podría añadir como ejemplo, los parámetros de un estudio sobre productos de electrónica profesional del área de Defensa, como parte de un estudio general sobre electrónica profesional, realizado en los años 76-78.

Ni los productos ni las áreas tecnológicas entonces elegidos deben ser mantenidos lógicamente, ni los datos que aparecieron en la matriz tienen validez actual hoy.

En este ejemplo se puede valorar la importancia de la introducción en el modelo de diferentes criterios de selección.

En el primer caso, se han elegido los productos de acuerdo al siguiente criterio:

- Se seleccionan todos aquellos productos que, en la clasificación según importancia directa ocupan puesto dentro del primer 30 %.
- Asimismo, se seleccionan los que estando en dicha clasificación en el siguiente 20 %, están a la vez en el primer 30 % de alguna de las clasificaciones, según la importancia colateral o según el coste inverso.

En el segundo caso, se han elegido aquellos productos que en dos clasificaciones de los tres que se presentan (importancia directa, importancia colateral y coste inverso) se hallan al menos en la primera mitad de dos de ellos.

En los resultados que se presentan respecto a áreas tecnológicas influyen lógicamente todos los demás productos de electrónica profesional y no sólo los de defensa.

### **Listado de áreas tecnológicas.**

- Electrónica analógica:
  - Amplificación.
  - Filtrado y recuperación de señales.
  - Modulación y demodulación.
  - Conversión.
  - Cálculo analógico.
  - Generación de funciones.

- Electrónica digital:
  - Electrónica de impulsos.
  - Sistemas de tratamiento aritmético de información digital.
  - Sistemas de tratamiento lógico de información digital.
  - Almacenamiento de información digital.
  - Métodos de protección de información digital.
  - Transmisión de información digital.
  - Técnica de microprocesadores.
  
- Tecnologías electrónicas de apoyo:
  - Transmisión de señales.
  - Visualización y registro.
  - Convertidores estáticos de energía eléctrica.
  
- Informática:
  - Soporte físico de Arquitectura de ordenadores y sistemas.
  - Soporte lógico.
    - \* Software básico.
    - \* Software de aplicación.
  
- Control automático:
  - Teoría del control.
  - Análisis y control de sistemas complejos.
  - Control mediante computador.
  - Ingeniería de control.
    - \* Dispositivos de Tratamiento y Actuación.
  
- Tecnologías complementarias:
  - Tecnologías de fluidos.
  - Tecnologías electromecánicas.
  - Tecnologías mecánicas.
  - Tecnologías ópticas.
  - Tecnologías físico-químicas.
  - Tecnologías de industrialización.

**Colección Cuadernos de Estrategia**

