

- Martínez Sánchez, A. (1992), "La Estrategia de Fabricación y la Competitividad en la Empresa", *Alta Dirección*, Vol. 162, pp. 65-74.
- Maruchek, A.; Parnesi, R.; Anderson, C. (1990), "An Exploratory Study of the Manufacturing Strategy Process in Practice", *Journal of Operations Management*, Vol. 9, nº 1, pp. 101-123.
- Meredith, J. (1987), "The Strategic Advantages of New Manufacturing Technologies for Small Firms", *Strategic Management Journal*, Vol. 8, nº 3, pp. 249-258.
- Miller, J. G. (1981) "Fit Production Systems to the Task", *Harvard Business Review*, Vol. 59 (enero-febrero), pp. 145-154.
- Mills, J.; Platts, K.; Gregory, M. (1995), "A Framework for the Design of Manufacturing Strategy Processes: A Contingency Approach", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, nº 4, pp. 17-49.
- Miltenburg, J. (1995), *Manufacturing Strategy*, Productivity Press, Portland, Oregon.
- Montagno, R. V.; Ahmed, N. U.; Firenze, R. J. (1995), "Perceptions of Operations Strategies and Technologies in U.S. Manufacturing Firms", *Production and Inventory Management Journal*, second quarter, pp. 22-27.
- Platts, K. W.; Gregory, M. J. (1992), "A Manufacturing Audit Approach to Strategy Formulation", en VOSS, C. A., *Manufacturing Strategy, Process and Content*, Chapman & Hall, Londres, pp. 29-55.
- Rho, B.; Park, K.; Yu, Y. (2000), "An International Comparison of the Effect of Manufacturing Implementation Gap on Business Performance", *International Journal of Production Economics*, Vol. 17, pp. 89-97.
- Roth, A. V.; Van Der Velde, M. (1991), "Operations as Marketing: A Competitive Service Strategy", *Journal of Operations Management*, Vol. 10, nº 3, pp. 303-328.
- Sakakibara, S.; Flynn, B. B.; Schroeder, R. G.; Morris, W. T. (1997), "The Impact of Just in Time Manufacturing and its Infrastructure on Manufacturing Performance", *Management Science*, Vol. 43, nº 9, pp. 1246-1257.
- Saraph, J. V.; Benson, P. G.; Schroeder, R. G. (1989), "An Instrument for Measuring the Critical Factors of Quality Management", *Decision Sciences*, Vol. 20, nº 4, pp. 810-829.
- Samson, D.; Ford, S. (2000), "Manufacturing Practices and Performance: Comparisons between Australia y New Zealand", *International Journal of Production Economics*, Vol. 65, pp. 243-255.
- Schemenner, R. W. (1988), "Behind Labor Productivity Gains in the Factory", *Journal of Operations Management*, Vol. 8, pp. 323-328.
- Schemenner, R. W.; Cook, R. L. (1985), "Explaining Productivity Differences in North Carolina Factories", *Journal of Operations Management*, Vol. 5, nº 3, pp. 273-289.
- Schonberger, R. J.; Knod, E. M. (1988), *Operations Management, Serving the Customer*, (3ª edición), TX Business Publications.
- Schroeder, R. G. (1981), *Operations Management*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Schroeder, R. G.; Anderson, J. C.; Cleveland, G. (1986), "The Content of Manufacturing Strategy: An Empirical Study", *Journal of Operations Management*, Vol. 6, nº 4, pp. 405-416.
- Schroeder, R. G.; Lahr, T. N. (1990), "Development of Manufacturing Strategy: A Proven Process", en Etlie, J. E.; Burstein, M. C.; Fiegenbaum, A. (Eds), *Manufacturing Strategy*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 3-14.
- Skinner, W. (1969), "Manufacturing Missing Link in Corporate Strategy", *Harvard Business Review*, Vol. 47 (julio-agosto), pp. 136-145.
- Skinner, W. (1971), "The anachronistic Factory", *Harvard Business Review*, vol 49 (enero-febrero), pp. 110-119.
- Skinner, W. (1974), "The Focused Factory", *Harvard Business Review*, Vol. 52 (mayo-junio), pp. 113-121.
- Skinner, W. (1978), *Manufacturing in the Corporate Strategy*, John Wiley, USA.
- Skinner, W. (1985), *Manufacturing. The Formidable Competitive Weapon*, John Wiley, USA.
- Skinner, W. (1992), "Missing the Links in Manufacturing Strategy", en VOSS, C. A., *Manufacturing Strategy, Process and Content*, Chapman & Hall, Londres, pp. 13-28.
- Smith, T. S.; Reece, J. S. (1999), "The Relationship of Strategy, Fit, Productivity, and Business Performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 17, nº 2, pp. 147-161.
- Soteriou, A. C.; Hadiinicola, G. C.; Patsia, K. (1999), "Assessing Production and Operations Management Related Journals: The European Perspective", *Journal of Operations Management*, Vol. 17, nº 3, pp. 225-238.
- Stobaugh, R.; Telesio, P. (1983), "Match Manufacturing Policies and Product Strategy", *Harvard Business Review*, Vol. 62 (marzo-abril), pp. 113-120.
- Swamidass, P. M. (1986), "Manufacturing Strategy: Its Assessment and Practice", *Journal of Operations Management*, Vol. 6, nº 4, pp. 471-484.
- Swamidass, P. M.; Newell, W. T. (1987), "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytical Model", *Management Science*, Vol. 33, nº 4, pp. 509-524.
- Tunälv, C. (1992), "Manufacturing Strategy, Plans and Business Performance", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 12, nº 3, pp. 4-24.
- Van Dierdonck, R.; Miller, J. G. (1980), "Designing Production Planning and Control System", *Journal of Operations Management*, Vol. 1, nº 1, pp.37-46.
- Ward, P.; Miller, J. G.; Vollman, T. (1988), "Mapping Manufacturers Concerns and Action Plans", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 8, nº 6, pp. 5-17.
- Ward, P.; Leong, G. K.; Boyer, K. K. (1994), "Manufacturing Proactiveness and Performance", *Decision Science*, Vol. 25, nº 3, pp. 337-358.
- Wheelwright, S. C. (1978), "Reflecting Corporate Strategy in Manufacturing Decisions", *Business Horizons* (febrero), pp. 57-66.
- Wheelwright, S. C. (1981), "Japan - Where Operatins Really are Strategic", *Harvard Business Review*, Vol. 59 (julio-agosto), pp. 67-74.
- Wheelwright, S. C. (1984), "Manufacturing Strategy: Defining the Missing Link", *Strategic Management Journal*, Vol. 5, nº 1, pp. 77-91.
- Wheelwright, S. C.; HAYES, R. H. (1985), "Competing through Manufacturing", *Harvard Business Review*, Vol. 63 (enero-febrero), pp. 99-109.
- Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D. (1990), *The Machine that Chage the World*, Macmillan, London.
- Youndt, M. A.; Snell, S. A.; Dean, J. W.; Lepak, D. P. (1996), "Human Resource Management, Manufacturing Strategy and Firm Performance", *Academy of Management Journal*, Vol. 39, nº4, pp. 836-866.

## PQ-03. INVERSIONES EN AMT DE LA AERONAUTICA ANDALUZA: ALGUNOS FACTORES EXPLICATIVOS

Sacristán Díaz, Macarena (macarena-sd@us.es)  
 Domínguez Machuca, José Antonio (jmachuca@cica.es)  
 Universidad de Sevilla  
 Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones

Álvarez Gil, María José (catinaag@eco.uc3m.es)  
 Universidad Carlos III  
 Dpto. de Economía de la Empresa

### RESUMEN:

Diversos estudios sobre publicaciones internacionales en Dirección de Operaciones dejan traslucir la relevancia que la tecnología, en general, y las tecnologías avanzadas de fabricación (AMT), en particular, tienen para el área. Hoy día, el potencial que las AMT ofrecen a las empresas usuarias está ampliamente reconocido y la adquisición y gestión de tecnologías que permitan afrontar con éxito las nuevas reglas de la competitividad es un reto para muchas empresas. Un doble objetivo guía el presente trabajo, que se enmarca en un proyecto de investigación más amplio sobre la adopción e implantación de AMT en el sector aeronáutico andaluz. Por un lado, hacer una comparación entre la situación andaluza y la media nacional en cuanto a las inversiones en AMT del sector; por otro, analizar la influencia que sobre las inversiones en estas tecnologías tienen dos factores contextuales claves como son la actividad y el tamaño empresarial.

PALABRAS CLAVES: AMT, aeronáutica, Andalucía, tamaño, actividad.

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación más amplio sobre la adopción e implantación de AMT en las empresas que conforman el sector aeronáutico andaluz, cuya recogida de datos se llevó a cabo entre julio de 1999 y abril de 2001. Durante el tiempo que transcurrió su desarrollo se vivía un momento excelente para la industria aeronáutica europea y, en consecuencia, también para la andaluza. Creemos que el radical cambio sufrido en el entorno de estas empresas desde los atentados en Nueva York y Washington el 11 de septiembre contribuye a aumentar la oportunidad de la investigación realizada pues, en condiciones adversas, las firmas más competitivas gozarán de mayores garantías para mantenerse en el mercado. Precisamente, hoy día, con un entorno cambiante y prioridades competitivas en continua evolución, uno de los retos para nuestras empresas se halla en la adquisición y gestión de tecnologías que les permitan afrontar con éxito las nuevas reglas de la competitividad. Tal es el caso de las tecnologías avanzadas de fabricación (AMT, *Advanced Manufacturing Technologies*), siendo diversos los estudios sobre publicaciones internacionales en Dirección de Operaciones (Amoako-Gyampah y Meredith (1989); Filipinni (1997); Pannirselvam et al. (1999)) que dejan traslucir la relevancia de las mismas y estando ampliamente reconocido su enorme potencial competitivo para las empresas usuarias.

El objetivo del presente trabajo es doble. Por un lado, hacer una comparación entre la situación andaluza y la media nacional en cuanto a las inversiones en AMT del sector; por otro, analizar la influencia que dos factores contextuales claves, como la actividad y el tamaño empresarial, tienen sobre las inversiones en estas tecnologías.

Para ello se presentan, en primer lugar, los datos más recientes acerca de las inversiones en AMT existentes en España; éstos serán comparados posteriormente, al analizar los resultados, con los específicamente referidos al caso andaluz que se han obtenido en nuestra investigación. En segundo lugar se muestra la fundamentación teórica de la influencia que el tamaño y la actividad empresarial pueden ejercer sobre las inversiones en AMT; a partir de ello se deriva el correspondiente planteamiento de las hipótesis de trabajo. A continuación se expone la metodología seguida en la investigación y los resultados obtenidos, finalizando con un resumen de las principales conclusiones alcanzadas.

## 2. INVERSIONES EN AMT EN ESPAÑA: EL CASO DE LA AERONAUTICA

Los trabajos que proporcionan datos relativos al nivel nacional de inversiones en estas tecnologías son variados (Arana Pérez y otros (1996); Tekniker (1991); Jiménez y otros (1992); Camisón Zornoza (1994); Vivancos y Roura (1994); López Sánchez (1995); Martínez Sánchez (1996); Avella Camarero y otros (1997); Martínez Sánchez y otros (2000)). Si bien es cierto que en los mismos pueden encontrarse algunos datos relativamente recientes, hemos de señalar que un problema que hay que afrontar al tratar con este tipo de estudios, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, es que los datos proporcionados por la mayoría de ellos son bastante heterogéneos y, en ocasiones, considerablemente antiguos. Lo primero pudiera deberse a tener que utilizar fuentes diversas para su obtención, lo segundo, a que es habitual recurrir a fuentes secundarias; en ocasiones se proporcionan datos de una década anterior al estudio, por lo que, aun en el caso de los trabajos más recientes, muchas de las cifras aportadas pertenecen a la década de los 80.

Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística no introdujo una pregunta sobre utilización de nuevas tecnologías en la fabricación hasta la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas de 1998. La publicación de dichos datos, a fecha 31 de diciembre de 1998, apareció a mediados de 2000 (INE, 2000); la tabla 1 resume los que más interesan a nuestro estudio<sup>1</sup>.

Tecnología	Total Industria	Sector Aeronáutico
CAD/CAE	8,7%	38,3%
CAM	4,0%	24,0%
NC/CNC	9,1%	30,3%
Robots		
Pick & place	1,4%	6,7%
Otros más complejos	0,6%	2,2%
FMS	2,2%	8,9%
AS/RS	1,8%	6,7%
AGV	0,7%	0,0%
CAI		
Durante el proceso	1,8%	13,7%
Al producto final	2,1%	8,9%
JIT	2,7%	11,8%
MRP	9,3%	32,0%
MRP II	8,7%	29,4%
Control automatizado de talleres	6,4%	31,6%

Tabla 1. Empresas en España con inversiones en AMT a 31 de diciembre de 1998: comparación total industria/sector aeronáutico (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE)

Como puede observarse, las inversiones en AMT en el sector aeronáutico se encuentran bastante por encima de la media nacional en casi todas las tecnologías mostradas (la única excepción se da en el caso de los AGV, tecnología, por lo demás muy poco extendida). Ello corrobora la hipótesis de que, al ser el aeronáutico un sector de alta intensidad tecnológica, cabe esperar que se encuentre entre los que están a la cabeza en cuanto a inversiones en AMT, a pesar de que muchas de las actividades que en éste se desarrollan son manuales y de que la baja cadencia de fabricación dificulta la automatización en muchas ocasiones.

## 3. ALGUNOS FACTORES EXPLICATIVOS DE LAS INVERSIONES EN AMT EN EL SECTOR AERONÁUTICO ANDALUZ: HIPÓTESIS DE TRABAJO

Existen en la literatura varios modelos (Martínez Sánchez (1991); Röller y Tombak (1993); Bosworth (1996)) que tratan de explicar de manera global los diversos factores que, en mayor o menor medida y dependiendo de cada caso, pueden afectar (positiva o negativamente) a la difusión e incorporación de las AMT en las empresas. La complejidad de dichos modelos es variada y son múltiples los factores considerados. Dentro de la investigación en la que este trabajo se enmarca, y habida cuenta de su extensión y de su naturaleza esencialmente

<sup>1</sup> El significado de los acrónimos utilizados a lo largo de este trabajo es el siguiente: CAD (diseño asistido por ordenador), CAE (Ingeniería asistida por ordenador), CAPP (planificación de procesos asistida por ordenador), GT (tecnología de grupos), CAM (fabricación asistida por ordenador), NC (máquinas herramientas de control numérico), CNC (máquinas herramientas de control numérico computerizado), RP (robots programables), AGV (vehículos guiados por ordenador), AS/RS (sistemas automatizados para la recogida y almacenamiento de materiales), FMS (sistemas de fabricación flexible), CAI (inspección asistida por ordenador), MRP (planificación de las necesidades de materiales), MRPII (planificación de recursos de fabricación), JIT (justo a tiempo), CPM (mantenimiento preventivo computerizado), ABC (Contabilidad basada en actividades) y GAT (gestión automatizada de talleres).

descriptiva —rasgos que necesariamente requerían la concreción de los múltiples aspectos analizados—, consideramos que existían dos factores especialmente relevantes explicativos de dichas inversiones: por un lado, la actividad industrial concreta de cada planta analizada; y, por otro, el tamaño pequeño o mediano de la mayor parte de las empresas del sector en Andalucía.

La construcción aeronáutica y aeroespacial es uno de los cinco sectores considerados de alta intensidad tecnológica en el Libro Blanco de la Industria (Ministerio de Industria y Energía, 1995), por lo que cabe esperar que se encuentre también entre los sectores a la cabeza de inversiones en AMT. Aunque no conocemos estudios específicamente dirigidos al sector aeronáutico, sí que puede afirmarse que es uno de los que suele ser destacado en las investigaciones intersectoriales (Twiggg et al. (1992); Mansfield (1993); Schroder y Sohal (1999)) por la presencia relativamente elevada de este tipo de tecnologías. Por lo que respecta a las plantas aeronáuticas andaluzas, en la mayor parte de los casos encontramos al menos una de las siguientes actividades, susceptibles de ser realizadas con la ayuda de la automatización flexible: ingeniería, mecanizado y montaje. No obstante, otras actividades propias del sector, como la chapistería, no son fácilmente automatizables, no sólo porque la opción no pueda ser justificada económicamente, sino porque técnicamente no es posible su automatización, siendo absolutamente necesario el trabajo manual. Por tanto, aunque todas las plantas y empresas estudiadas se encuadren de forma genérica en el sector aeronáutico, creemos que es lógico que se evidencien determinadas relaciones entre tipos de AMT y las distintas actividades industriales propias del sector. Por ello, nuestra primera hipótesis de trabajo es la siguiente:

H1: Las inversiones en AMT de la aeronáutica andaluza se ven afectadas por la actividad empresarial.

Por otro lado, son numerosos los estudios en los que parece corroborarse el hecho de que el tamaño de la empresa está relacionado directamente con el uso de tecnología (Romeo (1975); Kelley y Brooks (1991); Mansfield (1993); Dunne (1994); Bosworth (1996); Schroder y Sohal (1999)). Asumiendo tal hipótesis, no puede obviarse que el sector aeronáutico andaluz está configurado por una mayoría de pymes auxiliares, a las que cabe atribuir una serie de características que pueden afectar negativamente a su capacidad y actitud frente a las inversiones en AMT, tales como la carencia de recursos financieros suficientes (Dominguez Machuca et al., 1995), el descuido de las funciones de la dirección estratégica (Díez de Castro et al., 1995), o las características personales del director ejecutivo (Santos Cumplido, 2001). Asumiremos, pues, la hipótesis de que el tamaño de la empresa (medido en nuestro caso a través del volumen anual de ventas) está relacionado directamente con el uso de tecnología, siendo nuestra segunda hipótesis de trabajo la siguiente:

H2: Las inversiones en AMT de la aeronáutica andaluza se ven afectadas por el tamaño empresarial, de manera que a mayor tamaño, mayores inversiones.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. LA MUESTRA Y EL CUESTIONARIO

Como se indicó anteriormente, este trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación más amplio acerca de la adopción e implantación de AMT en el sector aeronáutico andaluz. La población objetivo es, pues, el conjunto de plantas de dicho sector radicadas en Andalucía. En la fecha de realización del estudio éste estaba integrado, por una parte, por cuatro plantas pertenecientes al grupo CASA. (Construcciones Aeronáuticas S.A.) y, por otra, por dieciséis pymes auxiliares, la mayor parte de las cuales estaban integradas en la asociación sectorial Andalucía Aeroespacial, que a su vez posee capacidad diseñadora propia. A la vista de este reducido número decidimos realizar un análisis exhaustivo del sector y estudiar la totalidad de la población.

Se recurrió a la recogida de datos mediante cuestionario. Para su construcción se partió de la clasificación de AMT mencionada anteriormente y del estudio detallado de otros cuestionarios utilizados en trabajos empíricos similares (Boyer et al. (1996); Miller y Roth (1994); Mechling et al. (1995); Small y Chen (1995); Milling (1997)). Teniendo en cuenta las oportunas consideraciones sobre fiabilidad y validez —lista de objetivos, redacción de preguntas, análisis crítico de investigadores ajenos al proyecto... (Muria Albiol y Gil Saura, 1998)—, se partió de un primer diseño que fue sometido a sucesivos tests y a una prueba piloto sobre tres empresas de la población. El cuestionario definitivo, junto con una carta de presentación y un sobre franqueado para facilitar su devolución, se envió el 23 de julio de 1999 a nombre del director de cada empresa. La recopilación de respuestas se completó el 10 de marzo de 2000. Este prolongado lapso de tiempo hubiera podido ser aún mayor de no ser por el seguimiento telefónico realizado, el cual permitió, además de perseverar en que la

tasa de respuestas alcanzara el 100%, aclarar las dudas que habían surgido en algunas empresas acerca de determinadas cuestiones, contribuyendo, asimismo, a la fiabilidad de los datos obtenidos.

#### 4.2. MEDICIÓN DE VARIABLES

En una completa caracterización del sector hemos llegado a identificar hasta un total de 19 subáreas de actividad. Sin embargo, no todas ellas están igualmente extendidas entre las plantas de la población. Tal circunstancia hace que, para algunas actividades, la escasez de datos disponibles impida la aplicación de gran parte de las herramientas que vamos a emplear en nuestro análisis estadístico. Debido a ello, hemos considerado más apropiado analizar exclusivamente aquellas actividades desarrolladas por un número de empresas lo suficientemente representativo. Estas serán, fundamentalmente, las siguientes: chapistería, diseño, Ingeniería, mecanizado y montaje. Esta opción queda reforzada por el hecho de que dichas actividades engloban la práctica totalidad de las consideradas principales en las distintas empresas.

Por lo que respecta al tamaño empresarial, éste será medido a través del volumen anual de ventas. En nuestro caso, este indicador nos parece más fiable que el tamaño de la plantilla, ya que cabe asumir que uno de los efectos de invertir en AMT podría reflejarse en una disminución de la misma.

El criterio seguido para la clasificación de AMT ha sido el de la función o tipo de actividad que éstas desarrollan. Dicho criterio, que permite distinguir tres categorías básicas de automatización avanzada: del diseño (tanto del producto como del proceso), de la fabricación y de la planificación, es el más extendido y ha sido utilizado por numerosos autores (Rosenthal (1984); Meredith (1987); Adler (1988); Lei y Goldhar (1991); Saraph y Sebastian (1992); Gerwin y Kolodny (1992); Domínguez Machuca et al. (1995a); Cohen y Apte (1997); Swamidass y Cota (1998)).

Para medir la intensidad de las inversiones de las empresa en cada tecnología, se ha utilizado una variable dicotómica que expresa la existencia (1) o no existencia (0) de cada una de las tecnologías en la empresa o planta encuestada. En el caso concreto de las AMT de fabricación, las empresas indicaban el número de equipos existentes, además de la presencia o no de la tecnología en cuestión; la incorporación de esta información a la escala se llevó a cabo a través del cociente entre dicho número y el total de equipos en el sector. A partir de los resultados obtenidos, cada empresa obtiene una puntuación total para cada tipo de AMT (diseño, fabricación y planificación). En adelante nos referiremos a estas tres variables como AMTD, AMTF y AMTP. Medida la fiabilidad de las escalas a través del indicador alfa de Cronbach, ningún ítem hubo de ser eliminado de la misma, pues, como puede comprobarse en la tabla 2, los valores alcanzados (0,713, 0,809 y 0,810) superan en los tres casos el valor 0,7 de referencia.

AMTD ( $\alpha=0,7135$ )	Media	Desv. típica
CAD	0,70	0,47
CAE	0,45	0,51
CAPP	0,30	0,47
GT	0,30	0,47
Escala	1,75	1,41
AMTF ( $\alpha=0,8098$ )	Media	Desv. típica
CAM	0,65	0,56
NC	0,10	0,45
CNC	0,60	0,56
RP	0,00	0,00
AGV	0,15	0,46
AS/RS	0,10	0,45
FMS	0,10	0,45
CAI	0,45	0,57
Escala	2,15	2,46
AMTP ( $\alpha=0,8105$ )	Media	Desv. típica
MRP II	0,35	0,49
JIT	0,00	0,00
CPM	0,15	0,37
ABC	0,15	0,37
GAT	0,20	0,41
Escala	0,85	1,39

Tabla 2. Escalas de medición de inversiones en AMT

## 5. RESULTADOS

### 5.1. TECNOLOGÍAS PRESENTES EN EL SECTOR

En la tabla 3 se compara la situación de las inversiones en Andalucía (porcentajes obtenidos en nuestro estudio) con la media nacional en el sector aeronáutico (porcentajes previamente recogidos en la tabla 1). Dicha comparación ha de hacerse con la debida cautela habida cuenta de la diferencia entre las fechas de ambas encuestas. Como puede apreciarse, en lo que al sector aeronáutico se refiere, las AMT parecen estar más extendidas en Andalucía que en el conjunto de España, pues el porcentaje de empresas andaluzas con inversiones en las distintas AMT suele ser superior que en el resto de las empresas aeronáuticas españolas. Por el contrario, el porcentaje de empresas inversoras en Andalucía es inferior en los casos de algunas de las AMT de fabricación más costosas (robots programables, AS/RS y FMS) y en el caso de algunas tecnologías de planificación y control como JIT y GAT. Ello resulta lógico si se piensa que, salvo en el caso de Construcciones Aeronáuticas, no existe en Andalucía ninguna otra empresa grande con gran capacidad inversora, lo cual no es el caso en otras zonas aeronáuticas de España.

	España (datos INE a 31/12/1998)	Andalucía (datos propios a 10/03/00)
CAD	38,3%	70%
CAE		45%
CAPP	Sin datos	30%
GT	Sin datos	30%
CAM	24,0%	60%
NC		5%
CNC	30,3%	55%
RP (pick & place)	6,7%	0%
RP (otros más complejos)	2,2%	
AGV	0,0%	10%
AS/RS	6,7%	5%
FMS	8,9%	5%
CAI (durante el proceso)	13,7%	40%
CAI (al producto final)	8,9%	
MRP	32,0%	25%
MRPII	29,4%	35%
JIT	11,8%	0%
CPM	Sin datos	15%
ABC	Sin datos	15%
GAT	31,6%	20%

Tabla 3. Empresas aeronáuticas en España y Andalucía con inversiones en AMT  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2. INFLUENCIA DEL TIPO DE ACTIVIDAD Y DEL TAMAÑO EN EL TIPO DE INVERSIONES EN AMT

En relación con nuestra primera hipótesis de trabajo —es decir, que las inversiones en AMT de la aeronáutica andaluza se ven afectadas por la actividad empresarial—, el estadístico t de Student (ver tabla 4) pone de manifiesto la relación positiva entre las inversiones en AMT de diseño y las actividades de mecanizado, Ingeniería y diseño, así como la relación también positiva entre el mecanizado y las inversiones en AMT de fabricación, a un nivel de significación de 0,05. Los resultados permiten aceptar la hipótesis nula de independencia en los restantes casos.

Es decir, el que las empresas se dediquen a actividades de diseño e Ingeniería las predispone, tal y como cabía esperar, a unas mayores inversiones agregadas en AMT de diseño (tanto de productos como de procesos). Igualmente, las inversiones en este tipo de AMT son mayores en aquellos casos en los que las empresas se dedican al mecanizado de piezas. Por otro lado, y como también cabía esperar, aquellas empresas dedicadas al mecanizado muestran también unas inversiones más amplias en AMT de fabricación, lo que no ocurre en el caso de la chapistería o el montaje, pues, como también se ha expresado en anteriores ocasiones, estas actividades

productivas son de difícil automatización, bien por cuestiones técnicas, como ocurre en el caso de la chapistería y de gran parte del montaje, bien por el elevadísimo coste que supondría.

Actividad	Empresas	AMTD		AMTF		AMTP	
		t	sig.	t	sig.	t	sig.
Chapistería	3	-0,545	0,592	0,067	0,947	0,645	0,527
Mecanizado	7	2,549	<b>0,020</b>	2,291	<b>0,034</b>	-0,997	0,332
Ingeniería	13	2,817	<b>0,011</b>	1,271	0,220	1,665	0,113
Diseño	9	3,899	<b>0,001</b>	1,389	0,182	1,091	0,290
Montaje	12	0,316	0,756	1,040	0,312	1,977	0,069

Tabla 4. Prueba t de Student para medir la independencia entre actividades e inversiones por tipos de AMT

En relación con la segunda hipótesis de trabajo —que las inversiones en AMT de la aeronáutica andaluza se ven afectadas por el tamaño empresarial, de manera que a mayor tamaño, mayores inversiones—, se ha llevado a cabo un análisis de correlación cuyos resultados se muestran en la tabla 5. Éstos reflejan una correlación positiva, a un nivel de significación bilateral de 0,05, entre el tamaño de la empresa y las variables AMTD y AMTF. También se observa una correlación positiva, a un nivel de significación bilateral de 0,01 en este caso, entre el tamaño de la empresa y la variable AMTP. Por tanto, puede concluirse que el tamaño de la empresa, medido a través de su volumen anual de ventas, está relacionado con unas mayores inversiones en AMT de diseño, fabricación y planificación, siendo la correlación más clara en el caso de las tecnologías de planificación.

Ventas Anuales	AMTD			AMTF			AMTP		
	Correlación de Pearson	0,474	0,547	0,784					
	Sig. (bilateral)	<b>0,035</b>	<b>0,013</b>	<b>0,000</b>					
	N	20	20	20					

Tabla 5. Análisis de correlación entre el tamaño y la inversión por tipos de AMT

## 6. CONCLUSIONES

A lo largo de las páginas anteriores hemos tenido ocasión de comprobar que, en términos relativos, la presencia de AMT en las empresas del sector aeronáutico en Andalucía parece más elevada que en el resto de España, siendo los porcentajes de difusión obtenidos en nuestro estudio superiores a la media nacional del sector. Por lo que se refiere a las AMT menos extendidas, encontramos los robots programables y las dedicadas a la manipulación de materiales; ello está en consonancia con los resultados de estudios internacionales llevados a cabo recientemente (Sun, 2000). Por lo que respecta a las AMT de planificación, y a pesar de los avances conseguidos en este campo, son las menos extendidas en el sector.

En relación con la actividad y el tamaño empresariales, hemos constatado que ambos factores son explicativos de las inversiones, aunque no en igual medida en función del tipo de AMT de que se trate. Así, hemos tenido ocasión de comprobar que la difusión de las AMT de diseño se ve facilitada por ambos aspectos, mientras que las AMT de fabricación y planificación dependen fundamentalmente del tamaño empresarial.

En resumen, podría concluirse que la actividad productiva influye en las inversiones en tecnologías flexibles, como lo muestra el que las firmas del sector dedicadas al mecanizado cuenten con mayores inversiones en AMT de diseño y fabricación. Sin embargo, se ha observado que estas últimas están especialmente condicionadas por el tamaño empresarial, que es el que, en definitiva, determina la capacidad de inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

ADLER, P.S. (1988): "Managing Flexible Automation", *California Management Review*, vol. 30, n° 3, pp. 34-56.  
 AMOAKO-GYAMPAH, K. y MEREDITH, J.R. (1989): "The Operations Management Research Agenda: An Update", *Journal of Operations Management*, vol. 8, n° 3, pp. 250-262.  
 ARANA PÉREZ, P., OCHOA LABURU, C. y ZUBILLAGA ZUBIMENDI, F.J. (1996): "Gestión de la Producción en Empresas Industriales: ¿Qué Hay de Nuevo en el Mundo? ¿Qué Nos Llega a España?", *Dirección y Organización*, n° 17, pp. 78-92.  
 AVELLA CAMARERO, L., FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E., MONTES PEÓN, J. y VÁZQUEZ ORDÁS, C. (1997): "Nuevas Tecnologías y Alianzas Estratégicas", *Actas del VII Congreso Nacional de ACEDE*, pp. 267-289.

BOSWORTH, D. (1996): "Determinants of the Use of Advanced Technologies", *International Journal of the Economics of Business*, vol. 3, n° 3, pp. 269-293.  
 BOYER, K.K., WARD, P.T. y LEONG, G.K. (1996): "Approaches to the Factory of the Future. An Empirical Taxonomy", *Journal of Operations Management*, vol. 14, n° 4, pp. 297-313.  
 CAMISÓN ZORNOZA, C. (1994): "Dirección de Operaciones y Cultura de la Producción Estratégica: El Caso de la Gran Empresa Industrial Española", *Dirección y Organización*, n° 10, pp. 33-42.  
 COHEN, M.A. y APTE, U.M. (1997): "Manufacturing Automation", McGraw-Hill.  
 DÍEZ DE CASTRO, E.P., GALÁN GONZÁLEZ, J.L., LANDA BERCEBAL, J. y LEAL MILLÁN, A. (1995): "La Empresa en Andalucía", Instituto de Fomento de Andalucía, Civitas.  
 DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A., ÁLVAREZ GIL, M.J., GARCÍA GONZÁLEZ, S., DOMÍNGUEZ MACHUCA, M.A. y RUIZ JIMÉNEZ, A. (1995): "Dirección de Operaciones: Aspectos Estratégicos en la producción y los servicios", McGraw-Hill.  
 DUNNE, T. (1994): "Plant Age and Technology Use in U.S. Manufacturing Industries", *RAND Journal of Economics*, vol. 25, n° 3, pp. 488-499.  
 FILIPPINI, R. (1997): "Operations Management Research: Some Reflections on Evolution, Models and Empirical Studies in OM", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, n° 7, pp. 655-670.  
 GERWIN, D. y KOLODNY, H. (1992): "Management of Advanced Manufacturing Technology. Strategy, Organization & Innovation", John Wiley & Sons.  
 INE (2000): "Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas", INE Artes Gráficas.  
 JIMÉNEZ, J., MARTÍNEZ, A., NAVARRO, L., POLO, Y. y TOMÁS, L. (1992): "The Process of Implementing Industrial Robots in Spanish Industry", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 12, n° 5, pp. 43-56.  
 KELLEY, M.R. y BROOKS, H. (1991): "External Learning Opportunities and the Diffusion of Process Innovations to Small Firms", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 39, pp. 103-125.  
 LEI, D. y GOLDHAR, J.D. (1991): "Computer-integrated Manufacturing (CIM): Redefining the Manufacturing Firm into a Global Service Business", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 11, n° 10, pp. 5-18.  
 LÓPEZ SÁNCHEZ, J.I. (1995): "La Implantación de Técnicas de Inteligencia Artificial en un Entorno Integrado de Producción. Estudio del 'Software CIM' en España", *Economía Industrial*, n° 303, pp. 77-94.  
 MANSFIELD, E. (1993): "The Diffusion of Flexible Manufacturing Systems in Japan, Europe and the United States", *Management Sciences*, vol. 39, n° 2, pp. 149-159.  
 MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A. (1991): "Advanced Manufacturing Technologies: An Integrated Model of Difusion", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 11, n° 9, pp. 48-63.  
 MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A. (1996): "Adopting AMT: Experience from Spain", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 15, n° 2, pp. 133-140.  
 MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A., PÉREZ PÉREZ, M. y ALONSO NUEZ, I. (2000): "Las Tecnologías de Automatización Flexible en España", *Boletín Económico de ICE*, n° 2654, pp. 7-16.  
 MECHLING, G.W., PEARCE, J.W. y BUSBIN, J.W. (1995): "Exploiting AMT in Small Manufacturing Firms for Global Competitiveness", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, n° 2, pp. 61-76.  
 MEREDITH, J.R. (1987): "The Strategic Advantages of the Factory of the Future", *California Management Review*, vol. 29, n° 3, pp. 27-41.  
 MILLER, J.G. y ROTH, A.V. (1994): "A Taxonomy of Manufacturing Strategies", *Management Science*, vol. 40, n° 3, pp. 285-304.  
 MILLING, P.M. (1997): "Computer Integrated Manufacturing in German Industry: Aspirations and Achievements", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, n° 10, pp. 1034-45.  
 MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (1995): "Libro Blanco de la Industria: Una Política Industrial para España", Miner.  
 MURIA ALBIOL, J. y GIL SAURA, R. (1998): "Preparación, Tabulación y Análisis de Encuestas para Directivos", ESIC, Madrid.  
 PANNIRSELVAM, G.P., FERGUSON, L.A., ASH, R.C. y SIFERD, S.P. (1999): "Operations Management Research: An Update for the 1990s", *Journal of Operations Management*, vol. 18, n° 1, pp. 95-112.  
 RÖLLER, L-H., y TOMBAK, M.M. (1993): "Competition and Investment in Flexible Technologies", *Management Science*, vol. 39, n° 1, pp. 107-114.  
 ROMEO, A.A. (1975): "Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation", *Review of Economics and Statistics*, vol. 57, pp. 311-319.  
 ROSENTHAL, L. (1984): "Progress Toward the 'Factory of the Future'", *Journal of Operations Management*, vol. 4, n° 3, pp. 203-229.  
 SANTOS CUMPLIDO, F.J. (2001): "La Calidad del Empresario Sevillano", Sevilla Siglo XXI, Diputación Provincial de Sevilla.  
 SARAPH, J.V. y SEBASTIAN, R.J. (1992): "Human Resource Strategies for Effective Introduction of Advanced Manufacturing Technologies (AMT)", *Production and Inventory Management Journal*, 1<sup>er</sup> quarter, pp. 64-70.  
 SCHRODER, R. y SOHAL, A.S. (1999): "Organisational Characteristics Associated with AMT Adoption. Towards a Contingency Framework", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, n° 12, pp. 1270-1291.  
 SMALL, M.H. y CHEN, I.J. (1995): "Investment Justification of Advanced Manufacturing Technology: An Empirical Analysis", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 12, n° 1/2, pp. 27-55.  
 SUN, H. (2000): "Current and Future Patterns of Using Advanced Manufacturing Technologies", *Technovation*, vol. 20, n° 11, pp. 631-641.  
 SWAMIDASS, P.M. y KOTHA, S. (1998): "Explaining Manufacturing Technology Use, Firm Size and Performance Using a Multidimensional View of Technology", *Journal of Operations Management*, vol. 17, n° 1, pp. 23-37.  
 TEKNIKER (1991): "Transferencia Tecnológica a las Pequeñas y Medianas Empresas", Informe del Proyecto SMMET.  
 TWIGG, D., VOSS, C.A. y WINCH, G.M. (1992): "Implementing Integrating Technologies: Developing Managerial Integration for CAD/CAM", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 12, n° 7/8, pp. 76-91.  
 VIVANCOS, J. y ROURA, L. (1994): "Aplicación del CN y el CAM en el Entorno Industrial", *Automática e Instrumentación*, n° 27.