

PRODUCCION DE MATERIALES EN LA INGENIERIA DE DEFENSA

*Ernesto Zumelzu Delgado
Ingeniero Civil Metalúrgico*

Introducción

ERCA de la mitad de la investigación y desarrollo del mundo occidental es efectuada en Estados Unidos; con un presupuesto para tal efecto de 87.200 millones de dólares en 1983 y 124.250 millones de dólares en 1987, este país gasta más dinero en ciencia y tecnología¹ que las naciones industrializadas en Europa y Japón.

En los últimos años la percepción del valor del "know-how" tecnológico y del libre acceso a esta información ha cambiado considerablemente; hay limitaciones y restricciones para acceder al avance científico y tecnológico, es-

pecialmente por evitar la transferencia de tecnologías a potenciales competidores.

Por otra parte, la ciencia y la ingeniería siguen siendo actores fundamentales en el desarrollo tecnológico de prácticamente todas las áreas de producción económica de los países. En este sentido, son visibles los esfuerzos de los países desarrollados para invertir en investigación, tanto con el apoyo del sector privado como público; sin embargo, los fondos gubernamentales siguen siendo relevantes y altamente significativos para los objetivos de defensa y crecimiento industrial, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1
Porcentaje por objetivos de fondos gubernamentales para investigación y desarrollo, Período 1983-1986²

Objetivo	EE.UU.	Japón	R.F.A.	Reino Unido	Francia
Defensa	69	3	12	52	31
Espacial	5	5	5	2	6
Energía	4	14	11	5	7
Salud	10	3	3	4	4
Agricultura	2	11	2	5	4
Industria e investig. básica	10	64	67	32	48

¹ National Science Board: Science engineering indicators. National Science Foundation, Washington D.C., 1987, p. 236.

² National Science Foundation, 1988, y Organization for Economic Cooperation and Development, 1988.

El área de defensa genera en la investigación de nuevos materiales y sus aplicaciones un efecto multiplicador de usos civiles, por la importante fuente de financiamiento con que cuenta y el desarrollo de tecnologías de punta que permiten substituir, bajo condiciones económicas más favorables, a los materiales tradicionales.

Dentro de este contexto, el presente artículo pretende destacar que la ciencia e ingeniería de materiales evoluciona influida por el desarrollo de los objetivos de defensa, espacio, energía, etc., y los avances tecnológicos implícitos en la producción de materiales considerados estratégicos y de alto valor agregado.

Muchos son los ejemplos que pueden ser mencionados en innovaciones de materiales para usos militares: Gafas polarizadas para pilotos de caza; chalecos antibalas Kevlar ultraligeros; desarrollo de materiales superconductores aplicados a prototipos de radares, cuyos componentes dan una señal 50 veces más fuerte que los hilos de cobre; obtención de nuevas aleaciones metálicas más ligeras, resistentes y duraderas, como lo son las de litio-aluminio usadas en la confección de satélites; desarrollo de aviones como el X-30 en Estados Unidos para el año 2000, con una velocidad de mach 6 y alas composites de carbono-carbono cubiertas con material cerámico, para resistir temperaturas cercanas a los 3 mil grados Celsius, y con fuselajes de aleación titanio-aluminio. Revestimientos de cubiertas de transbordadores espaciales del tipo glazado negro de boro-silicato, que absorben alrededor del 95 por ciento del calor al entrar a la atmósfera; fibras retardantes al fuego, como las Aramid (Nomex) desarrolladas para la protección de pilotos de combate y astronautas; clorofilas resistentes al desgaste térmico, etc.

Otros avances son las cerámicas termomecánicas como las desarrolladas en el Programa DARPA en Estados Unidos, en 1971, para la puesta a punto de un motor turbo para vehículos terrestres que admitieran temperaturas de 1.370 grados Celsius; en aplicaciones militares, la firma Cummins del mencionado país³ desarrolla un motor alternativo de aislamiento térmico reforzado con la ayuda de revestimientos de zirconio; programas europeos como el EURAM, con temas referidos a la utilización de cerámicas en turbinas de gas y cerámicas para motores diesel; la fibra de carbón utilizada en la

construcción de aviones y el mejoramiento de las superestructuras de acero y aluminio en la fabricación de buques de guerra.

Estos avances en materiales y su producción con alta tecnología dejan latente factores de competitividad en varios aspectos, puesto que no se trata sólo del desarrollo de la ciencia y tecnologías necesarias, sino también de su adaptación a los sistemas productivos y su comercialización.

Investigación científica e ingeniería de producción

Una vez que la investigación básica produce ideas con buenas oportunidades de aplicación, la ingeniería toma su rol de diseñar los métodos y mecanismos de producción.

Así entonces, un material terminado es el resultado no sólo de la investigación científica sino también de la ingeniería de producción y de factores más administrativos que hoy en día son denominados ciencia de la manufactura, de tal forma que un análisis de esta problemática debe considerar cada uno de los factores involucrados.

Lo anterior se respalda con la figura 1, que es un modelo basado en estudios de la Sociedad de Investigación de Materiales⁴.

Dentro de este modelo de desarrollo queda implícita la necesidad del reciclamiento de materiales en todos sus niveles, por su impacto en la contaminación ambiental, constituyendo ya una exigencia social.

Por otra parte, la falta de reconocimiento del papel de la ciencia de la manufactura ha sido en muchos casos la razón del fracaso de excelentes ideas o diseño en ingeniería; de ahí que en los países industrializados, para premiar el cambio e incrementar la producción en manufactura son considerados, entre otros factores, fomentar: el desarrollo tecnológico, el control de calidad, la interdisciplinariedad y la relación con el entorno social.

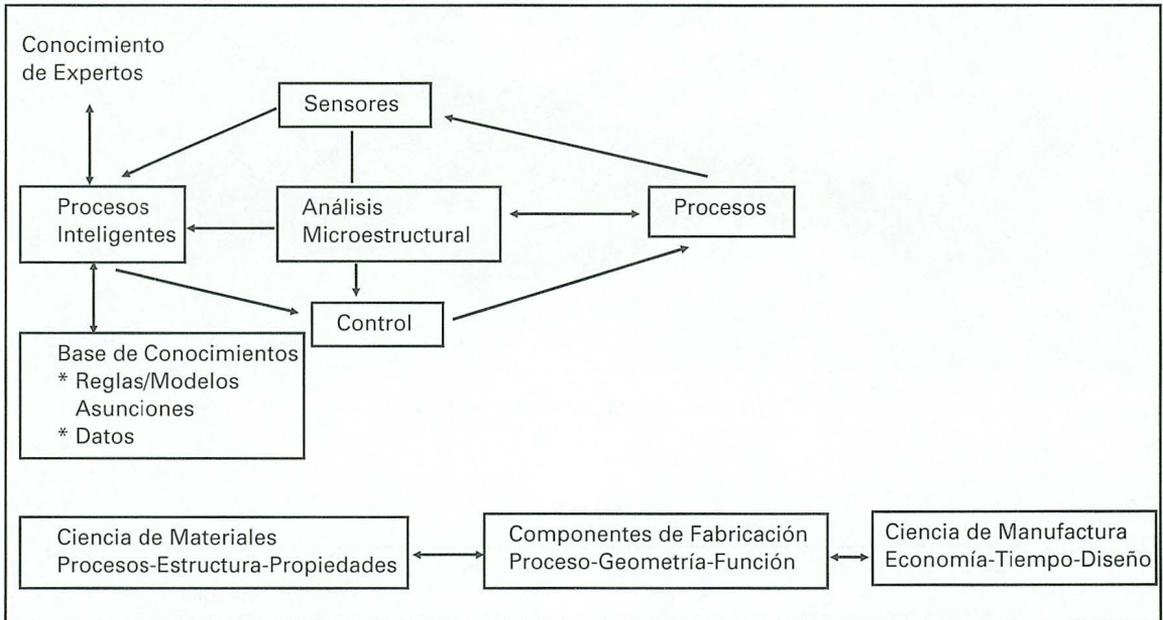
Crecimiento de materiales avanzados

El avance y desarrollo de materiales ha sido realmente espectacular para el caso de los materiales compuestos o composites, los cuales son principalmente combinaciones de plásticos, ya sean fibras, láminas o partículas.

³ Boch, P.: "Les céramiques thermomécaniques", *La Recherche* N° 185, vol. 18, 1987.

⁴ *Materials Research Society*, bulletin de abril de 1992.

Figura 1. Elementos y Componentes de la Ingeniería de Producción para el desarrollo de Materiales



La Tabla 2 proporciona información del crecimiento de estos materiales compuestos frente a los tradicionales⁵.

Tabla 2
Índice de crecimiento de materiales avanzados en países desarrollados

Materiales	% Anual 1986-88
Compuestos	16
Plásticos de ingeniería, especiales	12
Cerámicos	10
Metales	9

Los factores costos, confiabilidad y complejidad que afectan la competencia de los compuestos avanzados con los materiales de energía tradicional han sido actualmente superados.

Los materiales compuestos se destacan por la buena relación de peso-resistencia⁶, considerando además que la reducción del peso de

artefactos o vehículos se traduce en un ahorro energético en su funcionamiento.

Por ejemplo, la utilización de compuestos de grafito-resinas epóxicas en los Boeing 757 y 767 reduce el peso en 387 kilogramos, lo cual disminuye el consumo de combustible en un 2 por ciento, ahorrándose 378.540 litros de combustible por avión al año.

La sustitución de este tipo de compuestos por aleaciones de aluminio en el fuselaje pueden reducir hasta en un 30 por ciento los costos de producción. En general, se estima que por cada 1 por ciento de reducción de peso en los vehículos disminuye un 0,5 por ciento el consumo de combustible.

Otro caso interesante de mencionar es el de la fabricación de helicópteros. De una manera muy global, los porcentajes⁷ del peso de estructuras de materiales sin equipo ni motor son presentados en la Tabla 3.

El incremento de porcentajes de materiales compuestos en los helicópteros del futuro, casi en igual proporción que las aleaciones ligeras base aluminio, es un desafío o apremio en cuanto a los costos. Los mejoramientos de los

⁵ Flash, R.: "Advanced Materials Markets", *Chemtech*, 1988, pp. 408- 412.

⁶ Zumelzu, E.: "Nuevos materiales para la industria naval", *Revista de Marina* N° 4/1988, pp. 420-423.

⁷ Odorico, J.: "Evolución de los materiales para las nuevas estructuras de aviones y helicópteros", CINDEF 187, *Aerospatiale*, France, 1987.



Helicóptero "Super Puma" AS-332-F1

Tabla 3

Tipo de helicóptero	Aleaciones ligeras (A1)	Aceros	Compuestos	Otros no metálicos
Helicópteros actuales	62	15	21	2
Mejoramiento de los aparatos actuales (<i>Dauphin 2</i>)	59	15	24	2
Helicópteros futuros	45	13*	40	2

*Más titanio

vehículos o artefactos actuales deben ser obtenidos sin un aumento notable del costo de fabricación de los aparatos; de ahí la necesidad de una evolución en la reducción de pesos de estructuras, sin que disminuya la funcionalidad y operación de éstos.

Otro ejemplo que merece ser destacado es la evolución en el peso, sin disminuir la efectividad, de los misiles aire-superficie utilizados especialmente en conflictos navales. La Tabla 4 muestra en forma aproximada cálculos estimados de la reducción en la relación peso/longitud de diferentes misiles⁸.

En otras áreas, las superestructuras del aluminio son objeto de estudios por diseñadores de buques de guerra, porque se reduce el peso de su parte superior y así se permite la adición de más armas y equipamientos pesados —facilidades para helicópteros, hangares,

Tabla 4

Misil aire-superficie	Relación peso/longitud (kg/cm)	% Reducción comparado al "Otomat"
Otomat	1.71	—
Sea Eagle	1.50	12.28
Exocet	1.41	17.54
Harpoon	1.39	18.71
Sea Skua	0.58	66.08

plataforma de lanzamiento— sin sacrificar la estabilidad.

El creciente desarrollo de los polímeros conductores muy livianos, que son plásticos a

⁸ British Aerospace: Guided Weapons & Air Power, Docu, 8 pp., 1987.

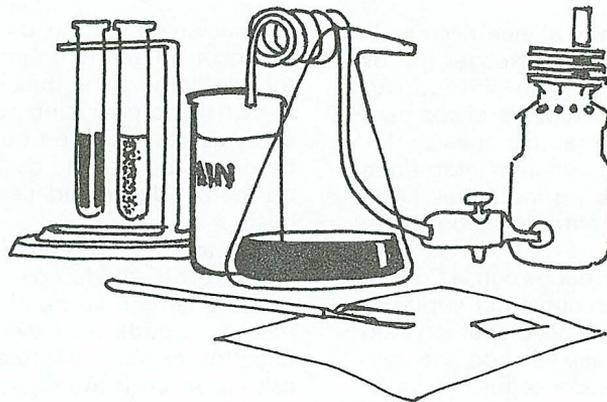
los cuales se les adiciona partículas metálicas conductoras de carbono o aluminio, ha permitido obtener combinaciones de materiales como el polipirrol y el politiofeno, que dispersos en formas de fibrillas de diámetros submicrónicos en matrices poliméricas de PVC (policloruro de vinilo) y policarbonatos, adquieren grandes propiedades de protección electromagnética y electrostática, por lo que son usadas —por ejemplo— en los aviones de combate F-19, los cuales son prácticamente invisibles al radar debido a estos materiales. Todos estos avances seguirán incrementándose a futuro pues la tendencia es combinar o mezclar distintos materiales entre sí, ya sean cerámicos, metálicos o polímeros.

El diseño permitirá obtener propiedades específicas⁹, teniendo presente que el desarrollo de "nuevos materiales" debe satisfacer factores muy precisos, como son la flexibilidad, exactitud, continuidad y calidad total.

Reflexiones finales

—De acuerdo a los antecedentes ya analizados y a la literatura existente, hoy en día se puede afirmar que las principales características de los materiales avanzados es que son intensivos en "neuronas", son diseñados a la medida, son obtenidos por procesos de alta tecnología o bien forman parte de un producto de alta tecnología sustentada en investigación y desarrollo, principalmente en las áreas de defensa, espacio o energía.

—Dentro de la globalización de la economía y de la transferencia tecnológica se nos presentan retos o desafíos para encontrar líneas de investigación y desarrollo propias que permitan pasar de seguidores de tecnología a generadores de la misma en ciertas áreas. Además, se da la oportunidad de aprovechar las coyunturas socioeconómicas actuales para encontrar caminos de organización y desarrollo originales y nacionales, con un impacto que trascienda más allá de nuestras fronteras.



⁹ Houbaert, Y.: *Comunicación personal*, Universidad de Gante, Bélgica, 1992.