

**Las Tecnologías Avanzadas de Fabricación  
en la Aeronáutica Andaluza.  
Hacia una Mejora de la Competitividad**



MACARENA SACRISTÁN DÍAZ  
JOSÉ ANTONIO DOMÍNGUEZ MACHUCA  
MARÍA JOSÉ ÁLVAREZ GIL

**Las Tecnologías Avanzadas de Fabricación  
en la Aeronáutica Andaluza.  
Hacia una Mejora de la Competitividad**



**JUNTA DE ANDALUCÍA**

**CONSEJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO**

***Dirección General de Industria, Energía y Minas***

**Las Tecnologías Avanzadas de Fabricación en la Aeronáutica Andaluza.  
Hacia una Mejora de la Competitividad**

Autores:  
Macarena Sacristán Díaz  
José Antonio Domínguez Machuca  
María José Álvarez Gil

Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico  
Dirección General de Industria, Energía y Minas

Foto portada: Detalle de mecanizado por control numérico. Cortesía de TADA, S.A.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

© Junta de Andalucía  
© Los autores

ISBN: 84 – 7963 – 130 – 1  
Depósito Legal: SE – 3340 – 2002  
Imprime: Edición Digital@tres, S.L.L.  
IMPRESO EN ESPAÑA – PRINTED IN SPAIN

# ÍNDICE

---

Sobre los autores .....	xi
Prólogo .....	xv
Introducción .....	xvii
1. El sector aeronáutico en la industria andaluza.....	1
1.1. Datos generales y claves para entender el sector.....	1
1.2. La evolución del sector a nivel mundial.....	7
1.3. La industria aeronáutica en España.....	11
1.4. La industria aeronáutica en Andalucía.....	14
1.4.1. Evolución de la industria auxiliar aeronáutica andaluza.....	14
1.4.2. Caracterización de las plantas aeronáuticas andaluzas.....	21
2. Las inversiones en AMT de la aeronáutica andaluza.....	29
2.1. Inventario tecnológico de las AMT presentes en el sector.....	29
2.1.1. Inversiones en AMT de diseño.....	32
2.1.2. Inversiones en AMT de fabricación.....	36
2.1.3. Inversiones en AMT de planificación.....	43
2.2. La influencia de la actividad y el tamaño en las inversiones.....	49
2.3. Comparación de la situación andaluza con la española.....	54

---

3. Objetivos, ventajas e inconvenientes de las inversiones: oportunidad de implantación y rendimiento.....	59
3.1. Beneficios y ventajas asociados a las nuevas tecnologías de producción.....	59
3.1.1. Beneficios esperados: objetivos que guían las inversiones en AMT.....	62
3.1.2. Ventajas alcanzadas no previstas.....	66
3.2. Costes e inconvenientes asociados a las nuevas tecnologías de producción.....	67
3.3. Oportunidad de implantación de las AMT.....	71
3.3.1. Razones para no invertir en AMT de diseño.....	72
3.3.2. Razones para no invertir en AMT de fabricación.....	74
3.3.3. Razones para no invertir en AMT de planificación.....	77
3.4. El rendimiento de las inversiones en el sector.....	80
4. La incorporación de las AMT a la actividad empresarial: el proceso de adopción e implantación.....	83
4.1. El proceso de adopción e implantación: la implicación interdepartamental.....	83
4.2. Vías de acceso a las AMT.....	90
4.3. Factores informativos y catalizadores de las inversiones.....	94
4.4. Factores claves del proceso de adopción e implantación para un rendimiento positivo de las inversiones.....	97
4.4.1. Un modelo conceptual sobre la relación entre la estrategia empresarial, la inversión tecnológica y el rendimiento.....	97
4.4.2. Factores considerados claves en el proceso de adopción e implantación de AMT.....	99
4.4.3. Influencia de los factores considerados sobre el rendimiento: la importancia de la formación del personal.....	105
4.4.4. El momento de consideración de cada factor.....	107

---

5. La evaluación y control de las inversiones: criterios, técnicas e indicadores.....	111
5.1. La evaluación y justificación de inversiones en AMT .....	111
5.1.1 Criterios sobre los que basar la decisión.....	111
5.1.2. Técnicas para la evaluación de inversiones.....	116
5.2. La medición del rendimiento de inversiones en AMT .....	120
5.2.1. Criterios e indicadores para la medición del rendimiento.....	120
5.2.2. Correspondencia entre los criterios de medición y los objetivos estratégicos.....	126
6. Taxonomía de las plantas aeronáuticas andaluzas en función de sus inversiones en AMT.....	129
6.1. Patrones de inversión en AMT .....	129
6.2. Patrones de inversión identificados en el sector: una taxonomía de las plantas aeronáuticas andaluzas.....	131
7. Consideraciones finales: algunas implicaciones para los directivos y la Administración.....	137
Anexo metodológico y estadístico.....	147
I. Muestra y recopilación de datos.....	147
II. Escalas de medición.....	149
III. Análisis de datos.....	154
IV. Tablas estadísticas.....	156
Bibliografía y referencias.....	177



## **SOBRE LOS AUTORES**

---

### **MACARENA SACRISTÁN DÍAZ**

Doctora en Administración y Dirección de Empresas y licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Sevilla, donde ha sido profesora, en el Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones, desde octubre de 1992. Ha desempeñado su actividad docente en primer, segundo y tercer ciclos de estudios universitarios, en diversas asignaturas sobre Dirección y Gestión de la Producción y las Operaciones, y ha organizado y/o impartido docencia en cursos dirigidos a colectivos específicos, tales como el Programa BSP (Business and Society Program), organizado por la Universidad de Sevilla y el CIEE (Council for International Education Exchange), y el curso sobre “Técnicos en Sistemas de Gestión y Control de la Producción” (1998), organizado por la Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA) y la Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía. Fue coautora del Programa Docente del Módulo sobre Dirección y Gestión de Operaciones del Master en Dirección de Escuelas de Empresas organizado por la Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía y por el Fondo Social Europeo de la Comunidad Europea (1997).

Es miembro del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistida por Ordenador (GIDEAO) desde enero de 1993, donde su labor investigadora abarca las áreas de Gestión de Producción/Operaciones, Tecnologías Avanzadas de Fabricación (AMT) y Medición del Rendimiento. Ha presentado más de una decena de ponencias en congresos nacionales e internacionales de la disciplina, en los que también ha participado como moderadora de sesiones. Asimismo, es coautora de varios artículos en revistas nacionales e internacionales, tales como la International Journal of Production Economics, y de un capítulo en una obra colectiva sobre aspectos estratégicos de la Dirección de Producción/Operaciones. Ha realizado estancias de investigación en universidades nacionales, es miembro de diversas asociaciones científicas (POMS, EurOMA, ACEDE, AEDEM) y fue Secretaria de la First World Conference on Production and Operations Management (POM Sevilla 2000).

Su capacidad docente ha sido considerada Excelente en la encuesta sobre calidad de la docencia llevada a cabo por el Vicerrectorado de Calidad

y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla en el curso académico 2000/2001.

Universidad de Sevilla (Facultad de CC. Económicas y Empresariales).  
Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones.  
Avda. Ramón y Cajal, 1. 41018 Sevilla.  
macarena-sd@us.es (<http://gideao.us.es>)

### JOSÉ ANTONIO DOMÍNGUEZ MACHUCA

Doctor Ingeniero Industrial y licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales. Es Catedrático de Economía de la Empresa en la Universidad de Sevilla, donde desarrolla su actividad docente en las áreas de Dirección de Producción/Operaciones y Simulación Empresarial con Dinámica de Sistemas.

Ha sido profesor e investigador invitado en numerosas universidades extranjeras (M.I.T., Berkeley y San Diego (USA), Bocconi y Politécnico de Milano (Italia), Dauphine, Lyon II (Francia), Centro de Buenos Aires (Argentina), C.I.D.E. (Mexico), La Habana, EAFIT (Colombia), Lima (Perú), Asian Institute of Technology (Thailandia), Shanghai Institute of Technology (China)) y nacionales. Ha sido Director del Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones (1983-1993) y Vicedecano de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Sevilla (1983-1989). Es Director del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistida por Ordenador (GIDEAO) desde su creación. Ha dirigido diversos proyectos de investigación empresarial, tanto a nivel nacional como de ámbito europeo. Asimismo, ha realizado trabajos de consultoría y de formación para distintas firmas nacionales y multinacionales. Ha sido Vicepresidente de la System Dynamics Society (1990-1992 y 1994-1997), y miembro del Consejo Directivo de la Production and Operations Management Society (1998-2001). Actualmente es miembro del Comité Directivo de la European Operations Management Association y pertenece a otras diversas sociedades científicas. Ha actuado como Revisor de la National Science Foundation de EEUU (Area Decision Analysis Risk Analysis Management Science) y es colaborador de diversas revistas científicas (como miembro del Comité Editorial, del Consejo Científico o del Comité de Revisión); entre ellas: Journal of Operations Management, Journal of Production and Operations Management, International Journal of Production Economics, System Dynamics Review, Journal of the Operational Research Society, Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa, Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa y Revista Internacional de Sistemas. Es autor/coautor de siete libros y editor/coeditor de seis monografías (cinco internacionales), así como de más de cuatro decenas de

artículos en revistas y obras colectivas de su especialidad (internacionales y nacionales).

Recientemente, la Production and Operations Management Society le concedió el 2001 *Wickham Skinner Award on Teaching Innovation Achievements* por la idea innovadora de la simulación transparente y por el desarrollo (con el grupo de investigación GIDEAO) de Simuladores de Empresa basados en dicha idea y en el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, siendo también nominado para el European IST Prize en 2001. Por la misma innovación, en 2002 ha recibido el *Award in Management Education*, otorgado por AEDEM-Academy of Management; asimismo, es finalista para la 2002 *Instructional Award Competition* del Decision Sciences Institute.

Ha sido Chairman de la First World Conference on Production and Operations Management (POM Sevilla 2000), así como miembro del Comité de Programa Científico en seis Congresos internacionales (tres veces como Presidente) y ponente en más de treinta, así como en unos veinte nacionales. Ha presidido sesiones en múltiples ocasiones.

Universidad de Sevilla (Facultad de CC. Económicas y Empresariales).  
Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones.  
Avda. Ramón y Cajal, 1. 41018 Sevilla.  
jmachuca@cica.es (<http://gideao.us.es>)

#### MARÍA JOSÉ ÁLVAREZ GIL

Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Sevilla, en la que también se licenció en Ciencias Económicas y Empresariales en 1985, y Catedrática de Organización de Empresas en la Universidad Carlos III de Madrid, donde ha sido profesora del Departamento de Economía de la Empresa desde 1991 y coordina las asignaturas vinculadas a la Dirección de la Producción y Operaciones en la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de dicha Universidad. Con anterioridad fue profesora asociada del Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones de la Universidad de Sevilla. Ha sido invitada como profesora e investigadora por la ASU (Arizona State University). Ha ocupado diversos puestos de responsabilidad académica, como el de Vicedecana de la Licenciatura en Administración de Empresas de la Universidad Carlos III de Madrid, entre 1995 y 1998, Secretaria de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de dicha Universidad entre 1998 y 2000 y en la actualidad es la Vicedecana de la Diplomatura en Ciencias Empresariales. Desde 1998 ha sido la coordinadora principal de las pruebas de acceso a la universidad (LOU) en materia de Economía y Organización de Empresas de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Es co-autora de dos manuales de reconocido prestigio en nuestro país y de más una veintena de colaboraciones en obras colectivas, nacionales e internacionales, relacionadas con la problemática de la Organización de Empresas y la Dirección de la Producción y Operaciones. También ha publicado numerosos artículos en revistas nacionales e internacionales (entre otras, *International Journal of Production Economics*, *Omega*, *R & D Management*, *Economía Industrial*, *Información Comercial Española*, *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, y *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, *Alta Dirección*, etc.). Además, en estos momentos tiene trabajos pendientes de su aceptación definitiva tras la segunda revisión en revistas tales como *Scandinavian Journal of Management*, *International Journal of Service Industry Management*, *Economía Industrial* y *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa* y ha presentado Ponencias, Conferencias Invitadas y Comunicaciones en diversos foros nacionales e internacionales. Ha dirigido y co-dirigido seis tesis doctorales y co-dirige otras dos que aún se encuentran en curso. Es miembro de diferentes organizaciones profesionales internacionales (POMS, EUROMA, EIASM) y nacionales y de diferentes consejos editoriales de publicaciones internacionales. Colabora asiduamente como revisora anónima en las revistas más destacadas de su ámbito a nivel europeo y ha colaborado directa e indirectamente en la organización de varios Congresos internacionales. También ha colaborado con la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva como evaluadora de proyectos de investigación. A su vez, como investigadora principal de diversos proyectos financiados por el Ministerio español de Ciencia y Tecnología ha desarrollado sus líneas de investigación en los ámbitos de la relación entre el medio ambiente y la dirección de operaciones, el impacto de las prácticas de calidad sobre la rentabilidad financiera de la empresa, avances en los modelos de desarrollo del diseño de bienes y servicios, las tecnologías avanzadas de fabricación y su valoración financiera, diseño de sistemas de medición del rendimiento de los procesos fabriles y de servicios.

Departamento de Economía de la Empresa.  
Universidad Carlos III de Madrid.  
C/ Madrid 126-128, 28903, Getafe, Madrid, España.  
Email: [catinaag@eco.uc3m.es](mailto:catinaag@eco.uc3m.es)

# PRÓLOGO

---

La historia de la aeronáutica en Andalucía ha estado jalonada por multitud de avatares y se ha caracterizado por continuos altibajos. No cabe duda de que tras la última crisis atravesada en los años 90, el momento actual ofrece una excelente oportunidad para su desarrollo y consolidación. Pero no podemos perder de vista que se trata tan sólo de eso, de una oportunidad que se transformará en una realidad si es afrontada con capacidad y es correctamente aprovechada.

El esfuerzo realizado por la Junta de Andalucía y las objetivas ventajas que nuestra Comunidad ofrece han hecho que la consecución de los programas europeos del A380 y A400M sea una realidad, pero aún es necesario que tales programas se materialicen en proyectos concretos que supongan una importante carga de trabajo para nuestras empresas. Los ilusionantes proyectos que se presentan pueden generar importantes carteras de pedidos para la industria auxiliar. Éstas tienen el potencial para asumir tales proyectos, pero para ello es necesario un cambio de orientación en su papel como subcontratistas de mano de obra. La empresa aeronáutica auxiliar moderna debe involucrarse en el diseño y desarrollo de productos y para ello es fundamental contar con un tamaño adecuado y que las colaboraciones entre empresas funcionen. Hemos de aspirar a aumentar considerablemente la aportación de las auxiliares andaluzas a la facturación del sector y para ello es necesario incrementar la capacidad industrial y mejorar la gestión. La Junta de Andalucía ha puesto en funcionamiento actuaciones y programas de apoyo para impulsarlo.

En la presente obra, los autores hacen una importante contribución a dicho objetivo, pues presentan un completo balance de la situación de las tecnologías avanzadas de fabricación en el sector, estrechamente ligadas a la capacidad de las empresas para el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos, proporcionando algunas claves para adentrarse por la senda adecuada. La correcta adopción e implantación de estas tecnologías es un pilar fundamental para mejorar la capacidad técnica y de gestión y, con ello, la posición competitiva de sus usuarias.

*Jesús Nieto González*  
*Director General de Industria, Energía y Minas*



# INTRODUCCIÓN

---

Vivimos una época en que la competencia se juega en un plano multidimensional y en que las prioridades competitivas de las empresas están en continua evolución. En dicho contexto, las Tecnologías Avanzadas de Fabricación (AMT) vienen jugando un importante papel al permitir conjugar dos objetivos tradicionalmente incompatibles: eficiencia y flexibilidad. Sin embargo, desde hace muchos años, somos conscientes de que la inversión en nuevas tecnologías no es suficiente si no va acompañada de una adecuada capacidad de dirección y gestión que permita un eficaz uso de las mismas<sup>a</sup>. De hecho, son múltiples los estudios que resaltan que los problemas e ineficiencias ligados a la utilización de las AMT son de organización y gestión. Debido a ello, decidimos abordar este campo dentro de una de las líneas de trabajo de nuestro grupo de investigación (GIDEAO), la cual está enfocada a los Aspectos Avanzados de la Dirección de Operaciones en empresas industriales y empresas de servicios (<http://gideao.us.es>).

A la hora de concretar el objeto de nuestro trabajo, nos inclinamos por el estudio del proceso de adopción e implantación, por considerar que su adecuado desarrollo era una condición esencial en la consecución del éxito de las inversiones en AMT. Al mismo tiempo, estábamos convencidos de que para sacar el máximo fruto de nuestro esfuerzo, la investigación teórica debía ir unida a una investigación empírica que nos acercara a la realidad y permitiese contrastar las hipótesis teóricas que pudieran establecerse. En este punto, la importancia estratégica del sector aeronáutico, tanto a nivel mundial como en el ámbito de nuestra Comunidad Autónoma, y el papel crítico que en él juegan las AMT, lo convirtieron en el objetivo idóneo de nuestro trabajo.

De acuerdo con ello, entre julio de 1999 y abril de 2001, realizamos un estudio empírico sobre las empresas de la CC. AA. andaluza que operaban en el sector aeronáutico. El análisis de resultados terminó a principios del

---

<sup>a</sup> Ver Domínguez Machuca, J.A. (1989): "La complejidad actual en la dirección de empresas: una llamada de atención", *Alta Dirección*, nº 147.

verano de 2001. Apenas unas semanas después, la tragedia vivida en Estados Unidos el 11 de septiembre hizo que las excelentes perspectivas de negocio con las que se contaba para más de una década se tornaran en incertidumbre de la noche a la mañana. No obstante, el radical cambio sufrido en el entorno de estas empresas no hizo sino aumentar la oportunidad de investigar el tema tratado pues, en condiciones adversas, las firmas más competitivas gozarán de mayores garantías para mantenerse en el mercado.

Nuestra convicción acerca de la relevancia y oportunidad del tema tratado ha quedado reforzada por las importantes implicaciones que los resultados obtenidos podrían tener, tanto para los directivos del sector como para las administraciones locales y autónoma. Su consideración, en nuestra opinión, podría contribuir a mejorar el rendimiento de las empresas del sector. El principal objetivo que ha guiado este trabajo es, pues, **contribuir a que el sector aeronáutico andaluz y, por extensión, la industria andaluza, pueda servirse de todo el potencial competitivo asociado a las tecnologías avanzadas de fabricación.**

La obra se ha estructurado en siete capítulos:

En el primero de ellos se presentan, por un lado, algunos rasgos característicos del sector aeronáutico en relación con aspectos tales como demanda, productos, procesos, nivel tecnológico o estructura de costes, los cuales son claves para poder entender el potencial que las AMT pueden tener en el sector. Por otro lado, se intenta introducir al profano en la historia de la industria aeronáutica, aunque dicha cuestión no sea imprescindible para el seguimiento del trabajo, y asumiendo que será de sobra conocida por aquéllos que participan en la misma. Al final del capítulo se incluye el perfil de las empresas de la población objeto de estudio, obtenido a partir de los datos recogidos en el trabajo de campo.

El segundo capítulo comienza aportando una definición del término AMT, así como una breve descripción de los diversos tipos de tecnología que el mismo incorpora, delimitando así las que han sido objeto de estudio. Ello permite enmarcar las inversiones en AMT en el sector, diferenciando entre tecnologías de diseño, fabricación y planificación. Al final del mismo se analiza la influencia del tamaño y la actividad en las inversiones y se hace una comparación con las inversiones en AMT del conjunto de la industria española.

El capítulo tercero se ocupa de los beneficios y costes asociados a las inversiones, considerados en el sentido amplio de ventajas e inconvenientes. El análisis se presenta tanto desde el plano teórico como desde la óptica de los resultados empíricos obtenidos en el sector aeronáutico andaluz: objetivos que motivan las inversiones, ventajas alcanzadas no previstas, razones para no invertir, dificultades de las inversiones, etcétera.

En el capítulo cuarto se trata el proceso de adopción e implantación de las AMT a la hora de proceder a su incorporación a la actividad empresarial. Al analizar dicho proceso se hace especial énfasis en el factor humano, por cuanto se ha comprobado ser el único que en el sector se encuentra relacionado con el rendimiento de estas inversiones de forma estadísticamente significativa.

El quinto capítulo muestra, en primer lugar, la situación del sector en cuanto a los criterios sobre los que suele fundamentarse la decisión de invertir, así como a las técnicas concretas que se utilizan para la evaluación y justificación de las inversiones. En segundo lugar, se analizan los criterios e indicadores sobre los que se mide el rendimiento de éstas y su relación con los objetivos que las motivan.

El capítulo sexto presenta los diferentes patrones de inversión en AMT que se han identificado en el sector. Cada uno de ellos representa una determinada estrategia tecnológica y, como veremos, no difieren en gran medida de los existentes en otros sectores y áreas geográficas.

El capítulo séptimo sirve de epílogo, a través de una serie de consideraciones finales en las que se resaltan algunas implicaciones derivadas de los resultados obtenidos para los directivos del sector y la Administración.

El texto se ha centrado en todo momento en el contenido y resultado de la investigación y se ha evitado, en la medida de lo posible, la inclusión de aspectos metodológicos y términos propios del análisis estadístico que la sustentan, en aras de contribuir a la fluidez de la lectura. No obstante, como corresponde a un trabajo científico riguroso, dichos aspectos han quedado convenientemente recogidos en el anexo metodológico y estadístico que se proporciona al final del mismo. Así, las tablas y figuras incorporadas a lo largo de los capítulos 1 a 7 contienen aquellos datos derivados del análisis estadístico de naturaleza puramente descriptiva: medias, frecuencias, porcentajes... Por el contrario, las tablas con los resultados obtenidos a partir de los estadísticos aplicados para la contrastación de las relaciones teóricas entre variables se encuentran en el anexo. Éstas se han numerado correlativamente y van precedidas de la letra a (por ejemplo, tabla a1), haciéndose referencia a las mismas, en notas a pie de página, cuando las explicaciones ofrecidas se sustentan en los datos que éstas contienen.

Para finalizar, deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas y empresas que han cooperado en el trabajo de campo, pues sin su colaboración e interés nuestro proyecto no hubiera sido posible. Igualmente, nuestro agradecimiento al profesor José Luis Pérez Díez de los Ríos, por su inestimable ayuda en el análisis estadístico, y a Mariano Santiago Pugés, por su colaboración y conocimientos sobre la historia de la aeronáutica andaluza. Por último, aunque no en menor medida, al Servicio de Promoción Industrial de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, que ha

facilitado que los resultados obtenidos se hagan públicos y, con ello, accesibles a las empresas e instituciones que puedan estar interesadas en los mismos.

# 1

## EL SECTOR AERONÁUTICO EN LA INDUSTRIA ANDALUZA

---

### 1.1. DATOS GENERALES Y CLAVES PARA ENTENDER EL SECTOR

El aeroespacial<sup>1</sup> es un sector estratégico, altamente dependiente y dirigido por los gobiernos, con una componente tecnológica fundamental, que requiere fuertes inversiones y que, por tanto, conlleva altos riesgos. En general, seis aspectos fundamentales destacan a la hora de explicar las particularidades de la industria aeronáutica y, por tanto, de comprender su funcionamiento:

- a) El producto es altamente complejo y comprende un gran número de conocimientos y tecnologías, incluyendo la integración de sistemas. En la mayoría de los casos, la tecnología utilizada es de uso específico en el sector, aunque la tendencia a utilizar tecnologías comerciales se está acelerando, especialmente las electrónicas, comunicaciones y tecnologías de la información.
- b) Las barreras tecnológicas más los altos y crecientes costes de desarrollo, unidos a períodos de recuperación muy largos, restringen el número de países y compañías que pueden desarrollar productos en este sector, siendo prácticamente inaccesible a cualquier país de forma independiente.

---

<sup>1</sup> A lo largo del presente trabajo se utilizarán indistintamente los términos aeroespacial y aeronáutico. El primero, más amplio, engloba al segundo. No obstante, dado que en Andalucía no existen actividades del sector espacial, nos referiremos preferentemente al aeronáutico, en especial cuando se traten aspectos exclusivamente referidos a la Comunidad Autónoma andaluza.

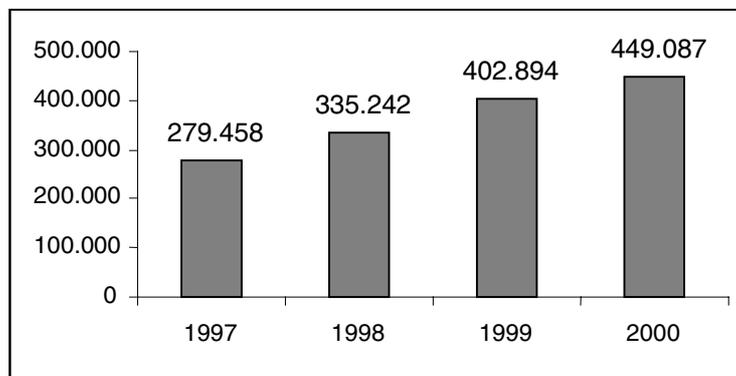
- c) Los elevados costes y el alto nivel tecnológico llevan aparejados altos riesgos que sólo se justifican si se posee un importante mercado cautivo, o altamente influenciado, propio de países con alto PIB y altos presupuestos de Defensa. Estos mercados sirven de base para salir a la exportación en condiciones ventajosas de absorción de costes de desarrollo y lotes de producción mayores y, por tanto, de menor riesgo.
- d) La tecnología inherente al producto y la competencia internacional fuerzan a que el sector sea intensivo en capital y a que genere un alto valor añadido por persona directa empleada. Además, crea un alto empleo indirecto, siendo capaz de generar un importante efecto de arrastre económico.
- e) Las fluctuaciones de los presupuestos de defensa por razones geopolíticas y los ciclos económicos mundiales dan lugar a unos ciclos de negocio muy marcados, especialmente en los subsectores de aviones comerciales y aviones militares.
- f) Los gobiernos pueden desempeñar un triple papel: el de propietario, cliente y legislador. Como propietarios, deben tomar conciencia de que se trata de un sector estratégico en el que se deben usar criterios de empresa privada inmersa en un marco global altamente competitivo. Como clientes, las instituciones deberían establecer relaciones sólidas con la industria, transmitiendo sus necesidades tecnológicas y de productos a largo plazo, y anticipando la evolución y necesidades de las alianzas globales, de manera que se cubran lo mejor posible con tecnología y trabajo local. En su papel de legislador, las instituciones tienen la oportunidad de potenciar el sector con leyes que incentiven el uso pacífico del espacio y la más racional utilización de los recursos dedicados a la defensa.

Las líneas de productos incluidas o relacionadas con la industria aeroespacial engloban desde los más sofisticados aviones estratégicos militares, helicópteros, misiles y cohetes espaciales, hasta los grandes reactores comerciales. Estos productos finales están compuestos por aeroestructuras altamente resistentes y livianas, por motores con una elevada relación potencia/peso y por equipos de alta tecnología y sofisticada electrónica. Se trata, pues, de una industria altamente compleja y tecnificada que tiene su mayor exponente en Estados Unidos, con más del 55% de la facturación mundial a finales de los 90, de la cual el 50% correspondía a contratos gubernamentales. Comparativamente, Europa facturaba alrededor del 33% del total mundial y, dentro de éste, en torno al 25% provino de contratos con gobiernos europeos (ATECMA, 2002). Por lo que respecta a España (véanse cuadro 1 y figura 1), la facturación del año 2000 ascendió a casi 2.700 millones de euros, representando los contratos gubernamentales el 20,5% de dicha facturación.

Empleo:	19.979
Facturación:	2.699,07 mill. € (449.087 mill. Ptas.)
Margen Operativo:	8,8% de la facturación
Volumen de Pedidos:	152,6% de la facturación
Gastos en I+D:	13,1%
Porcentaje de Exportación:	53,2%

Fuente: ATECMA

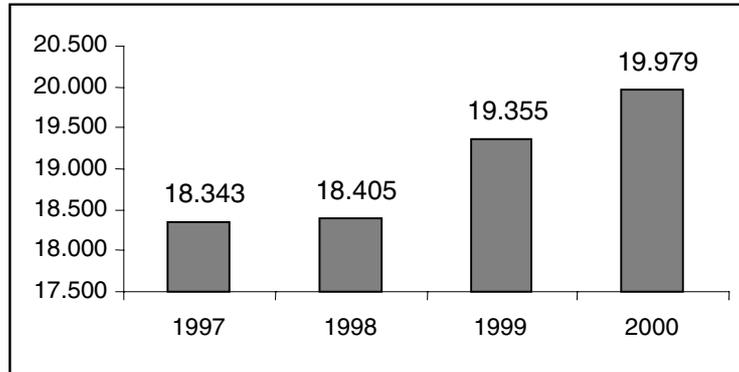
Cuadro 1. Datos claves de la industria aeroespacial española en 2000



Fuente: ATECMA

Figura 1. Facturación de la industria aeroespacial española (millones de pesetas)

El empleo en el sector, que a finales de los años 80 alcanzaba el millón y medio de personas, se encontraba una década después por debajo del millón cien mil empleados. La evolución sufrida por el empleo en los últimos años, al menos en las grandes compañías del sector, ha sido, pues, descendente, y de manera especialmente pronunciada desde los atentados de septiembre en Estados Unidos. Sólo la reestructuración de Boeing ha supuesto una destrucción de 36.860 empleos de diciembre de 1998 a diciembre de 2001. En España, no obstante, la evolución del empleo en los últimos años ha sido positiva; las cifras correspondientes a 2000 fijan en cerca de 20.000 los empleados por la industria aeroespacial (véase figura 2), cifra que podría incrementarse notablemente si se incluyese el empleo inducido.



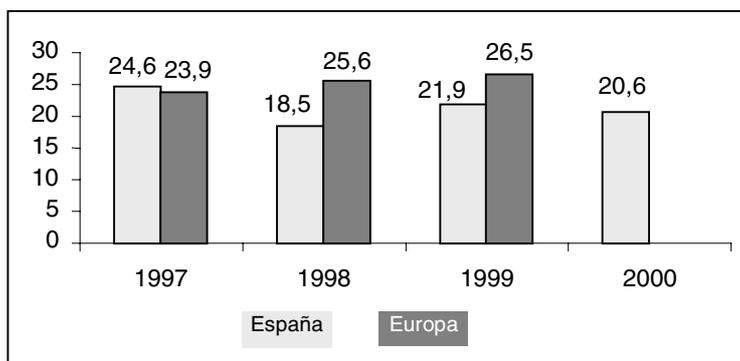
Fuente: ATECMA

Figura 2. Empleo de la industria aeroespacial española (número de personas)



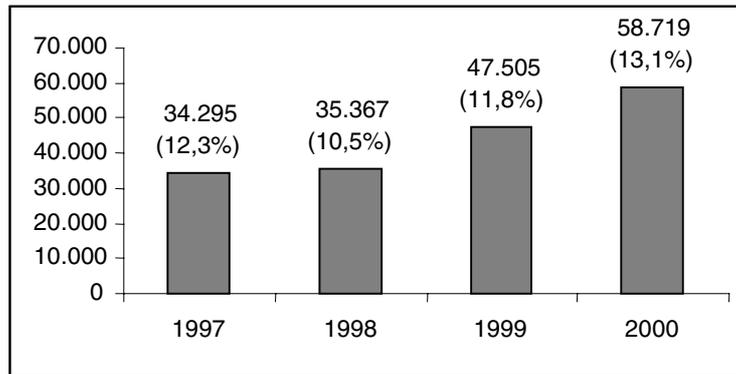
Según datos de Boeing (año 99), sólo en el área de Sevilla hay más de cinco compañías que fabrican 3500 piezas del Boeing 717, lo que supone una carga de trabajo para 350 empleos directos en la zona.

Cabe destacar, además, que se trata de un sector fuertemente exportador (EE.UU. exporta alrededor del 37% de su cifra de facturación y Europa en torno al 55%) y, como algunos datos ya han indicado, está fuertemente apoyado por los gobiernos. Por un lado, a través de la contratación de productos, principalmente para los ministerios de Defensa (la reciente evolución de las compras públicas en Europa y España se muestra en la figura 3). Por otro lado, a través de ayudas a la I+D. Una muestra de la gran importancia que el sector aeronáutico tiene en el seno de la Unión Europea, y del importante papel que en el mismo pueden desempeñar las tecnologías avanzadas de fabricación, nos la proporciona el Programa de Trabajo sobre Actividades de IDT (Investigación y Desarrollo Tecnológicos) a favor de un “Crecimiento Competitivo y Sostenible” (conocido como Programa *Growth 2000*), desarrollado por la Comisión Europea para el cuatrienio 1998-2002. La Acción Clave 4 de dicho programa está dedicada, precisamente, a las “Nuevas Perspectivas para la Aeronáutica”. La evolución del gasto español en I+D y su financiación se muestran en las figuras 4 y 5 respectivamente.



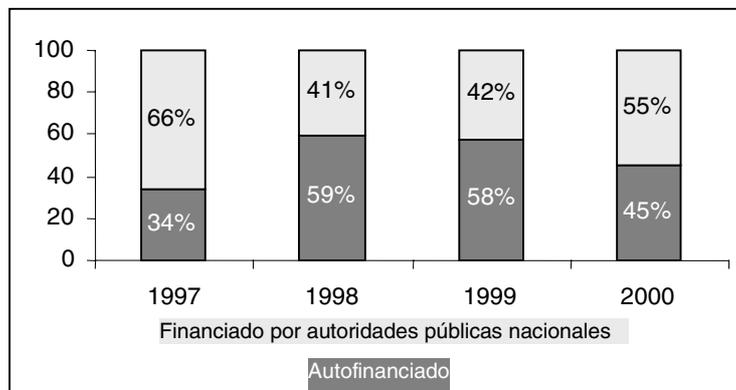
Fuente: ATECMA

Figura 3. Compras públicas en España y Europa (porcentaje respecto a la facturación)



Fuente: ATECMA

Figura 4. Gasto de la industria aeroespacial española en I+D (millones de pesetas y porcentaje sobre facturación)



Fuente: ATECMA

Figura 5. Financiación del gasto de la industria aeroespacial española en I+D (porcentajes sobre facturación)

## 1.2. LA EVOLUCIÓN DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL

En los inicios de la industria aeronáutica mundial, los fabricantes se mostraban muy reacios a delegar los conocimientos tecnológicos necesarios para producir hasta las piezas más simples del avión. Los aviones incorporaban tecnologías de doble uso, es decir, diseños, materiales y sistemas productivos que eran comunes a aeronaves civiles y militares, constituyendo estas últimas secreto industrial de Estado. Sin embargo, durante la II Guerra Mundial, unas necesidades de producción desconocidas hasta entonces llevaron a las industrias norteamericana y británica, no sólo a crear nuevas fábricas, algo difícil de conseguir en un plazo breve de tiempo, sino a fomentar también la subcontratación de piezas y de conjuntos completos a empresas auxiliares, bien preexistentes pero de actividad no aeronáutica, bien de nueva creación. Debido al fuerte y constante soporte tecnológico que las instalaciones auxiliares necesitaban de los fabricantes de aviones, su localización geográfica fue siempre próxima a las grandes factorías aeronáuticas.

La subcontratación generó una nueva tecnología de gestión mediante la cual se *paquetizaban* los trabajos para distribuirlos a los subcontratistas. Se crean así nuevas formas de transmisión de planos y de especificaciones técnicas y se generan instrucciones específicas de estados de entrega de los elementos por el subcontratista al fabricante final; es decir, aparecen sistemas totalmente nuevos de control de calidad y de coordinación de la producción. Finalizada la guerra, la fabricación de aviones civiles se ajustó a este esquema tanto en Estados Unidos y Gran Bretaña como en Francia, que también adoptó esta estructura industrial como medio de abaratar costes en un mercado cada vez más competitivo en una época en la que el transporte aéreo se convirtió en masivo. Pero la lucha por ese competitivo mercado civil acabó con la derrota de la industria europea y el predominio absoluto de los aviones de línea norteamericanos, que hacia 1970 gozaban de monopolio en el suministro de aviones de pasajeros entre las aerolíneas occidentales. Como es sabido, la constitución del Consorcio Airbus en 1971 por cuatro fabricantes de aviones europeos: Aeroespatale, British Aerospace, DASA y CASA, supuso un cambio significativo en esta situación. Paralelamente, la necesidad de reducir costes, tanto para los productos relacionados con Airbus como para programas propios de estas compañías, robusteció y desarrolló en Europa la industria auxiliar de subcontratación situada en las proximidades de los fabricantes. En este proceso, Andalucía no fue una excepción.

En este contexto, con la caída del Muro de Berlín y el fin inesperado de la Guerra Fría, a principios de los años 90 coincidió, quizá por primera vez en la Historia, el ciclo adverso de Defensa con el ciclo adverso del mercado civil. Los mercados aeronáuticos militar y civil, que normalmente se habían complementado en momentos de crisis, entraron al mismo tiempo en

recesión y ello originó, como es habitual, la rotura del eslabón más débil, que suele ser la industria auxiliar, y la destrucción de empleo cualificado, afectando seriamente incluso a los grandes fabricantes aeronáuticos. En un período de cuatro años se destruyeron en los países industrializados cientos de miles de puestos de trabajo especializados y la retirada de trabajos de los subcontratistas para paliar la subactividad de los grandes fabricantes. Ello provocó la casi total destrucción del sector de subcontratación en varios países europeos y serios efectos en Canadá y Estados Unidos.

Todo ello propició en EE.UU. una reestructuración sin precedentes en el sector. La consolidación americana, abanderada por la fusión de McDonnell Douglas con Boeing, fue patrocinada y propulsada por la propia Administración, que abrió la mano en su regulación anti-trust, llegándose a la situación de 1998, en la que tres empresas norteamericanas: Boeing, Lockheed y Raytheon, suponían juntas más de 90.000 millones de dólares de facturación (55% total del sector mundial). La respuesta europea se fue plasmando, de igual modo y necesariamente, en un proceso de reestructuración y consolidación en aras de eliminar las enormes duplicidades y redundancias existentes en Europa en esta industria, las cuales no permitían vislumbrar un escenario en el que todos los países pudieran situarse a la misma altura tecnológica y de productividad que imponía el líder norteamericano, las cuales suponían unos recursos financieros para inversiones materiales de difícil obtención. Hay que tener en cuenta que en 1999, para igualar la facturación de Boeing —que alcanzó los 58.000 millones de dólares— era necesario sumar la producción de los cuatro miembros del consorcio Airbus y de la Italiana Alenia.

Con la integración de CASA y DASA en junio de 1999 se inició un proceso de fusiones que había contado en sus prolegómenos con numerosos acercamientos entre empresas europeas. Así, por ejemplo, ya se había producido la reestructuración francesa (fusión de Matra, Aeroespiale y Dassault), BAe participaba en un 35% a la compañía sueca SAAB y había habido conversaciones, aunque no llegaron a fructificar, para una posible unión entre BAe y DASA. Finalmente, en el mes de octubre de 1999, se anuncia la fusión entre DASA y Aeroespiale, que culminó con la creación de la nueva empresa aeroespacial europea EADS (*European Aeronautic, Defence and Space Company*). La firma definitiva del acuerdo tuvo lugar el 2 de diciembre del mismo año y su salida parcial a bolsa el 10 de julio de 2000. EADS nació, según datos de la SEPI, como la primera empresa aeroespacial europea y la tercera a escala mundial, después de las estadounidenses Boeing y Lockheed Martin, con una plantilla de 96.000 empleados, unos ingresos aproximados de 20.500 millones de euros (3,4 billones de pesetas) y unos beneficios en torno a los 1.097 millones de euros (182.000 millones de pesetas).

Por otra parte, el 23 de junio de 2000, los socios de Airbus (los tres integrantes de EADS y la británica BAE Systems) hicieron público el acuerdo

para la transformación del consorcio en sociedad. La creación de la nueva empresa tuvo lugar el 11 de julio de 2001, con efectos retroactivos a 1 de enero del mismo año, fecha en la que estaba prevista su creación. El cuadro 2 muestra una síntesis de las fechas más relevantes a lo largo de este proceso.



**El A380 de Airbus Industrie tendrá capacidad para 555 pasajeros. Realizará su primer vuelo en 2004 y la primera entrega y entrada en servicio se prevé para 2006.**

10 de julio de 2000 "Day One" para EADS	EADS coloca el 30% de sus acciones en los mercados bursátiles de Francfort, Madrid y París. El grupo Lagardère tiene, conjuntamente con el Estado francés, el 30% de las acciones, DaimlerChrysler tiene también el 30% de las acciones y el ente público español SEPI el 5,5%. Las acciones existentes de Aerospatiale Matra se cambian por acciones de EADS en una relación de 1:1.
27 de julio de 2000 Proyecto A400M oficialmente confirmado	En la exhibición aérea de Farnborough, Bélgica, Francia, Alemania, Gran Bretaña, Luxemburgo, España y Turquía, anunciaron su deseo de adquirir 225 aviones militares A400M de Airbus.
18 de octubre de 2000 La Comisión Europea autoriza la integración de Airbus	La Comisión Europea da su consentimiento para convertir el consorcio de cuatro países, Airbus, en una empresa integrada. La empresa pertenecerá a EADS en un 80 % y a BAE Systems en un 20%.
26 de octubre de 2000 Joint Venture entre Sogerma y Northrop Grumman	Sogerma, filial de EADS, suscribe un acuerdo con la norteamericana Northrop Grumman para la reparación, mantenimiento y revisión de grandes aviones. La nueva empresa, EADS Aeroframe Services, tendrá su sede en Lake Charles, Louisiana, EE.UU.
20 de noviembre de 2000 EADS International completa su integración	Se constituye EADS International. La nueva organización realiza la explotación de servicios de ventas y marketing para los productos EADS a escala mundial. A la cabeza de EADS International, representada en más de 30 oficinas en todo el mundo, se encuentra Jean Paul Gut.
18 de diciembre de 2000 EADS y Rusia acuerdan proseguir la cooperación.	Se firma un "Memorando de Entendimiento" entre EADS y la agencia aeronáutica y espacial rusa Rosaviakosmos con el fin de ampliar los programas europeo-rusos ya existentes o bien iniciar nuevos programas.
19 de diciembre de 2000 Airbus proclama oficialmente la producción del A380 Megaliner	Con más de 50 pedidos confirmados, Airbus inicia oficialmente el programa del A380. Este avión de dos cubiertas será, con sus 555 plazas, el mayor avión de pasajeros del mundo. La primera entrega tendrá lugar, probablemente, a principios del año 2006.
6 de febrero de 2001 EADS efectúa inversiones en la industria finlandesa	EADS y el Ministerio finlandés de Comercio suscriben un acuerdo por el cual EADS participará con un 26,8% en el grupo tecnológico estatal Patria Industries Oyi.
16 de febrero de 2001 Se publica la memoria anual de 2000	Los resultados pro forma de EADS para el año 2000 muestran un crecimiento del 50,8% en la entrada de pedidos por un importe de 49.300 millones de euros. El volumen de ventas del primer años de EADS alcanzó 24.200 millones de euros (pro forma), un aumento del 7,3% en comparación al año anterior de 1999.
20 de abril de 2001 EADS y Thales Netherland constituyen un Joint Venture	EADS y Thales Netherland B.V. (anteriormente Thompson CSF-Signaál) fundan un Joint Venture para la futura tecnología naval. La nueva empresa al 50/50 reforzará los programas conjuntos existentes de las marinas alemana y holandesa.
26 de abril de 2001 Se suscribe el acuerdo para la fundación de MBDA	EADS, BAE Systems y Finmeccanica suscriben un acuerdo sobre la fusión de sus unidades de misiles guiados: Matra BAE Dynamics, EADS Aerospatiale Matra y Alenia Marconi Systems. La nueva empresa, que llevará el nombre de MBDA, dará ocupación a 10.000 empleados en Francia, Gran Bretaña e Italia.
16 de mayo de 2001 Se inaugura oficialmente EADS Aeroframe Services	EADS Aeroframe Systems (EADS (81%) y Northrop Grumman (19%)) comienza oficialmente sus actividades en Lake Charles, Louisiana, EE.UU.
23 de mayo de 2001 Se asigna una nueva estructura a ATR	Los asociados de ATR, Finmeccanica y EADS, anuncian la conversión del anterior consorcio ATR en una empresa integrada. Para ello se unificarán las actividades tecnológicas y de aprovisionamiento italianas para el programa ATR y las actividades comerciales existentes del actual consorcio ATR.
19 de junio de 2001 Ocho países europeos suscriben un MoU para A400M	En Le Bourget, ocho países europeos suscriben un memorando de entendimiento (MoU) para el avión de transporte militar A400M. Bélgica, Francia, Alemania, España, Turquía, Gran Bretaña, Italia y Portugal tienen la intención de adquirir un total de 212 aviones.
12 de julio de 2001 Fundada oficialmente la Airbus SAS	EADS y BAE Systems cumplen todas las condiciones legales y fiscales para convertir a Airbus en una empresa plenamente integrada. Airbus ya está operando desde enero de 2001 como empresa plenamente integrada.
9 de agosto de 2001 EADS publica sus cifras semestrales	A finales de junio de 2001 los pedidos ascendían a 42.800 millones de euros; la cartera de pedidos aumentó a 185.000 millones, un crecimiento del 56% desde junio de 2000. Éste corresponde a más de seis años de ocupación. En los primeros seis meses del año 2001 aumentó el volumen de ventas un 33% a 14.000 millones de euros, frente a los 10.600 millones en el mismo período del año anterior.

Fuente: <http://www.eads-nv.com>

## Cuadro 2. Cronología de EADS

### 1.3. LA INDUSTRIA AERONÁUTICA EN ESPAÑA

Al margen de las empresas subcontratistas, el sector aeronáutico y aeroespacial español está configurado por un número relativamente pequeño de empresas y organismos públicos de investigación (como, por ejemplo, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)) que son los más representativos en términos de facturación, empleo y recursos tecnológicos. De éstos, el 62% se dedica exclusivamente a actividades aeronáuticas, el 15% lo hace en exclusiva a actividades espaciales, y el 23% restante comparte actividad. Entre las empresas más significativas, cuya actividad principal es la construcción, mantenimiento y reparación de aeronaves, se encuentran EADS-CASA, Dirección de Material de Iberia, ITP (Industria de Turbopropulsores, S.A.), HTC (High Technology Composites, S.A.), CESA (Compañía Española de Sistemas Aeronáuticos, S.A.) o AISA (Aeronáutica Industrial, S.A.). Estas empresas representarían cerca del 85% del sector en términos de empleo y facturación.

Por otro lado, cabe destacar otro conjunto de empresas, cuya actividad principal no se corresponde con el CNAE de la industria aeronáutica (tal es el caso de SENER Ingeniería y Sistemas, S.A.), pero cuya razón de ser y la principal de sus actividades en facturación y recursos humanos dedicados es la aeroespacial. Estas empresas representarían el 15% del sector en términos de empleo y facturación.

En función de la actividad productiva concreta que realicen en el sector, las empresas de la industria aeronáutica española<sup>2</sup> se pueden diferenciar en los siguientes tipos:

- *Empresas integradoras.* Tienen capacidad de integración de aeronaves, es decir, de montaje final y salida en vuelo desde sus instalaciones, así como de Ingeniería e I+D. En España hay una sola empresa de este tipo, EADS-CASA, concretamente su factoría de San Pablo en Sevilla.
- *Empresas de motores y componentes.* Carecen de capacidad de integración, pero no de ingeniería e I+D sobre componentes específicos, subconjuntos o equipos. En España existe una quincena de empresas de este tipo, y pueden servir de referencia ITP, SENER y CESA.
- *Empresas subcontratistas.* No tienen capacidades de ingeniería e I+D, siendo básicamente fabricantes bajo especificaciones y diseño de empresas de los dos grupos anteriores. El grupo más numeroso de

---

<sup>2</sup> Dado que el sector en Andalucía se limita al ámbito de las aeronaves, esto es, a la aeronáutica, no existiendo actividades del sector espacial, es en el primero en exclusiva en el que fijamos nuestra atención.

empresas subcontratistas es el de mecanizado y tratamiento de pequeñas piezas y componentes, así como el de las que se dedican al montaje.

- *Empresas de mantenimiento y overhaul.* Dedicadas a actividades de mantenimiento de aeronaves, motores y componentes, como, por ejemplo, AISA o la Dirección de Mantenimiento de Iberia.

Entre todas ellas, existe una serie de empresas que definen las líneas de actuación y las tendencias del resto, a las cuales se las denomina *empresas cabecera*.

Por lo que respecta a la distribución geográfica de dichas empresas, y sin descartar la localización puntual de firmas con actividades aeronáuticas en otras comunidades, no cabe duda de que en España son tres las zonas o Comunidades Autónomas que concentran la práctica totalidad de las empresas del sector: el País Vasco en la zona norte, la Comunidad de Madrid en la zona centro y Andalucía en la zona sur. Estudios previos (Comunidad de Madrid, 2000) señalan que la problemática de la industria auxiliar es similar en todas ellas; sin embargo, la vía para hacer frente a las circunstancias del entorno de los últimos años no ha sido la misma en las tres comunidades. Mientras que en Andalucía y el País Vasco se han desarrollado asociaciones sectoriales encaminadas a potenciar las capacidades de las empresas asociadas y la colaboración entre las mismas, en la Comunidad de Madrid, resultado de la competencia existente, parece apreciarse cierta aversión al asociacionismo entre las pymes del sector, quizá por falta de confianza en las otras pymes, y desaprovechando, por tanto, las ventajas que esta alternativa puede ofrecer (Comunidad de Madrid, 2000).

A continuación se resume la estructura del sector en las Comunidades Autónomas de Madrid y el País Vasco. Los relativos a Madrid se han extraído de la publicación “La Industria Aeronáutica en la Comunidad de Madrid”; los relativos al País Vasco provienen de los informes anuales del clúster de aeronáutica de dicha Comunidad desde su creación en 1997. Al sector en Andalucía se dedica el apartado siguiente.

#### **A) Industria aeronáutica en la Comunidad de Madrid**

La industria aeronáutica madrileña se configura como un gran conjunto formado por una docena de grandes empresas cabeceras alrededor de las cuales se reúnen, aproximadamente, un centenar de pequeñas y medianas empresas que, siendo su actividad principal diferente de la industria aeroespacial en muchos casos, realizan diversos trabajos de subcontratación para las primeras.

El grupo de subcontratistas muestra una notable heterogeneidad, coexistiendo algunas que por su tamaño y facturación total no podrían considerarse pymes, pero que dedican al sector aeronáutico un porcentaje de su actividad muy pequeño, con otras de marcado carácter familiar con menos de cinco empleados en la mayoría de los casos y con reducidos niveles de producción.

Por otra parte, aunque existen algunas agrupaciones empresariales entre las empresas más pequeñas, no existe una asociación sectorial que aumente el volumen mínimo de producción que suelen exigir las empresas cabecera. Entre sus puntos fuertes se encuentran la fidelización con los clientes y la diversificación hacia otros sectores, pero, entre otras, algunas deficiencias relevantes definen en general a la empresa auxiliar aeronáutica madrileña (Comunidad de Madrid, 2000):

- Bajo volumen de actividad, con escasa automatización.
- Mercado fundamentalmente nacional, que genera una elevada competencia.
- Bajo grado de cooperación con las empresas cabecera.
- Baja cualificación del personal.
- Escasa visión empresarial y estratégica y deficientes estructuras organizativas.
- Escasa participación en programas nacionales e internacionales de I+D.
- Imposibilidad de captar nuevos clientes entre las empresas cabecera del sector.
- Falta de medios tecnológicos y de certificaciones de calidad.

#### **B) Industria aeronáutica en el País Vasco**

En este caso, la estructura del sector está claramente marcada por la constitución, en diciembre de 1997, de la asociación Hegan como estructura legal del Clúster de Aeronáutica de la Comunidad (constituido en 1993), la cual ha posibilitado la integración de la mayor parte de las empresas del País Vasco que trabajan en el sector.

Los tres socios fundadores del clúster, empresas cabecera del sector en el País Vasco, fueron Sener, ITP y Gamesa Aeronáutica; en la actualidad hay un total de 13 pymes colaboradoras en el mismo (Hegan, 1999). Al contrario de lo que hemos visto en el caso del sector en Madrid, las empresas aeronáuticas vascas gozan de un considerable nivel de cooperación, lo cual es lógico, al ser éste uno de los objetivos que guió la creación de Hegan. Asimismo, la asociación centra sus esfuerzos en

actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en porcentajes que llegan a superar a los del sector aeronáutico en España y en Europa.

Además, el clúster ha puesto en marcha un Plan Agrupado de Formación y ha desarrollado un modelo de Aseguramiento de Sistema de Calidad específico para sus empresas (Hegan 9000), con objeto de homogeneizar los procesos de certificación y homologación y de capacitar a las empresas para participar en futuros programas aeronáuticos internacionales.

#### **1.4. LA INDUSTRIA AERONÁUTICA EN ANDALUCÍA: CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN ANALIZADA**

El presente apartado pretende plasmar la situación actual del sector aeronáutico en Andalucía, especialmente en lo que se refiere a la industria auxiliar, cuya evolución más reciente ha quedado marcada en gran medida por la creación a mediados de los 90 de la asociación sectorial Andalucía Aeroespacial. No obstante, antes de proceder a considerar dicha asociación, hemos creído interesante incluir una breve historia de la evolución del sector desde sus orígenes; ello permitirá hacerse una idea del arraigo que éste tiene en la región, aspecto que constituye una de sus fortalezas.

##### **1.4.1. Evolución de la industria auxiliar aeronáutica andaluza<sup>3</sup>**

La industria auxiliar andaluza ha seguido su particular andadura adaptada a la evolución de la industria aeronáutica nacional y las circunstancias específicas de la región, pero, en lo fundamental, sin variar demasiado del patrón seguido en otras regiones tradicionalmente aeronáuticas de Europa. En la historia del sector se pueden distinguir las cuatro etapas que a continuación se muestran.

##### **a) De los orígenes a los años 70**

Durante la primera década de existencia de la industria aeronáutica en Andalucía, todas las actividades de Ingeniería y fabricación de aviones se limitaron a la factoría de CASA en los Puntales (Cádiz), donde se fabricaban aparatos militares para el Ministerio de la Guerra español y se realizaban trabajos de modificación de las aeronaves realizadas por las Maestranzas

---

<sup>3</sup> La elaboración de gran parte este apartado se ha basado en información facilitada por Mariano Santiago Pugés, al cual agradecemos su colaboración.

Aéreas del Servicio Militar de Aviación en Tablada y en Málaga. En 1937, en plena Guerra Civil, se funda en Sevilla la empresa aeronáutica Hispano Suiza, y un año después se establece, también en Sevilla, la empresa privada Industrias Subsidiarias de Aviación (ISA). Acabada la guerra, ISA seguirá diseñando y desarrollando diversos componentes aeronáuticos, tales como bombas de engranajes de lubricación, accionamientos mecánicos, tanques de combustible y sistemas de tuberías rígidas y flexibles para aceite y combustibles, de los que será, por muchos años, suministrador español único de la industria aeronáutica nacional. La política industrial de inmediata posguerra establece que las empresas privadas de interés militar sean estatales o, al menos, que el INI (Instituto Nacional de Industria) posea el 33% de su capital. De este modo, y mediante las oportunas ampliaciones de capital, el INI adquiere esta participación en CASA y en la sevillana Hispano Suiza, pasando la última a llamarse La Hispano Aviación, S.A. (HASA).

Entre los años 40 y 70, un cierto número de empresas andaluzas fabricarán diversos componentes mecanizados y de chapistería, así como útiles de fabricación, bajo diseño y pedido de CASA, AISA (Aeronáutica Industrial, S.A.) o HASA, participando prácticamente en todos los programas nacionales o extranjeros en los que de una u otra forma toma parte la industria aeronáutica española. Sin embargo, la competencia surgida a partir de 1954 bajo el disfraz de la ayuda americana y los drásticos recortes a la industria aeronáutica a largo plazo del Plan de Estabilización de 1959 sumieron al sector en una crisis nacional que llevó a muchas empresas a la diversificación de sus productos, derivando típicamente hacia la automoción, a la espera de tiempos mejores. A esta situación no se vieron abocadas únicamente las empresas auxiliares (que llegaron a desarrollar, además de componentes como cajas de cambios, maquinaria agrícola y otros proyectos propios como el biplaza Biscuter o el ciclomotor Mosquito) sino las propias CASA, HASA y AISA, que desarrollaron camiones propios (AISA bajo la marca Avia) y diversos tipos de vehículos, así como componentes mecánicos o de carrocerías de los mismos.

#### **b) Del relanzamiento de los 70 a la casi desaparición de mediados de los 80**

La transferencia por CASA a finales de los 70 de los programas propios de aviones militares de transporte C-212 y CN-235 de Getafe a Cádiz y Sevilla tendrá una influencia capital en el relanzamiento de la industria auxiliar aeronáutica andaluza, que, a pesar de la crisis del sector, nunca llegó a desaparecer del todo. Tras los titubeos iniciales del programa Aviocar C-212, su producción, transferida a Andalucía, mantuvo una demanda insospechada e históricamente elevada para un avión español, especialmente tras el lanzamiento de la versión mejorada C-212-200. CASA decide entonces multiplicar sus recursos externalizando la producción de

piezas y elementos estructurales completos, promoviendo para ello la creación de nuevos subcontratistas privados en la región. Sin embargo, los cada vez más exigentes requerimientos en la documentación y controles de Ingeniería y calidad hacen inviable la delegación de estas responsabilidades por CASA a estas nuevas pymes, y surge así un nuevo tipo de subcontratista que fabrica pero que ahora ya no posee su producto.

La formación del personal de taller de estas empresas se lleva a cabo con gran éxito por CASA, demostrándose que en un sector en el que la alta cualificación de la mano de obra es tan importante, dicha formación es especialmente eficaz en zonas con una tradición específica sólida y un colectivo laboral con oficio, como es el caso del sector aeronáutico en Andalucía. Los nuevos talleres se especializarán exclusivamente en la fabricación de elementos estructurales, en las disciplinas de mecanizado, chapistería, tratamientos superficiales, interiores de avión, asientos, módulos interiores de servicio a pasajeros, montaje de subconjuntos e, incluso, integración de grandes conjuntos como fuselajes completos o alas.

Tras la explosión de trabajo que generó el éxito del C-212, una vez que su demanda se estancó no fue posible sustituirla en igual medida por otros modelos como el C-101 o el C-235, lo que provocó una fuerte recesión en los programas nacionales de CASA, que eran precisamente los asignados a Andalucía por ésta, único cliente que tenían los subcontratistas de la región. Siguiendo la práctica usual de recuperar los paquetes de trabajo subcontratados para evitar paro en las factorías propias, CASA retiró casi todos los trabajos de los subcontratistas andaluces que, en esta ocasión, por su total falta de producto propio y de estructura técnica para crearlo, fueron en su mayoría incapaces de sobrevivir. Hacia la mitad de los años 80, la casi totalidad de los subcontratistas aeronáuticos andaluces había desaparecido.

### **c) De los programas internacionales de finales de los 80 a la crisis del 93**

A mediados de la década de los 80 era bien notorio el éxito de la participación de CASA en el Consorcio Airbus, en el que apenas participaba Andalucía, pero que saturaba su factoría de Getafe. CASA decide entonces, siguiendo la misma filosofía, participar como socio de desarrollo en otros grandes programas de aviones civiles internacionales, consiguiendo ser seleccionada por McDonnell Douglas, en 1987, para suministrar el estabilizador horizontal, tanques de combustible y puertas del tren de aterrizaje del nuevo gran avión de pasajeros de fuselaje ancho MD-11.

Un alto porcentaje de los trabajos generados habrán de ser necesariamente subcontratados para alcanzar la necesaria competitividad en precio. Por otro lado, la fabricación deberá realizarse en su mayor parte en las factorías de CASA en Andalucía o en empresas subcontratistas

andaluzas, pues así se ha acordado con la Junta de Andalucía, que ha proporcionado los medios de financiación del nuevo programa con objeto de que se pueda reconstituir y desarrollar el destruido tejido industrial de la región. Así pues, CASA establece en Cádiz la Gerencia del MD-11, cuya primera actuación es diseñar y llevar a la práctica, a través del apoyo de las cuatro factorías de CASA en Andalucía, la reconstrucción y ulterior desarrollo de una red de nuevos subcontratistas aeronáuticos que permitan desarrollar este programa.

En un plazo récord de tres años, CASA fomenta el desarrollo de un tejido industrial renovado, con un potencial de 1,8 millones de horas/hombre directas por año y plantas especializadas en la fabricación de componentes mecanizados por control numérico, chapistería aeronáutica, encolados metal-metal, materiales compuestos avanzados, tuberías rígidas conformadas de precisión, montajes aeronáuticos e Ingeniería de procesos de fabricación y de calidad. Esta amplia base de subcontratación permitirá a CASA no sólo el desarrollo y fabricación competitiva de los componentes del MD-11, sino también de otros programas internacionales como el MD-80, el Saab 2000, el Eurofighter o toda la serie Airbus.

Sin embargo, como ya se indicó al analizar la evolución del sector a nivel mundial, en 1990 se produce la caída del muro de Berlín y el fin inesperado de la Guerra Fría. El resultado, también inesperado tras la euforia inicial, fue una recesión a nivel mundial. El derrumbe de la industria de armamentos, debido a su alta participación en las actividades industriales y económicas en los países desarrollados, provocó una disminución en la demanda de servicios y en consumo, con el consiguiente aumento del paro y la contracción de las necesidades de crecimiento del tráfico aéreo.

Como ya se apuntó, ello supuso la casi total destrucción de la industria aeronáutica auxiliar en diversos países europeos, pero en Andalucía se daba una curiosa circunstancia. CASA, como hemos tenido ocasión de ver, ya había sufrido con anterioridad la destrucción de su base de subcontratación, la cual palió con una costosa reconstrucción apenas unos años antes; es por ello que decide, con sacrificio propio, no retirar ningún paquete de trabajo de los subcontratistas andaluces, que constituían su principal e imprescindible apoyo industrial externo. No obstante, la mucho más baja cadencia de las entregas de aviones acaba por afectar a las pymes aeronáuticas de Andalucía; varias de éstas sucumben, mientras que el resto reduce a la mitad o más su nivel de empleo. En 1991 se fundó una asociación de subcontratistas en Andalucía denominada ATESAER, la cual constituyó un primer foro de encuentro y discusión sobre la problemática de futuro de estas empresas.

#### **d) El repunte del 94 y la creación de Andalucía Aeroespacial**

En 1994, cuando la industria empieza a repuntar de nuevo, el tipo de subcontratista existente no tiene ya lugar en el nuevo panorama de una industria globalizada. El perfil del nuevo subcontratista requiere un alto nivel de valor añadido tecnológico y de integración que ninguna de las pymes podría ofrecer de manera aislada. Se percibe entonces que si la industria aeronáutica andaluza pretende sobrevivir deberá buscar nuevas formas de hacerlo y enfrentarse a nuevos retos. En 1994, mediante un Acuerdo Marco entre ATESAER y la Dirección General de Industria de la Junta de Andalucía, se establece como sociedad anónima Andalucía Aeroespacial, con capital privado (pymes del sector aeronáutico andaluz) (una participación del 25% del Instituto de Fomento Andaluz (IFA)) y público, con el objetivo y esperanza de buscar respuestas apropiadas a un entorno industrial global en rápida y drástica evolución. AAe se erigió como único responsable de los contratos frente al cliente y como punto focal de contacto de éstos con el fabricante.

La aparición de AAe (en el cuadro 3 puede encontrarse un resumen de las capacidades de fabricación y del sistema de calidad del grupo) propició, por un lado, facilitar a las pymes auxiliares el acceso al importante nicho de mercado internacional de conjuntos aeronáuticos terminados, y, por otro, intentar suplir las carencias de las pymes aeronáuticas de Andalucía en cuanto a conocimientos, capacidad de captación de mercado, Ingeniería o gestión de programas, y que ninguna, aisladamente, podría soportar. Además de en estas dos cuestiones principales, AAe pretendía también contribuir al sector en diversos aspectos como:

- la mitigación del riesgo del cliente único,
- la mejora tecnológica de las empresas,
- la ayuda para implantar tecnologías avanzadas de fabricación y gestión.
- la creación de empleo cualificado.
- el desarrollo de propuestas de colaboración con instituciones cualificadas (Universidades, Escuelas...)
- o la implantación de un sistema informatizado de planificación de recursos de fabricación.

Sin embargo, las expectativas con las que se creó no se han cumplido totalmente, y la asociación pasa en la actualidad por un período de incertidumbre que coincide con los intentos de nuevas colaboraciones entre

empresas que permitan acceder a las capacidades que el momento actual les exige<sup>4</sup>.

Capacidades de fabricación
Mecanizados por control numérico de 3, 4 y 5 ejes, para piezas de hasta 18 m de longitud
Mecanizado de alta velocidad a 20.000 r.p.m.
Chapistería aeronáutica
Procesos especiales superficiales químicos y tratamientos térmicos
Encolado metal-metal
Tubería rígida de precisión para sistemas hidráulicos y de combustible de aeronaves
Procesos certificados de pintura
Fabricación de estructuras en materiales compuestos avanzados, en fibra de carbono, fibra de vidrio y kevlar de hasta 14 m de longitud
Montaje de estructuras aeronáuticas en metal y en materiales compuestos
Fabricación de utillaje incluyendo gradas de montaje
Sistema de Calidad
Sistema de calidad propio, aprobado internacionalmente de acuerdo con los requerimientos de la norma DQS-100 N de Boeing y la HQS-500 de Hyundai Space & Aircraft.
Los sistemas de calidad de las empresas del grupo se integran dentro del sistema de calidad de AAe mediante suplementos de calidad que garantizan el flujo ininterrumpido de los requerimientos del cliente hasta los talleres.
Todas las empresas de AAe han obtenido el certificado ISO 9002 y/o AQAP 120 (NATO) y/o CASA nivel 2, iguales o superiores a la primera.

Fuente: Andalucía Aeroespacial

Cuadro 3. Capacidades de fabricación y sistema de calidad del grupo AAe

### e) La llegada de los nuevos programas europeos

Cuando esta obra comenzó su andadura, la coyuntura del sector en Europa, con unas satisfactorias perspectivas de crecimiento y en pleno proceso de reestructuración, permitía intuir que se estaba planteando una excelente oportunidad para las empresas auxiliares andaluzas. Las expectativas europeas estimaban una demanda hasta el año 2020 de más de 15.000 aviones nuevos. Para hacer frente a los nuevos programas, el conjunto de empresas que conforman el sector en Andalucía habrá necesariamente de aumentar su capacidad tecnológica y de gestión. Debiera intentarse, por un lado, aprovechar la cercanía de las instalaciones de EADS-CASA y reducir la probabilidad de que los pedidos se trasladen a otras regiones (españolas o del resto de Europa), y, por otro, intentar

<sup>4</sup> Entre éstas, se acaba de hacer pública la creación de Alera, resultado de la participación de las andaluzas TADA e Intec-Air con otras empresas españolas y una estadounidense.

aumentar las cuotas de mercado tanto a nivel nacional como internacional. No podemos olvidar que Andalucía sufre un déficit importante en lo que a su sector industrial se refiere, sobre el que han alertado las asociaciones de Ingenieros Industriales de Andalucía y la comisión *Economía Competitiva* del foro *Andalucía Nuevo Siglo*, aconsejando la necesidad de que las universidades sintonicen mejor con las necesidades sociales de formación y que, dentro de éste, el aeronáutico tiene posibilidades de convertirse en motor de desarrollo. Para ello, y teniendo en cuenta la fuerte competencia, no sólo por parte del resto de Europa, sino también por países de la Cuenca del Pacífico que, durante los años 90, han desarrollado una gran capacidad, especialmente en los componentes intensivos en mano de obra, el desarrollo de la industria requiere de un fuerte aumento de la productividad y de una clara apuesta por la tecnificación, con la consiguiente aplicación tanto a los productos propios como al resto de proyectos conjuntos.

En el caso concreto del sector aeronáutico andaluz, hay que tener en cuenta que el tamaño reducido de muchas de sus empresas y la falta de mentalización de algunos de sus gestores, junto a una falta de competitividad tecnológica, podrían constituir serios problemas para la supervivencia de muchas de ellas. La llegada de empresas foráneas, que ya ha comenzado, puede conllevar, dependiendo de su tamaño, bien una seria competencia para las locales, bien la posibilidad de que alguna de ellas sea absorbida, tal y como ya ha ocurrido en algún caso. No puede ignorarse que la región cuenta con una serie de características que la hacen especialmente atractiva a efectos de localización. Entre las indiscutibles ventajas que tiene la región se encuentran las siguientes:

- Bajos costes de fabricación, sobre todo de mano de obra.
- Hay mucha mano de obra disponible para trabajar.
- Zona de tradición aeronáutica con personas muy valiosas dispuestas a formar.
- Facilidad para obtener subvenciones de la UE por tratarse de zona 1.
- Conexión directa por autovía-autopista entre Sevilla y el Norte de Europa.
- Puerto fluvial que facilita la entrega de grandes componentes.
- Cuenta con un centro de integración de aviones en EADS San Pablo (EADS sólo tiene 3 centros de integración de aviones: Hamburgo, Toulouse y Sevilla).

El final de la favorable coyuntura existente a finales de los 90, comenzó a notarse en el año 2001, antes incluso de los atentados de septiembre que acelerarían la etapa de recesión, como lo atestigua la

ralentización de la producción por parte de Airbus en el verano de ese año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la nueva situación ha dado un impulso a la industria armamentista, de mucho mayor calado, no obstante, en EE.UU. En dicho contexto, hay que recordar que el avión de transporte militar europeo A400M del consorcio Airbus será ensamblado en su totalidad y entregado en las instalaciones de EADS-San Pablo, que además podría fabricar previsiblemente, junto con la factoría de Puerto Real, los estabilizadores horizontales traseros, lo cual hace prever que tanto CASA como la industria aeronáutica auxiliar andaluza tengan carga de trabajo durante varias décadas.



El avión de transporte militar europeo A400M de Airbus será ensamblado en las instalaciones de EADS-CASA en San Pablo, Sevilla.

#### 1.4.2. Caracterización de las plantas aeronáuticas andaluzas

Como ya se ha adelantado, las plantas y empresas radicadas en Andalucía que operaban en el sector aeronáutico *en el momento de realizar el estudio de campo de nuestro trabajo*, pueden diferenciarse en dos grandes grupos<sup>5</sup>:

---

<sup>5</sup> Desde entonces, algunas empresas foráneas como la vasca Gamesa o la madrileña Tegrafi se han instalado en Andalucía, mientras que firmas andaluzas han creado nuevas filiales como, por ejemplo, Titalchip.

1. Las cuatro plantas pertenecientes al grupo CASA, que se concretaban en las factorías de San Pablo y Tablada, en la provincia de Sevilla, y las factorías de Cádiz y Puerto Real, en la provincia de Cádiz. Las dos últimas, aunque separadas geográficamente, funcionaban como un único centro decisor, por lo que en este trabajo, y a petición y consejo de los propios directivos, se han considerado como una única factoría, de ahí que a lo largo de todo el trabajo hagamos referencia a las tres plantas de Construcciones Aeronáuticas.
2. Un conjunto de pymes auxiliares, la mayor parte de las cuales estaban integradas en la asociación sectorial Andalucía Aeroespacial. En la tabla 1 se muestran las empresas que realizaban alguna actividad aeronáutica para AAe en el momento de llevar a cabo nuestro estudio, indicándose, para cada una de ellas, su principal actividad y el porcentaje aproximado (sobre el total de horas de trabajo) dedicado a la aeronáutica.

Las tres factorías de CASA, la propia AAe y las dieciséis pymes auxiliares sumaban una población de veinte plantas. Dado el reducido número de elementos de la población, se decidió estudiar la totalidad de la misma, con objeto de poder realizar un análisis descriptivo del sector. Tal objetivo ha sido posible al alcanzarse una tasa de respuestas del 100%. La tabla 2 y las figuras 6 y 7 muestran los datos obtenidos en relación con el perfil de la población en cuanto a antigüedad, capital, tipo de organización, actividad, tamaño, productos, procesos, mercados y elaboración de planes estratégicos. Las unidades objeto de estudio han sido, por tanto, factorías o plantas productivas. No obstante, aun cuando ello no sea exacto en el caso de las factorías de CASA, y con objeto de agilizar el texto, *en adelante utilizaremos indistintamente los términos planta y empresa para referirnos a los elementos de la población.*

Aunque para una completa caracterización del sector se llegaron a identificar hasta un total de 19 subáreas de actividad, tal y como puede verse en la tabla 2 y en la figura 7, es un hecho que no todas ellas estaban igualmente extendidas entre las empresas de la población, de manera que en algunos casos eran tan sólo una o dos empresas las que se dedicaban a una determinada actividad, que podía, además, no ser la principal. Por tanto, al margen de que las 19 subáreas de actividad indicadas puedan ser referidas cuando el análisis realizado sea de naturaleza meramente descriptiva, las cinco actividades fundamentalmente consideradas en el análisis estadístico han sido las de chapistería, diseño, Ingeniería, mecanizado y montaje.

Empresa	Localidad	Actividad	Aeronáutica (%)
AEROSUR	Alcalá de Guadaira (Sevilla)	Montaje	100
AIRGRUP	Sevilla	Tuberías, Procesos finales	100
ANDALUCÍA AEROESPACIAL	Sevilla	Diseño, Ingeniería	100
CALDERINOX	Salteras (Sevilla)	Chapistería, Montaje, Almacén	45
CONSUR	Sevilla	Mecanizado	80
FAOT	Mairena del Aljarafe (Sevilla)	Ingeniería	95
INTEC-AIR	Puerto Real (Cádiz)	Chapistería, Montaje	100
MAPESAL	Dos Hermanas (Sevilla)	Montaje	100
MECAPREC	Cádiz	Mecanizado	40
MEUPE	Mairena del Aljarafe (Sevilla)	Mecanizado	90
SACESA	Sevilla	Materiales Compuestos, Montaje	100
SADIEL	Sevilla	Diseño	2,5
SEVILLA CONTROL	Sevilla	Mecanizado	100
TADA, S.A.	Sevilla	Mecanizado, Montaje, Procesos finales	100
TALL. GLEZ. JARAMILLO	Gines (Sevilla)	Almacén, Montaje	30
TAMC	Sevilla	Tratamiento térmico	5
TALLERES LOBILLO	Sevilla	Mecanizado	100

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 1. Empresas auxiliares del sector aeronáutico andaluz



**SACESA. Baños de tratamientos químicos (14x3x1 metros)**

Por lo que respecta al tamaño empresarial, se ha asumido la hipótesis, ampliamente aceptada, de que el tamaño de la empresa está relacionado directamente con el uso de tecnología. Dicho tamaño se ha medido a través del volumen anual de ventas, puesto que cabe aceptar que uno de los efectos de invertir en AMT podría reflejarse en una disminución de plantilla.

Antigüedad (años)	Valor	% empresas	Ventas (mill. ptas.)	Valor	% empresas
media	24,35		media	2.831,5	
desviación típica	19,55		desviación típica	6.035,3	
mínimo	4		mínimo	60	
máximo	72		máximo	22.000	
De 0 a 10	5	25%	De 51 a 500	11	55%
De 11 a 20	7	35%	De 501 a 1000	3	15%
De 21 a 40	4	20%	De 1001 a 5000	3	15%
De 41 a 60	3	15%	De 5001 a 15000	1	5%
Más de 60	1	5%	Más de 15000	2	10%
Propiedad del capital	Valor	% empresas	Tipo de organización	Valor	% empresas
Privado	14	70%	Independiente	15	75%
Público	3	15%	Grupo Nacional	4	20%
Mixto	3	15%	Asociación Sectorial	1	5%
Actividades	Valor	% empresas	Trabajadores directos	Valor	% empresas
Chapistería	3	15%	media	119,6	
Estirado	1	5%	desviación típica	172,3	
Fresado Químico	1	5%	mínimo	14	
Materiales Compuestos	1	5%	máximo	604	
Mecanizado	7	35%	De 10 a 50	9	45%
Tradicional	3	15%	De 51 a 100	6	30%
De control numérico	7	35%	De 101 a 200	2	10%
Eléctrica	1	5%	Más de 200	3	15%
Ingeniería	13	65%	Trabajadores indirectos	Valor	% empresas
De proceso	12	60%	media	74,4	
De avión	3	15%	desviación típica	145,5	
Diseño	9	45%	mínimo	5	
De utillaje	9	45%	máximo	531	
Aeronáutico	2	10%	De 1 a 10	9	45%
Montaje	12	60%	De 11 a 20	6	30%
Submontajes	8	40%	De 21 a 40	2	10%
Conjuntos	11	55%	Más de 200	3	15%
Final	3	15%	Plantilla total	Valor	% empresas
Tratamiento térmico	1	5%	media	186,6	
Corte de materiales	1	5%	desviación típica	310,0	
Tuberías	1	5%	mínimo	14	
Procesos finales	2	10%	máximo	1135	
Almacenamiento	2	10%	De 1 a 50	8	40%
Configuración	Valor	% empresas	De 51 a 100	7	35%
Por Proyecto	2	10%	De 101 a 150	2	10%
Talleres	9	45%	Más de 700	3	15%
Celular	4	20%	Principales mercados	Valor	% empresas
Línea	2	10%	Empresas Industriales	17	85%
Otra (Ingenierías)	3	15%	Empresas Comerciales	3	15%
Gama de productos	Valor	% empresas	Administración	2	10%
A medida del cliente	16	80%	Ejército	6	30%
Muchas opciones	2	10%	Plan Producción L/P	Valor	% empresas
Estándar con variantes	2	10%	Sí	12	60%
Plan estratégico	Valor	% empresas	No	8	40%
Sí	13	65%			
No	7	35%			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Perfil de la población

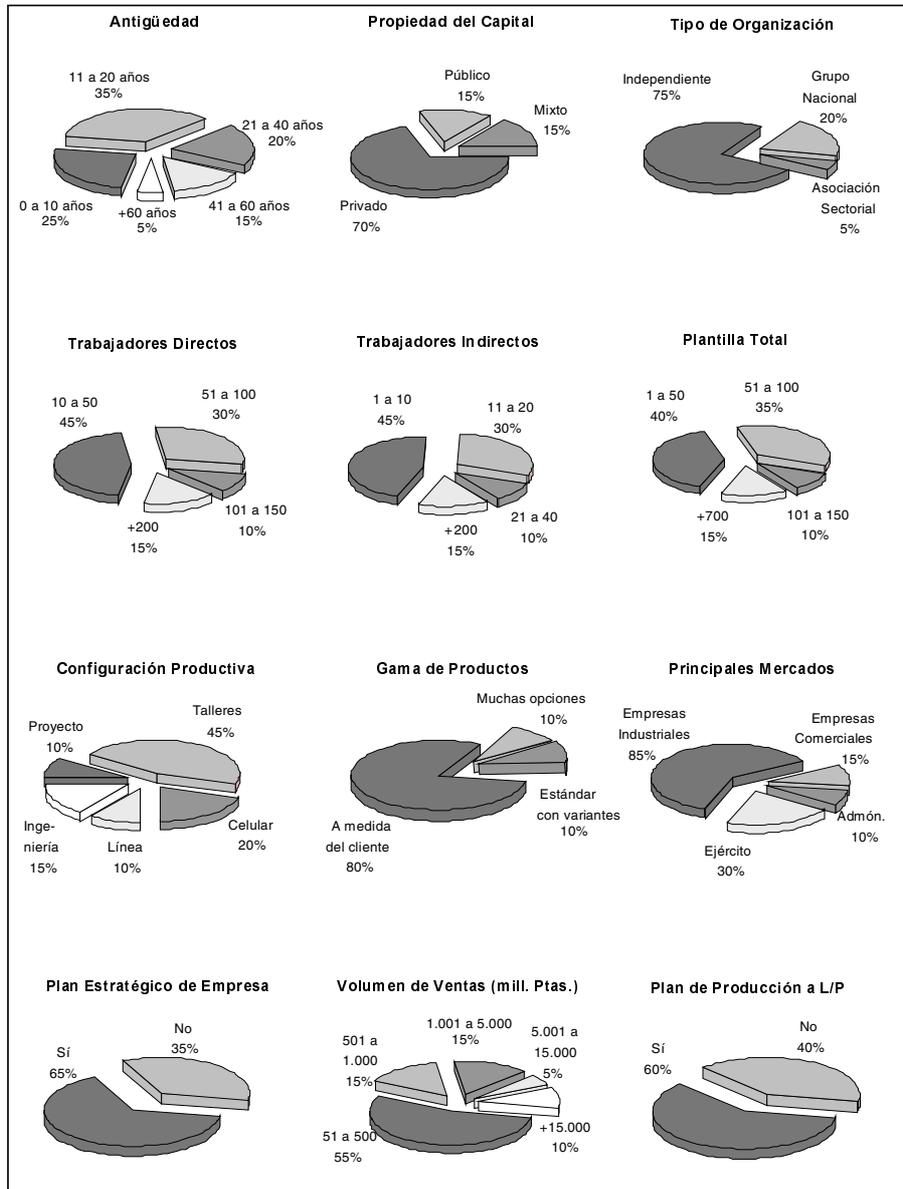


Figura 6. Perfil de la población

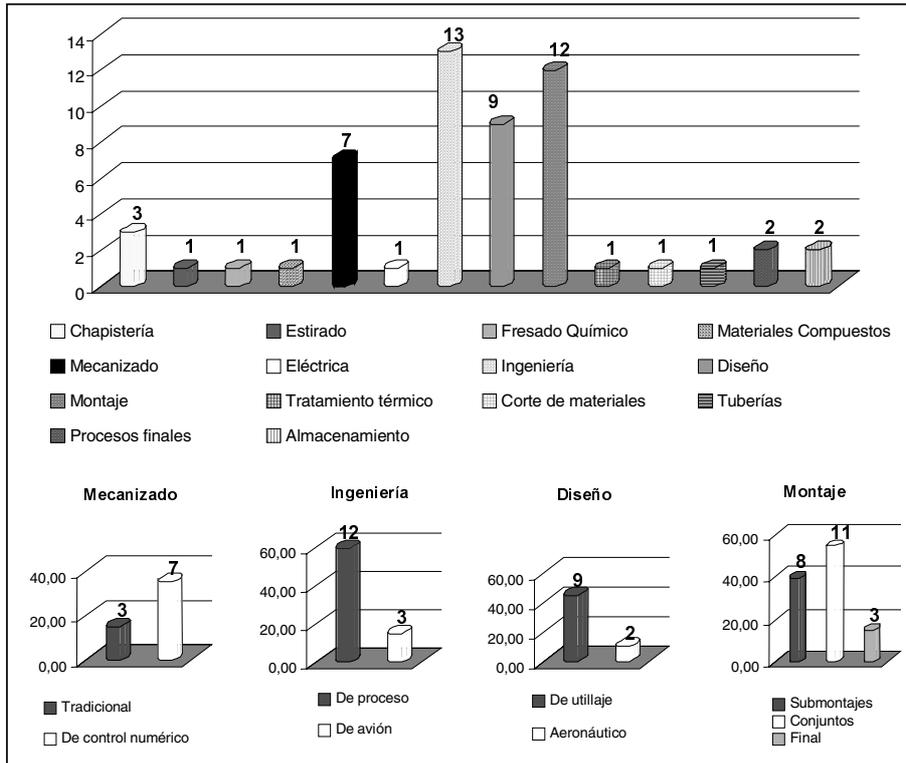


Figura 7. Perfil de la población: actividades



**CONSUR. Máquina de Control Numérico Computerizado de 5 ejes**



**AIRGRUP. Fabricación de tuberías**

# 2

## **LAS INVERSIONES EN AMT DE LA AERONÁUTICA ANDALUZA**

---

### **2.1. INVENTARIO TECNOLÓGICO DE LAS AMT PRESENTES EN EL SECTOR**

Al igual que las capacidades empresariales influyen en el marco competitivo, la evolución de este último exige a las empresas desarrollar determinadas capacidades para mantenerse en el mercado. En la actualidad, las empresas de los distintos sectores económicos, cada vez más globalizados, operan en un nuevo escenario en el que destacan aspectos tales como la fuerte y creciente segmentación de los mercados y la drástica reducción de los ciclos de vida de los productos. En un entorno como el mencionado y con prioridades competitivas en constante evolución, los equipos tradicionales, altamente específicos y dedicados en exclusiva al producto para el que fueron diseñados, dejan de ser una opción acertada en numerosas ocasiones, pues quedan obsoletos rápidamente, aunque aún pueda quedarles por delante gran parte de su vida técnica. En contraste, las nuevas tecnologías permiten mayores niveles de flexibilidad, los cuales redundan en una mejor utilización de equipos menos específicos y en la disminución de su riesgo de obsolescencia, pues, aunque estén altamente automatizados, pueden adaptarse a distintos usos gracias a la programación informática o medios afines. A esto hay que añadir que ello no impide la consecución del tradicional objetivo de contar con sistemas productivos integrados que permitan una elevada reducción de tiempos muertos entre operaciones y, de esa forma, la utilización intensiva del capital y del trabajo; muy al contrario, la incorporación de los ordenadores a los sistemas de diseño, producción y gestión, facilita en mucha mayor medida la integración entre las unidades operativas y organizativas. Como consecuencia, las tecnologías avanzadas de fabricación pueden desempeñar un papel crucial

en el intento de competir simultáneamente con prioridades competitivas consideradas tradicionalmente como incompatibles, pues los nuevos equipos no sólo permiten la fabricación en pequeños lotes de productos fácilmente diferenciables, sino que lo hacen posible junto a importantes incrementos de productividad, lográndose así economías de alcance o gama.

En general, puede decirse que el término Tecnología Avanzada de Fabricación (AMT, de las siglas de su denominación en inglés *Advanced Manufacturing Technology*) es usado para acoger una variedad de tecnologías que se sirven de los ordenadores para controlar las actividades de producción, ya sea directa o indirectamente. Entre dichas tecnologías suele destacarse la existencia de dos subgrupos básicos: el tradicional *hardware*, compuesto por los equipos y dispositivos que configuran los sistemas de transporte y las estaciones de trabajo, y un segundo grupo de tecnologías, a menudo en forma de *software*, que desarrolla funciones de integración y gestión. Ambos tipos pueden ser utilizados individualmente o de forma combinada con otras tecnologías para obtener las deseadas economías de alcance y de escala. Pero, además, diversas tecnologías, enfoques o programas que no implican directamente la utilización de ordenadores también son a menudo considerados como AMT si están estrechamente asociados a otras tecnologías avanzadas de fabricación (Boyer et al. 1996). Entre estas últimas pueden citarse como ejemplos representativos la fabricación celular o el Justo a Tiempo. Si bien, al igual que con las tecnologías productivas tradicionales, con las AMT se combinan *hardware*, *hardware* y medios humanos, las proporciones de cada elemento varían, ya que, uno de los rasgos que distingue a las AMT de las tecnologías de producción tradicionales es el énfasis relativo en el *hardware*, es decir, en los programas informáticos, lo cual permite que, aunque la tecnología esté altamente automatizada, pueda adaptarse a distintos usos.

A tenor de lo recogido en el párrafo anterior, en la presente obra vamos a considerar las AMT como un conjunto de tecnologías, en su mayoría programables, que, junto con altas cotas de eficiencia, pueden proporcionar una elevada flexibilidad a las actividades involucradas en el diseño, planificación, ejecución y control de las operaciones. En este escenario, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) —bases de datos comunes, protocolos de transferencia de datos y redes de trabajo intraempresa e interempresas— son fundamentales para una utilización eficiente de las primeras, pues facilitan el almacenamiento e intercambio de información entre las diferentes AMT que pueda haber en una empresa.

Las clasificaciones recogidas en la literatura sobre AMT son múltiples, aunque todas ellas gozan de un alto grado de similitud. El criterio más extendido y aplicado para su categorización se basa en la función o tipo de actividad que realizan, distinguiéndose tres categorías básicas de

automatización avanzada: de Ingeniería y diseño (tanto de producto como de proceso), de fabricación y de las tareas de planificación y control. La clasificación que vamos a seguir en esta obra se ha elaborado tras la recopilación y síntesis de numerosos trabajos; los tipos de AMT identificados, cuyo significado aparece recogido en la tabla 3 —lo habitual es que se utilicen las siglas y acrónimos de su denominación en inglés, mediante los que la mayor parte de estas tecnologías es conocida—, son los siguientes<sup>6</sup>:

AMT de Diseño	
<b>CAD</b> ( <i>Computer-Aided Design</i> )	Diseño Asistido por Ordenador
<b>CAE</b> ( <i>Computer-Aided Engineering</i> )	Ingeniería Asistida por Ordenador
<b>CAPP</b> ( <i>Computer-Aided Process Planning</i> )	Planificación de Procesos Asistida por Ordenador
<b>GT</b> ( <i>Group Technology</i> )	Tecnología de Grupos
AMT de Fabricación	
<b>CAM</b> ( <i>Computer-Aided Manufacturing</i> )	Fabricación Asistida por Ordenador
<b>NC</b> ( <i>Numerical Control (Machines)</i> )	Máquinas Herramientas de Control Numérico
<b>CNC</b> ( <i>Computerized Numerical Control (Machines)</i> )	M-H de Control Numérico Computerizado
<b>RP</b>	Robots Programables
<b>AGV</b> ( <i>Automated Guided Vehicles</i> )	Vehículos Guiados por Ordenador
<b>AS/RS</b> ( <i>Automated Storage and Retrieval Systems</i> )	Sist. Automatizados para Almacenamiento y Recogida de Materiales
<b>FMS</b> ( <i>Flexible Manufacturing Systems</i> )	Sistemas Flexibles de Fabricación
<b>CAI</b> ( <i>Computer-Aided Inspection</i> )	Inspección Asistida por Ordenador
AMT de Planificación	
<b>MRP</b> ( <i>Materials Requirements Planning</i> )	Planificación de las Necesidades de Materiales
<b>MRP II</b> ( <i>Manufacturing Resources Planning</i> )	Planificación de los Recursos de Fabricación
<b>JIT</b> ( <i>Just in Time</i> )	Justo a Tiempo
<b>CPM</b> ( <i>Computerized Preventive Maintenance</i> )	Mantenimiento Preventivo Computerizado
<b>ABC</b> ( <i>Activity-Based Costing</i> )	Contabilidad de Costes Basada en Actividades
<b>GAT</b>	Gestión Automatizada de Talleres

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Tecnologías avanzadas de Fabricación: Siglas y Acrónimos

1. **Tecnologías de diseño**, en las que se incluyen CAD, CAE, CAPP y GT.
2. **Tecnologías de fabricación**, entre las que se incluyen CAM, NC, CNC, RP, AGV, AS/RS, FMS y CAI.
3. **Tecnologías de planificación**, que engloban los sistemas MRP y MRPII, JIT, CPM, ABC y GAT.

<sup>6</sup> Para una explicación detallada de estas tecnologías pueden consultarse, entre otros trabajos, los de Vanderspek (1993), Domínguez Machuca et al. (1995a), Domínguez Machuca et al. (1995b) o Cohen y Apte (1997).

### 2.1.1. Inversiones en AMT de diseño

La tabla 4 y la figura 8 muestran, para cada AMT de diseño, el porcentaje de plantas del sector aeronáutico andaluz que en el momento de la consulta las tenían en uso, las que no eran usuarias pero tenían previsto su utilización, y, por último, las que ni las utilizaban ni tenían previsto su uso.

La tabla 5 da una visión agregada de las inversiones en estas tecnologías, mostrando el número (y porcentaje) de plantas que poseían todas (4), tres dos, una o ninguna de ellas. Puede observarse que, en el momento de la consulta, sólo cinco empresas del sector (un 25% del mismo) no contaban con ninguna tecnología automatizada para el diseño de sus productos o sus procesos. En las páginas siguientes, procederemos al análisis detallado de las inversiones de cada una de las cuatro AMT de diseño.

	En Uso		Uso Previsto		Uso No Previsto	
	Plantas	Porcentaje	Plantas	Porcentaje	Plantas	Porcentaje
<b>CAD</b>	14	70%	2	10%	4	20%
<b>CAE</b>	9	45%	3	15%	8	40%
<b>CAPP</b>	6	30%	5	25%	9	45%
<b>GT</b>	6	30%	0	0%	14	70%

Tabla 4. AMT de diseño: nivel de utilización

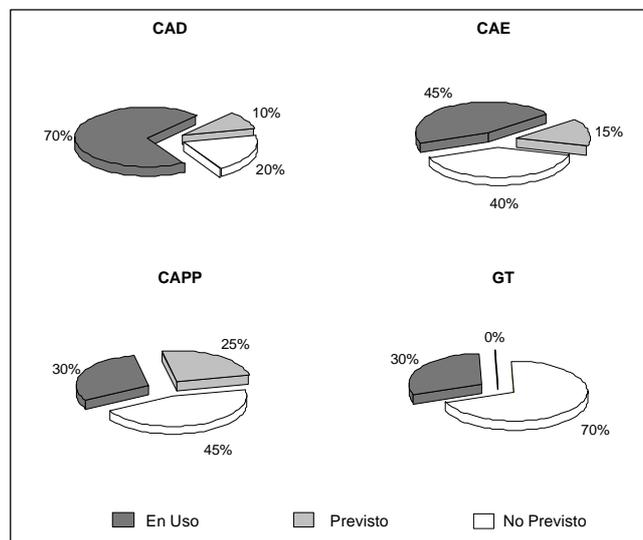


Figura 8. AMT de diseño: porcentajes de uso, uso previsto y uso no previsto

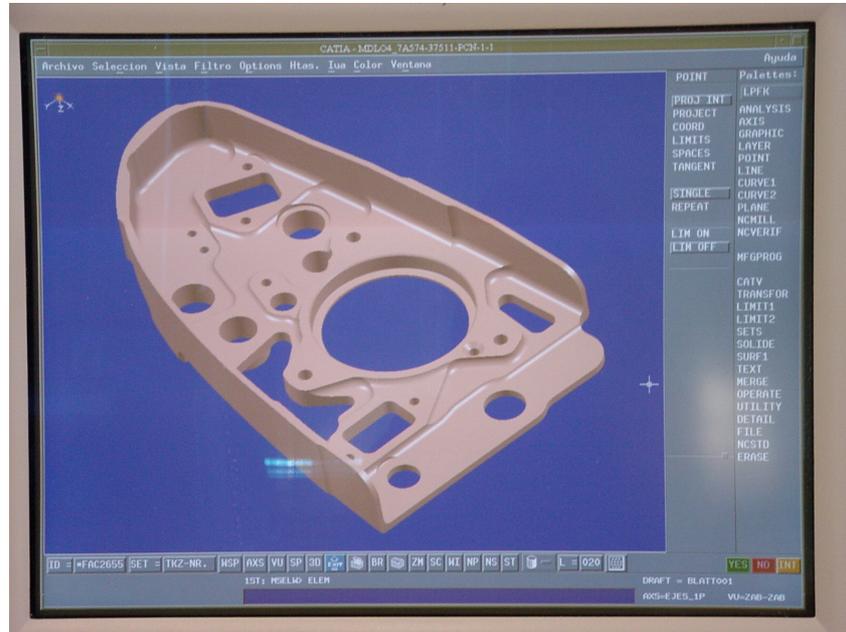
Nº de tecnologías en uso	Tecnologías en uso	Plantas	%	%	% Acum.
Todas	CAD+CAE+CAPP+GT	2	10%	10%	10%
Tres	CAD+CAE+CAPP	2	10%	30%	40%
	CAD+CAE+GT	3	15%		
	CAD+CAPP+GT	1	5%		
Dos	CAD+CAE	2	10%	10%	50%
Una	Sólo CAPP	1	5%	25%	75%
	Sólo CAD	4	20%		
Ninguna	Ninguna	5	25%	25%	100%

Tabla 5. Empresas con AMT de diseño en uso

### Diseño Asistido por Ordenador (CAD)

Se trata de un proceso informatizado, para la creación de nuevos artículos y para la modificación de los ya existentes, que proporciona gráficos interactivos de apoyo al diseño de productos, componentes y herramientas. Las estaciones de trabajo se componen del *hardware* central, consistente en un ordenador y *plotters*, y de un amplio conjunto de *software* que permite al diseñador la manipulación de formas geométricas. Si bien es cierto que los sistemas CAD son específicos y varían en función del tipo de Ingeniería para la que han sido creados, en general es posible generar diferentes visiones de los ensamblajes y componentes, obtener gráficos en tres dimensiones, gráficos de cortes por secciones, ampliar zonas, rotarlas, etcétera. Ello permite a los ingenieros, proveedores y clientes, tener una idea de cómo será el producto antes de su fabricación, lo que facilita la aportación de sugerencias y considerables ahorros en costes.

La tabla 4 mostraba que CAD estaba en uso en 14 de las empresas estudiadas, mientras que otras dos empresas tenían prevista su utilización en el momento de ser consultadas; es decir, considerando ambos subconjuntos, CAD estaba presente en el 80% de las plantas del sector. La primera instalación había tenido lugar hacía dos décadas.



**SADIEL. Diseños en CATIA: pieza aeronáutica y utillaje para montaje de componentes aeronáuticos**

Por lo que respecta al *software* de diseño empleado en el sector, el más habitual es sin duda alguna CATIA, específicamente desarrollado para el diseño aeronáutico. Este *software* integra la fabricación asistida por ordenador (CAM) y un módulo de Ingeniería asistida por ordenador (CAE). No obstante, éste último no es muy potente, por lo que son varias las empresas usuarias que, al margen del módulo integrado en CATIA, recurren para dicha actividad a otros programas con mayores prestaciones. De las catorce empresas usuarias de CAD, once (un 78,6%) trabajaban con CATIA, aunque en algunos casos también utilizaban otro *software*. Respecto a otro *software* de diseño, están presentes en el sector las aplicaciones UNIGRAFIC, SOLIWORLD o PARAMETRIX.

### **Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE)**

Se trata de programas que permiten controlar errores básicos en el diseño y optimizar la fabricabilidad de un producto (es decir, su facilidad para ser fabricado) con la ayuda de la Ingeniería Concurrente. Un importante área de Ingeniería para la que CAE es especialmente útil es el análisis de elementos finitos (*FEA, Finite Element Analysis*), técnica de simulación en la que el objeto se describe mediante una colección de pequeños elementos finitos que han de unirse. La presión y deformación se describen mediante ecuaciones, cuya solución simultánea sirve para determinar el comportamiento de la estructura conjunta. Hoy día es fundamental en muchas industrias en las que el empleo del *software* para el análisis de la Ingeniería ha permitido alcanzar importantes reducciones en los costes y tiempos del proceso de diseño, siendo posible llevar a cabo simulaciones del tipo “¿Qué pasaría si...?”, como parte integral del procedimiento.

La Ingeniería asistida por ordenador estaba en uso en nueve de las empresas estudiadas (45% de la población), mientras que otras tres tenían prevista su utilización en el momento de ser consultadas. El primer CAE instalado en el sector lo había sido hacía 15 años. Como ya se ha comentado, algunos de los sistemas CAE existentes se limitan al módulo incluido en CATIA, aunque existen otros independientes de éste.

### **Planificación de Procesos Asistida por Ordenador (CAPP)**

Consiste en la elaboración de un plan detallado, con instrucciones que especifica cómo un producto ha de ser fabricado y/o ensamblado, teniendo en cuenta sus características, así como las de los correspondientes equipos y procesos. La planificación de éstos últimos puede tener un significativo impacto sobre los costes de producción, pues determina lo eficazmente que una empresa utiliza los recursos disponibles para fabricar sus productos. La sofisticación de los programas CAPP varía

considerablemente entre los dos tipos existentes: planificación (o aproximación) variante y planificación (o aproximación) generativa. El primero requiere la creación previa de un registro de planes de procesos estandarizados; entre ellos se selecciona el más adecuado para la pieza en cuestión y, posteriormente, se le harán las modificaciones necesarias para conseguir el ajuste completo a las necesidades de fabricación y montaje del nuevo producto. Con la planificación generativa se crea un plan de proceso totalmente nuevo a partir de las especificaciones de diseño del producto.

La planificación de procesos asistida por ordenador estaba en uso en seis de las empresas estudiadas (30% de la población), mientras que otras cinco (25%) tenían prevista su utilización en el momento de ser consultadas. La primera empresa del sector que instaló CAPP lo había hecho hacía 15 años.

### **Tecnología de Grupos (GT)**

Esta técnica agrupa en familias o grupos a piezas o productos con las mismas características en función del tamaño, la forma, las rutas de proceso, etcétera. El objetivo es encontrar un conjunto de productos con necesidades de fabricación similares y minimizar así la preparación de máquinas o los lanzamientos. El siguiente paso consiste en organizar las máquinas herramientas necesarias para desarrollar los procesos básicos en áreas separadas, denominadas células de fabricación (su descripción puede encontrarse en el siguiente apartado, dedicado a la automatización del proceso productivo, junto con la descripción de los FMS).

Junto con CAPP, ésta era una de las AMT de diseño menos extendida en el sector, encontrándose sólo en seis de las plantas estudiadas (30% de la población). Sin embargo, la primera empresa del sector que utilizó la tecnología de grupos había comenzado a hacerlo hacía 15 años.

#### **2.1.2. Inversiones en AMT de fabricación**

En relación con las AMT de fabricación, la tabla 6 y la figura 9 muestran el número y porcentaje de empresas que en el momento de la consulta las estaban empleando, las que no lo hacían pero tenían prevista su utilización, y, por último, las que ni las utilizaban ni tenían previsto su uso. Asimismo, en la tabla 6 aparece indicado en número de equipos de cada tecnología que estaban en uso.

	En Uso			Uso Previsto		Uso No Previsto	
	Plantas	%	Equipos	Plantas	%	Plantas	%
CAM	12	60%	90	1	5%	7	35%
NC	1	5%	8	0	0%	19	95%
CNC	11	55%	103	3	15%	6	30%
RP	0	0%	0	3	15%	17	85%
AGV	2	10%	3	0	0%	18	90%
AS/RS	1	5%	1	2	10%	17	85%
FMS	1	5%	3	2	10%	17	85%
CAI	8	40%	16	1	5%	11	55%

Tabla 6. AMT de fabricación: nivel de utilización

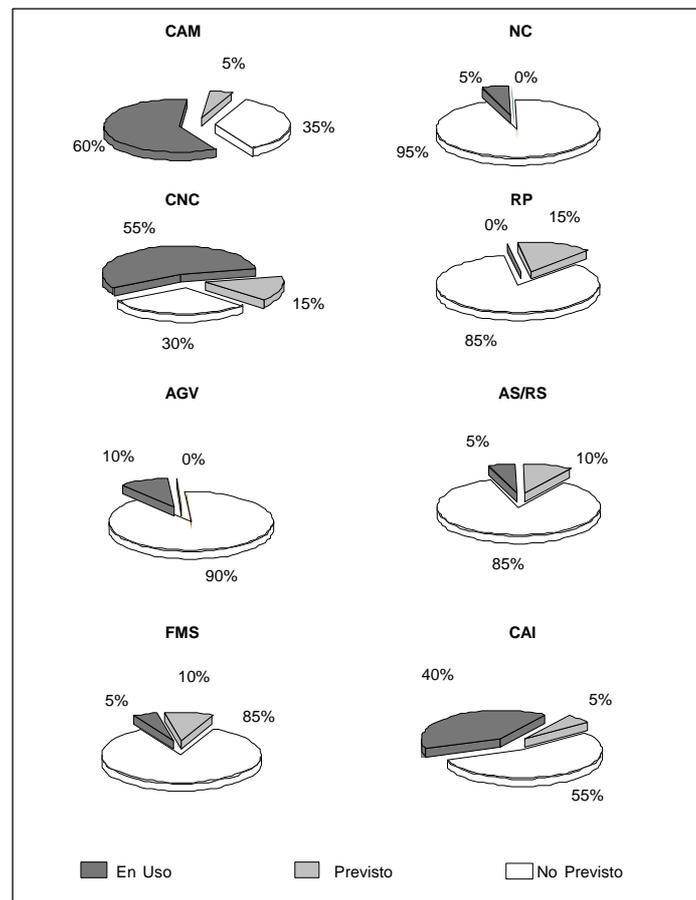


Figura 9. AMT de fabricación: porcentajes de uso, uso previsto y uso no previsto

En la tabla 7 aparece una visión agregada de las inversiones en estas tecnologías, pudiendo observarse que un total de seis empresas del sector, es decir, un 30% del mismo, no contaba con ninguna tecnología automatizada para las actividades de fabricación. En las páginas siguientes comentaremos cada una de ellas y haremos alusión a algunos de los datos que aparecen en las tablas 6 y 7.

Nº de tecnologías en uso	Tecnologías en uso	Plantas	%	%	% Acumulado
Seis	CAM+CNC+AGV+AS/RS+FMS+CAI	1	5%	5%	5%
Cinco	CAM+NC+CNC+AGV+CAI	1	5%	5%	10%
Tres	CAM+CNC+CAI	4	20%	20%	30%
Dos	CAM+CNC	3	15%	25%	55%
	CAM+CAI	1	5%		
	CNC+CAI	1	5%		
Una	Sólo CAM	2	10%	15%	70%
	Sólo CNC	1	5%		
Ninguna	Ninguna	6	30%	30%	100%

Tabla 7. Empresas con AMT de fabricación en uso

### Fabricación Asistida por Ordenador (CAM)

Se emplea, bien para el control directo de los equipos de proceso y/o de transporte y gestión de materiales, bien para apoyar indirectamente las operaciones de fabricación. En el primer caso, este tipo de aplicaciones conecta de forma directa el ordenador y una o varias máquinas, de forma que las señales enviadas por el primero se conviertan en instrucciones para los equipos (plasmadas en distintas secuencias de operaciones para cada tipo de producto) y sea posible, además, efectuar el seguimiento y control de las actividades desarrolladas. Cuando se utiliza de forma indirecta a partir de la recogida de información sobre los artículos en el taller (por ejemplo, mediante la lectura de códigos de barra), el sistema permite reforzar las diversas actividades desarrolladas en la planificación y programación de las operaciones: determinación de la capacidad, compras, control de inventarios, necesidades de materiales, control de talleres, generación de informes de calidad, envío y distribución, estado de inventarios, cálculo de desechos, etcétera.

Cuando CAD y CAM se combinan en un paquete informático integrado totalmente, se alude a ellos con el acrónimo CAD/CAM. Este sistema integrado permite la consecución de un vínculo entre los ordenadores de tal modo que todas las funciones que se pueden desempeñar están alimentadas por una base de datos común que contiene

información, planos, listas de materiales, hojas de ruta y cualquier otro dato necesario.

En el momento de la consulta, la fabricación asistida por ordenador estaba en uso en doce de las empresas estudiadas (60% de la población), mientras que otra empresa (5%) tenía prevista su utilización. Por lo que respecta al número total de sistemas CAM en el sector, éste ascendía a 90; ello supone una media de 7,5 por cada una de las doce plantas usuarias, aunque diez de éstas (el 83,3%) no superaba los cuatro sistemas instalados. Ello significa que casi las tres cuartas partes de los sistemas CAM del sector se concentraba en sólo dos plantas.

### **Máquinas Herramientas (NC, CNC y DNC)**

Se caracterizan por estar programadas habitualmente para fabricar lotes de pequeño y medio tamaño de piezas de formas complicadas. Los otrora maquinistas especializados que controlaban convencionalmente los cambios de las máquinas se sustituyen ahora por programas de *software*, los cuales están compuestos por una lista de instrucciones que incluye las tareas y las velocidades, así como algunas variables de control adaptativo. Algunas máquinas NC incluyen cartucheras rotatorias con diferentes herramientas o bien pueden estar conectadas con sistemas de carga y descarga de herramientas; el programa de ordenador puede seleccionar la herramienta a utilizar. De este modo, una máquina puede encargarse de realizar varias operaciones que antes habían de hacerse en diferentes máquinas.

Las máquinas herramientas de control numérico computerizado (CNC) son el resultado de ubicar un microordenador en cada máquina NC, lo que permite que los programas puedan ser almacenados y desarrollados localmente. Cuando varias máquinas NC o CNC están controladas por un mismo ordenador central, se habla de máquinas herramientas de control numérico computerizado directo o distribuido (DNC). El ordenador central se encarga de distribuir los programas NC entre las diferentes máquinas.

El grado de sustitución de NC por CNC alcanzado explica que el porcentaje de empresas usuarias de NC fuese tan bajo, con sólo ocho máquinas en una planta, en comparación con las cifras de máquinas CNC. Hay que tener en cuenta que muchas de las empresas son bastante recientes y que la mayoría de las mismas ha comenzado la automatización de sus sistemas no hace muchos años, por lo que a la hora de adquirir máquinas herramientas de control numérico, eligieron directamente las computerizadas, es decir, CNC. Las máquinas herramientas de control numérico computerizado estaban presentes en once plantas del sector (55% de la población), mientras que otras tres (15%) tenían prevista su utilización. Este porcentaje de empresas usuarias es una cifra ligeramente superior a la que aparece en el estudio de Camisón Zornoza (1994) para el conjunto de

las grandes empresas españolas (50%). En términos absolutos, las 103 máquinas CNC existentes en el sector suponían una media de 9,36 por empresa usuaria. No obstante, nueve de las once empresas usuarias de CNC no superan las diez máquinas, mientras que las otras dos usuarias alcanzan los 53 equipos (un 51,4% del total).

### **Robots Programables (RP)**

Se trata de máquinas automatizadas programables en las que es posible configurar un conjunto de movimientos para que sean posteriormente repetidos cuantas veces sea necesario, pudiendo ser reconfiguradas para llevar a cabo otros movimientos. Los robots han sustituido a las personas en algunas actividades muy monótonas y que entrañan cierta peligrosidad, así como en otras tareas que requieren gran precisión o que deben ejecutarse en espacios extremadamente reducidos. Los más avanzados disponen de capacidad para la toma de decisiones, siendo capaces de recordar un conjunto de acciones posibles y decidir cuál emplear, en función de, por ejemplo, la información suministrada por un sensor que puede *tocar* y *ver*. La mayoría de ellos son fijos y descansan sobre el suelo, con un *brazo* que puede llegar hasta los puntos más difíciles. La *mano* del robot, que puede ser intercambiada en función de la actividad a realizar, es la que hace el trabajo.

Ninguna planta del sector tenía entre sus activos tecnológicos robots programables en el momento de la consulta. No obstante, la planta usuaria de FMS tenía un robot en una de sus células flexibles, aunque dedicado en exclusiva al cambio de herramientas de una de las máquinas CNC. Esta misma planta tenía previsto adquirir un robot para el taladro y recorte de algunas de sus piezas.

### **Vehículos Guiados por Ordenador (AGV)**

Se trata de vehículos de pequeño tamaño, alimentados eléctricamente, que no necesitan conductor y que desplazan los materiales entre las diferentes operaciones. La mayoría de los modelos sigue un cable instalado bajo el suelo de la planta, aunque también existen rutas ópticas y otras alternativas. Pueden ir a cualquier sitio siempre que haya un pasillo a seguir y el suelo sea relativamente liso. Las instrucciones sobre el movimiento parten de un ordenador central o de alguno periférico.

Dos plantas del sector (10%) contaban entre sus activos tecnológicos con vehículos guiados por ordenador, al tiempo que ninguna de las restantes (el 90%) tenía prevista su adquisición. Una de las plantas usuarias contaba con un AGV que desarrollaba su actividad en almacén, mientras que la otra planta contaba desde hacía 2 años con dos AGV en

sendas células flexibles, desplazándose por raíles en trayectos cortos entre máquinas CNC muy próximas entre sí.

### **Sistemas Automatizados para Almacenamiento y Recogida de Materiales (AS/RS)**

Son métodos automatizados para almacenar y recoger piezas y herramientas, en los que un ordenador controla el sistema, que incluye bandejas, cajas y pilas. Con ayuda de un vehículo guiado por control remoto, puede recibir y enviar materiales sin necesidad de apoyo humano. Al realizar el estudio, los sistemas AS/RS estaban en uso en una sola de las plantas del sector (5% de la población) y dos más (10%) tenían prevista su utilización.

### **Sistemas Flexibles de Fabricación (FMS)**

Con el término FMS se ha etiquetado una amplia gama de sistemas productivos con diferentes capacidades, que si bien pueden considerarse flexibles, no siempre encajan en el concepto estricto y diferenciado de *sistema flexible de fabricación*. De manera amplia, podrían clasificarse en FMS dedicados, FMS secuenciales y células de fabricación. En la tabla 8 se comparan con otros sistemas de fabricación en función de algunas características como la flexibilidad inherente al sistema, el número de componentes de las familias procesadas y el tamaño medio de los lotes.

Tipo de sistema	Flexibilidad	Componentes de la familia	Tamaño del lote medio
Líneas de fabricación	Bajo	1-2	7.000 o más
FMS dedicado	Medio	3-10	1.000-10.000
FMS secuencial	Medio	4-50	50-2.000
Célula de fabricación	Medio	30-500	20-500
Máquina NC	Alto	200 o más	1-50

Fuente: Kaighobadi y Venkatesh (1993, p. 32)

Tabla 8. Clasificación de diversos sistemas de fabricación y FMS

En esencia, un FMS podría definirse como un sistema, controlado por un ordenador central, que conecta varios centros (o estaciones de trabajo) informatizados con un sistema automático de manipulación de materiales. De manera esquemática, su funcionamiento es el siguiente: los operarios llevan las materias primas de una familia de artículos hacia las

estaciones de carga y descarga de materiales, donde el FMS comienza su actividad. Bajo las instrucciones de un ordenador central, los elementos de transporte comienzan a mover los materiales hacia los diferentes centros de trabajo; en cada uno de ellos, los artículos son desplazados de acuerdo con su particular secuencia de operaciones, estando marcada la ruta a seguir por el propio ordenador central. El objetivo perseguido es la sincronización de las actividades, de forma que se maximice la utilización del sistema. Como las máquinas automáticas pueden ser utilizadas para la ejecución de diversas tareas, es posible cambiar rápidamente sus herramientas, con lo que los tiempos de lanzamiento son muy cortos. Esta flexibilidad posibilita, además, que una operación pueda ser realizada por más de una máquina. Gracias a ello, la producción continúa aunque haya paradas en algunas máquinas por cuestiones de mantenimiento. Cambiando y combinado las rutas a seguir se evitan los embotellamientos.



**EADS-Tablada. Célula flexible de fabricación**

Los sistemas flexibles de fabricación estaban en uso en una sola de las empresas estudiadas (5% de la población), mientras que otras dos (10%) tenían prevista su utilización en el momento de la consulta. La única planta usuaria de FMS, la factoría de Tablada, contaba con 3 sistemas no excesivamente complejos, los cuales podrían encuadrarse en la categoría de células flexibles: uno estaba formado por una CNC con un cartucho de herramientas cargado por un robot; el segundo estaba integrado por dos CNC y un AGV; el tercero estaba compuesto por cuatro CNC y un AGV.

### Inspección Asistida por Ordenador (CAI)

Se trata de un programa informático que ayuda a verificar cómo los artículos que se producen se ajustan a sus especificaciones técnicas, lo que habitualmente se lleva a cabo a través de algún dispositivo automatizado y programable, como, por ejemplo, máquinas de medición coordinadas o robots equipados con sensores. Del total de plantas consultadas, ocho (40%) afirmaban ser usuarias de CAI, mientras que una sola (5%) tenía prevista su utilización. El número total de sistemas en el sector ascendía a dieciséis, lo que supone una media de dos por planta usuaria.

#### 2.1.3. Inversiones en AMT de planificación

La tabla 9 y la figura 10 muestran, para cada AMT de planificación, aquellas plantas que en el momento de la consulta eran usuarias, tenían previsto su utilización o, en último término, ni las utilizaban ni lo tenían previsto. La tabla 10 da una primera visión agregada de las inversiones en estas AMT. Seguidamente comentaremos cada una de ellas.

	En Uso		Uso Previsto		Uso No Previsto	
	Plantas	Porcentaje	Plantas	Porcentaje	Plantas	Porcentaje
MRP	5	25%	6	30%	9	45%
MRPII	7	35%	9	45%	4	20%
JIT	0	0%	4	20%	16	80%
CPM	3	15%	3	15%	14	70%
ABC	3	15%	5	25%	12	60%
GAT	4	20%	3	15%	13	65%

Tabla 9. AMT de planificación: nivel de utilización

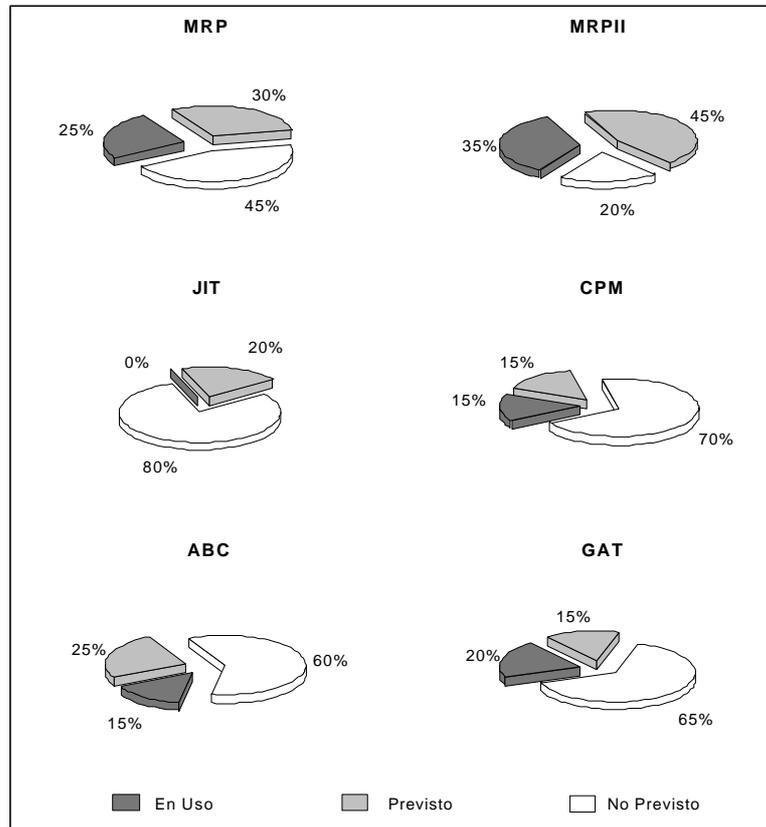


Figura 10. AMT de planificación: porcentajes de uso, uso previsto y uso no previsto

Nº de tecnologías	Tecnologías en uso	Plantas	%	%	% acumulado
Cinco	MRP+MRPII+CPM+ABC+GAT	2	10%	10%	10%
Cuatro	MRP+MRPII+ABC+GAT	1	5%	5%	15%
Tres	MRP+MRPII+ABC	1	5%	10%	25%
	MRP+MRPII+GAT	1	5%		
Una	Sólo MRPII	2	10%	10%	35%
Ninguna	Ninguna	13	65%	65%	100%

Tabla 10. Empresas con AMT de planificación en uso

### **Sistemas para la Planificación de las Necesidades de Materiales (MRP) y de los Recursos de Fabricación (MRPII)**

El MRP originario es un sistema de planificación de componentes de fabricación que, mediante un conjunto de procedimientos lógicamente relacionados, traduce un programa maestro de producción en necesidades reales de componentes, con fechas y cantidades. Asimismo, permite la gestión coordinada de inventarios, al asegurar su disponibilidad en la cantidad deseada, en el momento y lugar adecuados.

La integración de los sistemas MRP originarios con la programación maestra, las técnicas de planificación de capacidad y la gestión de talleres dio lugar a la aparición de los que se denominan sistemas MRP de bucle cerrado (BC), los cuales realizan de forma integrada y coordinada todas las actividades mencionadas, permitiendo además la retroalimentación desde el nivel de ejecución al de planificación.

MRPII es un sistema evolucionado a partir de MRP de BC que, además de las posibilidades que ofrece el anterior, de forma integrada y mediante un proceso informatizado *on-line*, con una base de datos única para toda la empresa, puede participar también en la planificación estratégica, y, partiendo de los outputs obtenidos, puede realizar cálculos de costes y desarrollar estados financieros en unidades monetarias. Todo ello con posibilidad de corregir periódicamente las divergencias entre lo planificado y la realidad, pudiendo además simular diferentes situaciones mediante la alteración de valores de las variables que incluye y expresando las variaciones que se darían en los resultados. Todas estas características pueden considerarse como factor común entre los distintos paquetes de *software* de MRPII, si bien es cierto que éstos pueden diferir en los cálculos de costes y estados financieros que desarrollan o en el proceso de cálculo utilizado.

Desde principios de los años 90 se ha acuñado un nuevo término, ERP (*Enterprise Resource Planning*), que puede ser definido como “una nueva clase de *software* de fabricación que permite que los sistemas MRPII compartan datos dentro de la empresa con otras aplicaciones financieras, de recursos humanos, distribución y apoyo a las decisiones”. Algunos autores lo consideran un nuevo modelo de gestión asistida por ordenador diferente a MRPII, mientras que otros difieren de esta opinión y lo creen tan sólo un *software* más avanzado que le permite seguir evolucionando. Por lo que a nuestro trabajo respecta, hemos considerado el *software* ERP, así como cualquier otro que siga la misma filosofía de gestión, dentro de los sistemas MRPII.

En el momento de realizar la consulta, los sistemas MRP estaban en uso en cinco de las plantas estudiadas (25% de la población), mientras que otras seis (30%) tenían prevista su utilización. Por su parte, siete plantas (35% de la población) afirmaban tener en uso un sistema MRP II, mientras

que otras nueve (45%) tenían prevista su utilización. No obstante, al analizar la información que recogida en los cuestionarios, la cual fue corroborada en posteriores entrevistas personales, se pudo observar que todas aquellas empresas que se declaraban usuarias de MRP no lo eran realmente de los sistemas originarios, sino de MRPII. Dado que este último engloba a MRP, varias plantas se habían declarado usuarias de ambos sistemas. Asimismo, las seis empresas que afirmaban tener previsto invertir en MRP, indicaban igualmente tener previsto invertir en MRPII, exactamente en el mismo momento. De todo ello pudimos concluir, por un lado, que no había ninguna empresa en el sector que mantuviese en uso un sistema MRP originario y, por otro lado, que las no usuarias que tenían previsto invertir lo harían ya en sistemas MRPII, lo que es perfectamente lógico dada la madurez de estos sistemas. Por tanto, podemos afirmar *la total sustitución de MRP por MRPII en el sector*. En relación con esta cuestión, hay que destacar, que sólo una de las plantas encuestadas tuvo instalado un sistema MRP antes de instalar MRPII.

Cabe resaltar en relación con la renovación del *software* MRPII, que las empresas que han optado en algún momento por cambiar sus sistemas lo hicieron muy poco tiempo después de la instalación del anterior (3 años en el caso en que más tiempo transcurrió). Además, con posterioridad a la recolección de datos del primer cuestionario, Andalucía Aeroespacial cambió el sistema MRPII con el que trabajaba, pues sucesivos problemas en su funcionamiento les habían llevado a optar por su sustitución. Aún más, una de las empresas usuarias que en el momento del primer cuestionario hacía tan solo dos años que había adquirido el *software* lo estaba cambiando cuando hicimos la entrevista un año después. En total, de siete usuarias en 1999, a cinco de ellas (más de un 70%) les había sido necesario sustituir sus sistemas MRPII, instalados apenas uno o dos años antes, por problemas operativos. Ello viene a demostrar que, aun tratándose de una de las AMT más maduras y conocidas, todavía surgen problemas a la hora de llevar a cabo una correcta implantación, pues ésta requiere un mayor esfuerzo de integración interdepartamental que en el caso de tecnologías dedicadas estrictamente a actividades de fabricación o de diseño. Esta misma apreciación nos la hacía explícitamente una de las empresas en la que la instalación se estaba retrasando más de lo esperado por la dificultad de conseguir la integración necesaria entre departamentos y sistemas.

### **Justo a Tiempo (JIT)**

El JIT es un método de planificación y control de la producción, desarrollado por Toyota en Japón para dar respuesta a las necesidades del mercado japonés del automóvil tras la II Guerra Mundial, considerado en su más amplio sentido como una verdadera filosofía de mejora continua, en la que se pretende que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y

mediante un proceso de producción que utilice el mínimo inventario posible y que se encuentre libre de cualquier tipo de despilfarro o coste innecesario. La teoría de los cinco ceros de Archier y Seryex: *cero defectos*, *cero averías*, *cero stocks*, *cero plazos* y *cero papel (burocracia)*, pretende sintetizar las metas planteadas en una fabricación Justo a Tiempo.

Para la consecución de dichas metas, el JIT establece y trabaja una serie de elementos, entre los que cabe destacar el nivelado de la producción, el sistema Kanban, la reducción de tiempos de preparación (sistema SMED) y de fabricación, la estandarización de las operaciones, la capacidad de adaptación a la demanda mediante flexibilidad en el número de trabajadores (*Shojinka*), los programas de recogida y aprovechamiento de las ideas y sugerencias de los trabajadores para mejorar las operaciones e incrementar la productividad (*Soikufu*), el control autónomo de los defectos (*Jidoka*), el mantenimiento productivo total (TPM) y las relaciones con los proveedores y clientes.

El JIT encuentra su campo de aplicación preferente en configuraciones productivas repetitivas de unidades discretas, ante una demanda estable, con gamas de productos/opciones reducida, rutas de fabricación fijas, proceso de fabricación simple y rápido y estructuras de productos lo más planas posible. No obstante, ello no implica que algunos de sus principios o técnicas no sean de aplicación general a cualquier tipo de proceso productivo. Ninguna empresa de la población podía considerarse ser usuaria de JIT.

### **Mantenimiento Preventivo Computerizado (CPM)**

Esta tecnología implica la realización, con la ayuda de ordenadores y *software* específico, de aquellas actividades (incluyendo los ajustes, sustituciones de piezas y limpiezas básicas) que anticipan y evitan las averías y paradas de los equipos. El objetivo principal es asegurar que la calidad de la producción se mantenga y que se cumplan las entregas programadas, pero, asimismo, repercute positivamente en la vida útil de los equipos, puesto que un equipo bien cuidado durará más, al tiempo que provocará menos problemas. Del total de empresas consultadas, en tres de ellas (15%) se afirmaba contar con el mantenimiento preventivo computerizado, mientras que otras tres tenían prevista su utilización.

### **Contabilidad Basada en Actividades (ABC)**

Este enfoque de la Contabilidad de costes, el cual permite mejoras a la hora de determinar dónde se encuentra el origen de los costes de producción, puede analizarse en tres etapas. La primera consiste en la identificación de la totalidad de actividades asociadas a la fabricación. En relación con ello, los analistas han llegado a determinar que dichas actividades pueden ser agrupadas jerárquicamente en cuatro categorías a

distintos niveles: (1) unitario, (2) de lote, (3) de producto, (4) de instalaciones. Cada una de tales actividades se muestra necesaria para la fabricación y, como consecuencia, genera costes. En la segunda etapa es necesario identificar los *transmisores* que conectan las diferentes actividades con los distintos productos. Entre los más habituales se encuentran, por ejemplo, el número de cambios en las máquinas, el número de cambios en el diseño o la cantidad de órdenes de compra generadas. Por último, en la tercera etapa, los costes totales por actividad son asignados a productos concretos sobre la base del volumen de producción (por ejemplo, la necesidad que cada producto tiene de un recurso es una función de su volumen de producción y la tasa de uso del transmisor). El coste total indirecto asignado por actividad resultaría de la suma ponderada de los componentes de coste de cada una de ellas.

ABC estaba en uso en tres plantas (15% de la población), mientras que otras cinco (25%) tenían prevista su utilización en el momento de ser consultadas.

### **Gestión Automatizada de Talleres (GAT)**

GAT engloba aquellas actividades encaminadas a programar, controlar y evaluar las operaciones de producción a muy corto plazo, las cuales pueden ser agrupadas en seis funciones básicas:

1. Evaluación y control de los pedidos a fabricar, estableciendo los que han de emitirse en cada momento y elaborando la información necesaria para su emisión, tras comprobarse la disponibilidad de los materiales que se necesitan.
2. Establecer las prioridades entre pedidos o trabajos a desarrollar, ordenándolos por centros de trabajo y asignándolos previamente a cada uno de ellos si fuera preciso.
3. Rastrear la evolución de los pedidos en curso a través de los centros de trabajo, estableciendo la situación de los mismos al final de la jornada y controlando las cantidades de artículos fabricados y la tasa de defectuosos.
4. Controlar el desarrollo de las operaciones en los centros de trabajo, estableciendo los tiempos empleados y desperdiciados.
5. Controlar la capacidad de cada centro de trabajo, mediante la comparación de la carga y capacidad disponible planificadas con las reales, estableciendo la evolución prevista de la cola de espera y las medidas de ajuste de capacidad necesarias a muy corto plazo para mantenerla en los niveles deseados.

6. Proporcionar retroalimentación para el ajuste de la eficiencia y utilización de los centros de trabajo, su capacidad disponible, los factores de defectuosas de las operaciones y los tiempos de carga.

En entornos que trabajan con MRP de bucle cerrado o MRPII estas actividades suelen quedar englobadas en el *software* de planificación. En otras ocasiones, es el *software* CAM el que lleva incorporado gran parte de las actividades descritas. En tales casos se suele hablar de CAM Indirecto (Bedworth et al., 1991), sistema que se encarga de servir de vínculo entre los equipos y los sistemas de planificación y control de la producción. A través de diversas herramientas para la lectura de datos, tales como sensores y lectores de códigos de barras, el sistema recaba y procesa la información de los centros de trabajo que sirve de apoyo a las actividades de planificación a corto plazo. No obstante, hay quien opina (Aguirre et al., 1999) que la aplicación de los actuales sistemas de control de talleres está particularmente limitada en el caso de las pymes porque es difícil justificar las cuantiosas inversiones que a menudo requieren. GAT se encontraba en uso en 4 de las empresas estudiadas (20% de la población).

## **2.2. LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y LA ACTIVIDAD EN LAS INVERSIONES**

Como se apuntó en el capítulo anterior, el tamaño de las distintas plantas y empresas ha sido medido a través del volumen anual de ventas. Hemos optado por dicho indicador habida cuenta de que, al estar el tamaño empresarial relacionado directamente con el uso de tecnología, uno de los efectos de invertir en AMT podría reflejarse en una disminución de plantilla. En cuanto a las actividades, en el análisis estadístico han sido consideradas exclusivamente las de chapistería, diseño, Ingeniería, mecanizado y montaje, presentes en un número suficiente de plantas.

El análisis de los resultados obtenidos en el estudio empírico nos ha permitido comprobar que tanto la actividad como el tamaño empresarial son factores explicativos de las inversiones en el sector, aunque no en igual medida en función del tipo de AMT de que se trate. Descartada la influencia que una posible interrelación entre el tamaño y las cinco áreas de actividad

consideradas en el análisis pudiera tener en los resultados<sup>7</sup>, las relaciones observadas y las conclusiones alcanzadas se muestran a continuación

○ **La relación actividad/inversiones.**

Se ha observado una relación positiva entre las inversiones en AMT de diseño y las actividades de mecanizado, ingeniería y diseño, así como una relación, también positiva, entre el mecanizado y las inversiones en AMT de fabricación<sup>8</sup>. 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 en AMT de diseño. Igualmente, las inversiones en este tipo de AMT son mayores en aquellos casos en los que las empresas se dedican al mecanizado de piezas. Esta relación, quizá no tan evidente como la anterior, también se puede explicar si se tienen en cuenta algunas consideraciones:

- Las empresas dedicadas al mecanizado trabajan con sólidos, que o bien han diseñado ellas mismas (como en el caso de Construcciones Aeronáuticas) o bien son diseñadas por el cliente. En el primer caso necesitarán trabajar, al menos, con CAD; en el segundo caso, tal y como ya se ha manifestado, también se requiere trabajar con CAD para la lectura de tales diseños.
- La tecnología de grupos está orientada a procesos de 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 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.

Si nos fijamos en las relaciones existentes entre actividades y tecnologías de diseño concretas, se ha de destacar una relación de dependencia significativa entre las inversiones en CAE y CAM con la actividad de diseño y entre las inversiones en CAM y CNC con la actividad de mecanizado. Asimismo, y aunque de carácter más débil, también se aprecian la relación de CAPP y GT con el diseño, de CAD con el

---

<sup>7</sup> Ver tabla a5 en anexo.

<sup>8</sup> Ver tabla a6 en anexo.

mecanizado y de GT y CAM con Ingeniería<sup>9</sup>. Casi todas estas relaciones son perfectamente lógicas y la mayor parte se sitúa entre las esperadas a priori.

Así, la Ingeniería asistida por ordenador, CAE, es una AMT de diseño de escasa utilidad para empresas del sector que no se dediquen específicamente al diseño de utillaje, piezas y productos, al contrario de lo que puede ocurrir con otras AMT de diseño como CAD. Igual ocurre con CAPP y GT, tecnologías desarrolladas específicamente para el diseño de productos y/o procesos. En el caso del diseño asistido por ordenador, del que a priori podría esperarse una dependencia clara con la actividad de diseño, dicha relación no es significativa porque son muchas las empresas usuarias de CAD que no tienen entre sus actividades el diseño (seis de un total de catorce, es decir, un 42,8%); la razón es que los diseños que les llegan desde los clientes lo hacen en soporte magnético, pues los planos físicos han desaparecido prácticamente del sector, lo que las obliga a contar con el *software* correspondiente para su lectura, aun cuando no se utilice para el diseño propiamente dicho. La relación de CAM con el diseño no parece tener en principio una explicación clara, pudiendo estar condicionada indirectamente por otras relaciones entre tecnologías y actividades como, por ejemplo, la conexión de CAM con CAD y de ésta con el diseño, aunque esta última relación no se haya mostrado significativa en el sector, por las razones que acabamos de exponer.

Por lo que respecta a la relación entre inversiones en CNC y CAM y la actividad de mecanizado, ésta se explica por sí misma, por cuanto la actividad por excelencia (aunque no la única) a la que se adecuan las máquinas herramientas es el mecanizado de piezas. Dado que las CNC requieren de programación computerizada desarrollada y controlada mediante CAM, la relación de ésta última tecnología con el mecanizado es igualmente comprensible.

Para los restantes casos, los resultados permiten aceptar la hipótesis de independencia. No se observa, por tanto, como también podría haberse esperado, una relación significativa entre actividades como el mecanizado o el propio montaje y unas inversiones más amplias en determinadas AMT de fabricación. En algunos casos, el bajo número de empresas usuarias (en ocasiones sólo una) impide observar dicha relación, lo que quizá podría deberse a que el elevado coste de los equipos dificulta la inversión a pesar de la idoneidad de algunas de estas tecnologías para el desarrollo de las citadas actividades.

---

<sup>9</sup> Ver tabla a7 en anexo.



**TADA. Secciones de mecanizado tradicional y de control numérico**



**Talleres González Jaramillo.  
Construcción de grada de montaje del Fuselaje del DO-728 JET**

○ **La relación tamaño/inversiones.**

El análisis desarrollado ha permitido observar 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<sup>10</sup>. Si nos detenemos a observar tecnologías concretas<sup>11</sup>, constataremos que existe una clara relación positiva entre las inversiones en GT, CAI y CPM y el tamaño de la empresa. En algunos casos en los que tal relación habría de darse previsiblemente, debido al elevado coste de la tecnología en cuestión (como es el caso de los robots programables, AGV o

---

<sup>10</sup> Ver tabla a8 en anexo.

<sup>11</sup> Ver tabla a9 en anexo.

FMS), la comprobación estadística no es posible al existir en la población una única empresa usuaria o, incluso, ninguna.

Cabe destacar, por tanto, la clara relación existente entre el tamaño de la empresa y la presencia de AMT de planificación, pues, salvo en el caso de JIT, tecnología que no está presente en ninguna de las empresas de la población, dicha relación es significativa para todas las tecnologías automatizadas de planificación. Ello viene a resaltar que son las empresas y plantas de mayor tamaño las más preocupadas por las actividades de gestión y control, lo que está en sintonía con las teorías existentes al respecto.

Por lo que respecta a la relación entre el tamaño y las inversiones en tecnología de grupos, habría que destacar, por un lado, que la GT es una tecnología poco conocida en el sector, lo cual dificulta el acceso a la misma; por otra parte, que su aplicación a los procesos productivos en el mismo puede estar limitada por el hecho de que la mayoría de estas empresas no diseñan los artículos que fabrican, lo cual no ocurre en el caso de las plantas de CASA, de mayor tamaño.

En los casos de CAM y CNC, su relación directa con el mecanizado hace que estén presentes en plantas de cualquier tamaño; en el resto de tecnologías automatizadas de fabricación, salvo en el caso de CAI, que, aunque no de forma significativa, sí que parece bastante relacionada con el tamaño, la comprobación estadística no es posible al no haber suficientes usuarias en la población.

### **2.3. COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN ANDALUZA CON LA ESPAÑOLA**

El Instituto Nacional de Estadística no introdujo ninguna 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). A partir de la información que dicha encuesta proporciona, se ha elaborado en primer lugar la tabla 11, que resume la información más pertinente para nuestro estudio. En ésta puede observarse que las inversiones en AMT en el sector aeronáutico se encuentran bastante por encima de la media nacional en la mayoría de 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, aun cuando bastantes de las actividades que en éste se desarrollan son manuales y a pesar de que la baja cadencia de fabricación dificulta la automatización en muchas ocasiones.

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%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE

Tabla 11. Empresas en España con inversiones en AMT a 31 de diciembre de 1998: comparación total industria/sector aeronáutico

En segundo lugar, se ha elaborado la tabla 12, la cual compara los resultados de nuestro estudio con los del sector a escala nacional. Dicha comparación ha de hacerse con la debida cautela habida cuenta de la diferencia entre las fechas de ambas encuestas, pero en general cabe resaltar que 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 al encontrado en el resto de las empresas aeronáuticas españolas (en ocasiones bastante más elevado, lo que reduce sin duda el riesgo de que las distintas fechas puedan ser la causa principal de la diferencia en cifras). Este hecho quizá pueda ser explicado por cuanto el sector en nuestra región, aunque formado en su mayoría por pymes, no cuenta con microempresas sin capacidad para invertir en automatización flexible. Ello no ocurre en otras zonas del país, como es el caso de la Comunidad de Madrid (Comunidad de Madrid, 2000).

Tecnología	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	30,3%	5%
CNC		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%	
CAI (al producto final)	8,9%	40%
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 12. Empresas aeronáuticas en España y Andalucía con inversiones en AMT

Por el contrario, el porcentaje de empresas inversoras en Andalucía es inferior en algunas de las AMT de fabricación más costosas (robots programables, AS/RS y FMS) y algunas tecnologías de planificación y control como JIT y GAT. En el primer caso, 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. Por lo que hace referencia a las tecnologías de planificación mencionadas, es interesante destacar que su medición es relativamente más difícil. Determinar la presencia o no de estas tecnologías en una empresa a través de una única cuestión (si están en uso o no) es delicado, pues representan conceptos más complejos cuya medición suele requerir más de una dimensión. En nuestro estudio, este riesgo se solventó gracias a las entrevistas realizadas en la segunda parte del trabajo de campo, comprobándose qué dimensiones

de JIT o GAT estaban presentes en las empresas que aseguraban haber invertido en estas tecnologías. Así, por ejemplo, se observó que algunas empresas consideraban que trabajar bajo los postulados de JIT consistía simplemente en procurar la entrega de sus pedidos a clientes en la fecha prometida. Una depuración de respuestas permitió constatar que ninguna empresa del sector aplicaba a sus procesos instrumentos básicos de JIT, como, por ejemplo, la gestión kanban o el sistema SMED. Por lo que concierne a GAT, se comprobó que, efectivamente, las plantas que se manifestaban usuarias realizaban de forma automatizada las funciones básicas de la gestión de talleres. Es evidente que este grado de fiabilidad en las respuestas es prácticamente imposible de conseguir en la encuesta del INE.

En cualquier caso, la existencia de algún tipo de retraso en cuanto al nivel de inversiones en algún tipo de tecnología avanzada podría generar también algún provecho para las pymes aeronáuticas andaluzas. Así, por ejemplo, aun teniendo en cuenta las posibles diferencias que pueden derivarse del entorno geográfico en relación con las prácticas empresariales, podrían aprovechar la experiencia acumulada (en cuanto a qué hacer y qué evitar) en aquellas organizaciones que ya han acometido proyectos de inversión en AMT, pues, a la hora de su implantación, las experiencias de las empresas de los países industrializados son muy similares. En nuestra opinión, esta convergencia puede intensificarse en un entorno cada vez más globalizado y, más aún, en un sector de tecnología punta como el aeronáutico, en el que abundan las alianzas y las transferencias de tecnología.

# 3

## OBJETIVOS, VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS INVERSIONES: OPORTUNIDAD DE IMPLANTACIÓN Y RENDIMIENTO

---

### 3.1. BENEFICIOS Y VENTAJAS ASOCIADOS A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

Al la hora de exponer los múltiples, diversos y potenciales beneficios o ventajas que las AMT pueden ofrecer, la literatura los agrupa en distintos tipos. Así, por ejemplo, se podría diferenciar entre *beneficios operativos* (que implican mejoras en productividad y flexibilidad), *beneficios organizativos* (que incluyen mejoras en los flujos de trabajo, comunicación, integración y control de gestión) y *beneficios competitivos* (donde podrían incluirse mejoras en el crecimiento de las ventas, de la cuota de mercado o del retorno sobre la inversión). No obstante, el criterio más habitual parece ser el que distingue entre aquellos beneficios que quedarían englobados en el marco estratégico de la empresa y aquellos otros que vienen a denominarse operativos, si bien es cierto que estos últimos tendrán a la postre su reflejo en los primeros.

Entre las posibles repercusiones estratégicas de las tecnologías avanzadas de fabricación, que permiten mejorar la competitividad y las oportunidades de viabilidad de las empresas como compañías manufactureras de éxito, pueden ser señaladas las siguientes:

- Incremento de la capacidad productiva de la planta: mayor flexibilidad en cambios de diseño y en la distribución en planta.

- Ahorros en costes generales y de producto y aumento de la productividad.
- Capacidad para ejercer influencia sobre la tecnología de procesos.
- Generación de un fuerte efecto aprendizaje.
- Rapidez y adecuación en la respuesta a los cambios en la demanda.
- Mayor satisfacción de los clientes.
- Mejora de la capacidad para la planificación estratégica de la empresa como consecuencia del aumento de las opciones de la compañía para poder fabricar una mayor variedad de productos.
- Capacidad para afectar a las características y tamaño del mercado a largo plazo.
- Posibles y altos costes de oportunidad asociados a la no inversión.

En cuanto a las ventajas operativas que pueden alcanzarse, la tabla 13 pretende ser un compendio de las muchas que pueden ser encontradas en la literatura al respecto. Éstas han sido ordenadas en función de un doble criterio: el objetivo estratégico de Operaciones al que afecta más directamente (columnas) y el recurso productivo con el que se relaciona en mayor medida (filas). Como es lógico, dada la interrelación entre los distintos objetivos, la asignación de ventajas a objetivos no tiene por qué ser única. Por ejemplo, una reducción de la tasa de defectuosas supone una mejora del objetivo calidad, pero también un incremento de la productividad y, por tanto, del objetivo eficiencia. Asimismo, la mejora en la fiabilidad de los equipos no sólo repercutirá positivamente en un mejor cumplimiento de las entregas, sino posiblemente en una mejora de la calidad del producto. Es importante tener presente que raramente se podrán alcanzar todas las ventajas posibles en una misma máquina o sistema y que existe ya cierta evidencia empírica que sugiere que, para alcanzar el máximo valor de aquéllas, es necesario un alto grado de automatización y de integración.

La determinación de muchos de estos beneficios y su consecuente incorporación al proceso de evaluación de las tecnologías avanzadas es crítica para dictaminar su viabilidad. Por ejemplo, entre los beneficios más evidentes se encuentra posiblemente la reducción de la mano de obra directa y la consiguiente reducción de costes por tal concepto. No obstante, dado que el peso de la mano de obra es cada vez menor respecto del total de los costes de fabricación, incluso una significativa reducción de la misma podría tener un efecto mínimo sobre los costes totales. Esto, unido a la elevada inversión inicial necesaria, hace que sean muchas las ocasiones en las que los tradicionales cálculos basados en costes e ingresos parezcan indicar, a veces de forma errónea, la no viabilidad de la automatización flexible.

	Eficiencia	Flexibilidad	Calidad	Entregas
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminución inventarios productos terminados</li> <li>▪ Disminución inventarios productos en curso</li> <li>▪ Reducción desperdicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento variedad producción</li> <li>▪ Disminución tamaño lotes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento consistencia</li> <li>▪ Reducción tasa defectuosas</li> </ul>	
Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminución necesidad inspecciones</li> <li>▪ Reducción mano obra directa</li> <li>▪ Aumento aprendizaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento habilidades y destrezas</li> </ul>		
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción tiempo lanzamiento</li> <li>▪ Aumento utilización capacidad</li> <li>▪ Disminución ciclo fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apoyo mutuo en averías</li> <li>▪ Capacidad distribuida</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento fiabilidad sistemas</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción superficie necesaria en planta</li> <li>▪ Disminución de gastos por garantías</li> <li>▪ Reducción retraso pago clientes insatisfechos</li> <li>▪ Economías de alcance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento rapidez desarrollo nuevos productos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminución tiempo suministro</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 13. Algunas ventajas operativas de las AMT

No cabe duda del esfuerzo que requiere la cuantificación de muchos de estos beneficios intangibles. Por ejemplo, ¿cómo medir la presumible capacidad para la fabricación de un componente aún desconocido, en un momento futuro también desconocido, como consecuencia de la flexibilidad alcanzada con la nueva AMT? Sin embargo, desde el punto de vista de las prioridades competitivas de la Dirección de Operaciones, el hecho de que muchos de los beneficios intangibles no sean a menudo considerados en la evaluación de inversiones en tecnologías avanzadas de fabricación no encuentra justificación, habida cuenta de que la implantación de AMT posibilita alcanzar: a) un aumento de la flexibilidad, b) un aumento de la fiabilidad y rapidez de las fechas de entrega, c) niveles superiores en la calidad de los productos, y d) costes inferiores a los de la tecnología productiva convencional.

En otro orden de cosas, sería un error asumir que la mera incorporación de estas tecnologías al proceso de fabricación lleva asociada, de manera implícita, la consecución de todos, muchos o algunos de los beneficios mencionados. *Para que la inversión tecnológica produzca la máxima ventaja competitiva deberá ir acompañada de mejoras en la dirección, gestión y organización de las operaciones.* Hay que tener en cuenta que los beneficios intangibles se derivan en gran medida de la capacidad de integración de las AMT. Cada elemento no es más que un nuevo paso en el camino hacia el nuevo concepto de fabricación integrada. Aunque muchas ventajas no se alcanzan hasta haber completado todos los pasos, fallar en la incorporación parcial de alguno podría poner en peligro el logro completo de los beneficios. Por tanto, las decisiones en torno a cada elemento deberían considerarlo de manera integrada en el conjunto y no aisladamente. Este argumento se muestra pleno de sentido cuando la empresa está comprometida con un plan a largo plazo detallado, pero no así cuando la empresa procede mediante prueba y error, sin tener claro cómo ni dónde acabará.

### **3.1.1. Beneficios esperados: objetivos que guían las inversiones en AMT**

La primera cuestión a resaltar es que, al ser preguntadas por los objetivos y beneficios esperados que motivaban las inversiones, la mayoría de las empresas de la población hizo referencia a la necesidad de invertir para no quedarse fuera del mercado. Por el contrario, ninguna empresa afirmó invertir en ninguna tecnología por un deseo de estar a la cabeza del sector en cuanto a nivel tecnológico se refiere, sino que en todas ellas se manifestó una *actitud reactiva* en relación con sus inversiones en AMT. No obstante, se insistió en que las empresas trataran de determinar, aparte del objetivo estratégico que motivó las inversiones, cuáles eran los objetivos o

beneficios operativos que se esperaba alcanzar. En la tabla 14 se muestran las respuestas obtenidas para la cuestión que tratamos, en las que se han incluido las de aquellas plantas que tenían previstas dichas inversiones. Para cada tipo de AMT, se indican, por filas, los distintos objetivos que han motivado las inversiones y, por consiguiente, aquellos beneficios que se esperaba conseguir.

Beneficios esperados	AM Diseño		AMT Fabricación		AMT Planificación	
	Frec.	% Válido	Frec.	% Válido	Frec.	% Válido
Rapidez desarrollo de nuevos productos	13	36,1%	2	5,7%	1	3,8%
Aumento utilización capacidad	4	11,1%	1	2,8%	5	19,2%
Calidad consistente	3	8,3%	7	20,0%	2	7,7%
Entregas rápidas	1	2,7%	1	2,8%	1	3,8%
Cumplir fechas entrega	1	2,7%	6	17,1%	7	26,9%
Ofrecer elevada variedad productos	1	2,7%	3	8,6%	-	-
Rapidez cambios de diseño	3	8,3%	-	-	-	-
Reducción Costes de producción	5	13,8%	6	17,1%	4	15,4%
Reducción tiempo suministro	-	-	3	8,6%	1	3,8%
Ofrecer productos con altas prestaciones	1	2,7%	1	2,8%	-	-
Ofrecer productos fiables	2	5,5%	1	2,8%	-	-
Implantar una cultura de calidad	-	-	1	2,8%	1	3,8%
Incremento productividad mano de obra	-	-	2	5,7%	1	3,8%
Mejora del ambiente de trabajo	-	-	1	2,8%	-	-
Rapidez en cambios volumen producción	-	-	-	-	1	3,8%
Mejora del control presupuestario	-	-	-	-	1	3,8%
Reducción de inventarios	2	5,5%	-	-	1	3,8%
Número de respuestas	36	100%	35	100%	26	100%

Tabla 14. Principales beneficios esperados de las inversiones en AMT

Como puede apreciarse fácilmente, en el caso de las AMT de diseño la principal ventaja esperada por las empresas inversoras era aumentar la rapidez en el desarrollo de nuevos productos, dimensión fundamentalmente asociada con el objetivo flexibilidad. Nueve de las dieciséis empresas que respondieron a esta cuestión aseguraron que dicha reducción era el principal beneficio que habían esperado de sus inversiones en AMT de diseño, mientras que otras cuatro lo situaban en segundo lugar. El resto de beneficios esperados se distribuye de manera equilibrada entre objetivos operativos relacionados con los costes y la calidad, mientras que tan solo dos respuestas indicaban que el principal objetivo perseguido estuviera ligado a la rapidez o cumplimiento de las entregas. De forma agregada, de las 36 respuestas obtenidas, 17 están orientadas a una mayor flexibilidad, 9 a la reducción de costes, 8 a la mejora de la calidad y sólo 2 a las entregas.

Estos datos se muestran gráficamente, junto con los correspondientes a los beneficios esperados de las tecnologías avanzadas de fabricación y planificación en la figura 11.

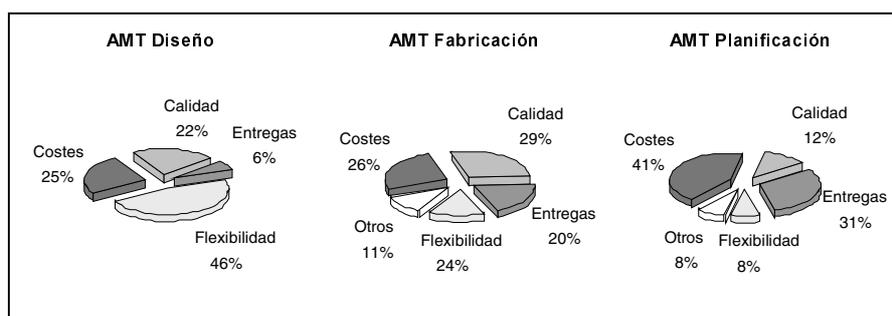


Figura 11. Orientación de los beneficios esperados de las inversiones en AMT

En cuanto a los beneficios esperados de las AMT de fabricación, la tabla 14 muestra que la reducción de costes de producción, la calidad consistente y cumplir con las fechas de entrega son los más frecuentes, junto con algunas dimensiones asociadas a la flexibilidad como poder ofrecer una elevada variedad de productos o la rapidez en el desarrollo de nuevos productos. De forma agregada, de las 35 respuestas obtenidas, 9 están orientadas a los costes, 10 a la calidad, 5 a la flexibilidad y 7 a las entregas. En tres casos la respuesta fue reducir el tiempo de suministro, pero no asociado a unas entregas más rápidas, sino a una mayor fluidez del proceso de fabricación, por lo que dichas respuestas han quedado encuadradas en la categoría de otros en la figura 11, junto con la respuesta que aseguraba que uno de los objetivos de la inversión era la mejora del ambiente de trabajo gracias a la reducción del ruido que se esperaba conseguir con la nueva remachadora.

Por lo que respecta a los beneficios esperados por las inversiones en AMT de planificación, las respuestas parecen estar orientadas en este caso al cumplimiento de las entregas. No obstante, entre el resto de beneficios esperados, destacan otros relacionados con la reducción de costes, tales como la reducción explícita de los costes de producción o el aumento de utilización de la capacidad, que, de forma agregada, muestran una mayor frecuencia. Las respuestas agregadas permiten contemplar en este caso que de las 26 obtenidas, 11 están orientadas a los costes, 8 a las entregas, 3 a la calidad y 2 a la flexibilidad. Otros dos beneficios apuntados, la reducción del tiempo de suministro y la mejora del control presupuestario aparecen bajo la etiqueta de otros en la figura 11.

De lo dicho hasta el momento se desprende que los beneficios esperados que parecen motivar las inversiones en AMT de las empresas del sector aeronáutico andaluz difieren en función del tipo de tecnología de que se trate. Así, *las inversiones en AMT de diseño están principalmente relacionadas con la búsqueda de una mejora en la flexibilidad de las operaciones*, que se concreta en el aumento de la rapidez en el desarrollo de nuevos productos. A este respecto hay que recordar que la mayoría de las empresas del sector no desarrollan productos propios, sino que se encargan de fabricar productos diseñados por sus clientes, que frecuentemente son a su vez los proveedores de materiales y/o herramientas. Esto hace que la oferta real de muchas de las empresas encuestadas sea su capacidad de fabricación, la cual podrá adquirirse con mayor o menor celeridad a medida que cambian los diseños. La rapidez en la capacidad de ponerse a fabricar un nuevo diseño del cliente es uno de los beneficios esperados de las inversiones en AMT de diseño, lo cual parece lógico si tenemos en cuenta que estas tecnologías permiten, a partir de un determinado diseño, especificar qué ruta de fabricación requerirá el ítem.

Por otro lado, *la orientación de las inversiones en AMT de fabricación se muestra bastante equilibrada entre beneficios relacionados con los costes, la calidad, la flexibilidad e, incluso, las entregas*, lo cual no coincide con los resultados de estudios más antiguos realizados en Andalucía sobre la incorporación de nuevas tecnologías al proceso de automatización industrial. En un estudio realizado por el Instituto de Desarrollo Regional de Andalucía (IDR), se encontraba que el principal objetivo que motivaba las inversiones era la disminución de costes, seguido a cierta distancia por el aumento de la flexibilidad y, bastante más alejada, por la mejora de la calidad. Teniendo en cuenta las diferencias existentes entre el citado trabajo y nuestro estudio, la falta de coincidencia en los resultados podría tener una doble explicación; por un lado, que el tiempo transcurrido haya podido influir en la importancia relativa de cada objetivo en las empresas de la región; por otro lado, y más probablemente, que las inversiones en el sector aeronáutico estén orientadas efectivamente por diferentes objetivos y que la reducción de costes, aunque importante, no esté excesivamente por encima de otras dimensiones de la competitividad como, por ejemplo, la calidad, que es una cuestión vital en el sector dado que de ella puede depender, en último extremo, la vida de muchas personas.

Finalmente, *las inversiones en AMT de planificación parecen estar motivadas por razones de cumplimiento de entregas y de costes*. Es interesante resaltar que, si la percepción que se tiene en el sector es que la principal utilidad de las AMT de planificación es la mejora en el cumplimiento de las entregas, puede explicarse en parte que sea para esta categoría de AMT donde se encuentren más empresas no usuarias, puesto que las entregas no parecen ser un objetivo prioritario en el sector (el 65% de la población, es decir 13 empresas de un total de 20 no contaban entre

sus activos tecnológicos con ninguna AMT de planificación cuando se pasó el primer cuestionario. No obstante, dicho porcentaje había descendido hasta el 40% (sólo 8 plantas) cuando se realizaron las posteriores entrevistas).

Para terminar con el tema que tratamos, creemos necesario resaltar que, en cualquier caso, a tenor del número de respuestas obtenidas, así como del desarrollo de las entrevistas realizadas, las empresas encuestadas no parecían tener excesivamente claros los beneficios que esperaban obtener con las inversiones que habían proyectado. Tal afirmación la apoyamos en los siguientes puntos:

- En el caso de las AMT de diseño, sólo 6 de las 16 plantas usuarias en el momento de la entrevista (un 37,5%) pudieron indicar hasta un total de 3 beneficios concretos que estaba previsto obtener cuando se realizaron las inversiones.
- Dicho porcentaje alcanzaba el 60% de las usuarias (9 de 15) en el caso de las AMT de fabricación.
- En relación con las AMT de planificación, el porcentaje fue de un 41,7% (5 de un total de 12 usuarias).
- Estos resultados se obtuvieron no sin insistencia pues, tal y como se ha apuntado anteriormente, muchas empresas aseguraban que habían invertido *porque tenían que hacerlo*, mostrando que no se había madurado la inversión más allá de la obligación estratégica de supervivencia.

El problema está en que, si no se conocen plenamente las capacidades que se están adquiriendo, difícilmente podrán desarrollarse completamente. No obstante, podría ocurrir que si tales capacidades se utilizaran adecuadamente, pudieran percibirse una serie de mejoras o ventajas no previstas, cuestión a la que se dedica el siguiente apartado.

### **3.1.2. Ventajas alcanzadas no previstas**

Para la determinación de las principales ventajas no previstas al realizar las inversiones, pero percibidas una vez que éstas estuvieron operativas, se procedió de forma similar a como se hizo en relación con los beneficios esperados. Con las respuestas obtenidas se ha elaborado la tabla 15, similar en estructura a la tabla 14 expuesta anteriormente.

A la vista de dicha tabla, y retomando el último apunte que hacíamos en el apartado anterior, resulta que el número de respuestas ahora obtenido es considerablemente inferior al de entonces. Tan solo 6 plantas de un total

de 16 usuarias consideraban que la inversión en AMT de diseño había conllevado alguna ventaja no esperada (una planta apuntó dos ventajas); mientras que entre las usuarias de AMT de fabricación y de planificación, sólo dos y cinco empresas, respectivamente, percibieron alguna ventaja no prevista. La naturaleza de dichas ventajas es bastante variada, siendo difícil poder hacer algún tipo de generalización.

Beneficios esperados	AM Diseño		AMT Fabricación		AMT Planificación	
	Frec.	% Válido	Frec.	% Válido	Frec.	% Válido
Calidad consistente	1	14,3%	1	50,0%	-	-
Reducción tiempo de suministro	1	14,3%	-	-	-	-
Reducción tiempo de preparación	1	14,3%	-	-	-	-
Disciplina del personal	1	14,3%	1	50,0%	1	20,0%
Integración y comunicación interfuncional	1	14,3%	-	-	1	20,0%
Comunicación con clientes	1	14,3%	-	-	-	-
Reducción del papeleo	1	14,3%	-	-	-	-
Reducción de inventarios	-	-	-	-	2	40,0%
Mejora control presupuestario	-	-	-	-	1	20,0%
Número de respuestas	7	100%	2	100%	5	100%

Tabla 15. Principales ventajas no previstas de las inversiones en AMT

Sobre el bajo número de respuestas, y partiendo de que los beneficios que a priori pueden derivarse de estas inversiones son variados, podría hacerse una doble lectura: o bien se había hecho una exhaustiva previsión de beneficios y ventajas derivados de las inversiones, por lo que pocos aspectos podían aparecer inesperadamente, o bien no se tiene un conocimiento pleno de las posibles ventajas o mejoras porque no se lleva a cabo un control de las mismas. Dado que, tal y como vimos en el apartado dedicado a los beneficios esperados que motivan las inversiones, éstos no parecen estar excesivamente claros, la hipótesis de una exhaustiva enumeración apriorística de beneficios no parece muy probable. Por el contrario, nos inclinamos por la posibilidad de que muchas de estas ventajas puedan pasar desapercibidas porque, al no estar previstas, es probable que no se haya procedido a una medición concreta de dichos aspectos.

### 3.2. COSTES E INCONVENIENTES ASOCIADOS A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

Como ya se ha indicado, la adquisición e implantación de AMT conlleva una serie de costes tangibles o explícitos, que van desde la propia inversión en los equipos hasta aquéllos derivados de la formación y entrenamiento del personal, así como otros más difíciles de cuantificar pero

igualmente importantes por lo que respecta a su repercusión final sobre el rendimiento de las inversiones. Puede recurrirse al símil del iceberg para representar el peligro al que puede enfrentarse una pobre gestión de estas tecnologías que fundamenta sus decisiones sobre la base de algunos costes claramente visibles y omite otros muchos costes igualmente significativos pero de más difícil percepción. No obstante, al igual que se hizo para las ventajas y beneficios, parece obvio apuntar que, afortunadamente, no en todos los casos de inversiones en AMT se tendrán que afrontar todos los posibles costes e inconvenientes que su implantación pudiera, a priori, conllevar; lógicamente, ello dependerá de cada caso concreto y de las circunstancias de la empresa en cuestión.

Los problemas asociados a la implantación de estos equipos han venido siendo clasificados en dos tipos interrelacionados: los *técnicos* y los *de gestión*. Dicha distinción puede hacerse fácilmente extensible a los diferentes tipos de AMT, aunque teniendo en cuenta que, a mayor complejidad de la tecnología instalada, mayores serán los problemas que puedan surgir. En cuanto a los problemas técnicos, se considera que éstos surgen debido a la complejidad de la tecnología en sí y a las decisiones técnicas y analíticas que han de tomarse con la introducción de los sistemas avanzados de fabricación. Por lo que respecta a los problemas de gestión, y dando por hecho la complejidad de la implantación, destacan principalmente la resistencia al cambio por parte de la dirección, así como la compleja infraestructura que requieren dichos sistemas.

De forma amplia, aunque no exhaustiva, entre los problemas y factores generadores de coste que aún se apuntaban al comenzar la década de los 90 se encontraban los siguientes:

- Realizar la implantación sin contar con una estrategia de fabricación adecuada.
- Formación y posible reclutamiento de personal técnico y directivo altamente cualificado.
- Desarrollo de nuevos sistemas y procedimientos para la programación de la producción, la contabilidad de costes, el control de calidad y el mantenimiento.
- Adaptación y planificación para el cambio continuo.
- Reorganización del área de trabajo y de los departamentos en aras de evitar deficiencias en las redes de trabajo y comunicación.
- Resistencia de la organización a los cambios provenientes de la alta dirección, los especialistas técnicos y los trabajadores.
- Grandes inventarios de producción en curso para mantener la producción durante las averías, frecuentes y difíciles de corregir.
- Necesidad de intensificar el control sobre variaciones en los inputs del proceso productivo.
- Impactos de cuellos de botella corriente arriba y corriente abajo que anulan beneficios o incrementan costes.

- Cambiar de un sistema convencional de recompensas individuales a un reconocimiento del rendimiento del equipo.
- Beneficios intangibles a los que se renuncia al desplazar trabajadores por la nueva tecnología, es decir, disminución de alguna dimensión de flexibilidad cuando las AMT reemplazan a los procesos intensivos en mano de obra.

Sin embargo, pueden encontrarse ya algunos indicios que apuntan a la superación de determinados problemas entonces considerados habituales y recogidos en la relación anteriormente expuesta, como por ejemplo, los relativos a los cuellos de botella o a la oposición de la plantilla. La razón de esta mejora cabe atribuirla a la experiencia previa en este tipo de inversiones, que se muestra como uno de los factores críticos de su éxito.

En relación con la situación de la aeronáutica andaluza a este respecto, la tabla 16 recoge el valor medio percibido en diferentes dificultades afrontadas durante la adopción e implantación de AMT. La respuesta había de darse sobre una escala de Likert de 7 puntos en la que el extremo inferior (1) indicaba que dicho factor no había supuesto ninguna dificultad, el valor medio (4), que había dificultado bastante el proceso de adopción e implantación de las tecnologías en cuestión, y el extremo superior (7), que lo había dificultado muchísimo.

Dificultades	AMT Diseño		AMT Fabricación		AMT Planificación	
	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica
Falta de mano obra especializada	4,31	2,47	4,13	2,50	3,33	2,39
Pérdida de flexibilidad	1,13	0,50	1,13	0,52	1,58	1,73
Averías del equipo	2,31	1,89	2,53	1,64	2,00	2,13
Reorganización departamentos	2,19	1,42	2,93	1,33	3,33	2,19
Reticencias trabajadores	1,38	1,02	1,80	1,26	2,92	2,39
Reticencias directivos	1,06	0,25	1,13	0,52	1,17	0,58
Dificultad evaluación	2,19	1,91	2,53	2,26	2,33	2,27
Dificultad medir rendimiento	2,07	1,33	2,07	1,54	2,42	1,78
Dificultad encontrar financiación	2,38	2,42	2,33	2,16	2,25	2,26
Empresas inversoras (N)	16		15		12	

Tabla 16. Dificultades al invertir en AMT

Puede observarse que las medias alcanzadas por los distintos factores no son excesivamente elevadas, pues en pocos casos se alcanza el valor medio de la escala. Hay, no obstante, un factor con una media que se aprecia superior a la de los demás: *la falta de mano de obra especializada*. Este es el factor que dificulta en mayor medida el proceso de adopción e implantación de AMT a las empresas, siendo la dificultad aún mayor en el caso de las AMT de diseño y de fabricación. En relación con esto, fueron varios los directores de pymes que destacaban que el gran problema para trabajar con estas tecnologías (tanto con el software como con las CNC) era que no había personal convenientemente formado y, aún peor, que no hay quien organice y dé los cursos de formación que requieren las actividades del sector, por lo que suele ser habitual comunicar a CASA las necesidades al respecto y que sea ésta quien envíe la gente apropiada para proporcionar la formación adecuada. En otro caso, se apuntó que el período de formación requerido en el sector era bastante largo (entre 4 y 6 meses), y que se produce una paradoja en relación con la contratación y formación de la mano de obra: dada la alta especialización y los prolongados plazos de formación y aprendizaje, es conveniente la estabilidad del personal en la empresa pero, habida cuenta de la falta de dicha estabilidad en los flujos de trabajo, es difícil recurrir a la contratación fija que asegure la continuidad del personal en la empresa una vez formado.

En relación con esta cuestión, no se ha observado ninguna correlación significativa entre el tamaño empresarial y las dificultades en el proceso de adopción, implantación y control de AMT de diseño<sup>12</sup>. No obstante, parece que las empresas más pequeñas aprecian mayores dificultades al adquirir estas AMT, siendo ello debido a no contar con mano de obra especializada.

En el caso de las AMT de fabricación<sup>13</sup>, las mayores empresas aprecian una mayor dificultad derivada de las averías producidas en los equipos al principio de la puesta en marcha, lo que puede explicarse fácilmente si se tiene en cuenta que las tecnologías menos extendidas y los equipos más complejos y más integrados y, por tanto, susceptibles de una puesta en marcha más complicada, están presentes precisamente en las plantas y empresas más grandes. Por otro lado, las empresas más grandes aprecian igualmente mayores dificultades a la hora de evaluar y medir el rendimiento de inversiones en AMT de fabricación. En nuestra opinión, la explicación de dicha circunstancia no radica en que las empresas de menor tamaño tengan más facilidad para evaluar y medir el rendimiento de estas inversiones, sino en que las de mayor tamaño son más conscientes de la dificultad que entraña realizar ambas actividades correctamente si se tienen en cuenta factores intangibles. Cabe destacar que, aunque fueron diversas

---

<sup>12</sup> Ver tabla a10 en anexo.

<sup>13</sup> Ver tabla a11 en anexo.

las manifestaciones en torno al elevado coste de estas tecnologías y la dificultad para adquirirlas, la financiación no es en absoluto una dificultad que destaque en ningún caso, ni siquiera en las AMT de fabricación. Sirviéndonos literalmente de las manifestaciones hechas en una de las entrevistas realizadas, “se compra lo que se puede”; si ello es realmente así, es evidente que no habrá problemas de financiación, pero se pueden estar perdiendo muchas posibilidades de inversión.

Por último, en el caso de las *AMT de planificación*<sup>14</sup> no se aprecia ninguna correlación significativa en torno a la cuestión tratada.

### 3.3. OPORTUNIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LAS AMT

Aunque los beneficios potenciales que encierran superen a los costes, la inversión en AMT no debe verse en absoluto como la solución a todos los problemas que acucian a la empresa; muy al contrario, hay ocasiones en las que la introducción de estas tecnologías es fuente de nuevos y numerosos contratiempos a los que una empresa puede no haberse enfrentado nunca antes, ya sea en el campo técnico, en el financiero o en el organizativo. Así, habrán de tenerse en cuenta, por ejemplo, factores concernientes a la posición financiera de la empresa, las políticas gubernamentales, la fortaleza y desarrollo de la gestión, la posición en el mercado, la investigación y desarrollo, la posición tecnológica. En general, no debieran pasarse por alto determinadas cuestiones como las indicadas a continuación:

*1. Las AMT no deberían ser consideradas un fin en sí mismas, como sugiere la postura de adquirir siempre la tecnología más sofisticada que exista en el mercado. La estrategia empresarial y la de producción deberían ser la base para la selección de los procesos productivos, de manera que las AMT se limiten a ser un medio para lograr los objetivos competitivos de la empresa. Cuando una empresa permite que la tecnología sea el fin, la AMT adquirida influye en el tipo y la cantidad de la flexibilidad de la planta, limitando los objetivos estratégicos de maneras no previstas por la dirección. Por contra, cuando las necesidades estratégicas son lo más importante, éstas dictan la necesidad de cierto tipo de flexibilidad productiva, lo que influye en la selección de tecnologías compatibles.*

---

<sup>14</sup> Ver tabla a12 en anexo.

2. *La empresa debe eliminar del proceso productivo las operaciones que no sean necesarias, de manera que no tengan que ser finalmente automatizadas.* Por ejemplo, el paso de distribuciones por proceso a distribuciones celulares reduce las distancias entre estaciones de trabajo y, con ello, la necesidad de sofisticados sistemas de transporte de materiales; la reducción de inventarios a través de las prácticas de la filosofía Justo a Tiempo disminuye la necesidad de sistemas para el almacenamiento y recogida de materiales; el rediseño de productos con menos partes, más simples y estandarizadas, consecuencia de la Ingeniería Concurrente, elimina el número de operaciones necesarias en la fabricación y el montaje.

3. *Las empresas deben comprobar que con una utilización más efectiva de su actual tecnología no pueden conseguirse los mismos resultados que con la compra de los equipos más modernos.* Reagrupar las máquinas existentes en células de fabricación representa una solución menos costosa y arriesgada que adquirir un FMS. Disminuir las averías y los defectos ayuda a reducir los tiempos de suministro sin tener que recurrir a las tecnologías avanzadas.

Es decir, una vez que la empresa disponga de un proceso productivo altamente eficiente, será el momento de plantearse seriamente la implantación gradual de las AMT, teniendo presente, por otra parte que:

- Hay operaciones cuya automatización no está justificada económicamente.
- Algunas otras no se pueden automatizar debido a limitaciones técnicas.
- Un sistema de gestión insuficiente conducirá con alta probabilidad al fracaso del esfuerzo desplegado por incrementar la automatización.

A continuación, pasamos a comentar las razones aducidas por las plantas aeronáuticas andaluzas para no invertir en ciertas AMT, lo cual haremos para cada uno de los tres grupos de tecnologías que estamos considerando.

### **3.3.1. Razones para no invertir en AMT de diseño**

La tabla 17 muestra las razones aducidas por distintas empresas de la población para no invertir en cada una de las cuatro AMT de diseño consideradas.

Uso no Previsto: N° plantas y porcentaje	CAD			CAE			CAPP			GT		
	4 (20%)			8 (40%)			9 (45%)			14 (70%)		
Razones:	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Tecnología desconocida	-	-	-	1	-	-	4	-	-	7	-	-
No se ajusta al proceso	2	-	-	5	-	-	3	-	-	3	-	-
Excesivamente cara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No cumple los criterios de inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra cualificada no disponible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra	1	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-
NS/NC	1	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-

Tabla 17. Razones para no invertir en AMT de diseño

En relación con **CAD**, tan solo un 20% (cuatro empresas) de las firmas no usuarias tampoco tenía previsto invertir en CAD. Observemos, en la tabla 17, las razones esgrimidas por estas empresas para justificar la inexistencia de inversiones en CAD. En dos casos la razón aducida fue la falta de ajuste con el proceso; en otro, se optó por considerar que había otra razón diferente de las propuestas, señalándose “No ser aplicable a los objetivos y/o productos actuales”; la cuarta empresa no señaló ninguna cuestión. En todos los casos, ciertamente, las actividades desarrolladas hacen que el diseño asistido por ordenador carezca de utilidad (montaje, tuberías, procesos finales o tratamiento térmico).

En el caso de **CAE**, fueron ocho las plantas no usuarias que manifestaron no tener prevista la inversión. La principal razón apuntada para no optar por la inversión en CAE fue la falta de ajuste con el proceso (la empresa que adujo otro motivo refirió “No ser aplicable a los objetivos y/o productos actuales”); en un solo caso se reconoció no tener conocimiento de la tecnología en cuestión y una no indicó ninguna razón —la misma firma que no contestó en el caso de CAD y que tampoco lo hizo para ninguna de las tecnologías restantes, pues es la única empresa del sector no usuaria de ninguna AMT—. Respecto a las empresas que aducen la falta de ajuste con el proceso, hay que tener en cuenta que, ya se dediquen al mecanizado, ya se dediquen al montaje u otras actividades, lo hacen sobre piezas diseñadas por terceros, por lo que la Ingeniería asistida por ordenador puede, efectivamente, no ser de utilidad. No obstante, hay otras empresas del sector dedicadas al mecanizado que sí trabajan con CAE, al igual que con CAD, sobre los diseños que les proporcionan sus clientes, lo que muestra diferencias en el grado de autonomía de los diferentes subcontratistas del sector.

Un total de nueve plantas (45% de la población) manifestaban no tener previsto realizar inversiones en **CAPP**, aun no siendo usuarias. Como primera razón se apunta en tres ocasiones que la tecnología no se ajusta al proceso, y en otras cuatro ocasiones el desconocimiento de la misma. Las empresas que afirmaban que CAPP no se ajusta a sus procesos son empresas sin procesos de manufactura propios, que se dedican fundamentalmente a la programación de CNC para terceros.

Por último, en un total de catorce empresas, correspondientes al 70% de las consultadas, la utilización de **GT** no estaba prevista. Observando nuevamente la tabla 17, podremos comprobar que entre las razones dadas en esta ocasión para justificar la no inversión en GT, destaca en primer lugar su desconocimiento (en siete ocasiones aparece como la primera razón), aun en empresas que se dedican al mecanizado. En otras tres ocasiones la razón principal es la falta de ajuste con el proceso, mientras que en otras dos se argumentan otros motivos. Entre esos otros, en dos casos subyace la falta de ajuste con el proceso a través de una falta de adecuación con los productos que se está fabricando. En todos estos casos, se puede comprobar que ninguna de las empresas en cuestión está dedicada al mecanizado de piezas, actividad a la que GT se ajusta.

Resumiendo, puede afirmarse que *las AMT de diseño son en general bien conocidas en el sector, con la excepción de la tecnología de grupos*, desconocida para el 35% de la población, y que *el principal motivo para descartar las inversiones suele ser la falta de ajuste con el proceso*, no indicándose en ningún momento el coste de la inversión o la falta de mano de obra cualificada para ponerla en marcha.

### 3.3.2. Razones para no invertir en AMT de fabricación

La tabla 18 muestra las razones dadas por las empresas para no invertir en cada una de las AMT de fabricación analizadas.

En el caso de **CAM**, un 35% de la población (7 empresas) no tenía prevista la inversión. Entre las razones esgrimidas por éstas para justificar la decisión, hay práctica unanimidad en cuanto a la falta de ajuste con el proceso: tres de las empresas no usuarias apuntan este motivo explícitamente, una cuarta optó por señalar que el motivo era "no ser aplicable a los objetivos y/o productos actuales" y una quinta explicaba que, aunque trabajaban con algunas CNC, la programación de las máquinas se hacía manualmente por ser muy sencilla. Al comprobar las actividades de estas empresas, pudimos observar que en todos los casos, efectivamente, se planteaba una falta de ajuste entre el tipo de actividad desarrollada y la tecnología en cuestión, pues son empresas dedicadas al montaje, la chapistería y el diseño aeronáutico. La empresa que se dedica al diseño

aeronáutico no tiene equipos que controlar mediante CAM, las otras dos se dedican a actividades difícilmente automatizables, por lo que tampoco tienen previsto tener equipos que controlar mediante CAM. En un solo caso se afirmó desconocer la tecnología, siendo ésta una empresa dedicada al montaje con nulas inversiones en AMT de fabricación.

	CAM			NC			CNC			RP		
Uso no Previsto : N° plantas y porcentaje	7 (35%)			19 (95%)			7 (35%)			17 (85%)		
Razones:	1ª	2ª	3ª									
Tecnología desconocida	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No se ajusta al proceso	3	-	-	6	-	-	5	-	-	11	-	-
Excesivamente cara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
No cumple los criterios de inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Mano de obra cualificada no disponible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra	2	-	-	12	-	-	-	-	-	1	-	-
NS/NC	1	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-
	AGV			AS/RS			FMS			CAI		
Uso no Previsto : N° plantas y porcentaje	18 (90%)			18 (90%)			17 (85%)			12 (60%)		
Razones:	1ª	2ª	3ª									
Tecnología desconocida	3	-	-	3	-	-	2	-	-	1	-	-
No se ajusta al proceso	13	-	-	10	-	-	11	-	-	7	-	-
Excesivamente cara	1	1	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-
No cumple los criterios de inversión	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra cualificada no disponible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
NS/NC	1	-	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-

Tabla 18. Razones para no invertir en AMT de fabricación

De lo dicho anteriormente sobre las tecnologías instaladas para la automatización de la fabricación, se entiende fácilmente que el número de empresas que no tienen previsto invertir en **NC** sea tan elevado. Lo interesante en este caso es observar las razones dadas para ello, habiendo una diferencia clara en función de la actividad de la empresa y de si ésta era o no usuaria de CNC. Por un lado, están aquellas empresas (6 en total) que, no dedicándose al mecanizado de piezas, señalan como principal razón que dicha tecnología no se ajusta a sus procesos; tales empresas, como cabía esperar, tampoco son usuarias de CNC y, antes de plantearse si las NC están obsoletas, se han fijado en que no las podrían utilizar en cualquier caso. Por otro lado, están aquellas que consideran que estas máquinas han quedado ya obsoletas (doce en total, la mayoría de las cuales, siete, se dedica al mecanizado de piezas). Entre estas últimas, nueve son usuarias de CNC, y las otras tres tenían previsto su uso; es decir, la gran mayoría es consciente de que dichas máquinas herramientas están obsoletas, por lo

que, en caso de tener prevista la inversión, lo sería en máquinas CNC. En caso de no tener previsto invertir tampoco en **CNC**, hay unanimidad en cuanto al motivo: la falta de ajuste con el proceso. En este caso son sólo cinco las empresas que se encuentran en esta situación, frente a seis que lo estaban en el caso de NC. La diferencia está en que una empresa no dedicada al mecanizado tenía previsto invertir en una máquina CNC para realizar parte de sus remachados (aunque la utilizan de forma manual), y aun así aseguró que las NC no se ajustaban al proceso, en vez de considerarlas obsoletas.

La mayor parte de las firmas andaluzas del sector aeronáutico (diecisiete plantas, un 85%) no tenía prevista la inversión en **robots**. Observando las razones para esta negativa, se constata que una vez más destaca la falta de ajuste con el proceso. En once casos la razón aducida fue ésta explícitamente; en otro, se consideró que el motivo era “No ser aplicable a los objetivos y/o productos actuales”. Una empresa consideraba esta tecnología excesivamente cara, mientras que otras dos aseguraban que la misma no cumplía los criterios de inversión exigidos, indicativo de que la posibilidad de la inversión se había planteado. Por último, dos de las empresas no usuarias evitaron dar una razón específica.

La inversión en **AGV** no estaba prevista en ninguna de las dieciocho empresas no usuarias. La razón principal para ello parece ser la falta de ajuste con el proceso (en trece ocasiones). Tres empresas manifiestan su desconocimiento de dicha tecnología, mientras que otra indicaba que no cumplía con los criterios de inversión. Por lo que respecta al otro tipo de tecnología dedicada a la manipulación y almacenamiento de materiales, los sistemas **AS/RS**, la principal razón que daban las empresas no usuarias (un 85% de la población) para no invertir vuelve a ser la falta de ajuste con el proceso o similar (en once ocasiones). Tres empresas manifestaban no conocer dicha tecnología y dos argumentaban que es una tecnología excesivamente cara y que no cumplía los criterios de inversión fijados. En un caso no se proporcionó respuesta a cuál era la razón para no prever la inversión.

Como en los casos anteriores, la principal razón esgrimida para no invertir en **FMS** (diecisiete empresas de la población ni son usuarias ni tienen previsto invertir) es la falta de ajuste con el proceso o similar (en once casos). Otros motivos son el desconocimiento de la tecnología (2 casos) y el excesivo coste de la misma (un caso). Aun aceptando que los volúmenes de producción del sector no sean los adecuados para la inversión en sistemas flexibles de fabricación, debido, entre otras razones, a la imposibilidad de amortizar inversiones tan caras, sorprende que el coste de dicha tecnología apenas sea mencionado como una de las principales razones para no invertir, pues dado el tamaño de la mayoría de estas empresas, la adquisición de un FMS se aventura ciertamente difícil.

En el caso de la inspección asistida por ordenador, **CAI**, las 11 empresas que ni eran usuarias ni tenían previsto invertir apuntaban nuevamente la falta de ajuste con el proceso como la principal razón para ello (en 8 ocasiones), habiendo una sola empresa que afirmaba no conocer dicha tecnología. En este caso, la falta de ajuste con el proceso parece una respuesta más dada por inercia que ajustada a la realidad, pues sea cual sea la actividad productiva realizada por la empresa: mecanizado, chapistería o montaje, la inspección del output obtenido es susceptible de ser realizada con la ayuda de equipos automatizados controlados por ordenador, como lo demuestra que entre las empresas usuarias de CAI encontramos empresas dedicadas a todas las actividades mencionadas. Como apuntábamos, la respuesta mayoritaria a una falta de ajuste con el proceso puede ser, por un lado, el resultado de una falta de atención en la respuesta, o bien, un indicador de que las empresas no saben realmente cómo funciona CAI, aunque al tener un nombre familiar como inspección asistida por ordenador no la consideraron una tecnología desconocida.

Sintetizando, en el caso de las AMT de fabricación podríamos afirmar que la principal razón que lleva a las empresas a no invertir es la falta de ajuste con el proceso, así como que en general son bastante conocidas en el sector, aunque se perciben algunas inconsistencias en las respuestas que llevan a pensar que el grado de desconocimiento puede ser mayor que el indicado. Por lo que respecta a otras razones, la falta de mano de obra cualificada para ponerla en marcha no se menciona en ningún momento, mientras que el coste de las inversiones apenas si es mencionado, a pesar del elevado coste de muchos de estos equipos y sistemas en comparación con las ventas anuales de la mayor parte del sector.

### 3.3.3. Razones para no invertir en AMT de planificación

La tabla 19 muestra las razones dadas por las empresas para no invertir en cada una de las AMT de planificación, las cuales comentaremos seguidamente.

En cuanto a **MRP y MRPII**, ya hemos tenido ocasión de señalar que se ha producido una total sustitución en el sector del primero por el segundo, lo cual también se refleja en las razones dadas para no prever la inversión en MRP. Así, cinco de las empresas manifestaron que no tenían previsto invertir en MRP porque, bien tenían MRPII en uso (una empresa), bien trabajaban con los órdenes de lanzamiento del cliente y, por tanto, tampoco tenían previsto invertir en MRPII (dos empresas), bien tenían previsto invertir en MRPII (dos empresas). Otras tres aseguraban que no tenían previsto invertir en MRP porque no se ajustaba a su proceso. De estas tres, una se dedica al mecanizado y afirmaba tener previsto invertir en MRPII, respuesta

que trasluce la falta de un conocimiento claro de los sistemas MRP en general; una segunda empresa dedicada a Ingeniería era usuaria de un sistema ERP, pero con buen criterio afirmaba no necesitar planificar materiales porque no se trabajaba con ellos; la tercera empresa, dedicada al diseño y a Ingeniería, también afirmaba no tener previsto invertir en MRPII por no ajustarse a su actividad, lo cual vuelve a dar una muestra de desconocimiento de estos sistemas, puesto que, como acabamos de ver, otra empresa de la población dedicada también al diseño y a Ingeniería planifica sus recursos mediante un sistema ERP. Que en el sector pueda haber empresas que aún desconozcan el funcionamiento del software MRP/ERP es algo que llama la atención cuando uno de los objetivos que se marcó AAe en su creación fue, precisamente, la implantación de tal sistema entre sus asociados.

Por lo que respecta a JIT, un 80% afirmaba no tener previsto trabajar bajo la fabricación Justo a Tiempo. Entre las razones para ello destaca fundamentalmente la falta de ajuste con el proceso. En un caso se indicó que, como pequeña empresa, trabajar bajo los dictados del Justo a Tiempo era ponerse a merced de los proveedores, de mucho mayor tamaño en su caso. Si bien es cierto que esta última opinión podría ser correcta, llama también la atención que distintos aspectos de JIT que pueden ser intrínsecamente beneficiosos para cualquier empresa No sean tenidos en consideración, máxime cuando éstos no exigen grandes inversiones Quizá sea debido a falta de un conocimiento completo del mencionado enfoque. Las tres empresas restantes no especificaron ninguna razón concreta.

	MRP			MRPII			JIT		
Uso no Previsto: Nº plantas y porcentaje	9 (45%)			4 (20%)			16 (80%)		
Razones:	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Tecnología desconocida	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No se ajusta al proceso	3	-	-	1	-	-	12	-	-
Excesivamente cara	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No cumple los criterios de inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra cualificada no disponible	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra	5	-	-	2	-	-	1	-	-
NS/NC	1	-	-	1	-	-	3	-	-
	CPM			ABC			GAT		
Uso no Previsto: Nº plantas y porcentaje	14 (70%)			12 (60%)			13 (65%)		
Razones:	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Tecnología desconocida	3	-	-	5	-	-	2	-	-
No se ajusta al proceso	4	-	-	2	-	-	6	-	-
Excesivamente cara	-	-	-	-	-	-	1	-	-
No cumple los criterios de inversión	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra cualificada no disponible	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra	2	-	-	2	-	-	1	-	-
NS/NC	4	-	-	3	-	-	3	-	-

Tabla 19. Razones para no invertir en AMT de planificación

En el caso de **CPM**, no parece haber una razón que destaque claramente sobre las demás a la hora de explicar la falta de inversiones en esta tecnología. De las 14 empresas no usuarias que tampoco tenían prevista la inversión en mantenimiento preventivo computerizado, tres reconocieron desconocer dicha tecnología, mientras que cuatro empresas adujeron la falta de ajuste con el proceso. La actividad de aquéllas que consideraban no poder aplicar CPM era en tres casos el diseño y la Ingeniería, por lo que la respuesta se muestra adecuada; una cuarta empresa, sin embargo, se dedica al mecanizado y está bastante automatizada para su tamaño, por lo que el mantenimiento preventivo de los equipos es una cuestión fundamental que, sin duda alguna, podría realizarse con la ayuda de otros sistemas computerizados. Otras razones dadas fueron no cumplir con los criterios de inversión, no habérselo planteado nunca (sin especificar por qué) y no habérselo planteado nunca por considerarlo innecesario. En cuatro casos no se obtuvo contestación al respecto.

Las razones apuntadas para no optar por la inversión en **ABC** son el desconocimiento de la tecnología (señalada por cinco empresas), la falta de ajuste con el proceso (indicada por dos empresas), o, como se argumentó por otras que nunca se habían planteado su utilización, simplemente por no ser considerada necesaria o por “filosofía de gestión”. Las empresas que consideran una falta de ajuste con su actividad son aquéllas que se dedican al diseño e Ingeniería exclusivamente, lo que hace vislumbrar una percepción equivocada del ABC, sistema de costes que puede aplicarse a cualquier tipo de organización, incluso de servicios.

En cuanto a las razones dadas por parte de las doce empresas no usuarias de **GAT** para justificar la no inversión en esta tecnología, destaca en primer lugar la falta de ajuste con el proceso (en seis ocasiones aparece como la primera razón), así como su desconocimiento (razón apuntada en dos ocasiones). Una de las empresas no usuarias consideraba la inversión innecesaria, mientras que otra la consideraba excesivamente costosa. Tres empresas obviaron dar ninguna razón para ello.

Para concluir nuestro comentario *respecto a las AMT de planificación*, cabe destacar que *la razón que lleva a las empresas a no invertir vuelve a ser, de forma generalizada, la falta de ajuste con el proceso*, lo cual no parece tener fundamento en la mayor parte de éstas al tratarse de tecnologías que permiten la planificación, gestión y administración de las actividades de la empresa, independientemente de la naturaleza de éstas. De nuevo en este caso, *aunque en general son bastante conocidas en el sector, se han obtenido diversas respuestas que llevan a pensar que el grado de desconocimiento, al menos de su funcionamiento, puede ser mayor que el indicado*. Por lo que respecta a otras razones, la falta de mano de obra cualificada para ponerla en marcha tampoco se menciona en ningún momento, mientras que el coste de las inversiones apenas si es referido.

### 3.4. EL RENDIMIENTO DE LAS INVERSIONES DEL SECTOR

Tal y como se ha expuesto anteriormente, cada empresa puede motivar sus inversiones en diferentes objetivos o, dicho en otros términos, puede esperar que se deriven distintos beneficios de las inversiones realizadas. Por ello, para medir el rendimiento de las inversiones de cada planta de la población, se recurrió a medir el grado medio de consecución de los objetivos o beneficios que motivaron las inversiones. Para ello se utilizó una escala de Likert de 7 puntos en la que el extremo inferior (1) implica que el factor en cuestión habría empeorado mucho, el valor central (4) refleja que el factor no habría variado y el extremo superior (7) representa que el factor considerado habría mejorado mucho. La tabla 20 muestra la media obtenida en el rendimiento de las inversiones diferenciando para los tres tipos funcionales: diseño, fabricación y planificación.

Variable	Tipo AMT	N	Media	Desv. típica	Mínimo	Máximo
Rendimiento Inversiones AMT	Diseño	15	6,01	0,74	4,67	7,00
	Fabricación	14	6,33	0,73	5,00	7,00
	Planificación	12	5,94	0,57	5,00	7,00
	Total	19	6,08	0,52	5,00	6,83

Tabla 20. Rendimiento de las inversiones en AMT medido a través del grado de consecución de los beneficios esperados

Es interesante resaltar cómo la media del rendimiento de las inversiones es similar para los tres tipos de AMT, y ello a un nivel bastante alto. El menor valor medio observado es el de las inversiones en AMT de planificación (lógico si se piensa que el software de planificación suele ser el más complicado de implantar por los requerimientos de integración que conlleva); a pesar de ello, dicho valor, 5,94 puntos, es bastante elevado dentro de una escala cuyo máximo valor es 7. Ello muestra que *las empresas se encuentran, en general, bastante o muy satisfechas con el rendimiento obtenido con las inversiones realizadas*. Otro hecho que apoya esta afirmación se deriva de los valores mínimos obtenidos por tipo de AMT (ver tabla 20), siendo el menor 4,67 puntos. Éste corresponde al rendimiento de las inversiones en AMT de diseño y, aun no siendo alto, se encuentra por encima de los cuatro puntos correspondientes al valor medio de la escala; ello implica, por tanto, una mejora en los factores medidos, aunque ésta no sea muy elevada. Esta positiva consideración de las inversiones —en ningún caso se manifestó el arrepentimiento de las inversiones realizadas ni un rendimiento negativo de las mismas—, puede estar positivamente influida porque las inversiones son en general limitadas e incrementales (la radicalidad de las inversiones suele ir en detrimento de la percepción que se tiene de su rendimiento).

Por lo que respecta a la *relación existente entre las inversiones realizadas y el rendimiento empresarial*, puede afirmarse que se aprecia una diferencia significativa en el beneficio en función del nivel de inversiones en AMT de diseño (a mayor valor de éstas, mayor beneficio). Sin embargo, no existe ninguna correlación entre el rendimiento y las inversiones en AMT de fabricación y planificación<sup>15</sup>. El hecho de que unas mayores inversiones en AMT de diseño puedan por sí solas contribuir a una mejora del beneficio explica que estas tecnologías puedan funcionar correctamente de manera aislada, como islas de automatización. Por otra parte, hay que recordar que muchas empresas aseguraban invertir en AMT de diseño, fundamentalmente en CAD, aun cuando no se dedicasen al diseño de piezas, porque el sector lo exigía y era la única forma de poder hacerse con pedidos; ello sugiere que el uso de dicha tecnología, efectivamente, las sitúa en una posición favorable frente a las no inversoras.

---

<sup>15</sup> Ver tabla a13 en anexo.

# 4

## LA INCORPORACIÓN DE LAS AMT A LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL: EL PROCESO DE ADOPCIÓN E IMPLANTACIÓN

---

### 4.1. EL PROCESO DE ADOPCIÓN E IMPLANTACIÓN: LA IMPLICACIÓN INTERDEPARTAMENTAL

Al intentar configurar un modelo sistemático que recoja las diversas actuaciones a desarrollar al invertir en AMT se ha de tener presente que el proceso de adopción e implantación siempre se verá condicionado en alguna medida por la realidad de cada caso concreto. Difícilmente podrá ser de otra manera considerando que el nivel de complejidad de los distintos sistemas es muy variado, que los objetivos perseguidos con la adopción de AMT pueden ser específicos en cada caso y que las vías de acceso a la nueva tecnología pueden ser también muy diversas. No obstante, se han desarrollado diversas propuestas de marcos de actuación donde encuadrar las actividades a realizar en el proceso de adopción de tecnologías flexibles, proponiendo guías generales que puedan ayudar a las empresas en esta tarea. Estos trabajos suelen distinguir en un primer nivel las dos grandes fases o etapas globales habituales en cualquier proceso de inversión: la de *adopción*, en la que mediante examen y deliberación se toma la decisión de realizar la inversión, y la de *implantación*, durante la cual se procede a la incorporación efectiva del nuevo activo a la actividad de la empresa. Finalmente, la consiguiente fase de *control* o de *medición del rendimiento* de la inversión realizada, que en ocasiones se encuadra en el propio proceso de implantación dadas las habituales interrelaciones. La hipotética línea divisoria entre la adopción y la implantación la marcaría el momento de adquisición del activo, aunque es muy difícil de conseguir una separación nítida.

Por lo que respecta a la etapa de *adopción*, es fundamental resaltar la importancia que tienen las acciones y condiciones que se dan antes de que la inversión haya tenido lugar, no sólo para que ésta llegue a realizarse, sino también para que lo sea con éxito. Durante la adopción, la empresa debería concentrarse, entre otros aspectos, en realizar un examen previo que le permita deliberar acerca de la conveniencia o no de incorporar el nuevo activo a su cartera tecnológica, incluyendo la planificación estratégica y la consulta del personal, así como otros aspectos más generales acerca de las habilidades directivas, las actitudes y la tecnología existente. La fase de *implantación*, por su parte, debe constituir el período de transición durante el cual los miembros de la organización afectados por la innovación se adiestran y comprometen con el uso de ésta, siendo por tanto el enlace crítico entre la decisión de adoptar la innovación y la rutina de su posterior uso. Los esfuerzos deberían perseguir que la introducción del nuevo sistema se realice de la forma más eficaz y eficiente posible (cuestión que será objeto de la fase de *control*), lo cual dependerá también, en gran medida, de la calidad del análisis de la etapa anterior.

Sin embargo, cuando se pretende proporcionar a las empresas una guía general de actuación, donde queden encuadradas y ordenadas las diversas actividades a desarrollar para conseguir un rendimiento positivo de estas inversiones, es más conveniente optar por la identificación de una serie de subetapas englobadas en las anteriores y que permitan una más clara sistematización del proceso. El modelo que se va a seguir en este trabajo ha sido sintetizado gráficamente en la figura 12 y representa un proceso jerárquico en el que se superponen un total de cinco etapas coordinadas y que comparten información; éstas engloban el conjunto de decisiones y actuaciones que las empresas siguen, o deberían seguir, al invertir en AMT. Aunque este modelo pueda ser aplicado con las correspondientes modificaciones a cualquier caso, consideramos que se ajusta especialmente a aquéllos en los que el acceso a este tipo de tecnología se realiza mediante la adquisición externa, situación que como habrá ocasión de comprobar es la que se puede observar en la mayoría de las inversiones en AMT realizadas en el sector objeto de análisis. Comentaremos seguidamente las cinco etapas del modelo.

1. *Propuesta de inversión*. En términos generales, se trata del proceso por el cual los directivos llegan a considerar la oportunidad de invertir en una determinada tecnología; no obstante, sus límites son difíciles de fijar. Normalmente comienza antes que el proceso de selección tecnológica, pero puede prolongarse más allá del final de dicha etapa, pudiendo ser revocado, prácticamente, hasta la firma del contrato de compra. Lo deseable sería, no obstante, que el compromiso de la dirección con el proyecto no decayese en ningún momento, prolongándose aún después de la compra del equipo. Durante esta etapa, las decisiones de la alta dirección se basan a menudo en experiencias pasadas difícilmente cuantificables.

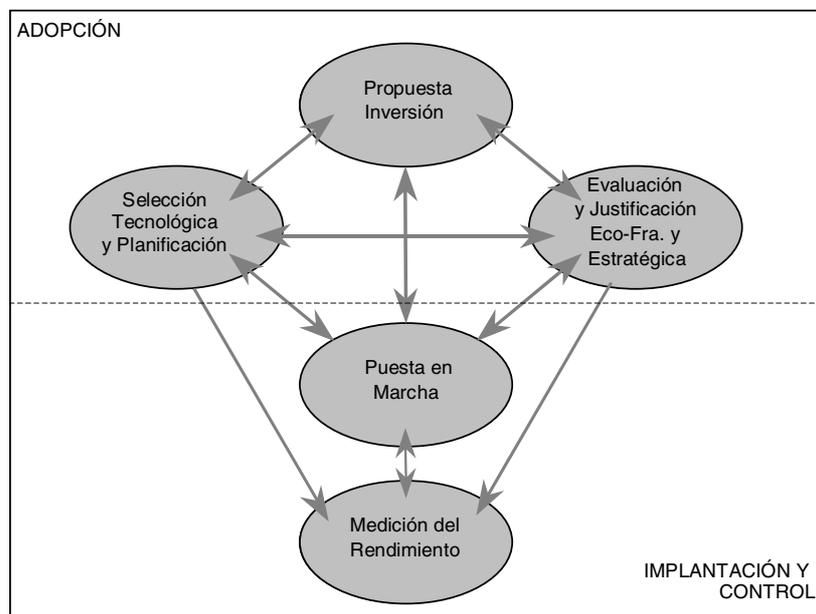


Figura 12. El proceso de adopción, implantación y control de AMT

2. *Selección tecnológica y planificación.* Es un proceso, normalmente explícito, intencionado y formal, que suele quedar recogido en forma de documentos. La decisión de añadir una tecnología determinada a la cartera tecnológica de la empresa deberá ser consistente con la dirección marcada por la estrategia empresarial, por lo que requerirá la aprobación de la alta dirección. Sin embargo, es evidente que en este caso se han de tener en consideración otra serie de factores estrictamente técnicos y específicos para cada industria o campo científico, por lo que a menudo queda delegado a un nivel directivo intermedio.
3. *Evaluación y justificación económico-financiera y estratégica.* Su propósito debería ser ayudar a la toma de decisiones, proveyendo una estimación lo más ajustada posible del impacto económico que la inversión tendría en la empresa (incluyendo el componente estratégico a pesar de su dificultad de cuantificación); no debe limitarse, por tanto, a una simple justificación del proyecto. Dado que las AMT generan una serie de beneficios y costes intangibles difíciles de cuantificar y, por tanto, de ser incorporados a las técnicas tradicionales de evaluación económico-financieras, esta etapa ha sido identificada durante mucho tiempo como el mayor obstáculo en la adopción de AMT.

4. *Puesta en marcha*. Como ya se ha apuntado, en esta fase los esfuerzos deberían dirigirse a conseguir que la introducción del nuevo sistema se realice de la forma más eficaz y eficiente posible, lo cual dependerá también, en gran medida, de la calidad del análisis anterior.
5. *Control de resultados: medición del rendimiento*. Tradicionalmente, en esta etapa se ha acentuado también la evaluación financiera, lo que ha venido cuestionándose progresivamente por las consecuencias negativas que ello conlleva. Se hace necesario complementar los indicadores financieros con medidas físicas de la calidad, del rendimiento en las entregas y de la flexibilidad. Ello es absolutamente imprescindible para mantener la consistencia de las actuaciones: del mismo modo que se ha destacado la importancia de tener en consideración los factores intangibles a la hora de evaluar y seleccionar tecnologías, es evidente que esos mismos factores habrán de ser tenidos en cuenta al medir el resultado de los nuevos equipos y actividades.

De las cinco etapas mencionadas, las tres primeras, *propuesta de inversión, selección tecnológica y justificación económico-financiera y estratégica*, quedarían englobadas en la fase de adopción, esto es, aquella en la que mediante examen y deliberación se toma la decisión de realizar la inversión. La etapa de *puesta en marcha* entra en la órbita de la implantación, esto es, el proceso mediante el cual las decisiones tomadas anteriormente son llevadas a cabo y se procede a la incorporación del nuevo activo a la actividad empresarial. Por último, durante el *control de resultados*, se trata de medir el grado con que los objetivos esperados de la inversión han sido alcanzados. Si bien sería difícil rebatir que una deficiente implantación puede acabar con un buen diseño, tampoco puede afirmarse que una óptima implantación supla un diseño deficiente. No obstante, hay quien se hace eco de que la fase de implantación es la parcela peor comprendida del proceso global de innovación (Jayanthi y Sinha, 1998).

Un aspecto de especial relevancia en todo el proceso de adopción e implantación es la implicación que cada departamento o área funcional de la firma tiene en cada etapa del mismo y, por tanto, en la toma de las múltiples decisiones que éste lleva implícitas. A este respecto, cabe argumentar que una equilibrada composición interdepartamental en la toma de decisiones, en la que cada uno pueda aportar su visión y conocimientos, enriqueciendo y mejorando la calidad de la decisión adoptada, puede tener un efecto positivo sobre el rendimiento posterior de la inversión, pues, a priori, cabe esperar que se haya tomado la decisión más acertada.

A este respecto, en el sector aeronáutico andaluz se han observado algunas *diferencias significativas entre el peso relativo de muchos departamentos en función de la etapa del proceso de adopción, implantación*

y control de que se trate<sup>16</sup>. La tabla 21 muestra, por tipos de AMT (columnas) y para cada una de las seis fases del proceso consideradas (filas) los valores de las correspondientes medias y desviaciones típicas de las puntuaciones obtenidas por cada departamento —la etapa de evaluación y justificación se ha subdividido para poder distinguir las dos dimensiones de la misma, la económico-financiera y la estratégica—. Las respuestas se obtuvieron sobre una escala de Likert de 7 puntos en la que el extremo inferior (1) indicaba una participación nula, el valor medio (4), una participación media, y el extremo superior (7), una participación total.

Analizando los resultados por etapas, Producción/Operaciones (P/O), Ingeniería/I+D (I/I+D) y Dirección General (DG) son los departamentos con mayor implicación en la propuesta de inversión, la selección tecnológica y la evaluación estratégica (aunque en esta última etapa destaca claramente el papel jugado por la DG). Finanzas/Contabilidad (F/C) y DG destacan, seguidos muy de cerca por I/I+D, en la evaluación financiera. Por último, los departamentos de P/O e I/I+D son los de mayor implicación en la puesta en marcha, mientras que en la medición del rendimiento destaca en primer lugar la participación de P/O. Las diferencias, aunque existen, son pequeñas en función de cada tipo de AMT.

Si nos centramos en los departamentos, observaremos que:

- P/O se ve principalmente implicada en la puesta en marcha y en la medición del rendimiento.
- I/I+D se ve considerablemente implicada en casi todas las etapas del proceso, aunque quizá donde más en la puesta en marcha y siempre con un peso algo mayor en el caso de las AMT de diseño y planificación (principalmente *software*) que en las de fabricación (no obstante, las diferencias entre etapas en el caso de AMT de fabricación y de planificación no son significativas)<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Ver tabla a14 en anexo.

<sup>17</sup> Ver tabla a14 en anexo.

Etapa	Departamento	AMT de Diseño		AMT de Fabricación		AMT de Planificación	
		Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Propuesta de Inversión	Prod./Operaciones	3,88	2,55	4,67	2,29	4,21	2,39
	Ingeniería/I+D	4,63	2,70	3,87	2,64	3,86	2,74
	Fzas./Contabilidad	1,00	0,00	1,00	0,00	1,57	1,45
	Dirección Gral.	5,44	2,66	5,67	2,44	5,93	2,23
	RR.HH.	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Selección tecnológica	Asesores externos	1,00	0,00	1,40	1,55	1,00	0,00
	Prod./Operaciones	3,75	2,57	4,80	2,14	4,29	2,61
	Ingeniería/I+D	5,56	2,37	3,73	2,74	3,79	2,94
	Fzas./Contabilidad	1,38	1,50	1,40	1,55	1,43	1,60
	Dirección Gral.	4,19	2,95	5,07	2,63	4,36	3,03
Evaluación financiera	RR.HH.	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	Asesores externos	1,44	1,21	1,80	1,70	2,36	2,34
	Prod./Operaciones	1,50	1,17	1,60	1,26	1,67	1,32
	Ingeniería/I+D	3,50	2,81	2,80	2,53	3,00	2,60
	Fzas./Contabilidad	4,92	2,61	4,50	2,68	4,69	2,52
Evaluación estratégica	Dirección Gral.	4,08	2,84	4,40	2,95	3,44	2,92
	RR.HH.	1,33	1,15	1,40	1,26	1,44	1,33
	Asesores externos	1,33	0,89	1,40	0,97	2,11	2,09
	Prod./Operaciones	2,69	2,39	3,46	2,57	3,40	2,76
	Ingeniería/I+D	4,69	2,78	3,31	2,78	4,00	2,83
Puesta en marcha	Fzas./Contabilidad	1,23	0,83	1,23	0,83	1,90	2,02
	Dirección Gral.	6,00	1,58	5,92	1,55	5,80	1,75
	RR.HH.	1,31	1,11	1,31	1,11	1,40	1,26
	Asesores externos	1,15	0,55	1,15	0,55	1,20	0,63
	Prod./Operaciones	4,81	2,48	6,27	1,10	5,07	2,46
Medición del rendimiento	Ingeniería/I+D	5,63	2,39	3,73	2,74	5,07	2,73
	Fzas./Contabilidad	1,00	0,00	1,00	0,00	1,86	2,18
	Dirección Gral.	2,13	1,86	2,20	1,90	2,29	2,27
	RR.HH.	1,38	1,26	1,73	1,75	1,79	1,81
	Asesores externos	1,44	1,50	1,87	2,10	2,29	2,40
Medición del rendimiento	Prod./Operaciones	5,07	2,34	6,20	1,08	5,54	1,76
	Ingeniería/I+D	4,60	2,53	3,20	2,34	3,92	2,60
	Fzas./Contabilidad	3,27	2,69	2,87	2,53	3,77	2,80
	Dirección Gral.	3,33	2,69	3,13	2,50	3,38	2,72
	RR.HH.	1,20	0,77	1,20	0,77	1,23	0,83
Asesores externos	1,20	0,77	1,20	0,77	1,23	0,83	

Tabla 21. Importancia media de las diferentes áreas funcionales en cada etapa del proceso de adopción, implantación y control

- F/C destaca fundamentalmente en la evaluación financiera, aunque también tiene alguna implicación en la medición del rendimiento.

- La DG tiene una implicación considerable en casi todas las etapas del proceso, con la excepción de la puesta en marcha y la medición del rendimiento, aunque también se ve implicada en éstas.
- Recursos Humanos (RR.HH.) apenas tiene ningún peso (en gran medida porque pocas de las empresas de la población tienen un departamento explícito de RR.HH.). Se aprecia, sin embargo, una pequeña implicación durante la puesta en marcha, la cual es suficientemente grande en los casos de las AMT de fabricación y planificación como para ser significativa.
- Por último, los asesores externos tampoco tienen una gran presencia a lo largo del proceso de adopción, implantación y control y, aunque la diferencia no es significativa, la mayor implicación se aprecia en la selección tecnológica y en la puesta en marcha, principalmente en el caso de las AMT de planificación.

Por lo que respecta a la influencia que el tamaño empresarial pueda tener sobre la implicación interdepartamental en cada etapa del proceso<sup>18</sup>, cabe resaltar una serie de hechos. En primer lugar, se ha observado que *en las empresas más pequeñas la implicación de la dirección general es mayor en la propuesta de inversión y la evaluación estratégica para los tres tipos de AMT, y en la selección tecnológica cuando se trata de AMT de fabricación*. En otras etapas se aprecia una tendencia similar, aunque no puede establecerse de forma significativa. Ello es lógico en un sector con un gran número de pymes, de estructura muy plana, en las que el director general (que en muchas ocasiones es el propietario de la firma) controla prácticamente todo lo que sucede en la empresa. En segundo lugar, *se aprecia una clara correlación entre el tamaño empresarial y la participación del departamento de Ingeniería/I+D en la evaluación financiera de las inversiones, aumentando ésta con el tamaño de la planta*. Dicha correlación es significativa en el caso de las AMT de fabricación y de planificación y está cerca de serlo en el caso de las AMT de diseño. Ello puede ser indicativo de la mayor exhaustividad que las plantas grandes muestran a la hora de evaluar sus proyectos de inversión y del papel fundamental que Ingeniería puede desempeñar en dicha actividad como fuente de información fiable acerca de los ahorros en costes y otros aspectos a considerar en la evaluación. En tercer lugar, *también es significativa la correlación, esta vez inversa, entre el tamaño empresarial y la implicación de Operaciones en la puesta en marcha de las AMT de fabricación*. En las empresas más grandes parece ser Ingeniería la que juega un mayor papel en la puesta en marcha de estas mismas tecnologías. Por último, *es significativa la correlación*

---

<sup>18</sup> Ver tabla a15 en anexo.

positiva entre el tamaño empresarial y la implicación del departamento de Finanzas/Contabilidad en la medición del rendimiento de las inversiones, lo cual está en sintonía con la relación existente entre el tamaño empresarial y la importancia dada a cada área de rendimiento, las cuales ponemos de manifiesto en el siguiente capítulo.

Analizadas todas las relaciones, cabe indicar que *el rendimiento de las inversiones en AMT de fabricación está directamente correlacionado con la implicación de Ingeniería en la medición del rendimiento en dichas inversiones*<sup>19</sup>, lo cual es indicativo del papel de Ingeniería/I+D como fuente de información fiable y de su mejor conocimiento de las dimensiones del rendimiento a considerar.

#### **4.2. VÍAS DE ACCESO A LAS AMT**

Las alternativas disponibles para desarrollar las capacidades tecnológicas de una empresa, la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental (las tres grandes actividades en las que la OCDE divide la I+D) constituyen la vía más sistemática y formalizada para conseguir el avance tecnológico. Sin embargo, no es la única. Existen otras vías de acceso al conocimiento tecnológico al margen de las actividades estrictamente encuadradas bajo la denominación de I+D y que, debido a su naturaleza menos formalizada y a su menor coste, son ampliamente utilizadas por muchas empresas innovadoras y, en especial, por las de pequeño y mediano tamaño.

En relación con estas últimas, la OCDE, en su guía para la recogida e interpretación de datos relativos a la innovación tecnológica, conocido como Manual Oslo (OCDE/EUROSTAT, 1997), ha consagrado no sólo la importancia de las innovaciones de mejora, sino también la existencia de otras actividades alternativas a la I+D que pueden jugar un importante papel en el desarrollo de la capacidad innovadora de las empresas que las realizan. Entre estas actividades cabe destacar, por su relación con el tema que nos ocupa, la transferencia de tecnología a través de la inversión en nuevos equipos o inputs intermedios que incorporen avances tecnológicos, la adquisición de patentes o *know-how* y el desarrollo de capacidades y habilidades, en virtud de las cuales los recursos humanos de la organización puedan comprender, utilizar y modificar la tecnología disponible (formación interna o externa). En Estados Unidos, el reconocimiento de que la gestión de la tecnología va más allá de la gestión de I+D y de que incluye la introducción y uso de tecnología en los productos, en los procesos de

---

<sup>19</sup> Ver tabla a16 en anexo.

fabricación y en otras funciones de la empresa tuvo lugar diez años antes por parte del National Research Council (Morone, 1987).

Ya existe algún estudio empírico realizado sobre empresas andaluzas encaminado a dilucidar cuáles son los caminos seguidos por éstas a la hora de innovar. Así, Sánchez Vizcaíno (1998), en sus conclusiones al trabajo sobre una muestra de 246 empresas industriales innovadoras andaluzas, identifica dos comportamientos que favorecen la presencia de este tipo de empresas:

- a) Comportamiento innovador sistemático y formalizado realizado por empresas que utilizan de forma intensiva los recursos destinados a la innovación. Este comportamiento se manifiesta por la presencia de un departamento formal de I+D junto con el mantenimiento de personal técnico cualificado en su plantilla o junto a la realización de inversiones destinadas al desarrollo de nuevos productos y procesos de producción. La presencia de estos atributos está relacionada con empresas de gran tamaño.
- b) Comportamiento innovador poco formalizado o sistematizado, que caracteriza a aquellas empresas que ni realizan inversiones en innovación, ni mantienen un departamento de I+D, ni cuentan con personal técnico en sus plantillas. También podrían incluirse en esta categoría las empresas que sólo realizan inversiones en la adquisición de nuevos equipos productivos y que disponen de personal técnico, aunque éste no se agrupe alrededor de un departamento de I+D formalmente constituido. Este tipo de comportamiento está asociado a empresas pequeñas.

Dado el retraso del tejido industrial en la Comunidad Autónoma Andaluza y el pequeño tamaño de la mayoría de sus empresas, cabe esperar que la vía más frecuente para acceder a las AMT sea la adquisición externa. En el caso concreto del sector aeronáutico, esta hipótesis sigue siendo plausible, sobre todo por lo que respecta al conjunto de pymes, aunque no sean descartables otras vías más ortodoxas dentro de la I+D, habida cuenta de que también existen grandes empresas en el mismo. En general, las posibles vías de adquisición de AMT son las siguientes:

#### **a) Desarrollo interno de la tecnología**

Aun requiriendo gran cantidad de tiempo y dinero, es ésta la opción que da a las empresas una mayor libertad en la posterior aplicación de la tecnología y la que posibilita beneficiarse en mayor medida de la ventaja competitiva que aquélla pueda crear. Es también la vía que supone un

mayor riesgo por cuanto es difícil anticipar el resultado de los proyectos de investigación o predecir el número de aplicaciones resultantes. Se muestra más eficaz cuando las empresas desarrollan tecnologías estrechamente conectadas a sus actuales activos tecnológicos, utilizando estos últimos como punto de partida.

#### **b) Adquisición de empresas con la tecnología deseada**

Aunque esta vía pueda parecer atractiva, es evidente que sólo puede ser usada cuando tal empresa existe y está a la venta. No obstante, el coste de la adquisición es a menudo prohibitivo, variando de acuerdo con el potencial que la tecnología anhelada parezca tener. Por otra parte, este enfoque puede acarrear posteriores dificultades: la integración de los equipos de investigación de las empresas adquiridas puede ser un paso crítico y, en aquellas ocasiones en las que la tecnología descansa en unos pocos individuos, su dimisión puede poner en serio peligro el éxito de la adquisición.

#### **c) Alianzas Estratégicas o *Joint Ventures***

En este caso, varias empresas aúnan esfuerzos para desarrollar nuevas tecnologías. Esta vía ofrece las ventajas de compartir costes (aunque a menudo pueda resultar más costosa) y reducir riesgos. Sin embargo, debería ser considerada sólo por aquellas empresas que están de acuerdo en cuanto a los recursos necesarios y los campos específicos de investigación y desarrollo y que difícilmente puedan hacerse la competencia una vez que la alianza haya terminado. El fenómeno de las alianzas centradas en la tecnología se propagó ampliamente durante la década de los ochenta y se espera que siga expandiéndose en el futuro. Sus implicaciones económicas y estratégicas son difíciles de evaluar.

El aeronáutico es precisamente un sector en el que abundan los ejemplos de alianzas. De hecho, las empresas que dieron lugar a principios de 2000 a la europea EADS (la francesa Aeroespatale Matra, la alemana DASA y la española CASA) ya colaboraban asiduamente desde hacía años y gran parte de sus negocios se llevaba a cabo mediante alianzas o empresas mixtas.

#### **d) Contratos externos de I+D**

Mediante esta vía, la empresa subcontrata con un agente externo (laboratorios, centros de investigación, universidades, etcétera) el desarrollo de una tecnología en particular. Tales contratos permiten a la empresa recurrir a especialistas o equipos de investigación altamente cualificados a la vez que mantener la exclusividad de los derechos de los resultados de las investigaciones. Sin embargo, puede ser difícil para la empresa la mejora posterior de las tecnologías que usa, por lo que se muestra más eficaz cuando va acompañada del desarrollo de capacidades internas.

### e) Patentes y licencias

Esta opción da acceso a tecnologías desarrolladas por empresas de otras industrias o por competidores en el mismo negocio, pero que operan normalmente en distinta área geográfica. Las licencias pueden reducir significativamente la libertad de las empresas por cuanto normalmente implican límites estrictos en el uso de la tecnología. Los derechos quedan a menudo directamente ligados a los beneficios que la licencia produce, aunque las empresas pueden, a largo plazo, adquirir una mayor libertad a través de esfuerzos continuados en I+D.

Sobre la importancia de las distintas vías de acceso a las AMT a las que recurren las empresas del sector aeronáutico andaluz se ha elaborado en primer lugar la tabla 22, la cual muestra el valor medio obtenido por cada vía en el conjunto de las respuestas obtenidas. La respuesta había de darse sobre una escala de Likert de 7 puntos en la que el extremo inferior (1) indicaba una importancia nula, el valor medio (4), una importancia media, y el extremo superior (7), una importancia máxima.

Vía de acceso	AMT de Diseño		AMT de Fabricación		AMT de Planificación	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Patentes y licencias	6,94	0,25	7,00	0,00	6,07	2,16
Desarrollo interno	1,81	1,47	1,33	0,72	2,43	2,24
Alianzas estratégicas	1,19	0,75	1,00	0,00	1,00	0,00
Adquisición empresas	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Colaboración instituciones	1,13	0,50	1,27	0,70	1,00	0,00
Otros	-	-	-	-	5,20	1,30
Empresas inversoras (N)	16		15		14	

Tabla 22. Importancia media de cada vía de acceso a las AMT

Como puede verse, la vía más importante para acceder a cualquier tipo de AMT es sin duda alguna la adquisición de patentes y licencias de otras empresas. En el caso de las AMT de fabricación, que incluyen en su mayor parte *hardware*, esta vía es fundamental, pues obtiene por unanimidad la puntuación máxima. En el caso de las AMT de planificación la importancia de dicha vía es menos alta, apreciándose también una mayor desviación típica que indica una mayor variabilidad en la respuesta. Esa menor importancia va acompañada de un mayor peso de otras vías a través de las cuales hacerse con estas tecnologías; éste es el caso del desarrollo interno, la asesoría externa o las colaboraciones con otras empresas. Como cabía esperar, habida cuenta del tamaño y el carácter familiar de muchas empresas del sector, la adquisición de otras empresas es una opción a la que no se ha recurrido en ningún caso, mientras que las alianzas

estratégicas tienen un peso mínimo y sólo se produce en el caso de las AMT de diseño.

De lo dicho en el párrafo anterior se deduce que *la adquisición de patentes y licencias es la vía fundamental para acceder a las AMT entre las empresas del sector aeronáutico andaluz*. Ahora bien, cabría esperar que las grandes empresas, con mayores recursos y capacidades, tuvieran a su alcance otras formas de acceso a las AMT que las pymes. A partir de los resultados obtenidos tras el análisis de correlación que hemos realizado<sup>20</sup> puede afirmarse que son pocas las relaciones significativas entre tamaño y vías de acceso y que éstas se limitan a la que se da *entre el tamaño y el acceso a las AMT de fabricación mediante desarrollo interno*. Es lógico que sean las empresas más grandes las que puedan recurrir a capacidades internas para el desarrollo de tecnologías avanzadas de fabricación que, en el caso *hardware*, requieren una elevada especialización. No obstante, en las AMT de fabricación también se ha incluido CAM, esto es, el *software* de fabricación que permite controlar los equipos, más fácil de desarrollar o de modificar internamente que el *hardware*. *En el resto de los casos no se aprecia ninguna correlación entre el tamaño y las vías de acceso, lo que significa que todas las empresas del sector siguen las mismas vías para hacerse con las AMT, independientemente de su tamaño*. Cabe destacar, no obstante, que las empresas pequeñas recurren más a la asesoría externa que las grandes.

### **4.3. FACTORES INFORMATIVOS Y CATALIZADORES DE LAS INVERSIONES**

Existen determinados factores inhibidores de las inversiones, acontecimientos internos o externos que disminuyen el interés por las nuevas tecnologías; entre éstos se encontrarían, por ejemplo, las restricciones financieras, los propios objetivos a largo plazo de los directivos o la falta de conocimientos. Pero, al mismo tiempo, pueden encontrarse diversas circunstancias o factores que ayudan a explicar cómo los directivos llegan a desarrollar un compromiso lo suficientemente intenso como para que pueda comenzar el análisis de las opciones tecnológicas. Por un lado, existen factores que permiten tener conocimiento de la propia existencia de estas tecnologías, de su funcionamiento y de las alternativas de inversión que permiten. La información que promociona las AMT puede provenir de diversas fuentes: proveedores, consultores, administración, ferias de muestras, revistas, empleados, etcétera. Por otro lado, pueden producirse acontecimientos internos o externos que precipiten explícitamente el estudio

---

<sup>20</sup> Ver tabla a17 en anexo.

de las nuevas tecnologías. De nuevo, su naturaleza varía con cada caso concreto, pudiendo consistir en una nueva orientación estratégica (por ejemplo, por cambio de propietario o director general), la llegada de un nuevo directivo, un proyecto de expansión, un incremento en los beneficios o la aportación de capital externo.

La confluencia de estos factores estimuladores del interés por las nuevas tecnologías, a los que nos referiremos como informativos y catalizadores, respectivamente, puede variar de una empresa a otra. A menudo no son suficientes por sí mismos para dar paso a la acción. De hecho, hay estudios (Sun et al., 1997) en los que se ha observado que apenas se recurre a libros, conferencias, instituciones académicas, asociaciones comerciales o iniciativas de la Administración a la hora de informarse sobre estas tecnologías. Sin embargo, cuando muchos de estos elementos se van acumulando con el paso del tiempo, podrían llegar a aumentar el potencial de una respuesta positiva gracias a la sensibilización progresiva de los directivos de la empresa. En la tabla 23 se muestra el valor medio obtenido en el análisis de la aeronáutica andaluza por cada uno de los factores considerados. Tanto para los informativos como para los catalizadores, la respuesta había de darse sobre una escala de Likert de 7 puntos similar a la utilizada en el caso de las vías de acceso: el extremo inferior (1) indicaba una importancia nula, el valor medio (4), una importancia media, y el extremo superior (7), una importancia máxima.

Puede apreciarse que la variabilidad de las respuestas en torno a los **factores informativos** a través de los cuales las empresas llegan a conocer las AMT es bastante elevada: no hay unanimidad en la importancia dada a ninguno de los factores. Ahora bien, *no se aprecian diferencias considerables entre la importancia dada a cada factor en función del tipo de tecnología. En todos los casos, el factor más importante es la información obtenida a través de otras empresas, con una media algo superior a 4 en los tres casos; le siguen la información proporcionada por los proveedores, las ferias de muestras y las revistas. Entre los factores que tienen un menor peso relativo a la hora de proporcionar información sobre las AMT se encuentran los empleados de la propia empresa, pero consideramos que lo que debe ser resaltado en mayor medida es que las empresas del sector aeronáutico creen que la información que obtienen a través de las distintas Administraciones no tiene apenas importancia a la hora de conocer las tecnologías avanzadas de fabricación que podrían aplicar a sus procesos. Este hecho podría servir de llamada de atención para que aquéllas estudiaran la forma de modificar la situación actual, máxime si se tiene en cuenta que en algunos casos estas tecnologías no son bien conocidas en el sector.*

F. Informativos	AMT de Diseño		AMT de Fabricación		AMT de Planificación	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Proveedores	3,44	2,06	3,27	2,15	3,36	2,34
Empleados	1,94	1,65	1,60	1,35	1,29	0,73
Otras empresas	4,13	2,39	4,07	2,40	4,07	2,50
Ferías de muestras	3,19	2,40	3,67	2,58	2,64	2,41
Revistas	2,69	1,99	3,00	2,04	2,64	2,31
Administraciones	1,38	1,02	1,33	1,05	1,36	1,08
F. Catalizadores	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Cambio propietario	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Nuevo empleado/directivo	1,25	1,00	1,00	0,00	1,43	1,60
Proyecto de expansión	4,19	2,46	4,73	2,40	4,64	2,47
Incremento de beneficios	2,56	1,90	2,93	2,22	2,50	1,83
Aportación capital externo	1,06	0,25	1,00	0,00	1,00	0,00
Personal experto	1,38	1,02	1,40	1,06	1,00	0,00
Exigencia del sector*	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00
N	16		15		14	

\* En este caso el número de respuestas obtenidas fue de 14 para AMTD y 12 para AMTF y AMTP.

Tabla 23. Importancia media de los factores informativos y catalizadores

Otro factor a resaltar es que el tamaño de la empresa no influye significativamente en la importancia de los factores informativos, como muestra el análisis de correlación realizado<sup>21</sup>. No obstante, cabe destacar que las empresas más pequeñas parecen valorar más las ferias de muestras como lugar idóneo para obtener información sobre los activos tecnológicos que pueden adquirir.

Por lo que respecta a los **factores catalizadores**, se aprecia que las respuestas están orientadas básicamente a uno o dos de ellos, mientras que la importancia de los otros es nula o mínima. En primer lugar, hay que destacar algo que ya se adelantó cuando se expusieron los objetivos que motivaban las inversiones: que la mayoría de las empresas de la población hizo referencia a la necesidad de invertir para no quedarse fuera del sector; es por ello que este factor muestra la máxima importancia, con una desviación típica nula. Aparte de tal circunstancia, el factor catalizador de mayor importancia que lleva a las empresas a invertir es estar inmersos en un proyecto de expansión empresarial, seguido por un incremento de los beneficios. El resto de los factores considerados apenas si tiene importancia.

<sup>21</sup> Ver tabla a18 en anexo.

De lo dicho en el párrafo anterior se desprende que no hay diferencias que resaltar entre los factores catalizadores que determinan las inversiones en función del tipo de AMT de que se trate. Sin embargo, sí existe una correlación claramente significativa, para los tres tipos de AMT, entre el tamaño empresarial y la importancia de los proyectos de expansión como elemento catalizador de las inversiones<sup>22</sup>. En los tres casos, la relación es inversa, es decir, que a la hora de decidir las *inversiones en AMT*, *el estar embarcados en un proyecto de expansión es mucho más importante en las empresas pequeñas que en las grandes* o, dicho al contrario, que en las empresas grandes no es tan importante tener un proyecto de expansión para decantarse por la inversión en AMT. Este hecho es aún más pronunciado en el caso de las AMT de fabricación, lo cual parece lógico puesto que son los equipos más costosos.

#### **4.4. FACTORES CLAVES DEL PROCESO DE ADOPCIÓN E IMPLANTACIÓN PARA UN RENDIMIENTO POSITIVO DE LAS INVERSIONES**

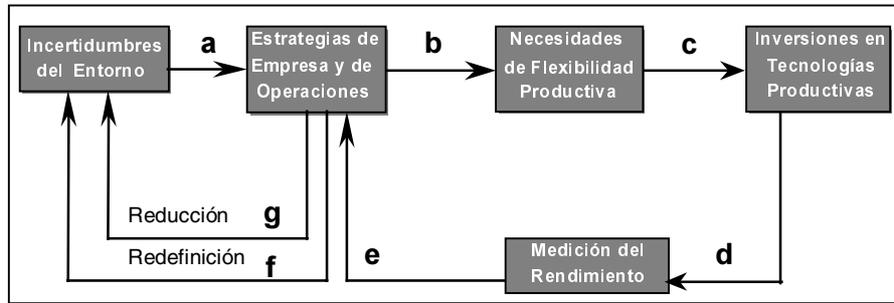
##### **4.4.1. Un modelo conceptual sobre la relación entre la estrategia empresarial, la inversión tecnológica y el rendimiento**

Existe un modelo conceptual bien conocido que recoge las relaciones entre las estrategias de empresa y de Operaciones y las inversiones en tecnologías (incluyendo las AMT), en virtud de sus interacciones con las incertidumbres del entorno, la flexibilidad productiva y la medición del rendimiento. La representación gráfica de dicho modelo se ha reproducido en la figura 13. En ella, para facilitar el seguimiento de los próximos comentarios en torno a su significado, hemos identificado cada arco con una letra.

El aprendizaje de la dirección al afrontar las incertidumbres que surgen del mercado o del proceso productivo y sus inputs quedará reflejado en las estrategias de empresa y de Operaciones (arco a); con ellas se procurará una adaptación defensiva o reactiva a las incertidumbres (arco b) o, por contra, ejercer un control proactivo sobre éstas (arcos f y g).

---

<sup>22</sup> Ver tabla a19 en anexo.



Fuente: A partir de Gerwin y Kolodny (1992, p. 22)

Figura 13. Modelo conceptual estrategia/flexibilidad/tecnología/rendimiento

Siguiendo la primera de las opciones (arco b), será necesario hacerse con la flexibilidad deseada para responder a las incertidumbres y cambios previstos del entorno. Las vías existentes para conseguirlo son diversas, como diversos son también los tipos de flexibilidad que una empresa puede requerir (en maquinaria, en operaciones, en producto, en volumen, en mercado, etcétera). En general, además de mecanismos como las mejoras en la organización del trabajo, las holguras en la capacidad o las subcontrataciones, las medidas a tomar para aumentar la flexibilidad deberían considerar la automatización y la flexibilización de la plantilla —entendida ésta como polivalencia o multifuncionalidad de la mano de obra más que como flexibilidad en las políticas de contrataciones y despidos—. Es importante encontrar el equilibrio adecuado entre ambos factores; si para la flexibilidad necesaria basta, por ejemplo, con una plantilla polivalente, no tendrá sentido la inversión en un sofisticado equipo informatizado, dado su elevado coste. El problema suele estar en que, en ocasiones, se puede caer en la tentación de recurrir directamente a los equipos flexibles, en un intento de eludir análisis más complejos. Sin embargo, tal análisis es ineludible. Por un lado, antes de adquirir la última tecnología disponible, los directivos deberían concentrarse en maximizar la flexibilidad potencial de su actual tecnología y de su organización; por otro lado, una vez adquiridos los equipos, la razón del posible fracaso en la consecución de la flexibilidad anhelada no tiene por qué estar en la compra del *hardware* equivocado, sino, por ejemplo, en no haber comprendido la importancia de formar al personal o en no haberlo hecho adecuadamente. Sin duda, ésta podría ser una de las razones que explicase el hecho de que la tecnología por sí misma no esté correlacionada con una mejora en el rendimiento de las operaciones y, de forma más general, con el rendimiento empresarial. No obstante, es evidente que, en numerosas ocasiones, la flexibilidad necesaria deberá conseguirse mediante inversiones en tecnologías productivas flexibles; es ésta la única vía incorporada al modelo (arco c), y también la

única que interesa de forma directa en este trabajo. Tras la inversión, para un correcto control de la misma, será imprescindible la medición de su rendimiento (arco d).

Sin embargo, hay ocasiones en las que las empresas pueden optar por redefinir proactivamente las incertidumbres del mercado (arco f). Por ejemplo, en una industria determinada, una empresa que cuente con una flexibilidad productiva superior a la de la competencia, con capacidad para conseguir tiempos de suministro más cortos o lanzamientos más frecuentes de nuevos productos de los que en ese momento se dan, puede animar al mercado a exigir como normales dichos niveles. De ese modo, estará provocando nuevas incertidumbres a sus competidores y estableciendo para sí una poderosa ventaja competitiva.

Una empresa proactiva podría intentar también una reducción de las contingencias (arco g) mediante actuaciones encaminadas, bien a conseguir la estabilización del mercado de su producto (por ejemplo, a través de la nivelación de la demanda o de contratos a largo plazo con los clientes), bien la reducción de las incertidumbres en los procesos productivos y sus inputs (por ejemplo, a través del mantenimiento preventivo, de contratos a largo plazo con los proveedores y del control de calidad total). En la medida en que tal actuación tenga éxito, la necesidad de flexibilidad se reducirá y la nueva tecnología de producción podría elegirse, principalmente, por su eficiencia, sin que ello suponga olvidar la complejidad y nuevas incertidumbres que la tecnología introduciría al sistema. Así, en vez de utilizar su exceso de flexibilidad, una empresa puede decidir *ahorrarla*, es decir, reservarla para una necesidad futura. En su día, podría ser utilizada defensivamente para adaptarse a una repentina convulsión del mercado como, por ejemplo, una redefinición de las prácticas habituales de la industria como la que comentábamos anteriormente.

Las implicaciones evolutivas del marco de trabajo indican la relación entre las aproximaciones reactiva y proactiva. A medida que las incertidumbres del entorno cambian con el tiempo, las estrategias existentes se muestran ineficaces, dando como resultado último un peor rendimiento (arco d). El fracaso en conseguir los objetivos de rendimiento debe servir de motivación para revisar la estrategia (arco e), lo cual vendrá seguido por los correspondientes cambios en tecnologías y flexibilidad productiva.

#### **4.4.2. Factores considerados claves en el proceso de adopción e implantación de AMT**

En los últimos años han comenzado a surgir las primeras evidencias empíricas que corroboran el hecho de que una estrategia de Operaciones acertada, apoyada por el uso de AMT, y que incrementa la flexibilidad del sistema, conducirá a las empresas hacia fortalezas competitivas y, con ello,

a un mejor desempeño. En el cuadro 4 se ha recogido gran parte de los factores destacados en numerosos estudios dedicados a esclarecer la cuestión sobre qué hacer y qué no en relación con la fabricación informatizada<sup>23</sup>.

<b>Factores Claves</b>
<b>FACTORES DE AJUSTE ESTRATÉGICO</b> (1) Estrategia de Operaciones Explícita (2) Objetivos claros de la automatización (3) Análisis estratégico de la inversión (4) Coordinación inversiones/planes estratégicos
<b>FACTORES DE INFRAESTRUCTURA</b> (5) Técnicas financiero-contables adecuadas (6) Comunicación e integración interfuncional (7) Experiencia previa (8) Trabajadores polivalentes
<b>FACTORES DE AJUSTE TÉCNICO/ORGANIZATIVO</b> (9) Análisis de factibilidad técnica (10) Estudio de impactos en la organización (11) Plan para la integración de sistemas
<b>FACTORES DE PLANIFICACIÓN</b> (12) Planificación de la implantación (13) Apoyo del proveedor (14) Creación de un equipo multifuncional de trabajo (15) Existencia de un responsable o líder (16) Formación del personal
<b>FACTORES DE MOTIVACIÓN</b> (17) Apoyo y compromiso de la dirección (18) Motivación del personal (19) Recompensas adecuadas

Cuadro 4. Factores claves del proceso de adopción e implantación de AMT

Como puede apreciarse en dicho cuadro, se diferencian un total de 19 factores, que han sido agrupados en cinco tipos en función de su naturaleza:

1. *Factores de ajuste estratégico*. Relativos a la consideración de las inversiones en el ámbito estratégico de la planificación empresarial y de Operaciones y a la capacidad de la firma para apreciar las ventajas estratégicas que pueden proporcionar las AMT.

<sup>23</sup> Beatty (1992), Jiménez et al. (1992), Shani et al. (1992), Slagmulder y Bruggeman (1992), Maffei y Meredith (1994), Nichols y Jones (1994), Sambasivarao y Deshmukh (1995), Martínez Sánchez (1996), Sohal (1996), Udo y Ehie (1996), Boyer et al. (1997), Hottenstein et al. (1997), Small y Yasin (1997a), Small y Yasin (1997b), Zhao y Co (1997), Co et al. (1998), Burcher et al. (1999).

2. *Factores de infraestructura.* Son condiciones básicas y mecanismos de apoyo, tanto técnicos como de gestión, que deberían estar disponibles para que la implantación de AMT tenga posibilidades de éxito.
3. *Factores de ajuste técnico-organizativo.* Incluyen todas aquellas actividades encaminadas a analizar y asegurar la compatibilidad de la nueva tecnología con los activos existentes en la empresa.
4. *Factores de planificación.* Actividades que la empresa debería realizar y condiciones que debería asegurar durante todo el proceso de adopción, implantación y control de la AMT.
5. *Factores de motivación.* Relacionados con el grado de interés personal que trabajadores y dirección puedan tener en el proyecto de inversión en AMT.

La tabla 24 recoge la proporción de empresas del sector aeronáutico andaluz que, para cada uno de los factores que se destacan como claves, los consideraron (o contaban con ellos) o no, a la hora de implantar AMT.

Factor	Frecuencia		Porcentaje	
	Sí	No	Sí	No
Estrategia de Operaciones explícita	9	10	47,4%	52,6%
Objetivos claros de la automatización	14	5	73,7%	26,3%
Análisis estratégico de la inversión	13	6	68,4%	31,6%
Coordinación inversión/planes estratégicos	11	8	57,9%	42,1%
Técnicas financiero-contable adecuadas	9	10	47,4%	52,6%
Integración interfuncional	13	6	68,4%	31,6%
Experiencia previa	13	6	68,4%	31,6%
Trabajadores polivalentes	19	0	100,0%	0,0%
Análisis de factibilidad técnica	8	11	42,1%	57,9%
Estudio de impactos sobre la organización	7	12	36,8%	63,2%
Plan para integración de sistemas	7	12	36,8%	63,2%
Planificación de la implantación	13	6	68,4%	31,6%
Apoyo del proveedor	18	1	94,7%	5,3%
Equipo multifuncional de trabajo	10	9	52,6%	47,4%
Existencia de un responsable o líder	16	3	84,2%	15,8%
Formación del personal	18	1	94,7%	5,3%
Apoyo y compromiso de la dirección	19	0	100,0%	0,0%
Motivación del personal	16	3	84,2%	15,8%
Recompensas adecuadas	6	13	31,6%	68,4%

Tabla 24. Consideración de los factores asumidos como claves en el proceso de adopción, implantación y control de AMT

□ **Factores con mayor presencia.**

Se puede observar claramente que los factores que las empresas del sector tienen presentes en mayor medida al adoptar, implantar y controlar sus inversiones en AMT son la polivalencia de los trabajadores y el apoyo y compromiso de la dirección, destacados por la totalidad de las empresas usuarias; estos factores son seguidos por la formación del personal, el apoyo del proveedor, contar con un responsable del proyecto y la motivación del personal. Otros aspectos, como tener claros los objetivos de la automatización, proceder al análisis estratégico de la inversión, tener experiencia previa, la integración interfuncional o planificar la implantación, son destacados también por la mayoría de las empresas inversoras.

Así pues, a la vista de los resultados obtenidos, podemos afirmar que *los factores relacionados con la gestión de los recursos humanos, tales como polivalencia, formación, motivación y liderazgo, son los percibidos por las empresas como más relevantes para la consecución de los objetivos.* Ello no es de extrañar si tenemos en cuenta que los cambios tecnológicos, sobre todo si son radicales, grandes y costosos, no son fáciles de llevar a cabo en el entorno normal de una empresa; suele existir demasiada inercia para conseguir mantener el *status quo*. La burocracia establecida tiende a preservar a la empresa de importantes alteraciones en sus procedimientos. Por ello, para lograr tales cambios, una primera cuestión a considerar es la utilidad de contar con la presencia de un responsable que los guíe. Este responsable debería ser un miembro respetado de la dirección, considerado una autoridad en cuanto a las ventajas competitivas del cambio tecnológico, y que contase con información independiente en relación con el grado de resistencia esperado. No obstante, la simple existencia de un líder que guíe el proyecto no es condición suficiente para tener éxito. Por un lado, éste habrá de crear efectivamente en la ventaja competitiva que se persigue, y, por otro, debe ser capaz de lograr el consenso de toda la organización respecto al nuevo proyecto en aras de evitar más problemas y costes que los previstos en la implantación. Debido a ello, deberá reunir una variada gama de capacidades, tales como persuasión, motivación, capacidad de trabajo en equipo, comunicación y tacto político. El problema parece surgir cuando el líder cuenta con una orientación básicamente técnica pero carece de experiencia como directivo, por lo que a menos que cuente con las habilidades políticas necesarias de manera innata, estará probablemente abocado al fracaso.

Sin embargo, para alcanzar los resultados esperados de la inversión en AMT, es evidente que no bastará, ni mucho menos, con la mera incorporación de los nuevos equipos a la planta. Una gestión inadecuada del proceso de implantación y puesta en marcha, especialmente en lo que al personal que ha de trabajar con los equipos se refiere, podría llevar fácilmente a peores resultados que los que cabría haber esperado con la tecnología habitual. El necesario rediseño del trabajo que permita su ajuste a las particularidades de las AMT, habrá de tener en cuenta las características

que definen los nuevos trabajos a realizar, los cuales apuntan a un aumento en la complejidad de las actividades (resolución de problemas, discrecionalidad y conocimientos técnicos), en la variedad de las actividades (realización de diferentes tareas y frecuentes circunstancias excepcionales que requieren flexibilidad) y en la interdependencia de las actividades (los trabajadores deben confiar en otros trabajadores o colaborar con ellos para completar su trabajo).

El diseño del trabajo en una fábrica tradicional se ha caracterizado por cualidades de origen taylorista, tales como la división del trabajo, la especialización y la estandarización; sin embargo, desde la perspectiva de la fabricación integrada, esto no representa más que una fuente de desintegración entre etapas, funciones y objetivos, habiendo indicios (Gupta et al., 1997) de que los trabajadores excesivamente especializados no interactúan favorablemente con una estrategia basada en AMT. El trabajo a realizar por el empleado típico de una fábrica en la que la tecnología empleada no es determinística y predecible será menos rutinario, repetitivo y físico por naturaleza. Las nuevas tareas incluirán la supervisión, la resolución de problemas y el mantenimiento de los diversos equipos altamente automatizados. En general, las principales habilidades que habrá de reunir la plantilla en un entorno de fabricación presidido por las nuevas tecnologías de fabricación se concretan en la capacidad de iniciativa, de atención y de comunicación verbal, en habilidades conceptuales y lógicas, en conocimientos de inferencia estadística para el control de calidad y en la responsabilidad individual. Por ello, la cualificación de tales operarios será bastante diferente de la requerida hoy día. Sin embargo, el que las habilidades conceptuales y cognitivas sean cada vez más necesarias para operar con tecnologías automatizadas no significa que éstas desplacen completamente a aquéllas que el trabajador ha ido adquiriendo al trabajar con máquinas herramientas de control manual y tecnología tradicional no programable.

Por otra parte, junto con la formación de los trabajadores, tampoco debiera olvidarse que la motivación y participación de éstos es un aspecto crucial a considerar en el proceso de adopción e implantación; dichos aspectos parecen estar íntimamente relacionados. La participación del factor humano en la implantación de estas tecnologías puede depender en gran medida del *clima de la implantación*, concepto que hace referencia a la percepción compartida por los empleados acerca de cómo la organización apoya y recompensará el uso que hagan de la nueva tecnología. Dicho uso dependerá así de la combinación que pueda darse entre el clima de la implantación y el ajuste de la innovación con los *valores* de la firma. Esta teoría se resume en la tabla 25.

		Clima de la Implantación	
		Débil	Fuerte
Ajuste Innovación/Valores	Bueno	Frustración y decepción Uso esporádico e inadecuado	Entusiasmo Uso comprometido y creativo
	Neutral	Despreocupación Fundamentalmente sin uso	Indiferencia Uso adecuado
	Pobre	Alivio Fundamentalmente sin uso	Oposición y resistencia En el mejor caso, uso sumiso y obligado

Fuente: a partir de Klein y Sorra (1996, p. 1066)

Tabla 25. Efectos sobre la respuesta de los empleados y el uso de la tecnología en función de la relación entre el clima de la implantación y el ajuste entre innovación y valores

Por su parte, entre las diez pautas o consejos que Maffei y Meredith (1994) dan a los directivos de empresas usuarias de AMT, cuatro de ellos, como puede verse a continuación, están referidos al papel que ha de reservarse a la mano de obra al trabajar con tecnologías flexibles:

- A pesar de intentar conseguir procesos totalmente automatizados, el control de los operarios es crítico para la resolución de problemas.
- Pasar de un taller tradicional a un entorno de fabricación flexible requiere mucha más participación activa del operario en la resolución de problemas.
- Mientras mayor es la implicación y responsabilidad del operario en la preparación de los equipos, más fluido resulta el proceso de fabricación.
- En un entorno de fabricación flexible, el impacto de un programador multi-tarea que preste atención personal a la supervisión y control de la programación puede ser más significativo que en un entorno tradicional.

□ **Factores con menor presencia.**

*Aquellos aspectos con menor presencia en el proceso de adopción e implantación de AMT en el sector aeronáutico son, por orden de frecuencia, la implantación de recompensas adecuadas, el estudio de impactos sobre la organización y el desarrollo de un plan para la integración de sistemas, el análisis de factibilidad técnica, contar con una estrategia de Operaciones explícita y utilizar técnicas financiero-contables adecuadas. Así, tan solo*

nueve empresas de las 19 usuarias afirmaban contar con una estrategia de Operaciones explícita, es decir, menos de la mitad de la población (fijándonos exclusivamente en las pymes auxiliares sería un 37,5% de la misma) y, por tanto, un porcentaje considerablemente inferior al que aseguraba tener un plan estratégico de empresa. Ello deja entrever, cuando menos, que *las estrategias empresariales del sector son deficientes por cuanto no incorporan al área de Operaciones en su desarrollo*. Otro dato llamativo es que sólo 11 de las empresas usuarias de AMT afirmaban que las inversiones en estas tecnologías estaban coordinadas con los planes estratégicos desarrollados. Nuevamente, si nos fijamos en el porcentaje correspondiente en el grupo de las empresas auxiliares, éste quedaría en un 43,7%; es decir, que un 56,3% de dichas empresas realizan sus inversiones fuera del marco de la planificación estratégica. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que más del 40% de las pymes del sector manifestaron que no desarrollan deliberadamente ningún tipo de planificación estratégica. *Queda patente, pues, la necesidad de concienciación y formación a este respecto.*

Estos resultados dejan claro que el desarrollo de las estrategias tecnológicas del sector no siguen el enfoque tradicional de afuera adentro y de arriba abajo, en el que las inversiones en tecnología han de servir de apoyo a la estrategia competitiva. En dicho enfoque, la construcción comienza en la alta dirección con un análisis sistemático del entorno socioeconómico, que pretende identificar sus oportunidades y peligros, y con un análisis interno, que intentará determinar las fortalezas y debilidades de la empresa. En realidad, puede asumirse que las relaciones entre estrategia y tecnología no tienen por qué ser unidireccionales desde la primera hacia la segunda, y que son muchas las ocasiones en las que cabe esperar que la influencia pueda darse también en sentido contrario; es decir, que incorporar una determinada tecnología dé lugar a una modificación de la estrategia, siguiendo entonces un enfoque de abajo arriba y de adentro afuera. En el caso concreto de las AMT, aunque la adopción de una tecnología determinada sea consecuencia de la estrategia seguida por una empresa, su explotación puede facilitar el surgimiento de nuevas capacidades que requieran hacer ajustes en las estrategias competitivas existentes. Sin embargo, no obtuvimos evidencias de que esta situación se estuviese produciendo, pues ya ha habido ocasión de señalar que muchas de las ventajas que pudieran estar derivándose de estas inversiones podían estar pasando desapercibidas como consecuencia de un deficiente control.

#### **4.4.3. Influencia de los factores considerados sobre el rendimiento: la importancia de la formación del personal**

Como se vio en el capítulo tres, el rendimiento de las inversiones en el sector parecía ser bastante satisfactorio a tenor de la percepción que del

mismo tienen las plantas usuarias. A partir de lo expuesto en el apartado anterior, cabría pensar que dicho rendimiento se habrá visto influido por aquellos factores que las plantas del sector han considerado claves a la hora de adoptar e implantar sus inversiones en AMT. Sin embargo, según los resultados obtenidos al respecto<sup>24</sup> puede afirmarse que *el rendimiento de las inversiones en AMT del sector parece no estar influido por la gran mayoría de los factores que la literatura asume como claves en estas inversiones*. Sin embargo, *el análisis realizado permite aceptar que aquellas empresas que han recurrido a la formación del personal presentan un mayor rendimiento de sus inversiones en AMT*. Por tanto, habida cuenta de que el rendimiento de las inversiones es considerablemente elevado en todas las empresas del sector, la relación detectada goza de un marcado carácter diferenciador, por lo que puede decirse que *la formación del personal es considerada por el sector el factor clave en la determinación del éxito de las inversiones en AMT*. Otros estudios obtienen resultados que apoyan la importancia de este factor: Guimaraes et al. (1999) observan que si bien un aumento en la complejidad del sistema puede afectar negativamente al rendimiento, dicha influencia negativa se ve reducida por la formación de los operarios.

Por otra parte, se deduce que hay una sola relación significativa entre los factores considerados y alguna de las dimensiones del rendimiento, concretamente, la que se observa entre la existencia de experiencia previa y el crecimiento empresarial<sup>25</sup>. No obstante, hay que tener cuidado al hacer la lectura de dicha relación. Ésta puede implicar que las inversiones apoyadas en inversiones anteriores lleven a un mayor crecimiento empresarial, pues la experiencia puede facilitar la implantación de las nuevas inversiones y, con ello, su rendimiento medido a través del crecimiento. Sin embargo, dicha relación también puede dejar entrever que son las empresas con mayores niveles de crecimiento, y en pleno proyecto de expansión, aquéllas que invierten más y, por tanto, aquéllas con más posibilidad de contar con experiencia previa a la hora de adquirir nuevas AMT.

Por lo que respecta al beneficio empresarial, no se aprecia que la consideración de ninguno de los factores claves influya ni positiva, ni negativamente, en éste<sup>26</sup>. Ello vuelve a poner de manifiesto algo ya señalado: que *el rendimiento empresarial está condicionado por otras circunstancias distintas de la inversión en AMT*. No obstante, aunque en la

---

<sup>24</sup> Ver tabla a20 en anexo.

<sup>25</sup> Ver tabla a21 en anexo.

<sup>26</sup> Ver tabla a22 en anexo.

aeronáutica andaluza la inversión en AMT no parece una fuente clara de ventaja competitiva, sí que se muestra indispensable para la pervivencia en el sector en muchas ocasiones.

#### **4.4.4. El momento de consideración de cada factor**

Además de conocer cuáles son los factores críticos, también será muy importante tener en consideración el momento apropiado para su desarrollo. Así, éstos podrían ser agrupados en función de que se trate de actuaciones a desarrollar en la fase de adopción (por ejemplo, el análisis estratégico, el análisis de factibilidad técnica o la planificación de la implantación) o de aquellas otras actividades que se ponen en marcha al proceder a la implantación (por ejemplo, la motivación y formación del personal o el apoyo del proveedor). Algunos otros, por su parte, son circunstancias o características propias de la empresa inversora que pueden facilitar la inversión en tecnologías avanzadas, pero que no tienen por qué haber sido motivadas por ningún proyecto específico (por ejemplo, una estrategia de Operaciones explícita, técnicas contables adecuadas o experiencia previa). No obstante, la delimitación entre etapas no siempre es nítida, puesto que es difícil circunscribir algunos de los factores indicados a una sola parte del proceso. Por ejemplo, el compromiso de la alta dirección con el proyecto es fundamental durante toda la fase de adopción, pues ello facilitará que ésta sea asumida desde una perspectiva estratégica; pero, además, seguirá siendo de vital importancia durante la fase posterior de implantación, pues servirá de apoyo continuo al resto del personal involucrado en la misma.

La tabla 26 indica, para cada factor y en cada caso sobre el número de plantas que los han tenido en cuenta, en qué momento del proceso de adopción e implantación han sido considerados: antes de la adquisición, es decir, sólo durante la etapa de adopción (columnas A); después de la adquisición y, por tanto, sólo durante la etapa de implantación y posterior control (columnas I); o tanto antes como después de la adquisición, es decir, a lo largo de todo el proceso de adopción e implantación (columnas A+I). Contar con experiencia previa es una circunstancia que las empresas no deciden tener en consideración ni en qué momento, es decir, se habrá o no invertido anteriormente en tecnologías similares. Por ello, dicho factor no se incluyó en esta cuestión, por lo no aparece en la tabla mencionada.

Factor clave	Frecuencia			Porcentaje		
	A	I	A+I	A	I	A+I
Estrategia de Operaciones explícita	6	0	3	66,7%	0,0%	33,3%
Objetivos claros de la automatización	7	0	7	50,0%	0,0%	50,0%
Análisis estratégico de la inversión	11	0	2	84,6%	0,0%	15,4%
Coordinación inversión/planes estratégicos	11	0	0	100%	0,0%	0,0%
Técnicas financiero-contable adecuadas	4	1	4	44,4%	11,1%	44,4%
Integración interfuncional	1	0	12	7,7%	0,0%	92,3%
Trabajadores polivalentes	4	3	12	21,0%	15,8%	63,2%
Análisis de factibilidad técnica	7	1	0	87,5%	12,5%	0,0%
Estudio de impactos sobre la organización	4	2	1	57,1%	28,6%	14,3%
Plan para integración de sistemas	4	1	2	57,1%	14,3%	28,6%
Planificación de la implantación	9	2	2	69,2%	15,4%	15,4%
Apoyo del proveedor	3	5	10	16,7%	27,8%	55,5%
Equipo multifuncional de trabajo	0	0	10	0,0%	0,0%	100%
Existencia de un responsable o líder	0	1	15	0,0%	6,2%	93,8%
Formación del personal	2	10	6	11,1%	55,6%	33,3%
Apoyo y compromiso de la dirección	3	0	16	15,8%	0,0%	84,2%
Motivación del personal	3	4	9	18,8%	25,0%	56,2%
Recompensas adecuadas	2	3	1	33,3%	50,0%	16,7%

Tabla 26. Momento de la consideración de los factores asumidos como claves en el proceso de adopción, implantación y control de AMT

Como puede verse, algunos factores son contemplados fundamentalmente en la etapa de adopción, otros sobre todo en la de implantación y, la mayoría, a lo largo del proceso completo. Entre los primeros podemos destacar la coordinación de la inversión con los planes estratégicos, el análisis de factibilidad técnica, el análisis estratégico de la inversión y, ya con menos claridad, la planificación de la implantación y contar con una estrategia de Operaciones explícita. Entre los segundos se encuentran la formación del personal y el establecimiento de recompensas adecuadas, aunque ahora las diferencias no son tan nítidas. Entre aquéllos cuya consideración se aprecia igualmente durante la adopción e implantación, se distinguen la existencia de un equipo multifuncional de trabajo, la presencia de un responsable que lidere el proyecto, la integración interfuncional y el apoyo y compromiso de la dirección; asimismo aparecen otros menos diferenciados, tales como la polivalencia de los trabajadores, la motivación del personal y el apoyo del proveedor.

En la tabla 27 se destaca, por grupos de empresas, la influencia de cada factor en el proceso de adopción e implantación según el momento de su consideración. Esta última cuestión se respondió sobre una escala de Likert de 7 puntos cuyos valores iban desde una influencia muy negativa (1) hasta una influencia muy positiva (7), pasando por la posibilidad de que no hubiera influido, a pesar de haber sido considerado expresamente o haber

contado con dicha circunstancia (4). En la tabla se muestran, por columnas, tres grupos de datos, los cuales reflejan la influencia que, en opinión de las plantas consultadas, ha tenido cada factor según el momento de su consideración. Como puede apreciarse, las medias por factor han resultado bastante similares en cada una de las fases. El análisis realizado para determinar si existen diferencias significativas entre los diversos grupos creados<sup>27</sup> sugiere que los factores que se han podido analizar son importantes por sí mismos y que ello es independiente del momento del proceso en que se tengan en cuenta. No obstante, los datos disponibles no son suficientes para afirmar esta cuestión categóricamente.

Sí que puede resaltarse que en este caso las medias obtenidas, algunas de ellas muy cercanas al valor medio de la escala (4), implican que *la percepción que se tiene en las empresas de la influencia ejercida por algunos factores no es excesivamente positiva*. Una puntuación 4 refleja que dicho factor estaba presente, pero que no ha facilitado de ninguna forma la incorporación de la AMT a la actividad de la empresa. Es más, puede observarse que en alguna ocasión la puntuación obtenida estuvo por debajo del valor medio, lo que significa que el factor en cuestión tuvo una influencia negativa en el proceso de incorporación del activo tecnológico a la actividad empresarial. Así, por ejemplo, ocurre con el apoyo del proveedor; es decir, hubo casos en los que una mala relación con el proveedor o una actitud negligente por parte de éste, en opinión de la empresa adquirente de la AMT, dificultó la puesta en marcha del equipo. En el caso de la planificación de la implantación y de la formación del personal también se obtuvieron respuestas que traslucían una influencia negativa, lo que en principio puede carecer de sentido. En el caso de la formación del personal, el consultado manifestó que el problema estuvo en el momento en el que la formación se llevó a la práctica: una vez que el equipo ya estaba en la empresa, lamentándose de no haber podido formar a los trabajadores antes de la puesta en marcha. En el caso de la planificación, el problema podía radicar tanto en el momento como en la forma de llevarla a cabo. En un caso el problema estuvo en que aunque la planificación se había realizado antes de la puesta en marcha, no lo había sido correctamente, lo que provocó más inconvenientes que beneficios. En otro caso se debió a que la planificación se realizó durante el propio proceso de implantación, es decir, demasiado tarde y una vez que se había comprendido que la planificación de las actividades se mostraba necesaria. Aunque estos ejemplos no pueden servir para generalizar, sí que pueden ilustrar la importancia de una correcta consideración de los factores claves así como del momento en que han de serlo.

---

<sup>27</sup> Ver tablas a23 y a24 en anexo.

Factor clave	Influencia		
	Adopción Media (Desv. típ.)	Implantación Media (Desv. típ.)	Adop. e Impl. Media (Desv. típ.)
Estrategia de Operaciones explícita	5,67 (1,36)	-	6,00 (0,00)
Objetivos claros de la automatización	6,00 (1,29)	-	5,71 (0,48)
Análisis estratégico de la inversión	5,82 (1,40)	-	6,50 (0,70)
Coordinación inversión/planes estratégicos	5,54 (0,82)	-	-
Técnicas financiero-contables adecuadas	4,50 (1,00)	5,00 (-)	5,25 (0,50)
Integración interfuncional	-	6,00 (-)	5,83 (0,93)
Trabajadores polivalentes	5,25 (0,95)	5,00 (1,00)	5,75 (1,21)
Análisis de factibilidad técnica	5,43 (1,13)	6,00 (-)	-
Estudio de impactos sobre la organización	5,00 (1,15)	6,5 (0,71)	7,00 (-)
Plan para integración de sistemas	5,75 (1,50)	7,00 (-)	5,00 (0,00)
Planificación de la implantación	5,00 (1,00)	4,50 (2,12)	5,50 (0,71)
Apoyo del proveedor	5,33 (1,15)	6,00 (0,71)	5,60 (1,89)
Equipo multifuncional de trabajo	-	-	5,60 (0,84)
Existencia de un responsable o líder	-	7,00 (-)	6,20 (0,67)
Formación del personal	7,00 (0,00)	5,50 (1,43)	6,33 (0,51)
Apoyo y compromiso de la dirección	6,33 (0,57)	-	6,37 (1,25)
Motivación del personal	5,67 (1,15)	6,25 (0,50)	6,22 (0,83)
Recompensas adecuadas	4,50 (0,71)	5,67 (0,57)	7,00 (-)

Tabla 27. Influencia de los factores claves en función del momento de su consideración

# 5

## LA EVALUACIÓN Y CONTROL DE LAS INVERSIONES: CRITERIOS, TÉCNICAS E INDICADORES

---

### 5.1. LA EVALUACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE INVERSIONES EN AMT

#### 5.1.1. Criterios sobre los que basar la decisión

El proceso de justificación económica se ha identificado desde hace mucho tiempo como el mayor obstáculo en la adopción de tecnologías avanzadas (Kaplan (1986), Meredith y Suresh (1986)). Tradicionalmente, las inversiones en equipos productivos se han justificado mediante la comparación de las inversiones necesarias y los ahorros resultantes de costes, calculándose los cash-flows incrementales derivados de ahorros producidos en mano de obra, materiales y otra serie de costes fácilmente cuantificables. Ahora bien, siendo cierto que la inversión en AMT puede llevar asociadas estas reducciones de costes, también lo es que genera una serie de beneficios intangibles mucho más difíciles de cuantificar y, por tanto, de incorporar a las técnicas tradicionales de evaluación económico-financieras. En general, los atributos intangibles de la inversión son aspectos generalmente no cuantificables que han de considerarse en la adopción de AMT debido a sus implicaciones a largo plazo para la empresa en su conjunto, tales como, por ejemplo, aquéllos relativos a la cooperación de los empleados, su moral y motivación (por cuanto pueden favorecer o dificultar la correcta implantación de las AMT) y otros como la satisfacción de los clientes, el desarrollo de la comunidad, el entorno de trabajo o el cuidado del medioambiente. Otra cuestión a considerar en torno a los mismos es que su cuantificación no siempre habrá de caracterizarse por un mismo grado de dificultad, pudiendo distinguirse en este caso entre los denominados

*intangibles reales e intangibles irreales*. Los primeros serían aquéllos que se considerasen casi imposibles de cuantificar directamente en términos monetarios; entre ellos podemos citar la consideración social, la satisfacción en el trabajo y la mejora en la moral de los trabajadores. No obstante, para la consideración de estos atributos no financieros de las inversiones, siempre pueden y deben ser utilizadas técnicas de evaluación estratégica. Por su parte, los irreales serían aquéllos que a menudo son considerados como intangibles por su dificultad para ser cuantificados de manera apropiada, por lo que se precisa recurrir a su estimación. Estos beneficios suelen estar relacionados con la mejora de actividades no productivas, como los tiempos de espera de los materiales o los tiempos ociosos de los equipos. Pueden ser difíciles de expresar en términos monetarios, pero la utilización de modelos de simulación y la consideración de los correspondientes costes de oportunidad facilitan considerablemente su evaluación. En general, se pueden encontrar tres tipos de factores intangibles en función de su menor o mayor dificultad de cuantificación:

- ❑ Variables cuyo valor económico no es cuantificable, pero que sí pueden ser fácilmente establecidas en términos físicos, con certeza o con probabilidades asociadas, como, por ejemplo, el valor alcanzado por el tiempo de suministro.
- ❑ Factores no pecuniarios que pueden ser enumerados, pero no medidos en términos físicos, excepto quizás de forma cualitativa, como es el caso de la experiencia adquirida por el personal de mantenimiento.
- ❑ Factores que producen beneficios y costes no previstos y típicamente no mensurables. Dado que tales intangibles no pueden ser enumerados a priori, esta categoría queda al margen del proceso de justificación. Nótese que, en este caso, su exclusión del análisis no proviene de la dificultad de cuantificación en sí misma, sino de su falta de previsión.

Finalmente, ha de señalarse que la categoría de intangible a la que una variable determinada pueda pertenecer no es inamovible. Por un lado, porque a medida que se avanza en la integración de los distintos equipos y sistemas van surgiendo continuamente nuevos factores intangibles, mientras que otros dejan de serlo y se van encuadrando en niveles de categoría superior. Por otro lado, porque una variable concreta puede ser tangible respecto a los costes, pero intangible en cuanto a ingresos y beneficios (podría ser el caso de una reducción del tiempo de suministro: fácilmente cuantificable en términos de reducción de costes por disminución de inventarios, pero más difícil en cuanto a los efectos sobre los beneficios generados por unas entregas más rápidas). Y, por último, porque los

esfuerzos de investigación pueden hacer que, con el tiempo, una variable pueda encuadrarse en un nivel inferior de intangibilidad. Por ejemplo, la satisfacción de los clientes, que dependiendo de las circunstancias concretas de la empresa puede ser considerada como intangible, podría llegar a considerarse tangible haciendo las estimaciones precisas y los esfuerzos de cálculo correspondientes.

Por otro lado, además de la dificultad para incorporar la cuantificación de aquellos beneficios de carácter intangible, las técnicas tradicionales de evaluación y selección de inversiones adolecen de otros inconvenientes para su utilización en la evaluación de inversiones en AMT. Ello se debe a que los directivos, habitualmente, desean cortos plazos de recuperación para sus inversiones y, además, utilizan elevadas tasas de descuento al analizar las inversiones. Así, por un lado, las técnicas tradicionales del análisis financiero pueden llegar a penalizar gran parte de los beneficios obtenidos a largo plazo en entornos de fabricación integrada y, por otro, al usar tasas de descuento artificialmente infladas no se justificaría económicamente la inversión en AMT, a menos que fuese acompañada de estimaciones de beneficios muy altas.

La calidad del análisis estratégico es un factor que parece mostrarse crítico para el éxito de los proyectos de inversión en AMT y, por tanto, debería considerarse decisivo en el proceso de adopción. En dicho contexto, el propósito del análisis económico no debe ser la justificación del proyecto, sino ayudar a la toma de decisión proveyendo una estimación lo más ajustada posible del impacto económico—incluyendo el componente estratégico, a pesar de su dificultad de cuantificación— que aquél tendría en la empresa, es decir, de su evaluación. El problema puede estar en que la decisión de optar o no por la inversión se haya podido tomar antes de realizar los cálculos correspondientes para el análisis cuantitativo de los cash-flows incrementales, lo cual implicaría que tal análisis abandonara su papel evaluador y se convirtiese en una vía para racionalizar y justificar la decisión que ya ha sido efectivamente tomada. Llegados a tal caso, la solución para evitar la posibilidad de que las consideraciones estratégicas ahoguen a las estrictamente económicas y financieras no difiere mucho de la que permitiría evitar precisamente lo contrario: el reto para el analista estará en estructurar el problema, de forma que los aspectos estratégicos puedan ser evaluados tan explícita y formalmente como el cash-flow convencional. Parece evidente que ha de partirse de una postura de confianza hacia la objetividad y pulcritud del analista, corriéndose en este caso un riesgo semejante al que se plantea, por ejemplo, al realizar una auditoría.

Ante los problemas señalados, parece que lo ideal sería utilizar conjuntamente criterios de evaluación económico-financieros y estratégicos. En relación con ello, se suele caracterizar a las pymes por su preocupación limitada respecto a la repercusión de las fuerzas competitivas y los factores del entorno en el futuro de su empresa, así como por un habitual descuido de las funciones de la dirección estratégica. No obstante, en el sector objeto de análisis se da la circunstancia de que las pymes auxiliares dependen extremadamente de sus grandes clientes, estando muchas de sus inversiones prácticamente dictadas por aquéllas, al margen de sus exigencias de rentabilidad. Es decir, puede plantearse el caso de que las plantas del sector, con independencia de su tamaño, estuviesen utilizando tanto criterios económico-financieros, como estratégicos o solamente estratégicos. La tabla 28 y la figura 14 muestran algunos de los resultados obtenidos en el sector en torno a estas cuestiones (puesto que una de las empresas de la población no es usuaria de ninguna AMT, todos los porcentajes que aparecen en las tablas y la figura de este epígrafe son los porcentajes válidos sobre las 19 usuarias).

Cuestión	Respuesta	
	Sí	No
Los criterios y técnicas utilizados para la evaluación de proyectos en AMT...		
...difieren de los utilizados para otras inversiones	10,5%	89,5%
...difieren en función del tipo concreto de AMT	0%	100%
Hay evaluación formal de los proyectos de inversión en AMT	84,2%	15,8%
La evaluación formal es de naturaleza:		
Sólo económico-financiera	5,3%	
Sólo estratégica	15,8%	
Económico-financiera y estratégica	63,1%	
Se exigen mejores valoraciones que para otras inversiones	7,7%	92,3%

Tabla 28. Criterios de evaluación de proyectos de inversión en AMT

Se observa, pues, en primer lugar, que *los criterios y técnicas que se utilizan para la evaluación de AMT no difieren significativamente de los utilizados para la evaluación de otros proyectos más tradicionales*. Tan solo dos empresas de las 19 usuarias de AMT de la población afirmaban lo contrario; en ambos casos aseguraban que la diferencia radicaba en que al evaluar inversiones en AMT suelen aplicarse criterios estratégicos que no lo son en otros casos. Por lo que respecta a la utilización de diferentes criterios o técnicas en función de que se trate de un tipo de AMT u otro, la respuesta fue negativa en todos los casos.

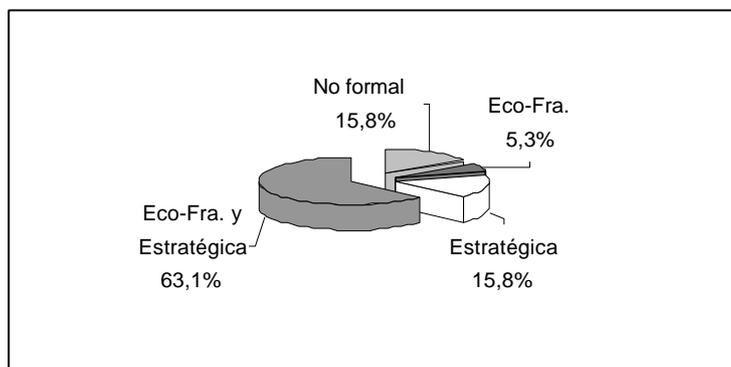


Figura 14. Naturaleza de los criterios de evaluación de inversiones en AMT

En cuanto a la naturaleza de los criterios de evaluación utilizados, puede verse que *lo más frecuente es combinar los criterios económico-financieros tradicionales con criterios estratégicos*; así lo hacen 16 empresas de la población (el 63,1% de las usuarias). Tres empresas (el 15,8% de las usuarias) aseguraban utilizar tan solo criterios estratégicos, mientras que una sola empresa (el 5,3% de las usuarias) afirmaba que los únicos criterios utilizados eran los económico-financieros. En cuanto a la importancia relativa que se da a cada uno de los dos criterios de evaluación formales (ver tabla 29), se ha observado que *la importancia media de los criterios estratégicos es superior a la de los criterios económico-financieros casi en 20 puntos porcentuales, lo que proporciona un primer indicio de que, aunque sigan siendo relevantes, los segundos están perdiendo importancia relativa frente a las consideraciones estratégicas*. Así, se constata que sólo un 25% de las empresas usuarias dan una importancia relativa a los criterios económico-financieros frente a los estratégicos mayor o igual al 50%. Hay que destacar, sin embargo, un caso curioso. Existe una empresa que, aun afirmando que utiliza ambos criterios a la hora de la evaluación, da una importancia relativa del 100% a los criterios económico-financieros y de un 0% a los estratégicos; ello querría decir que, aunque se tengan en cuenta consideraciones estratégicas, si la evaluación económico-financiera no es satisfactoria, no se llevaría a cabo la inversión. Esto contrasta con la respuesta de muchas otras empresas que aseguraban que, aun cuando la evaluación económico-financiera no llegase a ser satisfactoria, en ocasiones ni siquiera positiva, los criterios estratégicos fundamentan la inversión. Esto es lógico si recordamos que fueron muchas las empresas que aseguraban que se veían abocadas a invertir por presiones de los clientes y exigencias ineludibles del sector. En realidad, ello lleva a aceptar las inversiones como algo ineludible, pues, como tendremos ocasión de ver, la evaluación estratégica que se realiza está lejos de ser sofisticada y de justificar adecuadamente las inversiones que se realizan.

No obstante, a pesar de que la importancia media de los criterios estratégicos ha resultado ser mayor que la de los criterios económico-financieros, *no se puede afirmar que haya diferencias estadísticamente significativas entre la importancia dada a ambos criterios*<sup>28</sup>. Por otro lado, también se ha observado que *el tamaño de la empresa no influye significativamente en la importancia relativa que se le da a cada criterio de evaluación*<sup>29</sup>.

Descriptivo	Económico-Financieros		Estratégicos	
	Valor		Valor	
media	40,94		59,06	
desviación típica	30,12		30,12	
mínimo	0		0	
máximo	100		100	
Importancia del criterio	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Un 0%	3	18,8%	2	12,5%
Del 1 al 25%	1	6,3%	0	0,0%
Del 26 al 50%	8	50,0%	2	12,5%
Del 51 a 75%	1	18,8%	6	37,5%
Del 76 al 99%	0	0,0%	1	18,8%
Un 100%	2	12,6%	3	18,8%

Tabla 29. Importancia relativa de cada criterio de evaluación

### 5.1.2. Técnicas para la evaluación de inversiones

Uno de los problemas esenciales que se atribuyen a las técnicas económico-financieras convencionales de evaluación y justificación de inversiones en AMT es el de su restringida capacidad para tener en cuenta los posibles costes y beneficios intangibles que dichas tecnologías pueden aportar. Esta incapacidad puede generar importantes consecuencias que frenarían o dificultarían la adquisición de nuevas tecnologías. Las razones básicas para ello son hoy en día suficientemente conocidas, encontrándose entre ellas las siguientes:

- a) Ignorar los intangibles es otorgarles un valor económico nulo, valor probablemente menos preciso que cualquier estimación de un individuo cualificado.

<sup>28</sup> Ver tabla a25 en anexo.

<sup>29</sup> Ver tabla a26 en anexo.

- b) Dado que el tamaño y valor actual de los beneficios intangibles puede ser superior a los valores alcanzados por los beneficios tangibles, ignorar a los primeros incapacita a la empresa para justificar muchas decisiones significativas. Consiguientemente, ello da lugar a lentos procesos de adopción de las tecnologías necesarias para permanecer competitivos.
- c) Cuando los beneficios intangibles no se consideran explícitamente en la evaluación de la inversión propuesta, la alta dirección no pondrá mucho énfasis en su consecución, comprometiendo la del rendimiento esperado.

A pesar de sus inconvenientes, estas técnicas no han dejado de utilizarse, ya sea de forma exclusiva o de manera complementaria, y es que, cualesquiera que sean los especiales beneficios de las nuevas tecnologías, en ningún caso podrán trastocar la lógica del valor del dinero en el tiempo. Los defensores de estas técnicas claman que no existe ningún obstáculo conceptual para su aplicación en la selección de inversiones en AMT, y que su eficacia depende de la habilidad para incorporar los beneficios intangibles a los cash-flows esperados.

Las técnicas existentes han sido clasificadas de diversas formas. Algunas de ellas se centran en la justificación de las inversiones en AMT a través de su capacidad para apoyar la estrategia de la empresa. Sus defensores resaltan el impacto de las AMT en la ventaja competitiva y sugieren modelos de análisis competitivo para la evaluación de tales inversiones. Todas ellas se muestran, sin embargo, excesivamente complejas para su utilización habitual, especialmente en el caso de las pequeñas y medianas empresas, pues requieren para su aplicación elevadas competencias financieras y estratégicas, así como sofisticados sistemas de planificación e información.

Por su parte, los defensores de los métodos multicriterio abogan por considerar la inversión en AMT como un típico problema de toma de decisión en el que los criterios a considerar son múltiples, de naturaleza tanto cuantitativa como cualitativa, y en el que el resultado obtenido en la evaluación de las diferentes alternativas variará en función del criterio elegido. Entre dichas técnicas se encuentran los métodos de puntuación (factores ponderados, preferencia jerárquica y técnicas Electra), el proceso de jerarquía analítica (AHP, Analytic Hierarchy Process) y el enfoque lingüístico o de datos borrosos. La aplicación de todas ellas requiere, matizándola según el caso, cuatro pasos básicos:

- 1) Determinar las variables de rendimiento relacionadas con los objetivos de la empresa que se verán afectadas por la inversión en AMT, es decir, distintos criterios bajo los que podría tomarse la decisión.

- 2) Fijar la importancia relativa de cada medida o criterio en relación con su contribución a los objetivos globales de la empresa.
- 3) Valorar las alternativas de inversión con respecto a cada criterio sobre una cierta escala de puntuación (que debe ser idéntica para todos ellos).
- 4) Calcular la idoneidad de cada alternativa a partir de los pesos relativos de los criterios referidos en el paso 2 y de las puntuaciones de las alternativas indicadas en el paso 3.

A lo largo de la pasada década, han sido varias las propuestas surgidas para evaluar inversiones en AMT sirviéndose de técnicas de distinta naturaleza. Estos enfoques permiten valerse de las ventajas asociadas a cada técnica, si bien incorporan también sus inconvenientes, que pueden ser demasiados cuando la empresa que ha de evaluar la inversión entra en la categoría de pyme y no goza de las capacidades y recursos que algunas de estas metodologías requieren. En general, cabría pensar que son los modelos multicriterio del tipo Electra los que podrían ser especialmente útiles en la evaluación de este tipo de inversiones, al permitir incorporar al proceso de evaluación, junto con los aspectos estrictamente económico-financieros, consideraciones de naturaleza estratégica de una forma muy sencilla.

Sin embargo, la evidencia disponible pone de manifiesto que las técnicas más extendidas siguen siendo aquellas basadas en ratios, como el plazo de recuperación, el ROI o el análisis de costes/beneficios.

En la tabla 30 se recogen las áreas de aplicación de cada una de estas técnicas para la evaluación de AMT, en función de los niveles exigibles de competencia estratégica y competencia financiera. Dada su sencillez, las técnicas multicriterio están al alcance de cualquier empresa; no obstante, en el caso de las pymes, sus deficiencias en lo que a cultura financiera y estratégica se refiere pueden ser precisamente un aliciente para su utilización, al contrario de lo que podría esperarse en las grandes empresas.

		Competencia Financiera	
		Baja	Alta
Competencia Estratégica	Baja	Técnicas Multicriterio	Cash-flows descontados Técnicas Multicriterio
	Alta	Enfoque Estratégico Técnicas Multicriterio	Cash-flows descontados Enfoque estratégico Técnicas Multicriterio

Fuente: Rangone (1998, p. 296)

Tabla 30. Idoneidad de diferentes técnicas de evaluación de AMT en función de las capacidades empresariales

Cabe esperar, pues, que si en el sector analizado se utilizan algunas de las técnicas de evaluación y justificación más elaboradas (las basadas en la actualización de los flujos de caja, por ejemplo) lo sean por las plantas de mayor tamaño de la población.

A continuación, pasamos a mostrar, con la ayuda de la tabla 31, el nivel de utilización de las diferentes técnicas de evaluación en el sector objeto de estudio. Como puede observarse, el sector utiliza las técnicas más tradicionales de evaluación, y entre éstas las más básicas, como es el caso del plazo de recuperación; ello no difiere mucho de lo que ocurre en otros sectores y en otras áreas geográficas. Aun así, este hecho es algo decepcionante si tenemos en cuenta que *muchas de las técnicas no utilizadas son muy fáciles de aplicar, reflejando nuevamente algunas de las carencias en la gestión de muchas pymes*. Los resultados observados indican claramente<sup>30</sup> que *las técnicas de evaluación económico-financieras basadas en el DCF y las técnicas multicriterio utilizadas lo son fundamentalmente por las plantas de mayor tamaño y que técnicas básicas como PR, ROI y ratio coste/beneficio son igualmente utilizadas independientemente del tamaño empresarial*.

Técnicas	Frecuencia	Porcentaje
Plazo de recuperación o Pay-back	11	84,6%
Ratio Coste/Beneficio	4	30,8%
Valor Capital o VAN	4	30,8%
Tasa de Retorno o TIR	4	30,8%
Retorno sobre la inversión (ROI)	1	7,7%
Análisis optimista/pesimista	4	30,8%
Factores ponderados	3	23,1%
<i>Otra multicriterio</i>	3	23,1%

Tabla 31. Grado de utilización de diversas técnicas de evaluación

Otra circunstancia a resaltar es que alguna de las empresas que aseguraban seguir criterios estratégicos para la evaluación y selección de las inversiones afirmaban igualmente no utilizar ninguna de las técnicas multicriterio propuestas, ni siquiera las más simples, sino que se guiaban por la intuición. Para que quedase constancia del mismo, este hecho ha quedado recogido en la tabla 31 bajo la categoría de *Otra multicriterio*.

<sup>30</sup> Ver tabla a27 en anexo.

En cuanto a si, independientemente de la técnica utilizada, las empresas exigen mejores valoraciones en el caso de inversiones en AMT frente a otro tipo de inversiones, las empresas del sector aeronáutico andaluz afirman mayoritariamente que no se exigen mayores valoraciones. Es decir, *la tesis de que los directivos desean cortos plazos de recuperación para sus inversiones y, además, utilizan elevadas tasas de descuento al analizar las inversiones no está sustentada por los resultados obtenidos: las empresas del sector aeronáutico andaluz afirman mayoritariamente que no exigen mayores valoraciones a los proyectos de inversión en AMT.* Por el contrario, en muchos casos se afirmaba que ocurría todo lo contrario y que se exigían menores valoraciones, lo que está más en consonancia con la tesis opuesta: *que cuando la evaluación económico-financiera no llegue a ser satisfactoria, los criterios estratégicos bastan para la inversión.*

## **5.2. LA MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE INVERSIONES EN AMT**

### **5.2.1. Criterios e indicadores para la medición del rendimiento**

La medición del rendimiento podría definirse, literalmente, como el proceso mediante el que se cuantifica una acción, siendo la medición el proceso de cuantificación y la acción a medir el rendimiento. En este contexto, son especialmente relevantes los términos eficacia y eficiencia. Como es bien sabido, la eficacia se refiere al grado con el que los objetivos son alcanzados, mientras que la eficiencia mide el aprovechamiento que se hace de los recursos disponibles para cumplir con dichos objetivos. Esta cuestión es especialmente importante porque, además de identificar dos dimensiones fundamentales del rendimiento, también destaca el hecho de que puede haber razones tanto internas como externas para seguir determinados cursos de acción. De ahí que el nivel de rendimiento que una empresa logre sea una función de la eficiencia y eficacia de las acciones que desempeñe, pudiéndose establecer las siguientes definiciones:

- Medición del rendimiento: proceso de cuantificación de la eficiencia y la eficacia de una acción.
- Medida de rendimiento: medida usada para cuantificar la eficiencia y/o la eficacia de una acción.
- Sistema de medición del rendimiento: conjunto de medidas usado para cuantificar la eficiencia y la eficacia de las acciones.

A este respecto, no hay que perder de vista la multidimensionalidad del concepto rendimiento. Es por ello que las acciones encaminadas a mejorar alguna dimensión del rendimiento puedan resultar contraproducentes o indiferentes sobre otras dimensiones del mismo. Así, por ejemplo, incrementar las ventas podría requerir inversiones que, al menos temporalmente, tendrán un impacto negativo sobre la eficiencia o la liquidez.

Tradicionalmente, en esta etapa del proceso se ha acentuado la evaluación financiera, es decir, se ha optado habitualmente por un enfoque económico-financiero; sin embargo, este aspecto ha venido cuestionándose progresivamente por las consecuencias negativas que se pueden derivar de poner el énfasis en dicho aspecto. Centrarse principalmente en los costes conlleva el peligro de que el sistema de evaluación del rendimiento conduzca a los directivos a dedicarse exclusivamente a reducir los costes y a ignorar otros objetivos estratégicos. Así, a partir de finales de la década de los 80, y como resultado de los cambios sufridos en el mercado mundial (entre ellos, la implantación de nuevas tecnologías de fabricación y de nuevas filosofías de gestión de la producción), comienzan a evidenciarse las limitaciones de que adolecen las medidas tradicionales del rendimiento, así como la necesidad de desarrollar de otras nuevas. En la tabla 32 se muestra una comparación entre las características de los sistemas tradicionales y no tradicionales para la medición del rendimiento.

Medidas Tradicionales	Medidas No Tradicionales
Basadas en sistemas contables anticuados	Basadas en la estrategia empresarial
Principalmente financieras	Principalmente no financieras
Concebidas para la media y alta dirección	Concebidas para todos los empleados
Frecuencia de medida semanal o mensual	Frecuencia de medida diaria o cada hora
Difíciles, confusas y engañosas	Simples, precisas y fáciles de usar
Conducentes a la frustración de los empleados	Conducentes a la satisfacción de los empleados
Descuidadas en el taller	Frecuentemente usadas en el taller
Tienen un formato fijo	Sin formato fijo (dependen de las necesidades)
No varían entre situaciones o lugares	Varían entre situaciones o lugares
No cambian con el tiempo	Cambian con el tiempo y las necesidades
Principalmente para controlar el rendimiento	Principalmente para mejorar el rendimiento
No aplicables a JIT, TQM, BPR, OPT, ...	Aplicables
Dificultan la mejora continua	Ayudan a conseguir la mejora continua

Fuente: *Ghalayini y Noble (1996, p. 68)*

Tabla 32. Una comparación entre las medidas del rendimiento tradicionales y no tradicionales

Es aconsejable, por tanto, complementar los indicadores financieros con medidas físicas de la calidad, el rendimiento en las entregas (tanto en cantidad como en tiempo) y la flexibilidad. Queda claro que se trata de complementar y no de sustituir totalmente. No debería plantearse la situación de tener que elegir entre unas medidas u otras, máxime si hay indicios de que los directivos comprenden que no hay un objetivo nítido de rendimiento o foco de atención prioritario entre las áreas críticas del negocio y que requieren por tanto una exposición equilibrada de medidas, tanto financieras como operativas.

Lo comentado anteriormente es absolutamente imprescindible, por otra parte, para mantener la consistencia de las actuaciones: *del mismo modo que se destacó la importancia de tener en consideración los factores intangibles a la hora de evaluar y seleccionar tecnologías, es evidente que esos mismos factores habrán de ser tenidos en cuenta al medir el resultado de los nuevos equipos y actividades*. Entre éstos, podemos citar, por ejemplo: incremento de la capacidad productiva de la planta, mayor satisfacción de clientes, reducción del tiempo de suministro, mayor rapidez en el desarrollo de nuevos productos, capacidad para afectar a las características del mercado a largo plazo...

Tal y como puede observarse en la tabla 33, puede afirmarse, que en el sector aeronáutico andaluz *las medidas del rendimiento que se utilizan para las inversiones en AMT no difieren apenas de las utilizadas para la medición del rendimiento de otros proyectos más tradicionales*. Por lo que respecta a la utilización de diferentes medidas del rendimiento en función de que se trate de un tipo de AMT u otro la respuesta fue positiva en cinco casos, es decir, en algo más del 25% de las empresas usuarias.

Cuestión	Respuesta	
	Sí	No
Las técnicas utilizadas para la medición del rendimiento de inversiones en AMT...		
...difieren de las utilizadas para otras inversiones	5,3%	94,7%
...difieren en función del tipo concreto de AMT	26,3%	73,7%

Tabla 33. Especificidad de los indicadores para la medición del rendimiento de proyectos de inversión en AMT

Las diferencias entre la importancia de las diversas áreas empresariales para la medición del rendimiento son inequívocas<sup>31</sup>. En cuanto a la importancia relativa que se da a cada una de las áreas, en la tabla 34 puede apreciarse que la importancia media de la técnico/operativa es considerablemente superior a la del resto de áreas (un 66,67%); tras ésta sigue el área comercial, con una importancia media relativa cercana al 27% (es decir, 40 puntos porcentuales por debajo de la técnico-operativa), mientras que el área contable/financiera se encuentra en tercer lugar, con una media del 5,83%. Ello implica que, en la aeronáutica andaluza, medidas físicas de la calidad, el rendimiento en las entregas y la flexibilidad, no sólo complementan los indicadores financieros, sino que los llegan a superar en importancia. Las claras diferencias existentes entre la importancia relativa de cada área de rendimiento se aprecian igualmente si se observa, por ejemplo, que la importancia mínima dada al área técnico-operativa es del 40% y que más de un 70% de las empresas consideran que tiene una importancia superior al 50% del total; por el contrario, otras tantas empresas dan una importancia relativa nula al área contable/financiera, mientras que más de la mitad de las empresas dan una importancia relativa al área comercial que se sitúa entre el 26 y el 50%.

Descriptivo	Área comercial		Área contable/fra.		Área técnico/operativa		Otras áreas	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
media	26,94		5,83		66,67		0,55	
desviación típica	14,87		10,32		14,14		2,36	
mínimo	0,00		0,00		40,00		0,00	
máximo	50,00		30,00		90,00		10,00	
Importancia del criterio	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Un 0%	2	11,1%	13	72,2%	0	0,0%	17	94,4%
Del 1 al 25%	6	33,3%	4	22,2%	0	0,0%	1	5,6%
Del 26 al 50%	10	55,6%	1	5,6%	5	27,8%	0	0,0%
Del 51 a 75%	0	0,0%	0	0,0%	7	38,9%	0	0,0%
Del 76 al 99%	0	0,0%	0	0,0%	6	33,3%	0	0,0%
Un 100%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tabla 34. Importancia relativa de cada área sobre la que medir el rendimiento de las inversiones

<sup>31</sup> Ver tabla a28 en anexo.

En cuanto al nivel de utilización de las diferentes medidas del rendimiento, en la tabla 35 puede observarse que *son las medidas técnico-operativas las más extendidas* —especialmente aquellas listadas en la tabla desde el aumento de utilización de capacidad hasta la calidad del producto (todas ellas presentes en más del 60% de las empresas usuarias que miden el rendimiento de sus inversiones)— y *que las diferencias entre las medidas de rendimiento utilizadas en función del tipo de AMT de que se trate son mínimas*, apreciándose una distribución similar de los porcentajes en los tres tipos y para cada medida.

Medidas de rendimiento	AMT de diseño (N=16)		AMT de fabricación (N=15)		AMT de planificación (N=13)	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Rapidez de entregas	4	25,0%	2	13,3%	3	23,1%
Cumplimiento de entregas	14	87,5%	13	86,7%	13	100,0%
Reclamaciones de clientes	7	43,8%	6	40,0%	5	38,5%
Plazo de Retorno o Pay-back	5	25,0%	6	40,0%	3	23,1%
Retorno sobre la inversión (ROI)	1	6,3%	0	0,0%	0	0,0%
Valor Capital o VAN	3	18,8%	3	20,0%	3	23,1%
Tasa de Retorno o TIR	3	18,8%	3	20,0%	3	23,1%
Reducción de inventarios	2	12,5%	1	6,7%	2	15,4%
Aumento de utilización de capacidad	12	75,0%	15	100,0%	12	92,3%
Incremento productividad MO	10	62,5%	13	86,7%	9	69,2%
Tasa de defectuosas	10	62,5%	14	93,3%	11	84,6%
Reducción tiempo de suministro	8	50,0%	10	66,7%	10	76,9%
Calidad del producto	11	68,8%	14	93,3%	9	69,2%
Rapidez cambios de diseño	7	43,8%	3	20,0%	3	23,1%
Rapidez ajustes de capacidad	5	31,3%	9	60,0%	6	46,2%
Rapidez cambios volumen producción	6	37,5%	8	53,3%	6	46,2%
Variedad producción	7	35,0%	9	60,0%	7	53,8%
Cambios en mix de productos	3	18,8%	4	26,7%	4	30,8%
Frecuencia de mantenimiento	-	-	2	13,3%	-	-
Motivación del personal	-	-	1	6,7%	-	-

Tabla 35. Grado de utilización de diversas técnicas de medición del rendimiento

En relación con esta cuestión, se ha observado<sup>32</sup> que *son las empresas más grandes las que utilizan en mayor medida el indicador cumplimiento de entregas*, en consonancia con que las plantas de mayor tamaño son las que más importancia relativa dan al área comercial al medir el rendimiento. Por otro lado, en cuanto a las medidas del rendimiento económico-financiero puede destacarse un hecho interesante. Centrándonos en el plazo de recuperación, se ve una clara relación positiva entre el tamaño empresarial y su utilización para medir el rendimiento. Esto sólo ocurre en el caso de las AMT de planificación, mientras que la relación entre el tamaño empresarial y la medición del rendimiento a través de los indicadores financieros VAN y TIR es significativa para los tres tipos de AMT. La razón podría radicar en que las pymes encuentren más dificultades a la hora de medir el rendimiento de las AMT de planificación y que, por tanto, utilicen menos técnicas y sean menos concienzudas. Por último, y en relación con las medidas de rendimiento técnico-operativas, puede apreciarse que hay algunas relaciones significativas entre el tamaño empresarial y la utilización de las mismas. Concretamente, *la productividad de la mano de obra, la tasa de defectuosas, y la frecuencia de mantenimiento son tres medidas utilizadas en mayor medida por las plantas de mayor tamaño*.

Habida cuenta de que las plantas de mayor tamaño cuentan entre sus clientes a otros agentes distintos de otras empresas industriales dentro del sector, cabría esperar que sean éstas las que pongan más atención a la medición del rendimiento de las inversiones realizadas a través de indicadores comerciales. Sin embargo, los resultados obtenidos en el análisis estadístico realizado<sup>33</sup> llevan a afirmar que son las empresas de menor tamaño las que prestan una mayor atención a estos indicadores. Esta contradicción entre la tesis planteada anteriormente y el resultado obtenido nos lleva a profundizar en el análisis de esta cuestión. Si son las empresas más pequeñas las que ponen un mayor énfasis en la medición del rendimiento a través de aspectos comerciales relacionados con el cumplimiento de las fechas de entrega, deberían ser estas mismas empresas las que diesen una mayor importancia a este objetivo, al menos si se asume que un buen sistema de medición del rendimiento debería reflejar las prioridades competitivas de la unidad de negocio. A este respecto, puede apreciarse<sup>34</sup> que *no hay ninguna correlación significativa entre el tamaño empresarial y la importancia relativa dada a cada objetivo estratégico de Operaciones*. Sin embargo, el coeficiente de correlación indica que *las empresas de mayor tamaño tienden a dar un mayor peso relativo a las entregas frente a otros objetivos estratégicos*. Esta circunstancia apoya la

---

<sup>32</sup> Ver tabla a29 en anexo.

<sup>33</sup> Ver tabla a30 en anexo.

<sup>34</sup> Ver tabla a31 en anexo.

tesis que planteábamos acerca de que las plantas más grandes se suponen más preocupadas por aspectos comerciales del rendimiento, habida cuenta de cuáles son sus clientes, pero, por otro lado, evidencia que *en el sector no parece haber una correspondencia, en lo que a las entregas se refiere, entre la estrategia empresarial y la medición del rendimiento*. Esta cuestión se tratará en el siguiente apartado.

### 5.2.2. Correspondencia entre los criterios de medición y los objetivos estratégicos

No se puede afirmar que exista una combinación ideal de medidas del rendimiento aplicable a todas las empresas. Para algunos, los sistemas de medición del rendimiento deberían proporcionar por sí solos una visión de la estrategia. La medición del rendimiento serviría así, tanto para el proceso de elaboración de la estrategia como para el conocimiento de su contenido. En cuanto a lo primero, porque proporciona información acerca de la eficacia de las decisiones estratégicas y sugiere áreas de corrección; en cuanto a lo segundo, porque un buen sistema de medición del rendimiento reflejará las prioridades competitivas de la unidad de negocio. Si no fuese de este modo, ante un cambio en la estrategia, las medidas del rendimiento quedarían obsoletas e impedirían las actuaciones necesarias para conseguir los nuevos objetivos de la organización, habida cuenta de que las medidas del rendimiento son una parte integral del proceso de planificación y control empresarial.

En relación con esta cuestión, los resultados obtenidos en nuestro estudio<sup>35</sup> nos llevan concluir que, tal y como habíamos anticipado anteriormente, *en el sector aeronáutico andaluz no existe una correspondencia entre los objetivos perseguidos con la inversión y las medidas de rendimiento utilizadas*, y que, por tanto, *en el sector no parece haber conciencia de que la medición del rendimiento debería estar guiada por los objetivos de los que se nutre la estrategia empresarial. Se requiere, pues, una mejora en la determinación de las variables críticas que deberían utilizarse para medir el rendimiento*.

En general, a la hora de diseñar un buen sistema de medición del rendimiento, convendrá no caer en ninguno de los dos errores que parecen ser más habituales:

---

<sup>35</sup> Ver tabla a32 en anexo.

1) Falsas Alarmas. Cuando se usan medidas equivocadas para motivar a los directivos, de manera que se propicia el dedicar tiempo a la mejora de algo que tiene escasas consecuencias positivas para la empresa.

2) Desfases. Cuando no se utilizan las medidas correctas, de forma que algo realmente importante para la empresa pueda estar siendo descuidado.

El objetivo será eliminar las falsas alarmas del conjunto de medidas del rendimiento al que los directivos han de prestar atención e incluir en éste aquellas medidas que cierren los desfases. Así pues, determinar las variables críticas que deberían utilizarse para medir el rendimiento del sistema se muestra como una cuestión clave. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que es virtualmente imposible proporcionar una lista genérica de medidas que puedan ser de aplicación a todas las empresas manufactureras o, al menos, a todas las empresas de un mismo sector.

Las medidas del rendimiento deberían...	
1.	... derivarse de la estrategia.
2.	... ser fáciles de entender.
3.	... proporcionar retroalimentación oportuna y precisa.
4.	... basarse en cantidades que puedan ser controladas por el usuario, solo o en cooperación con otros.
5.	... reflejar el proceso del negocio (proveedores y clientes deberían contribuir a definir la medida).
6.	... estar relacionadas con objetivos específicos.
7.	... ser relevantes.
8.	... ser parte de un bucle de gestión cerrado.
9.	... estar claramente definidas.
10.	... tener un impacto visual.
11.	... estar enfocadas hacia la mejora.
12.	... ser consistentes (mantener su importancia a lo largo del tiempo).
13.	... proporcionar retroalimentación rápida.
14.	... tener un objetivo explícito.
15.	... estar basadas en fórmulas y fuentes de datos definidas explícitamente.
16.	... emplear ratios mejor que cifras absolutas.
17.	... utilizar datos que puedan ser recabados automáticamente como parte de un proceso.
18.	... ser presentadas en formato simple y consistente.
19.	... estar basadas en tendencias mejor que en valores instantáneos.
20.	... proporcionar información.
21.	... ser precisas, exactas respecto a lo que se está midiendo.
22.	... ser objetivas, no basadas en opiniones.

Fuente: a partir de Neely et al. (1997, p. 1137)

Cuadro 5. Recomendaciones acerca del diseño de medidas del rendimiento

Se ha de tener presente, además, que diseñar el sistema de medición del rendimiento debe ir más allá de establecer una determinada medida especificada en una fórmula más o menos robusta. Aspectos como, por ejemplo, el objeto y la frecuencia de la medición, así como la fuente de los datos también deberían ser considerados. En el cuadro 5 se proporciona una síntesis de las recomendaciones que hace la literatura dedicada a la medición del rendimiento respecto al diseño de dichas medidas.

Por otro lado, el diseño de un sistema de medición del rendimiento ha de verse intrínsecamente como un proceso continuado en el tiempo. Ello es debido a que su validez está ligada, ineludiblemente, a la variabilidad mostrada por el entorno competitivo actual, de manera que carecería de utilidad si no fuese capaz de ajustarse a los cambios acaecidos. En esencia: con el tiempo y los cambios, algunas medidas del rendimiento irán perdiendo su propósito o validez, por lo que deberían ser reemplazadas o complementadas por nuevas medidas de mayor utilidad en las nuevas circunstancias. Una última cuestión de gran importancia es determinar cuándo establecer las medidas críticas del rendimiento. El momento más apropiado para el establecimiento de dichos criterios parece ser la fase de preinstalación (antes de la puesta en marcha, es decir, en la que se ha denominado fase de adopción), durante el proceso de justificación estratégica y financiera de la nueva tecnología, habida cuenta de que es entonces cuando los departamentos implicados pueden identificar sus expectativas y esforzarse por determinar el período de tiempo en el que éstas deberían alcanzarse. Actuando de este modo, todos los departamentos serían capaces de controlar mejor los progresos alcanzados durante y después de la fase de instalación de la AMT, realizando los ajustes necesarios para alcanzar los objetivos fijados.

# 6

## TAXONOMÍA DE LAS PLANTAS AERONÁUTICAS ANDALUZAS EN FUNCIÓN DE SUS INVERSIONES EN AMT

---

### 6.1. PATRONES DE INVERSIÓN EN AMT

La literatura que se ocupa de analizar patrones de inversión en AMT es bastante reciente y aún escasa, existiendo dos trabajos fundamentales sobre el tema. El primero de ellos fue desarrollado por Boyer, Ward y Leong y apareció en 1996, el segundo se debe a Jonsson y fue publicado en 2000. Boyer et al. (1996) realizan un estudio empírico a partir de una muestra de 202 empresas metalúrgicas estadounidenses; la aplicación de un análisis de conglomerados permitió obtener una taxonomía con cuatro grupos diferenciados de empresas: Conservadoras, Generalistas, Grandes Inversoras y Diseñadoras, en función de sus patrones de inversión en tecnologías avanzadas de producción, es decir, de su nivel de inversiones en cada tipo de AMT, de diseño, de fabricación y de planificación.

El grupo de *conservadoras*, formado por un elevado número de empresas, se caracteriza por no realizar grandes inversiones en tecnologías avanzadas de diseño, fabricación o planificación, prefiriendo, aparentemente, confiar en tecnologías más convencionales. Las empresas *generalistas* deben su nombre a que sus inversiones en tecnologías se producen a un nivel considerablemente alto en los tres tipos de AMT, aunque éste es más bajo que en las *grandes inversoras*. Estas últimas están a la cabeza en cuanto a las inversiones en tecnologías avanzadas de diseño, fabricación y planificación, representando el extremo superior de un continuum en cuanto a la intensidad de las inversiones en AMT. Finalmente, las empresas *diseñadoras* realizan elevadas inversiones en tecnologías

avanzadas de diseño; sin embargo, sus inversiones en AMT de fabricación o planificación son tan bajas como en el caso de las conservadoras.

Las variables externas de validación de la taxonomía expuesta fueron el tamaño y la actividad industrial de las empresas de cada grupo, así como el rendimiento y el grado de integración entre las diversas actividades automatizadas. Por lo que respecta al tamaño (el cual se midió a través del número de empleados), aunque las grandes inversoras son en general de mayor tamaño, sólo resultaron ser significativamente mayores que las conservadoras. También hay diferencias en el nivel de integración alcanzado. Las grandes inversoras muestran el mayor nivel, seguidas por las generalistas, mientras que las diseñadoras y las conservadoras muestran el nivel más bajo, sin diferencias significativas entre ambos grupos. Es decir, una vez realizadas las inversiones, parece ser que se sigue por la lógica senda de su integración. En cuanto a la actividad y el rendimiento, no se apreciaron diferencias significativas entre los diferentes grupos.

Sobre la base de este trabajo, Jonsson (2000) estudia una muestra de 324 empresas del sector de transformados metálicos radicadas en Suecia. Tras la realización de un análisis clúster, se obtuvieron tres grupos de empresas a las que el autor denomina Conservadoras, Integradoras y Grandes Inversoras. Las variables externas de validación de la taxonomía fueron actividad, tamaño, número de competidores, incertidumbre del entorno, estrategia empresarial y de operaciones, formación del personal, gestión del mantenimiento y rendimiento.

Las empresas *conservadoras* son las que presentan menores inversiones en los tres tipos de AMT y, en comparación con los otros dos grupos, muestran un nivel especialmente bajo de integración. Las *integradoras* tienen el segundo mayor valor medio en inversión e integración. En términos relativos, su nivel de integración parece ser bastante elevado, incluso comparado con las grandes inversoras, siendo sus inversiones más elevadas en AMT de planificación. Por último, las inversiones en AMT y el nivel de integración de las *grandes inversoras* son las más elevadas, aunque los valores medios de las variables (en torno a 4 sobre un máximo de 7) no reflejen unas inversiones en AMT excesivamente elevadas.

Las similitudes entre ambas taxonomías parecen claras, reflejándose la correspondencia existente entre las conservadoras y grandes inversoras de ambos estudios y entre el grupo de generalistas y el grupo de integradoras. Por otra parte, el rasgo diferenciador más claro entre ambas agrupaciones es la falta de un grupo de empresas diseñadoras en la taxonomía de Jonsson (2000). Cabe señalar también que en los resultados de este último trabajo sí parecen apreciarse diferencias en el rendimiento entre los distintos grupos, siendo éste mayor en el caso de las grandes inversoras. El desarrollo de taxonomías permite clasificar las organizaciones dentro de grupos exhaustivos y mutuamente excluyentes que permitan

mostrar una visión multidimensional de las organizaciones estudiadas. Nos preguntamos entonces, ¿qué ocurre en Andalucía? La respuesta a este interrogante se encuentra en el siguiente apartado.

## **6.2. PATRONES DE INVERSIÓN EN AMT IDENTIFICADOS EN EL SECTOR: UNA TAXONOMÍA DE LAS PLANTAS AERONÁUTICAS ANDALUZAS**

Para identificar distintos patrones de inversión asociados a diferentes estrategias tecnológicas en el sector ha sido llevado a cabo un análisis de conglomerados a partir del nivel de inversiones en cada tipo de tecnología. Ello ha permitido distinguir tres grupos de empresas que difieren entre sí en función de sus inversiones en AMT de diseño, fabricación y planificación<sup>36</sup>, así como respecto a otros factores contextuales tales como la actividad<sup>37</sup>, el tamaño<sup>38</sup>, sus prioridades competitivas<sup>39</sup> y su nivel de integración<sup>40</sup>. Cada uno de estos grupos contiene un conjunto de plantas que, en función de sus inversiones en cada tipo de AMT (cuyas medias aparecen representadas en la figura 15) y de las diferencias con las de las plantas de los otros grupos, hemos denominado *Conservadoras*, *Diseñadoras* e *Inversoras*:

Las empresas *CONSERVADORAS*, un total de 9 (45% de la población), se apoyan en tecnologías más tradicionales para la realización de sus actividades, habida cuenta de que sus inversiones en los tres tipos de AMT alcanzan un nivel muy bajo, siempre inferior a la media del sector. No obstante, en el caso de las AMT de planificación, la media de sus inversiones está algo por encima que en el caso de las diseñadoras, aunque la diferencia no es estadísticamente significativa. Como consecuencia de ello, son las que muestran un menor nivel de integración, siendo significativamente menor que el de las empresas diseñadoras, que muestran una integración media. La mayoría están dedicadas al montaje, y el hecho de que una empresa pertenezca al grupo de conservadoras está significativamente relacionado con que no se dedique ni al diseño ni al mecanizado. Por lo que respecta a su tamaño, son prácticamente iguales a las empresas diseñadoras y significativamente más pequeñas que las inversoras.

---

<sup>36</sup> Ver tabla a33 en anexo.

<sup>37</sup> Ver tabla a34 en anexo.

<sup>38</sup> Ver tabla a35 en anexo.

<sup>39</sup> Ver tabla a36 en anexo.

<sup>40</sup> Ver tabla a37 en anexo.

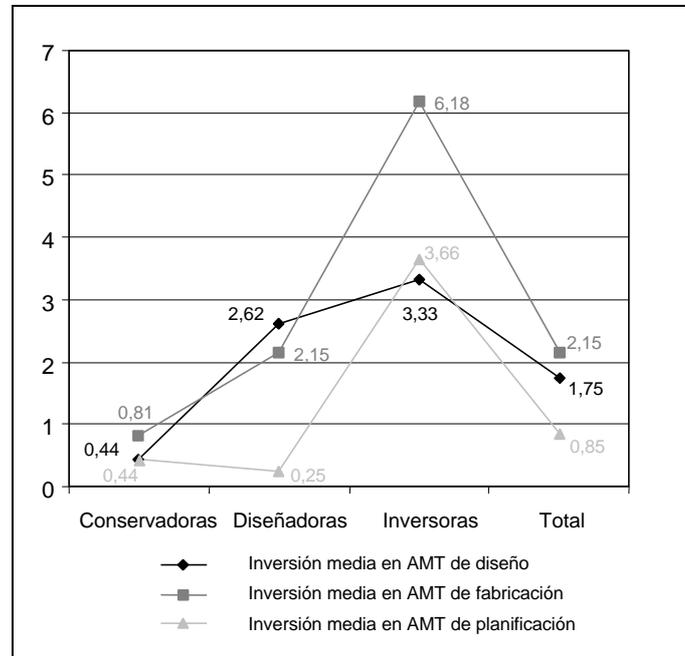


Figura 15. Valores medios de las inversiones en AMT de diseño, fabricación y planificación en cada conglomerado

El conglomerado de *DISEÑADORAS* abarca 8 empresas (40% de la población) que muestran elevadas inversiones en AMT de diseño, pero inversiones significativamente menores a las de las grandes inversoras en AMT de fabricación y planificación; tanto que en estos dos tipos no se aprecian diferencias significativas con el nivel de inversiones de las conservadoras. Son, pues, empresas orientadas a las AMT para la realización de actividades de diseño, y muestran un nivel de integración intermedio significativamente diferenciado del de los otros dos conglomerados. La mayor parte están dedicadas al mecanizado, siendo significativa la relación entre dicha actividad y la pertenencia al grupo de diseñadoras. Por lo que respecta a su tamaño, son prácticamente iguales a las empresas conservadoras y significativamente más pequeñas que las inversoras.

El grupo de *INVERSORAS* es el menos numeroso, con tan solo las 3 plantas de Construcciones Aeronáuticas (15% de la población). Las inversiones de éstas en los tres tipos de AMT superan claramente la media del sector, teniendo las mayores inversiones medias en los tres tipos de AMT —aunque la diferencia en el nivel de inversiones en AMT de diseño no

llega a ser significativa respecto de las alcanzadas por las del grupo de diseñadoras—. Como consecuencia, exhiben el mayor nivel de integración del sector, significativamente mayor que el intermedio de las diseñadoras. La pertenencia a este conglomerado está relacionada, no tanto con la actividad empresarial, como con el tamaño de las plantas, pues la diferencia entre el tamaño del grupo de inversoras es significativa con los otros dos conglomerados.

Aun siendo cautos, dadas las diferencias metodológicas, pueden observarse ciertas similitudes entre los grupos diferenciados en el sector aeronáutico andaluz y los obtenidos en los trabajos referidos anteriormente. La primera similitud la encontramos en la existencia de un grupo de conservadoras caracterizado por un bajo nivel de inversiones en los tres tipos de AMT. La segunda equiparación se puede hacer en torno al grupo de inversoras, el que tiene mayores inversiones en los tres tipos de AMT, aunque en este caso las correspondencias no pueden establecerse de forma tan clara. El escaso número de plantas de la población y el aún más reducido número de las que tienen un uso generalizado de AMT, hace que no se pueda asegurar que el grupo de empresas inversoras del sector aeronáutico andaluz no pudiera corresponderse en realidad con el que otros autores identifican como generalistas. Es decir, aunque en el sector aeronáutico andaluz hemos detectado un patrón de inversiones que abarca los tres tipos de AMT, no es posible la diferenciación por grados. Por último, se aprecia la existencia de un patrón de diseñadoras con inversiones en AMT de diseño considerablemente elevadas, pero no así las realizadas en AMT de fabricación y planificación, que son similares a las de las empresas conservadoras. La identificación inequívoca de un grupo de empresas diseñadoras apoya en principio la hipótesis de que las empresas diseñadoras y las empresas generalistas e inversoras siguen patrones evolutivos diferentes. Sin embargo, juzgamos indispensable un estudio longitudinal que permita constatar la evolución en el tiempo de las empresas del sector.

Se vislumbra, pues, la existencia de *cierto umbral de tamaño a partir del cual las inversiones en AMT son considerablemente superiores, independientemente de la actividad desarrollada*. Antes de alcanzar dicho tamaño, las diferencias entre conservadoras y diseñadoras sólo se aprecian en las AMT de diseño y algo en las AMT de fabricación (aunque en este último caso no de forma estadísticamente significativa), estando las inversiones relacionadas, fundamentalmente, con el tipo de actividad (ver tabla 36).

Conglomerado	Plantas	Plantas por actividad
Conservadoras	9	3 a montaje 2 a montaje y chapistería 1 a montaje y materiales compuestos 1 a Ingeniería 1 a tratamiento térmico 1 a tuberías y procesos finales
Diseñadoras	8	3 a mecanizado 3 a mecanizado y montaje 2 a Ingeniería y diseño
Inversoras	3	1 a montaje 1 a montaje y mecanizado 1 a montaje y chapistería

Tabla 36. Actividad principal de las empresas de cada conglomerado

En cuanto a sus prioridades competitivas, sólo se aprecia una diferencia claramente significativa entre las diseñadoras y los otros dos grupos en torno a la prioridad del objetivo flexibilidad, pudiendo concluirse que, *independientemente del tamaño, las empresas que se decantan en mayor medida por las AMT son las más comprometidas con la flexibilidad*. No obstante, habría que profundizar en si dicha relación no implica realmente reorientaciones de la estrategia, posteriores a la adquisición de AMT y como consecuencia de las capacidades que las nuevas tecnologías proporcionan. La opinión de que la relación entre la estrategia empresarial y la inversión en tecnología se da en ambos sentidos ha sido manifestada por diversos autores en los últimos años. *Hay que tener en cuenta que la explotación de las AMT adquiridas puede generar nuevas capacidades, que requerirán de los ajustes pertinentes en las estrategias competitivas de partida. En este contexto, las empresas sin AMT tendrían menos opciones estratégicas y un ámbito de acción más limitado; en cuanto a las que cuentan con ellas, si no poseen un marco estratégico bien definido, las opciones creadas por las AMT podrían no ser reconocidas, lo cual podría dar lugar a optar por vías ineficientes, no desarrollar al máximo las capacidades disponibles y no aprovechar las potenciales ventajas competitivas*.

Por último, no se han observado diferencias significativas en el rendimiento de las inversiones o en el rendimiento empresarial (ver valores medios de beneficio y crecimiento en figura 16) en función de que las empresas pertenezcan a uno u otro conglomerado<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> Ver tabla a38 en anexo.

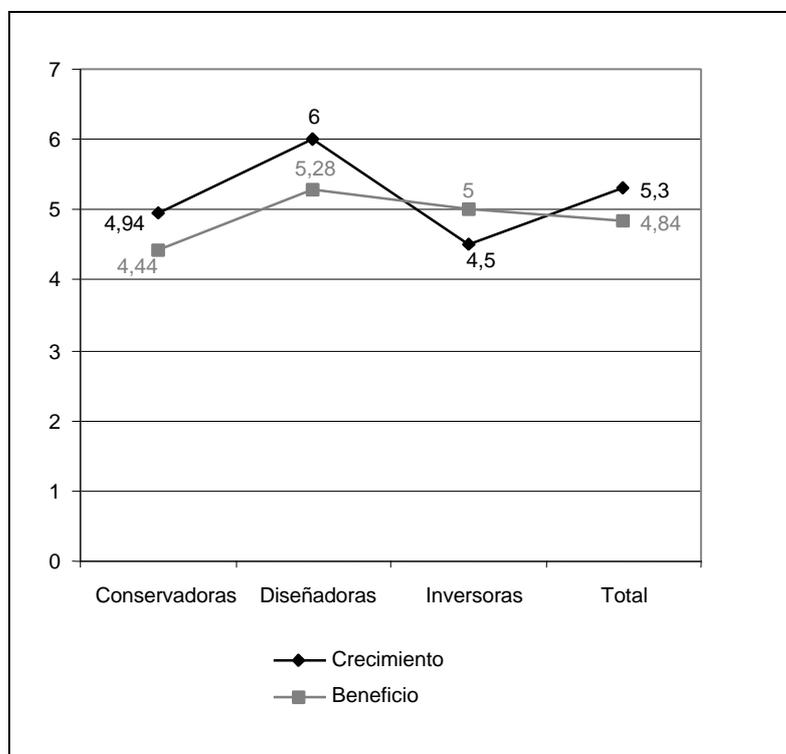


Figura 16. Valores medios de crecimiento y beneficio en cada conglomerado

Diversas causas pueden explicar la falta de diferencias en el rendimiento entre grupos: calidad del proceso de implantación, contingencias relacionadas con clientes y productos de la empresa, desfase entre las inversiones y la mejora de rendimiento derivada de las mismas o el principio de equifinalidad (es decir, que diferentes estrategias o caminos pueden llevar a idénticos resultados). Cualquiera de ellas podría asumirse, a priori, en nuestro estudio, aunque con matices. Así, por ejemplo, si bien es cierto que muchas de las inversiones analizadas eran muy recientes, otras habían tenido lugar hacía ya bastantes años, por lo que la influencia del posible desfase no puede generalizarse, siendo necesario para ello un estudio longitudinal que permita contrastar resultados a lo largo del tiempo para una misma empresa. Por otro lado, las características de la población estudiada nos llevan a aceptar el hecho de que las relaciones entre las empresas y sus clientes/proveedores son muy similares en todos los casos, por lo que la influencia de esta razón quizá no tenga excesivo peso para explicar las diferencias o faltas de diferencias en el rendimiento. Por lo que respecta a la calidad del proceso de implantación, los resultados obtenidos

en otras parcelas de esta investigación permiten apreciar que el único factor relacionado significativamente con un mayor rendimiento de las inversiones realizadas es la formación del personal, aunque dicha relación no se aprecia cuando se trata del rendimiento empresarial. Finalmente, la importancia del principio de equifinalidad en relación con las tipologías y taxonomías sobre la estrategia empresarial ha sido resaltada por diversos autores. Son numerosos los trabajos que llegan a la conclusión de que la tecnología por sí misma no está correlacionada con una mejora en el rendimiento.

Sin embargo, aunque no se traduzca en una mejora del rendimiento empresarial, el rendimiento de las inversiones en AMT del sector parece ser elevado, pues las medias de los rendimientos de las inversiones son bastante altas, lo cual deja vislumbrar que *las empresas se encuentran en general bastante o muy satisfechas con el rendimiento de las inversiones*. Esta positiva consideración de las inversiones pudiera estar influida porque éstas son, en general, limitadas e incrementales, pues existen estudios que demuestran que la radicalidad de las inversiones suele ir en detrimento de la percepción que se tiene de su rendimiento. Todo ello muestra que debe haber otros factores, al margen de las inversiones, que eliminan el efecto positivo de las mismas. Y por otro lado, que si no se invirtiese las empresas podrían llegar en algunos casos a quedar fuera del mercado.

Un análisis longitudinal permitiría arrojar más luz sobre la evolución de los patrones de inversión en el sector y también sobre otros aspectos como, por ejemplo, si los beneficios de las AMT sobre el rendimiento empresarial se perciben más nítidamente a largo plazo o si las plantas no inversoras han desaparecido o han sido absorbidas.

# 7

## CONSIDERACIONES FINALES: ALGUNAS IMPLICACIONES PARA LOS DIRECTIVOS Y LA ADMINISTRACIÓN

---

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, hasta el punto de que en marzo de 2000 sólo tres de las dieciséis plantas auxiliares contaban con alguna tecnología de este tipo. *La actividad planificadora es, pues, una asignatura pendiente de las pymes del sector aeronáutico andaluz.*

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*. Por un lado, se aprecia una relación significativa entre el tamaño de la empresa y el nivel de inversiones en estas tecnologías; no obstante, hay que tener también en cuenta que, por tratarse de *software*, éstas se encuentran entre las AMT más asequibles, lo que permite que las empresas más pequeñas puedan adquirirlas más fácilmente que otros equipos más costosos. Por otro lado, se constata que las

empresas dedicadas a actividades de mecanizado, Ingeniería y diseño cuentan con inversiones en diseño significativamente mayores. *En cuanto a los factores que condicionan la difusión de las AMT de fabricación, cabe destacar una relación significativa del tamaño de la empresa con el nivel de inversiones en estas tecnologías.* Asimismo, se aprecia una correlación positiva entre el mecanizado y las inversiones en AMT de fabricación. Esto no ocurre con otras actividades propias del sector como la chapistería y el montaje, lo cual es lógico pues son procesos muy manuales, de difícil o muy costosa automatización. Por último, *el tamaño empresarial aparece como el factor que condiciona fundamentalmente la utilización de AMT de planificación,* apreciándose una correlación positiva entre ambas variables. La actividad empresarial no parece estar relacionada en ningún caso con unas mayores o menores inversiones en estas tecnologías.

Las empresas que no invierten en ciertas AMT suelen aducir, en general, una falta de ajuste con el proceso. Esta justificación puede tener fundamento en muchos casos, pero, el hecho de que se hayan encontrado ejemplos de automatización en casi todas las actividades contempladas en el sector y que, tal y como se ha apuntado anteriormente, algunas de estas tecnologías estén concebidas para actividades de gestión y control, generalizables a cualquier tipo de organización, lleva a concluir que *el grado de desconocimiento de muchas de estas tecnologías, al menos de su funcionamiento, puede ser considerablemente mayor que el manifestado por los encuestados.* A este respecto, la fuente de obtención de información más importante, independientemente del tamaño de la planta, son otras empresas del sector, seguida de los propios empleados, las ferias de muestras y las revistas. Sin embargo, *las empresas del sector aeronáutico creen que la información que obtienen a través de las distintas administraciones no tiene apenas importancia* a la hora de conocer las AMT que podrían aplicar a sus procesos. Este hecho resulta paradójico habida cuenta de que el sector es considerado estratégico por dichas administraciones.

Sobre las razones que motivan las inversiones, *la mayoría de las empresas destacan la necesidad de invertir como consecuencia de las exigencias del sector* en este sentido y, por tanto, para no quedarse fuera del mismo, *lo que trasluce un marcado carácter reactivo en las estrategias tecnológicas seguidas.* Una vez asumida tal circunstancia, el factor catalizador de mayor importancia, fundamentalmente para las empresas de menor tamaño, es estar inmersos en un proyecto de expansión empresarial, seguido por un incremento de los beneficios. Esto podría explicar, al menos en parte, que aunque fueron diversas la manifestaciones en torno al elevado coste de todas estas tecnologías y la dificultad para adquirirlas, la financiación no es una dificultad que destaque en ningún caso una vez

decidida la inversión, ni siquiera en las AMT de fabricación. Sirviéndonos literalmente de las manifestaciones hechas en una de las entrevistas realizadas “se compra lo que se puede”; en estas circunstancias es evidente que no habrá problemas de financiación, pero se pueden estar perdiendo muchas posibilidades de inversión.

En cuanto a la vía fundamental para acceder a las AMT entre las empresas del sector aeronáutico andaluz, sea cual sea su tamaño, ésta es la adquisición de patentes y licencias. *El desarrollo interno de la tecnología apenas si tiene importancia*, aun en el caso de *software* específico, *lo cual evidencia que la I+D es también un punto débil del sector*, aspecto que será referido nuevamente más adelante.

Una vez proyectadas las inversiones, las empresas del sector no parecen tener excesivamente claros los beneficios que esperan obtener con éstas. Aun así, éstos difieren en función del tipo de tecnología de que se trate y, por los resultados obtenidos, *todas las empresas se encuentran en general bastante o muy satisfechas con el rendimiento obtenido*, medido a través del cumplimiento de los objetivos marcados. Esta consideración de las inversiones puede estar positivamente influida porque éstas son en general limitadas e incrementales, dado que la radicalidad de las inversiones va en detrimento de la percepción que se tiene de su rendimiento. *En cualquier caso, el rendimiento de las inversiones en AMT no está correlacionado con el rendimiento empresarial, lo que deja traslucir que éste está condicionado por otras muchas circunstancias al margen de la inversión en AMT.*

El análisis realizado ha permitido también constatar que la polivalencia de los trabajadores y el apoyo y compromiso de la dirección son los factores que se tienen presentes en mayor medida por las plantas del sector aeronáutico andaluz cuando se trata de la adopción, implantación y control de sus inversiones en AMT. El segundo grupo de factores, por orden de importancia, está constituido por la formación del personal, el apoyo del proveedor, el contar con un responsable del proyecto y la motivación del personal. Así pues, y a la vista de los resultados obtenidos, podría afirmarse que *los factores relacionados con la gestión de los recursos humanos, tales como polivalencia, formación, motivación y liderazgo, son los percibidos por las empresas como más relevantes para la consecución de los objetivos. La situación opuesta está ocupada por la implantación de recompensas adecuadas, el estudio de impactos sobre la organización y el desarrollo de un plan para la integración de sistemas, el análisis de factibilidad técnica, contar con una estrategia de Operaciones explícita y utilizar técnicas financiero-contables adecuadas.* Quizá debido al entorno de relativa

competencia del que gozaban estas plantas hasta hace poco, este hecho no haya tenido consecuencias graves; sin embargo, *con los acelerados cambios que se están produciendo en el sector* y la amenaza de incrementar la competencia con otras empresas españolas o extranjeras, *la no consideración de algunos de los factores mencionados podría convertirse en un serio handicap para las auxiliares aeronáuticas andaluzas*. Abundando en esta cuestión, se ha comprobado que aquellas empresas que han recurrido a la formación del personal presentan un mayor rendimiento de sus inversiones en AMT. Estos resultados sustentan la hipótesis de que entre todos los factores mencionados en la literatura como condicionantes del éxito, el humano puede diferenciar por sí solo a las empresas exitosas de aquellas que no lo son tanto.

En cuanto a los criterios y técnicas de evaluación que se utilizan para la evaluación y justificación de AMT, el análisis realizado ha permitido observar, en primer lugar, que éstos no difieren significativamente, ni en función del tipo de AMT de que se trate, ni de los utilizados en otros proyectos de inversión más tradicionales. Si se parte de la premisa de que los beneficios y costes intangibles de estas tecnologías requieren idealmente la utilización conjunta de criterios económico-financieros y estratégicos y de técnicas capaces de incluir en la valoración tales intangibles, podría concluirse que o bien en el sector se lleva a cabo una inesperada consideración de aspectos estratégicos en todas las inversiones realizadas, o que, más probablemente, las inversiones en AMT se siguen evaluando a través de las técnicas financieras tradicionales, tal y como indican otros estudios ya mencionados anteriormente. Sin embargo, los resultados obtenidos parecen en principio apuntar a la primera explicación, pues no se puede afirmar que haya diferencias significativas entre la importancia dada a ambos criterios a la hora de evaluar proyectos de inversión en AMT; incluso la importancia media de los criterios estratégicos se muestra algo mayor que la de los criterios económico-financieros. Ahora bien, profundizando en las respuestas obtenidas, no ha de perderse de vista que la evaluación estratégica que afirman realizar muchas de estas empresas no pasa del conocido "acto de fe" que acompaña al hecho de que hay que invertir para no quedar fuera del mercado. En general, *el uso que las empresas hacen de las técnicas de evaluación económico-financieras es muy bajo*, salvo en el caso del plazo de recuperación, *y las técnicas de evaluación multicriterio apenas son utilizadas*. El sector, por tanto, utiliza las técnicas más tradicionales de evaluación y, entre éstas, las más básicas. Parece, pues, que queda aún mucho por hacer para que se asuman algunas de las diversas técnicas existentes, fáciles de aplicar para la selección y evaluación de inversiones, las cuales podrían ayudar a estimar más correctamente la rentabilidad de las inversiones que se realizan, así como su contribución a otros objetivos estratégicos. Ello facilitaría también su posterior control y disminuiría el número de inversiones basadas en actos de fe.

Por otro lado, se ha observado que *las empresas del sector aeronáutico andaluz afirman mayoritariamente que no exigen una valoración más alta a los proyectos de inversión en AMT*. Aun más, en muchos casos se afirmaba que ocurría todo lo contrario, es decir, que se aceptaban valoraciones más bajas, lo que está en consonancia con la hipótesis que apunta que, aun cuando la evaluación económico-financiera no llegue a ser satisfactoria, los criterios estratégicos propician la inversión.

Asimismo, se ha observado que el tamaño de la empresa no influye significativamente en la importancia relativa dada a cada criterio de evaluación; es decir, *sea cual sea el tamaño empresarial, los criterios económico-financieros y los criterios estratégicos son considerados de igual importancia*. Ahora bien, como se esperaba, las técnicas de evaluación económico-financieras basadas en la actualización de los flujos de caja y las técnicas multicriterio utilizadas lo son fundamentalmente por las plantas de mayor tamaño. Por el contrario, herramientas como el plazo de recuperación, el ROI y el ratio coste/beneficio son igualmente utilizadas independientemente del tamaño empresarial.

En cuanto a la medición del rendimiento de estas inversiones, nuestro análisis ha permitido observar, en primer lugar, *que las medidas que se utilizan para controlar proyectos de inversión en AMT no difieren apenas de las utilizadas para la evaluación de otras inversiones más tradicionales*, así como que sólo algo más de la cuarta parte de las usuarias afirma utilizar distintas medidas de rendimiento en función del tipo de AMT. Por otro lado se ha comprobado que en el sector analizado *existen diferencias significativas entre la importancia del papel que juegan las diversas áreas empresariales en la medición del rendimiento. La importancia media del área técnico/operativa es considerablemente superior a la del resto de áreas* (un 66,67%), lo cual implica que, en la aeronáutica andaluza, medidas físicas de la calidad, el rendimiento en las entregas y la flexibilidad no sólo complementan los indicadores financieros, sino que los llegan a superar en importancia. En segundo lugar, hemos constatado que *el tamaño de la empresa influye significativamente en la importancia relativa dada al área comercial en la medición del rendimiento de inversiones en AMT*, de manera que parecen ser las empresas de menor tamaño las que prestan una mayor atención a estos indicadores. Sin embargo, no hay ninguna relación significativa entre el tamaño empresarial y la importancia relativa dada a cada objetivo estratégico de Operaciones, si bien son las empresas de mayor tamaño las que tienden a dar un mayor peso relativo a las entregas frente a otros objetivos estratégicos. Esta circunstancia apoya la tesis de que las plantas más grandes se suponen más preocupadas por aspectos comerciales del rendimiento, pero, por otro lado, evidencia, en nuestra opinión, que en el sector no parece haber una correspondencia, en lo que a las entregas se refiere, entre la estrategia empresarial y la medición del rendimiento. En tercer lugar, que *no se puede apreciar ninguna relación*

*significativa entre ninguno de los objetivos que motivaron las inversiones y su correspondiente medida del rendimiento*, es decir, no existe una correspondencia entre los objetivos perseguidos con la inversión y las medidas de rendimiento utilizadas para su posterior control. Es ésta una nueva muestra de que en el sector *no parece haber conciencia de que la medición del rendimiento debería estar guiada por los objetivos de los que se nutre la estrategia empresarial*. Ello no debería extrañar habida cuenta de que la mayor parte de las empresas analizadas son pymes y que, en general, la visión y planificación estratégica no son puntos fuertes de este tipo de empresas.

Por último, *se ha construido para el sector estudiado una taxonomía de tres grupos de empresas, las cuales se caracterizan por diferentes estrategias tecnológicas* en función de sus inversiones en cada tipo de AMT. Los tres grupos de empresas, *identificadas como Conservadoras, Diseñadoras e Inversoras, se diferencian, además, en tamaño, nivel de integración y tipo de actividad*. En general, las conservadoras son pymes con escasas inversiones en AMT y bajo nivel de integración que no se dedican al mecanizado; las diseñadoras son pymes con elevadas inversiones en AMT de diseño y un nivel intermedio de integración, que se dedican al mecanizado; las inversoras son plantas grandes con las mayores inversiones en los tres tipos de AMT, y con una elevada integración, no estando relacionadas, en concreto, con ninguna actividad.

En cuanto a sus prioridades competitivas, sólo se aprecia una diferencia claramente significativa entre las diseñadoras y los otros dos grupos en torno a la prioridad del objetivo flexibilidad, pudiendo concluirse que, independientemente del tamaño, las empresas que se decantan en mayor medida por las AMT son las más comprometidas con dicho objetivo. No obstante, queda aún por determinar si dicha relación no implica realmente reorientaciones de la estrategia, posteriores a la adquisición de AMT y, como consecuencia, de las capacidades que las nuevas tecnologías proporcionan. La opinión de que la relación entre la estrategia empresarial y la inversión en tecnología es inherentemente dinámica en ambos sentidos ha sido manifestada por diversos autores en los últimos años (Clark (1996); Schroeder et al. (1995); Banerjee (2000)). Hay que tener en cuenta que la explotación de las AMT adquiridas puede generar nuevas capacidades, que requerirán de los ajustes pertinentes en las estrategias competitivas de partida. En este contexto, las empresas sin AMT tendrían menos opciones estratégicas y un ámbito de acción más limitado; en cuanto a las que cuentan con ellas, si no poseen un marco estratégico bien definido, las opciones creadas por las AMT podrían no ser reconocidas, lo cual podría dar lugar a optar por vías ineficientes, no desarrollar al máximo las capacidades disponibles y no aprovechar las potenciales ventajas competitivas. A pesar de lo comentado anteriormente, la evidencia empírica de esta relación aún es escasa. Por un lado, porque la idea de que la

tecnología, como componente interno de una organización, pueda inspirar su estrategia es considerablemente reciente (Parthasarthy y Sethi, 1992, p. 90); por otro lado, porque muchas empresas, particularmente pymes, no desarrollan deliberadamente ningún tipo de planificación estratégica, lo cual dificulta, obviamente, la observación.

Por otra parte, las diferencias en el rendimiento de las inversiones y en el rendimiento empresarial existentes entre los distintos grupos son mínimas, lo cual apoya el principio de equifinalidad, es decir, que existen distintos caminos o estrategias que pueden conducir a idénticos resultados. Sin embargo, en nuestro trabajo ha habido ocasión de comprobar que, aunque no tiene por qué suponer una mejora en el rendimiento empresarial, el rendimiento de las inversiones en AMT del sector parece ser elevado. Ello sugiere, por un lado, que debe haber otros factores que eliminan dicho efecto positivo, y, por otro lado, que si no se invirtiese las empresas podrían quedar fuera del mercado en algunos casos.

Las características que acompañan a los grupos identificados permiten afirmar que los patrones de comportamiento en cuanto a inversiones en AMT en el sector son similares a los detectados en otros sectores y áreas geográficas, por lo que cabe confiar en la consistencia de determinados patrones más allá de las fronteras. En relación con esta cuestión, parece necesario profundizar en la existencia de una estrategia tecnológica que apuesta especialmente por las AMT de diseño. En el caso de la aeronáutica andaluza, *un análisis longitudinal permitiría arrojar más luz sobre la evolución de los patrones de inversión en el sector y sobre otros aspectos como, por ejemplo, si los beneficios de las AMT sobre el rendimiento empresarial se perciben más nítidamente a largo plazo o si las plantas no inversoras han desaparecido o han sido absorbidas.*

Aunque la relevancia de los resultados obtenidos dependerá en cierta medida de la situación particular de cada empresa respecto a éstos, creemos que, en general, se derivan algunas **implicaciones para los directivos del sector**, para los que podría ser útil tener presentes, al menos, los siguientes aspectos:

1. Se ha contemplado la importancia que la formación del personal tiene en el proceso de adopción, implantación y control de AMT, siendo éste el único factor que se ha visto relacionado significativamente con el rendimiento de las inversiones realizadas. Aunque en general todos los directivos encuestados eran conscientes de este hecho, es fundamental que dicha formación no se descuide en ningún momento, y que ello se tenga en cuenta a la hora de determinar las modalidades de contratación.

2. La flexibilidad de las AMT facilita la diversificación de la actividad empresarial, la cual puede ser una opción al alcance de las pymes auxiliares para afrontar los riesgos propios del sector y compensar las inversiones realizadas.
3. El tamaño reducido y el carácter reactivo que parece detectarse en algunas de las empresas auxiliares, podrían, en un entorno como el actual, constituir un serio problema para la supervivencia de muchas de ellas de manera independiente.
4. Se han puesto de manifiesto las deficiencias que, en general, existen en las pymes del sector en cuanto a visión y planificación estratégica, tanto en el ámbito de la empresa en general como en el de producción/operaciones en particular. Si bien las actuaciones empresariales pueden constituir el reflejo de la estrategia, aun cuando ésta sea tácita o emergente y no explícita, la planificación estratégica requiere algo más que una declaración de que todo lo que se hace es por estrategia empresarial. Quizá en un entorno de relativa competencia, como el que ha habido hasta el momento, este hecho no haya tenido consecuencias graves; sin embargo, con los acelerados cambios que se están produciendo en el sector y la amenaza cierta de entrar en competencia directa con otras empresas españolas y/o extranjeras, este hecho podría convertirse en un serio handicap para las auxiliares andaluzas.
5. No parece haber una conciencia clara de todos los beneficios que pueden esperarse de las distintas inversiones en AMT. Además, se ha evidenciado el desfase existente entre las medidas del rendimiento de las inversiones y los objetivos que las motivan. Lo primero sugiere una necesidad de mayor información al respecto; lo segundo, una mejora en la determinación de las variables críticas que deberían utilizarse para medir el rendimiento. El control de las inversiones debería hacerse sobre el efecto de éstas en aquellos factores que las motivaron.
6. Diversas técnicas fáciles de aplicar para la selección y evaluación de inversiones podrían ayudar a estimar más correctamente la rentabilidad de las inversiones que se realizan, así como su contribución a otros objetivos estratégicos. Ello facilitaría también su posterior control y evitaría las inversiones basadas en *actos de fe*.

Por otra parte, y habida cuenta de que el sector es considerado estratégico en la región, la Administración regional debería tener en consideración algunos de los resultados y conclusiones obtenidos, pues su actuación sobre el colectivo (mediante concienciación y formación) puede influir en la situación futura. Cuando menos, las siguientes **implicaciones para la Administración** deberían ser consideradas:

- a) El grado de desconocimiento de muchas AMT en las empresas del sector aeronáutico, o cuando menos de su funcionamiento, es, a nuestro juicio, mayor que el manifestado por los encuestados. Al mismo tiempo, hay que recordar que éstos creen que la información que obtienen a través de las distintas Administraciones no tiene apenas importancia a la hora de conocer las AMT que podrían aplicar a sus procesos.
- b) En la contrastación empírica realizada se ha comprobado que la formación de los empleados es un factor clave para el rendimiento positivo de las inversiones; a pesar de ello, muchas empresas se lamentan de que no hay quien proporcione el tipo de formación que su personal requiere para trabajar con estas tecnologías.
- c) Aun siendo un sector de alta intensidad tecnológica, el escaso interés en crecer mostrado por muchas de sus empresas, unido al elevado coste de la mayor parte de las AMT, hacen que las inversiones se limiten en la mayoría de los casos a lo que se considera imprescindible para mantenerse en el sector.
- d) Aunque la financiación no se considere una dificultad insalvable para realizar las inversiones decididas, sí se aprecia la idea generalizada de que no hay facilidades para conseguir dicha financiación.

En conjunto, puede afirmarse que es importante que se produzca una mayor concienciación por parte del sector y de la Administración sobre las carencias y debilidades actuales, pues muchas de ellas podrían paliarse con el desarrollo de un adecuado plan de información y de formación. Los resultados obtenidos muestran que éste no debe ceñirse sólo a los aspectos relativos al uso e implantación de las AMT por parte de los operarios de las empresas analizadas, sino que debe centrarse también en los aspectos directivos que hemos resaltado. Ello serviría para hacer disminuir en lo posible las deficiencias observadas. El contenido del mismo podría inspirarse en el resumen de implicaciones que hemos querido destacar para los directivos y la Administración, así como en un análisis más profundo del contenido del presente trabajo. Otras carencias implicarían, quizá, el estudio de las vías más adecuadas para la financiación de las inversiones del sector, aunque ello no ha sido objeto de análisis en el presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

---

- ABDEL-KADER, M.G. y DUGDALE, D. (1998): "Investment in Advanced Manufacturing Technology: A Study of Practice in Large U.K. Companies", *Management Accounting Research*, vol. 9, nº 3, pp. 261-284.
- ABERNETHY, M.A. y LILLIS, A.M. (1995): "The Impact of Manufacturing Flexibility on Management Control System Design", *Accounting, Organizations and Society*, vol. 20, nº 4, pp. 241-258.
- ADLER, P.S. (1986): "New Technologies, New Skills", *California Management Review*, vol. 29, nº 1, pp. 9-28.
- ADLER, P.S. (1988): "Managing Flexible Automation", *California Management Review*, vol. 30, nº 3, pp. 34-56.
- AGUIRRE, O., WESTON, R., MARTÍN, F. y AJURIA, J.L. (1999): "MCSARCH: An Architecture for the Development of Manufacturing Control Systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, nº 1/2, pp. 45-59.
- ÁLVAREZ GIL, M.J. (1992): "La Evaluación y Selección de Proyectos de Inversión en Tecnologías Avanzadas de Fabricación (AMT): Tendencias Recientes y Propuesta de una Metodología", *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 1, nº 3, pp. 39-54.
- ÁLVAREZ GIL, M.J. (1993): "Los Sistemas de Información y las Nuevas Tecnologías Productivas", en el libro "Cambio Tecnológico y Contabilidad de Gestión", ed. por CARMONA MORENO, S., Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, Ministerio de Economía y Hacienda, pp. 243-269.
- ÁLVAREZ GIL, M.J. (1995): "Los Efectos de las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la Producción. Nuevos Sistemas de Producción", *Economía Industrial*, nº 303, pp. 53-64.
- ANDALUCÍA AEROESPACIAL, S.A. (1998): Documento de trabajo.
- ANDALUCÍA AEROESPACIAL, S.A. (1999): Documento de trabajo.
- APARICIO PÉREZ, F. (1991): "Tratamiento Informático de Encuestas", RA-MA, Madrid.
- AQUILANO, N.J. y CHASE, R.B. (1991): "Fundamentals of Operations Management", Irwin.
- 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*, nº 17, pp. 78-92.
- ATTARAN, M. (1992): "Flexible Manufacturing Systems: Implementing an Automated Factory", *Information Systems Management*, vol. 9, nº 2, pp. 44-47.
- ATECMA (1998): "Informe Anual 1998".

- ATECMA (1999): "La Industria Aeronáutica en España".
- ATECMA (2002): "Informe anual 2001".
- AVELLA CAMARERO, L. y FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. (2000): "Does Manufacturing Determine Firm's Competitiveness? Evidence in a Sample of Spanish Industrial Companies", *Proceedings of the First World Conference on Production and Operations Management (CD-ROM)*, 27 de agosto a 1 de septiembre de 2000, Sevilla.
- BABBAR, S. y RAI, A. (1990): "Computer Integrated Flexible Manufacturing: An Implementation Framework", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 10, nº 1, p. 42-50.
- BANERJEE, S.K. (2000): "Developing Manufacturing Management Strategies: Influence of Technology and Other Issues", *International Journal of Production Economics*, vol. 64, nº 1/3, pp. 79-90. [4,8]
- BEATTY, C.A. (1992): "Implementing Advanced Manufacturing Technologies: Rules of the Road", *Sloan Management Review*, vol. 33, nº 4, pp. 49-60.
- BEATTY, C.A. y GORDON, J.R. (1991): "Preaching the Gospel: The Evangelists of New Technology", *California Management Review*, vol. 33, nº 3, pp. 73-94.
- BEDWORTH, D.D., HENDERSON, M.R. y WOLFE, P.M. (1991): "Computer-Integrated Design and Manufacturing", McGraw-Hill.
- BENNETT, R.E. y HENDRICKS, J.A. (1987): "Justifying the Acquisition of Automated Equipment", *Management Accounting*, July, pp. 39-46.
- BHIMANI, A. (1994): "Monitoring Performance Measures in UK Manufacturing Companies", *Management Accounting*, January, pp. 34-36 y 54.
- BITITCI, U.S., CARRIE, A.S. y McDEVITT, L. (1997): "Integrated Performance Measurement Systems: A Development Guide", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, nº 5, pp. 522-534.
- BLANCHARD, B.S. y FABRYCKY, W.J. (1990): "Systems Engineering and Analysis", Prentice-Hall.
- BOER, H., HILL, M. y KRABBENDAM, K. (1990): "FMS Implementation Management: Promise and Performance", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 10, nº 1, pp. 5-20.
- BONTADELLI, J.A. (1992): "Applications of the Engineering Economic Analysis Process and Life Cycle Concepts to Advanced Production and Manufacturing Systems", en el libro "Economics of Advanced Manufacturing Systems", ed. por PARSAEI, H.R. y MITAL, A., pp. 91-110.
- BOSWORTH, D. (1996): "Determinants of the Use of Advanced Technologies", *International Journal of the Economics of Business*, vol. 3, nº 3, pp. 269-293.
- BOYER, K.K. (1999): "Evolutionary Patterns of Flexible Automation and Performance", *Management Science*, vol. 45, nº 6, pp. 824-842.
- BOYER, K.K., LEONG, G.K., WARD, P.T. y KRAJEWSKY, L.J. (1997): "Unlocking the Potential of Advanced Manufacturing Technologies", *Journal of Operations Management*, vol. 15, nº 4, pp. 331-347.
- BOYER, K.K. y McDERMOTT, C. (1999): "Strategic Consensus in Operations Strategy", *Journal of Operations Management*, vol. 17, nº 3, pp. 289-305.
- BOYER, K.K. y PAGELL, M. (2000): "Measurement Issues in Empirical Research: Improving Measures of Operations Strategy and Advanced Manufacturing Technology", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 3, pp. 361-374.

- 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, nº 4, pp. 297-313.
- BOZARTH, C. y McDERMOTT, C. (1998) "Configurations in Manufacturing Strategy: A Review and Directions for Future Research", *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 4, pp. 427-439.
- BRADY, A. (1995): "Small Is as Small Does", *Journal of Business Strategy*, vol. 16, nº 2, pp. 44-52.
- BROWN, D.M y LAVERICK, S. (1994): "Measuring Corporate Performance", *Long Range Planning*, vol. 27, nº 4, pp. 89-98.
- BROWN, M.G. (1996): "Keeping Score: Using the Right Metrics to Drive World-Class Performance", *Quality Resources*.
- BRUGGEMAN, W. y SLAGMULDER, R. (1995): "The Impact of Technological Change on Management Accounting", *Management Accounting Research*, vol. 6, pp. 241-252.
- BRYNJOLFSSON, E. y HITT, L. (1995): "Information Technology as a Factor of Production: The Role of Differences Among Firms", *Economy of Innovation and New Technologies*, vol. 3, pp. 183-199.
- BURCHER, P., LEE, G. y SOHAL, A. (1999): "Lessons for Implementing AMT. Some Case Experiences with CNC in Australia, Britain and Canada", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, nº 5/6, pp. 515-526.
- BURGESS, T.F. y GULES, H.K. (1999): "Buyer-Supplier Relationships in Firms adopting Advanced Manufacturing Technology: An Empirical Analysis of the Implementation of Hard and Soft Technologies", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 15, pp. 127-152.
- BUTLER, R., TURNER, R., COATES, P., PIKE, R. y PRICE, D. (1993): "Investing in New Technology for Competitive Advantage", *European Management Journal*, vol. 11, nº 3, pp. 367-376.
- CAGLIANO, R. y SPINA, G. (2000): "Advanced Manufacturing Technologies and Strategically Flexible Production", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 2, pp. 169-190.
- CAMISÓN ZORNOZA, C. (1994): "Dirección de Operaciones y Cultura de la Producción Estratégica: El Caso de la Gran Empresa Industrial Española", *Dirección y Organización*, nº 10, pp. 33-42.
- CARLSSON, B. (1992): "Management of Flexible Manufacturing: An International Comparison", *International Journal of Management Science*, vol. 20, nº 1, pp. 11-22.
- CARMONA MORENO, S. y ÁLVAREZ GIL, M.J. (1994): "Automatización y Sistemas de Costes", en el libro "La Contabilidad de Gestión Actual: Nuevos Desarrollos", Monografías de la AECA, pp. 213-258.
- CARRASCO, H.R. y LEE, S.M. (1992): "Economics of Advanced Manufacturing Systems During System Design and Development", en el libro "Economics of Advanced Manufacturing Systems", ed. por PARSAEI, H.R. y MITAL, A., pp. 37-44.
- CASTELLS, M., HALL, P. et al. (1992): "Andalucía: Innovación Tecnológica y Desarrollo Económico", vol. I y II, Espasa Calpe.
- CHALLIS, D. y SAMSON, D. (1996): "A Strategic Framework for Technical Function Management in Manufacturing", *Journal of Operations Management*, vol. 14, nº 2, pp. 119-135.

- CHEN, I., GUPTA, A., y CHUNG, C-H. (1996): "Employee Commitment to the Implementation of Flexible Manufacturing Systems", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 7, pp. 4-13.
- CHEN, R. (1996): "Technological Expansion: The Interaction Between Diversification Strategy and Organizational Capability", *Journal of Management Studies*, vol. 33, nº 5, pp. 649-666.
- CHIADAMRONG, N. y O'BRIEN, C.O. (1999): "Decision Support Tool for Justifying Alternative Manufacturing and Production Control Systems", *International Journal of Production Economics*, nº 60-61, pp. 177-186.
- CHO, B.L. y SANDERS, S.M. (1990): "Planning and Implementing Computer Aided Manufacturing Systems", en el libro "Justification Methods for Integrated Manufacturing Systems", ed. por PARSAEI, H., WARD, T. y KARWOSKI, W., Elsevier, pp. 252-273.
- CLARK, K.B. (1996): "Competing Through Manufacturing and the New Manufacturing Paradigm: Is Manufacturing Strategy Passé?", *Production and Operations Management*, vol. 5, nº 1, pp. 42-58.
- CLARKE, P.J. (1995): "The Old and the New in Management Accounting", *Management Accounting*, June, pp. 46-51.
- CO, H.C., PATUWO, B.E. y HU, M.Y. (1998): "The Human Factor in Advanced Manufacturing Technology Adoption", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 18, nº 1, pp. 87-106.
- COHEN, M.A. y APTE, U.M. (1997): "Manufacturing Automation", McGraw-Hill.
- COMISIÓN EUROPEA (1999): "Programa de Trabajo sobre Actividades de IDT a favor de un 'Crecimiento Competitivo y Sostenible' 1998-2000", Programa de trabajo *Growth 2000*.
- COMUNIDAD DE MADRID (2000): "La Industria Aeronáutica en la Comunidad de Madrid. Estrategias para la Competitividad de la Industria".
- CONSTRUCCIONES AERONÁUTICAS, S.A. (1998): "Una Estrategia para la Industria Aeroespacial".
- COOPER, R. y KAPLAN, R.S. (1998): "The Promise –and Peril– of Integrated Cost Systems", *Harvard Business Review*, vol. 76, nº 4, pp. 109-119.
- COOPER, W.W., SINHA, K. y SULLIVAN, R.S. (1995): "Accounting for Complexity in Costing High Technology Manufacturing", *European Journal of Operational Research*, vol. 85, pp. 316-326.
- CORBETT, C. y WASSENHOVE, L.V. (1993): "Trade-Offs? What Trade-Offs? Competence and Competitiveness in Manufacturing Strategy", *California Management Review*, vol. 35, nº 4, pp. 107-122.
- CORBETT, L.M. (1996): "A Comparative Study of the Operations Strategies of Globally- and Domestically-Oriented New Zealand Manufacturing Firms", *International Journal of Production Research*, vol. 34, nº 10, pp. 2677-2689.
- CROCI, F., PERONA, M. y POZZETTI, A. (2000): "Work-Force Management in Automated Assembly Systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 64, pp. 243-255.
- CURTIN, F.T. (1984): "New Costing Methods Needed for Manufacturing Technology", *AMA Forum*, vol. 73, nº 4, pp. 29-34.
- DAS, T.K. y ELANGO, B. (1995): "Managing Strategic Flexibility: Key to Effective Performance", *Journal of General Management*, vol. 20, nº 3, pp. 60-75.

- DEAN, J.W.Jr. y SNELL, S.A. (1991): "Integrated Manufacturing and Job Design: Moderating Effects of Organizational Inertia", *Academy of Management Journal*, vol. 34, nº 4, pp. 776-804.
- DEAN, J.W.Jr. y SNELL, S.A. (1996): "The Strategic Use of Integrated Manufacturing: An Empirical Examination", *Strategic Management Journal*, vol. 17, nº 6, pp. 459-480.
- DEAN, J.W.Jr., YOON, S.J. y SUSMAN, G.I. (1992): "Advanced Manufacturing Technology and Organization Structure: Empowerment or Subordination?", *Organization Science*, vol. 3, nº 2, pp. 203-229.
- DEL SOL, P. y GHEMAWAT, P. (1999): "Strategic Valuation of Investment Under Competition", *Interfaces*, vol. 29, nº 6, pp. 42-56.
- DE TONI, A. y TONCHIA, S. (2001): "Performance Measurement Systems. Models, Characteristics and Measures", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 21, nº 1/2, pp. 46-70.
- 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.
- DIMNIK, T.P. y JOHNSTON, D.A. (1993): "Manufacturing Managers and the Adoption of Advanced Manufacturing Technology", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 21, nº 2, pp. 155-162.
- DIXIT, A.K. y PINDYCK, R.S. (1995): "The Options Approach to Capital Investment", *Harvard Business Review*, vol. 73, nº 3, pp. 105-115.
- DIXON, J.R., NANNI, J.A. y VOLLMANN, T.E. (1990): "The New Performance Challenge: Measuring Operations for World-Class Competition", Dow Jones-Irwin, Homewood, IL.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. (1995): "Dirección de Operaciones: Estado de la Cuestión", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 1, nº 1, pp. 113-145.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A., ÁLVAREZ GIL, M.J., GARCÍA GONZÁLEZ, S., DOMÍNGUEZ MACHUCA, M.A. y RUIZ JIMÉNEZ, A. (1995a): "Dirección de Operaciones: Aspectos Estratégicos en la producción y los servicios", McGraw-Hill.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A., GARCÍA GONZÁLEZ, S., DOMÍNGUEZ MACHUCA, M.A., RUIZ JIMÉNEZ, A. y ÁLVAREZ GIL, M.J., (1995b): "Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la producción y los servicios", McGraw-Hill.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. y GARCÍA GONZÁLEZ, S. (1991): "Del MRP al MRPII: Evolución, Descripción y Precisión Conceptual", *Alta Dirección*, Monográfico en Producción sobre Métodos Avanzados de Planificación, pp. 33-40.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. y SACRISTÁN DÍAZ, M. (1998): "Aspectos Claves en la Adopción e Implantación de Tecnologías Avanzadas de Fabricación: Un Estudio Preliminar", *Actas del VIII Congreso Nacional de ACEDE*, pp. 171-173.
- DOTY, H., GLICK, W. (1994): "Typologies as a Unique form of Theory Building: Toward Improved Understanding and Modeling", *The Academy of Management Review*, vol. 19, nº 2, pp. 230-251.
- DOTY, D.H., GLICK, W.H. y HUBER, G.P. (1993): "Fit, Equifinality, and Organizational Effectiveness: A Test of Two Configurational Models", *Academy of Management Journal*, vol. 36, nº 6, pp. 1196-1250.

- DRURY, C. y TAYLES, M. (1995): "Issues Arising from Surveys of Management Accounting Practice", *Management Accounting Research*, vol. 6, pp. 267-280.
- DUIMERING, P.R., SAFAYENI, F. y PURDY, L. (1993): "Integrated Manufacturing: Redesign the Organization Before Implementing Flexible Technology", *Sloan Management Review*, vol. 34, nº 4, pp. 49-56.
- DUNNE, T. (1994): "Plant Age and Technology Use in U.S. Manufacturing Industries", *RAND Journal of Economics*, vol. 25, nº 3, pp. 488-499.
- DUSSAUGE, P., HART, S. y RAMANANTSOA, B. (1992): "Strategic Technology Management", John Wiley & Sons.
- DUYSTERS, G. y HAGEDOORN, J. (1995): "Strategic Groups and Inter-Firm Networks in International High-Tech Industries", *Journal of Management Studies*, vol. 32, nº 3, pp. 359-381.
- ELANGO, B. y MEINHART, W. (1994): "Selecting a Flexible Manufacturing System – A Strategic Approach", *Long Range Planning*, vol. 27, nº 3, pp. 118-126.
- ERICKSON, G.S. (1996): "Environment and Innovation: The Case of the Small Entity", *Industrial Marketing Management*, vol. 25, nº 6, pp. 577-587.
- FERDOWS, K. y DE MEYER, A. (1990): "Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory", *Journal of Operations Management*, vol. 9, nº 2, pp. 168-184.
- FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. (1996): "Innovación, Tecnología y Alianzas Estratégicas. Factores Clave de la Competencia", Civitas.
- FINE, C.H. (1990): "New Manufacturing Technologies", en el libro "Strategic Manufacturing. Dynamic New Directions for the 1990's", ed. por MOODY, P.E., Business One Irwin, pp. 257-273.
- FLYNN, B.B., SAKAKIBARA, S., SCHROEDER, R.G., BATES, K.A. y FLYNN, E.J. (1990): "Empirical Research Methods in Operations Management", *Journal of Operations Management*, vol. 9, nº 2, pp. 250-284.
- FROHLICH, M. (1998) "How do you Successfully Adopt an Advanced Manufacturing Technology?", *European Management Journal*, vol. 16, nº 2, pp. 151-159.
- FRY, T.D. y SMITH, A.E. (1989): "FMS Implementation Procedure: A Case Study", *IEEE Transactions on Industrial Engineering*, vol. 21, nº 3, pp. 288-293.
- GAGNON, R.J. y SHEU, C. (2000): "The Impact of Learning, Forgetting and Capacity Profiles on the Acquisition of Advanced Technology", *OMEGA*, vol. 28, pp. 51-76.
- GALPIN, T.J. (1996): "The Human Side of Change: A Practical Guide to Organization Redesign", Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- GARUD, R. y KOTHA, S. (1994): "Using the Brain as a Metaphor to Model Flexible Production Systems", *Academy of Management Review*, vol. 19, nº 4, pp. 671-698.
- GERWIN, D. (1982): "Do's and Don't's of Computerized Manufacturing", *Harvard Business Review*, vol. 60, nº 2, pp. 107-116.
- GERWIN, D. (1993): "Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective", *Management Science*, vol. 39, nº 4, pp. 395-410.
- GERWIN, D. y KOLODNY, H. (1992): "Management of Advanced Manufacturing Technology. Strategy, Organization & Innovation", John Wiley & Sons.
- GHALAYINI, A.M. y NOBLE, J.S. (1996): "The Changing Basis of Performance Measurement", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 8, pp. 63-80.

- GHANI, A. K. y JAYABALAN, V. (2000): "Advanced Manufacturing Technology and Planned Organizational Change", *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 11, nº 1, pp. 1-18.
- GOLDHAR, J.D y JELINEK, M. (1985): "Computer Integrated Flexible Manufacturing: Organizational, Economic, and Strategic Implications", *Interfaces*, May-June, pp. 94-105.
- GONZÁLEZ, A., JIMÉNEZ, J.J. y SÁEZ, F.J. (1997): "Comportamiento Innovador de las Pequeñas y Medianas Empresas", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 3, nº 1, pp. 93-112.
- GUIMARAES, T., MARTENSSON, N., STAHRÉ, J. y IGBARIA, M. (1999): "Empirically Testing the Impact of Manufacturing System Complexity on Performance", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, nº 12, pp. 1254-1269.
- GUPTA, A., CHEN, I.J. y CHIANG, D. (1997): "Determining Organizational Structure Choices in Advanced Manufacturing Technology Management", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 25, nº 5, pp. 511-521.
- GUPTA, Y.P. y SOMERS, T.M. (1996): "Business Strategy, Manufacturing Flexibility, and Organizational Performance Relationships: A Path Analysis Approach", *Production and Operations Management*, vol. 5, nº 3, pp. 204-233.
- HAGEDORN, H.J. (1990): "The Management and Organization of People in the Automated Factory", en el libro "The Automated Factory Handbook. Technology and Management", ed. por CLELAND, D.I. y BIDANDA, B., TAB BOOKS, pp. 5-19.
- HAIR, J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L. y BLACK, W.C. (1999): "Análisis Multivariante", Prentice Hall, 5ª ed.
- HARRISON, N.J. (1995): "Use of Taxonomies to Assess Manufacturing Strategies", *International Journal of Technology Management, Special Publication on Emerging Technological Frontiers to Increasing Competitiveness*, pp. 213-247.
- HAYES, R.H. y JAIKUMAR, R. (1988): "Manufacturing's Crisis: New Technologies, Obsolete Organizations", *Harvard Business Review*, vol. 66, nº 5, pp. 77-85.
- HAYES, R.H. y PISANO, G.P. (1994): "Beyond World-Class: The New Manufacturing Strategy", *Harvard Business Review*, January-February, pp. 77-86.
- HAYES, R.H. y WHEELWRIGHT, S.C. (1984): "Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing", Wiley.
- HEGAN (1997): "Informe Anual 1997".
- HEGAN (1998): "Informe Anual 1998".
- HEGAN (1999): "Informe Anual 1999".
- HENSLEY, R.L. (1999): "A Review of Operations Management Studies Using Scale Development Techniques", *Journal of Operations Management*, vol. 17, nº 3, pp. 343-358.
- HINKIN, T.R. (1995): "A Review of Scale Development Practices in the Study of Organizations", *Journal of Management*, vol. 21, nº 5, pp. 967-988.
- HO, C-F. (1996): "Information Technology Implementation Strategies for Manufacturing Organizations. A Strategic Alignment Approach", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 7, pp. 77-100.
- HORNGREN, C.T. (1995): "Management Accounting: This Century and Beyond", *Management Accounting Research*, vol. 6, pp. 281-286.

- HOSKISSON, R.E., HITT, M.E., JOHNSON, R.A. y MOESEL, D.D. (1993): "Construct Validity of an Objective (Entropy) Categorical Measure of Diversification Strategy", *Strategic Management Journal*, vol. 14, nº 3, pp. 215-235.
- HOTTENSTEIN, M.P., CASEY, M.S. y DUNN, S.C. (1997): "Facilitation of Advanced Manufacturing Technology: Implementation and Transfer", *Industrial Management*, vol. 39, nº 5 (sept/oct), pp. 8-13.
- HOTTENSTEIN, M.P., CASEY, M.S. y DUNN, S.C. (1999): "The Diffusion of Advanced Manufacturing Technology in Multiplant, Multidivisional Corporations", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 16, pp. 129-146.
- HOWARD, A., KOCHHAR, A. y DILWORTH, J. (1998): "An Objective Approach for Generating the Functional Specification of Manufacturing Planning and Control Systems", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 18, nº 8, pp. 710-726.
- HUANG, P.Y. y SAKURAI, M. (1990): "Factory Automation: The Japanese Experience", *IEEE Transaction on Engineering Management*, vol. 37, nº 2, pp. 102-108.
- HUNDY, B.B. y HAMBLIN, D.J. (1992): "Risk Evaluation of Investments in Advanced Technology", en el libro "Economics of Advanced Manufacturing Systems", ed. por PARSAEI, H.R. y MITAL, A., pp. 225-238.
- INE (2000): "Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas", INE Artes Gráficas.
- JAIKUMAR, R. (1986): "Postindustrial Manufacturing", *Harvard Business Review*, vol. 64, nº 6, pp. 69-76.
- JARDINE, A.K.S. (1990): "Maintenance Management", en el libro "The Automated Factory Handbook. Technology and Management", ed. por CLELAND, D.I. y BIDANDA, B., TAB BOOKS, pp. 220-232.
- JAYANTHI, S. y SINHA, K.K. (1998): "Innovation Implementation in High Technology Manufacturing: A Chaos-Theoretic Empirical Analysis", *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 4, pp. 471-494.
- JAYARAM, J., DROGE, C. y VICKERY, S.K. (1999): "The Impact of Human Resource Management Practices on Manufacturing Performance", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 1, pp. 1-20.
- 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, nº 5, pp. 43-56.
- JONES, T.C. y LEE, B. (1998): "Accounting, Strategy and AMT", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 26, nº 6, pp. 769-783.
- JONSSON, P. (2000): "An Empirical Taxonomy of Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 20, nº 12, pp. 1446-1474.
- KAIGHOBADI, M. y VENKATESH, K. (1994): "Flexible Manufacturing Systems: An Overview", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 4, pp. 26-49.
- KAKATI, M. (1997): "Strategic Evaluation of Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Production Economics*, vol. 53, pp. 141-156.
- KAKU, B.K. (1992): "Fitting Flexible Manufacturing Systems to the Task: An Analysis of Current Practices", *Working Paper Series MS/S 92-003*, College of Business and Management, University of Maryland.

- KAPLAN, R.S. (1984): "Yesterday Accounting Undermines Production", *Harvard Business Review*, vol. 62, nº 4, pp. 95-101.
- KAPLAN, R.S. (1986): "Must CIM be Justified by Faith Alone?", *Harvard Business Review*, vol. 64, nº 2, pp. 87-93.
- KAPLAN, R.S. (1995): "New Roles for Management Accountants", *Journal of Cost Management*, fall, pp. 6-13.
- KAPLAN, R.S. y NORTON, D.P. (1992): "The Balanced Scorecard –Measures That Drive Performance", *Harvard Business Review*, January/February, pp. 71-79.
- KATHURIA, R. y PARTOVI, F.Y. (1999): "Work Force Management Practices for Manufacturing Flexibility", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 1, pp. 21-39.
- KATZ, R., REBENTISCH, E.S. y ALLEN, T.J. (1996): "A Study of Technology Transfer in a Multinational Cooperative Joint Venture", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 43, nº 1, pp. 97-105.
- KEEGAN, D.P., EILER, R.G. y JONES, C.R. (1989): "Are your Performance Measures Obsolete?", *Management Accounting*, June, pp. 45-50.
- 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.
- KESSLER, E.H. y CHAKRABARTI, A.K. (1996): "Innovation Speed: A Conceptual Model of Context, Antecedents, and Outcomes", *Academy of Management Review*, vol. 21, nº 4, pp. 1143-1191.
- KETCHEN, D. y SHOOK, C. (1996): "The Application of Cluster Analysis in Strategic Management Research: An Analysis and Critique", *Strategic Management Journal*, vol. 17, pp. 441-458.
- KIM, Y. y LEE, J. (1993): "Manufacturing Strategy and Production Systems: An Integrated Framework", *Journal of Operations Management*, vol. 11, pp. 3-15.
- KLEIN, K.J. y SORRA, J.S. (1996): "The Challenge of Innovation Implementation", *Academy of Management Review*, vol. 21, nº 4, pp. 1055-1080.
- KLEINDOFER, P.R. y PARTOVI, F.Y. (1990): "Integrating Manufacturing Strategy and Technology Choice", *European Journal of Operational Research*, vol. 47, pp. 214-224.
- KOSTE, L.L. y MALHOTRA, M.K. (1999): "A Theoretical Framework for Analyzing the Dimensions of Manufacturing Flexibility", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 1, pp. 75-93.
- KOTHA, S. y SWAMIDASS, P.M. (2000): "Strategy, Advanced Manufacturing Technology and Performance: Empirical Evidence from U.S. Manufacturing Firms", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 3, pp. 257-277.
- KOUFTEROS, X.A., VONDEREMBSE, M.A. y DOLL, W.J. (1998): "Developing Measures of Time-Based Manufacturing", *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 1, pp. 21-41.
- KRAFCIK, J.F. (1988): "Triumph of the Lean Production Systems", *Sloan Management Review*, vol. 30, nº 1, pp. 41-52.
- KRAJEWSKI, L.J. y RITZMAN, L.P. (1996): "Operations Management: Strategy and Analysis", Addison-Wesley.
- KRASNOPROSHIN, V. y LEPESHINSKY, N. (1996): "The Problem of Choosing New Technologies under Fuzzy-Data Conditions", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 2, nº 1, pp. 97-100.

- KUEI, C.H., LIN, C., AHETO, J. y MADUS, C.N. (1995): "A Strategic Decision Model for the Selection of Advanced Technology", *International Journal of Production Research*, vol. 32, nº 9, pp. 2117-2130.
- LANGLEY, A. y TRUAX, J. (1994): "A Process Study of New Technology Adoption in Smaller Manufacturing Firms", *Journal of Management Studies*, vol. 31, nº 5, pp. 619-652.
- LAWNESS, M.W. y ANDERSON, P.C. (1996): "Generational Technological Change: Effects of Innovation and Local Rivalry on Performance", *Academy of Management Journal*, vol. 39, nº 5, pp. 1185-1217.
- LEE, B. (1996): "The Justification and Monitoring of Advanced Manufacturing Technology: An Empirical Study of 21 Installations of Flexible Manufacturing Systems", *Management Accounting Research*, vol. 7, nº 1, pp. 95-118.
- LEFEBVRE, L.A., LANGLEY, A., HARVEY, J. y LEFEBVRE, E. (1992): "Exploring the Strategy-Technology Connection in Small Manufacturing Firms", *Production and Operations Management*, vol. 1, nº 3, pp. 269-285.
- LEFEBVRE, E. y LEFEBVRE, L.A. (1992): "Firm Innovativeness and CEO Characteristics in Small Manufacturing Firms", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 9, pp. 243-277.
- LEFLEY, F. (1994): "AMT Project Hurdle Rates Too High?", *Management Accounting*, mayo, pág. 37 y 46.
- LEFLEY, F. (1996): "Investments in AMT: Opportunities or Options?", *Management Accounting*, vol. 74, nº 1, pág. 42-43.
- LEI, D. y GOLDBAR, 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, nº 10, pp. 5-18.
- LEONARD-BARTON, D. y KRAUS, W. (1985): "Implementing New Technology", *Harvard Business Review*, vol. 63, nº 2, pp. 102-110.
- LEONG, G.K. y WARD, P.T. (1995): "The Six Ps of Manufacturing Strategy", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, nº 12, pp. 32-45.
- LIANG, G.S. y WANG, M.K. (1993): "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach for Robots Selection", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 10, nº 4, pp. 267-274.
- LIKER, J.K., FLEISCHER, M. y ARNSDORF, D. (1992): "Fulfilling the Promises of CAD", *Sloan Management Review*, spring, pp. 74-86.
- LIKER, J.K., MAJCHRZAK, A. y CHOI, T. (1993): "Impacts of Programmable Manufacturing Technology: A Review of Recent Studies and Contingency Formulation", *Journal of Engineering and Technology Management*, nº 10, pp. 229-264.
- 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*, nº 303, pp. 77-94.
- LOWE, J. y ATKINS, M.H. (1994): "Small Firms and the Strategy of the First Mover", *International Journal of the Economics of Business*, vol. 1, nº 3, pp. 405-422.
- LUONG, L.H.S. (1998): "A Decision Support System for the Selection of Computer-Integrated Manufacturing Technologies", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 14, pp. 45-53.

- MADU, C.N. y GEORGANTZAS, N.C. (1991): "Strategic Thrust of Manufacturing Automation Decisions: A Conceptual Framework", *IIE Transactions on Industrial Engineering*, vol. 23, nº 2, pp. 138-148.
- MAFFEI, M.J. y MEREDITH, J. (1994): "The Organizational Side of Flexible Manufacturing Technology. Guidelines for Managers", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 8, pp. 17-34.
- MALHOTRA, M.K. y GROVER, V. (1998): "An Assessment of Survey Research in POM: From Constructs to Theory", *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 4, pp. 407-425.
- MANSFIELD, E. (1993): "The Diffusion of Flexible Manufacturing Systems in Japan, Europe and the United States", *Management Sciences*, vol. 39, nº 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, nº 9, pp. 48-63.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A. (1996): "Adopting AMT: Experience from Spain", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 15, nº 2, pp. 133-140.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A. (1997): "El Perfil del Emprendedor de Alta Tecnología", *Alta Dirección*, vol. 31-32, nº 192, pp. 61-67.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A., PÉREZ PÉREZ, M. y ALONSO NUEZ, I. (2000): "Las Tecnologías de Automatización Flexible en España", *Boletín Económico de ICE*, nº 2654, pp. 7-16.
- MATTHEWS, J.P. y FOO, S.T. (1991): "Equipment Dedication and Automation: Some Empirical Findings", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 19, nº 5, pp. 475-484.
- McCUTCHEON, D.M. (1993): "Impacts of Vendor Project Management Methods on Flexible Manufacturing Systems Implementation: A Field Study", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 10, pp. 339-362.
- McDERMOTT, C.M. y MARUCHECK, A. (1995): "Training in CAD: An Exploratory Study of Methods and Benefits", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 42, nº 4, pp. 410-418.
- McDERMOTT, C.M. y STOCK, G.N. (1999): "Organizational Culture and Advanced Manufacturing Technology Implementation", *Journal of Operations Management*, vol. 17, nº 5, pp. 521-533.
- 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, nº 2, pp. 61-76.
- MENDA, R. y DILTS, D. (1997): "The Manufacturing Strategy Formulation Process: Linking Multifunctional Viewpoints", *Journal of Operations Management*, vol. 15, nº 4, pp. 223-241.
- MEREDITH, J.R. (1981): "The Implementation of Computer Based Systems", *Journal of Operations Management*, vol. 2, nº 1, pp. 11-21.
- MEREDITH, J.R. (1986a): "Automation Strategy Must Give Careful Attention to the Firm's Infraestructure", *Industrial Engineering*, vol. 18, nº 5, pp. 68-73.
- MEREDITH, J.R. (1986b): "Strategic Planning for Factory Automation by the Championing Process", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-33, nº 4, pp. 229-232.

- MEREDITH, J.R. (1987a): "The Strategic Advantages of the Factory of the Future", *California Management Review*, vol. 29, nº 3, pp. 27-41.
- MEREDITH, J.R. (1987b): "Implementing the Automated Factory", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 6, nº 1, pp. 1-13.
- MEREDITH, J.R. (1987c): "Implementing New Manufacturing Technologies: Managerial Lessons over the FMS Life Cycle", *Interfaces*, vol. 17, nº 6, pp. 51-62.
- MEREDITH, J.R. (1992): "The Management of Operations: A Conceptual Emphasis", John Wiley and Sons.
- MEREDITH, J.R. y CAMM, J. (1989): "Modelling Synergy and Learning under Multiple Advanced Manufacturing Technologies", *Decision Sciences*, vol. 20, pp. 258-271.
- MEREDITH, J.R. y SURESH, N.C. (1986): "Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies", *International Journal of Production Research*, vol. 24, nº 5, pp. 1043-1057.
- MEREDITH, J.R. y VINEYARD, M. (1993): "A Longitudinal Study of the Role of Manufacturing Technology in Business Strategy", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, nº 12, pp. 4-24.
- MILLEN, R. y SOHAL, A.S. (1998): "Planning Processes for Advanced Manufacturing Technology by Large American Manufacturers", *Technovation*, vol. 18, nº 12, pp. 741-750.
- MILLER, D. (1996): "Configurations Revisited", *Strategic Management Journal*, vol. 17, pp. 505-512.
- MILLER, J.G. y ROTH, A.V. (1994): "A Taxonomy of Manufacturing Strategies", *Management Science*, vol. 40, nº 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, nº 10, pp. 1034-45.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (1995): "Libro Blanco de la Industria: Una Política Industrial para España", Miner.
- MOHANTY, R.P. y DESHMUKH, S.G. (1998): "Advanced Manufacturing Technology Selection: A Strategic Model for Learning and Evaluation", *International Journal of Production Economics*, vol. 55, nº 3, pp. 295-307.
- MOHANTY, R.P. y VENKATARAMAN, S. (1993): "Use of the Analytic Hierarchy Process for Selecting Automated Manufacturing Systems", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, nº 8, pp. 45-57.
- MONAHAN, G.E. y SMUNT, T.L. (1987): "A Multilevel Decision Support System for the Financial Justification of Automated FMS", *Interfaces*, vol. 17, nº 6, pp. 29-40.
- MOON, Y.B. y ROY, U. (1992): "Learning Group-Technology Part Families from Solid Models by Parallel Distributed Processing", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 7, pp. 109-118.
- MORITA, M. y FLYNN, E.J. (1997): "The Linkage Among Management Systems, Practices and Behaviour in Successful Manufacturing Strategy", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, nº 10, pp. 967-993.
- MORONE, J. (1987): "The Strategic Use of Technology", *California Management Review*, vol. 31, nº 4, pp. 91-110.

- MOTTERAM, G. y SIZER, J. (1992): "Evaluating and Controlling Investments in Advanced Manufacturing Technology", *Management Accounting*, vol. 70, nº 1, pp. 26-30.
- MURIA ALBIOL, J. y GIL SAURA, R. (1998): "Preparación, Tabulación y Análisis de Encuestas para Directivos", ESIC, Madrid.
- MURPHY, G.B., TRAILER, J.W. y HILL, R.C. (1996): "Measuring Performance in Entrepreneurship Research", *Journal of Business Research*, vol. 36, nº 1, pp. 15-23.
- NAGALINGAM, S.V. y LIN, G.C.I. (1997): "A Unified Approach Towards CIM Justification", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 10, nº 2, pp. 133-145.
- NAGALINGAM, S.V. y LIN, G.C.I. (1998): "A Methodology to Select Optimal System Components for Computer Integrated Manufacturing by Evaluating Synergy", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 11, nº 3, pp. 217-228.
- NAGALINGAM, S.V. y LIN, G.C.I. (1999): "Latest Developments in CIM", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 15, pp. 423-430.
- NAIK, B. y CHAKRAVARTY, A.K. (1992): "Strategic Acquisition of New Manufacturing Technology: A Review and Research Framework", *International Journal of Production Research*, vol. 30, nº6, pp. 1575-1601.
- NEELY, A., GREGORY, M. y PLATTS, K. (1995): "Performance Measurement System Design", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, nº 4, pp. 80-116.
- NEELY, A., MILLS, J. PLATTS, K., GREGORY, M. y RICHARDS, H., (1994): "Realizing Strategy Through Measurement", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 3, pp. 140-152.
- NEELY, A., RICHARDS, H., MILLS, J. PLATTS, K. y BOURNE, M. (1997): "Designing Performance Measures: A Structured Approach", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, nº11, pp. 1131-1152.
- NEMETZ, P.L. y FRY, L.W. (1988): "Flexible Manufacturing Organizations: Implications for Strategy Formulation", *Academy of Management Review*, vol. 13, nº 4, pp. 627-638.
- NESS, J.A. y CUCUZZA, T.G. (1995): "Tapping the Full Potential of ABC", *Harvard Business Review*, July/August, pp. 130-138.
- NGAI, E.W.T. y CHENG, T.C.E. (2001): "A Knowledge-Base System for Supporting Performance Measurement of AMT Projects: A Research Agenda", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 21, nº 1/2, pp. 223-232.
- NICHOLS, W. y JONES, O. (1994): "The Introduction of CIM: A Strategic Analysis", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 8, pp. 4-16.
- NOORI, H. (1990): "Managing the Dynamics of New Technology: Issues in Manufacturing Management", Prentice-Hall.
- NUNNALLY, J.C. (1978): "Psychometric Theory", 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, New York.
- OCDE (1981): "La medición de las Actividades Científicas y Técnicas. 'Manual Franscati'", Madrid: CDTI.
- OCDE/EUROSTAT (1997): "Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. 'Manual Oslo'", París.

- OELTJENBRUNS, H., KOLARICK, W.J. y SCHMIDT-KIRSCHNER, R. (1995): "Strategic Planning in Manufacturing System –AHP Application to an Equipment Replacement Decision", *International Journal of Production Economics*, vol. 38, pp. 189-197.
- O'LEARY-KELLY, S.W. y VOKURKA, R.J. (1998): "The Empirical Assessment of Construct Validity", *Journal of Operations Management*, vol. 16, nº 4, pp. 387-405.
- PADILLO, J.M., NUÑO, J.P. y SHUNK, D.L. (1995): "Aligning a Firm's Manufacturing Structure with its Business Strategy: A Methodology and Case Study in a Mexican Company", *International Journal of Technology Management*, Special Publication on Emerging Technological Frontiers in International Competition, pp. 52-76.
- PAGELL, M., HANDFIELD, R.B. y BARBER, A.E. (2000): "Effects of Operational Employee Skills on Advanced Manufacturing Technology Performance", *Production and Operations Management*, vol. 9, nº 3, pp. 222-238.
- PARTHASARTHY, R. y SETHI, S.P. (1992): "The Impact of Flexible Automation on Business Strategy and Organizational Structure", *Academy of Management Review*, vol. 17, pp. 86-111.
- PARTHASARTHY, R. y YIN, J.Z. (1996): "Computer-Integrated Manufacturing and Competitive Performance. Moderating Effects of Organization-Wide Integration", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 13, pp. 83-110.
- PAUL, H. y SURESH, B. (1991): "Manufacturing Strategy Through Planning and Control Techniques of Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Technology Management*, vol. 6, nº 3, pp. 233-242.
- PERERA, S., HARRISON, G. y POOLE, M. (1997): "Customer-Focused Manufacturing Strategy and the Use of Operations-Based Non-Financial Performance Measures: A Research Note", *Accounting Organizations and Society*, vol. 22, nº 6, pp. 557-572.
- PISANO, G.P. y WHEELWRIGHT, S.C. (1995): "The New Logic of High-Tech R&D", *Harvard Business Review*, sept/oct, pp. 93-105.
- PRIMROSE, P.L. (1991): "Investment in Manufacturing Technology", Chapman and Hall.
- PRUEITT, G.C. y PARK, C.S. (1992): "The Economic Justification of the Sequential Adoption of a New Manufacturing System", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 11, nº 1, pp. 38-49.
- QUIRÓS TOMÁS, F.J. y SACRISTÁN DÍAZ, M. (1997) "Efectos de la Innovación Tecnológica sobre el Nivel y la Calidad del Empleo: El Caso Español en el Período 1985-1995", *Actas del XI Congreso Nacional de AEDEM*, vol. 1, pp. 585-591.
- RAMASESH, R.V. y JAYAKUMAR, M.D. (1993): "Economic Justification of Advanced Manufacturing Technology", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 21, nº 3, pp. 289-306.
- RANGONE, A. (1996): "An Analytical Hierarchy Process Framework for Comparing the Overall Performance of Manufacturing Departments", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 8, pp. 104-119.
- RANGONE, A. (1998): "On the Applicability of Analytical Techniques for the Selection of AMTs in Small-Medium Sized Firms", *Small Business Economics*, vol. 10, nº 3, pp. 293-304.

- RHO, B-H., PARK, K. y YU, Y-M. (2001): "An International Comparison of the Effect of Manufacturing Strategy-Implementation Gap on Business Performance", *International Journal of Production Economics*, vol. 70, pp. 89-97.
- RICCIUTI, M. (1992): "Nexo de Unión Entre Fábrica y Empresa", *Datamation*, mayo.
- RÖLLER, L-H., y TOMBAK, M.M. (1993): "Competition and Investment in Flexible Technologies", *Management Science*, vol. 39, nº 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. (1984a): "Progress Toward the 'Factory of the Future'", *Journal of Operations Management*, vol. 4, nº 3, pp. 203-229.
- ROSENTHAL, S.R. (1984b): "A Survey of Factory Automation in the US", *Operations Management Review*, vol. 2, nº 2, pp. 3-14.
- ROTH, A.V. (1996): "Neo-Operations Strategy. Linking Capabilities-Based Competition to Technology", en el libro "Handbook of Technology Management", ed. por GAYNOR, G.H., McGraw-Hill, pp. 38.1-38.44.
- SACRISTÁN DÍAZ, M. y QUIRÓS TOMÁS, F.J. (2002): "Technological Innovation and Employment: Data from a Decade in Spain", *International Journal of Production Economics*, vol. 75, nº 3, pp. 245-256.
- SAMBASIVARAO, K.V. y DESHMUKH, S.G. (1994): "Strategic Framework for Implementing Flexible Manufacturing Systems in India", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 4, pp. 50-63.
- SAMBASIVARAO, K.V. y DESHMUKH, S.G. (1995): "Selection and Implementation of Advanced Manufacturing Technologies", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, nº 10, pp. 43-62.
- SÁNCHEZ VIZCAÍNO, G. (1998): "Análisis del Comportamiento Innovador de la PYME Industrial en Andalucía", *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 7, nº 4, pp. 27-46.
- SANTIAGO PUGÉS, M. (1999): "Historia de la Industria Aeronáutica en Andalucía", sin publicar.
- 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>st</sup> quarter, pp. 64-70.
- SCHMENNER, R.W. y VOLLMANN, T.E. (1994): "Performance Measures: Gaps, False Alarms and the 'Usual Suspects'", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 14, nº 12, pp. 58-69.
- 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, nº 12, pp. 1270-1291.
- SCHROEDER, R.G. (1993): "Administración de Operaciones", McGraw-Hill.
- SCHROEDER, D.M., CONGDEN, S.W. y GOPINATH, C. (1995): "Linking Competitive Strategy and Manufacturing Process Technology", *Journal of Management Studies*, vol. 32, nº 2, pp. 163-189.
- SETHI, A.K. y SETHI, S.P. (1990): "Flexibility in Manufacturing: A Survey", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol. 2, pp. 289-328.
- SHANG, J. y SUEYOSHI, T. (1995): "A Unified Framework for the Selection of a Flexible Manufacturing System", *European Journal of Operational Research*, vol. 85, pp. 297-315.

- SHANI, A.B, GRANT, R.M., KRISHNAN, R. y THOMPSON, E. (1992): "Advanced Manufacturing Systems and Organizational Choice: Sociotechnical System Approach", *California Management Review*, vol. 34, nº 4, pp. 91-111.
- SHANK, J.K. (1996): "Analysing Technology Investments -From NPV to Strategic Cost Management (SCM)", *Management Accounting Research*, vol. 7, nº 2, pp. 185-197.
- SHANK, J.K. y GOVINDARAJAN, V. (1992): "Strategic Cost Analysis of Technological Investments", *Sloan Management Review*, fall, pp. 39-51.
- SHEPHERD, D.A., McDERMOTT, C. y STOCK, G.N. (2000): "Advanced Manufacturing Technology: Does More Radicalness Mean More Perceived Benefits?", *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 11, nº 1, pp. 19-33.
- SILLINCE, J.A.A. y SYKES, G.M.H. (1995): "The Role of Accountants in Improving Manufacturing Technology", *Management Accounting Research*, vol. 6, pp. 103-124.
- SINGHAL, K. (1992): "Introduction: Shaping the Future of Manufacturing and Service Operations", *Production and Operations Management*, vol. 1, nº 1, pp. 1-4.
- SLAGMULDER, R. y BRUGGEMAN, W. (1992): "Investment Justification of Flexible Manufacturing Technologies: Inferences from Field Research", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 12, nº 7/8, pp. 168-186.
- 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, nº 1/2, pp. 27-55.
- SMALL, M.H. y CHEN, I.J. (1997): "Economic and Strategic Justification of AMT. Inferences from Industrial Practices", *International Journal of Production Economics*, vol. 49, pp. 65-75.
- SMALL, M.H. y YASIN, M.M. (1997a): "Advanced Manufacturing Technology: Implementation Policy and Performance", *Journal of Operations Management*, vol. 15, nº4, pp. 349-370.
- SMALL, M.H. y YASIN, M. (1997b): "Developing a Framework for the Effective Planning and Implementation of Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, nº 5, pp. 468-489.
- SNELL, S.A. y DEAN, J.W.Jr. (1992): "Integrated Manufacturing and Human Resource Management: A Human Capital Perspective", *Academy of Management Journal*, vol. 35, nº 3, pp. 467-504.
- SNELL, S.A. y DEAN, J.W.Jr. (1994): "Strategic Compensation for Integrated Manufacturing: The Moderating Effects of Jobs and Organizational Inertia", *Academy of Management Journal*, vol. 37, nº 5, pp. 1109-1140.
- SOHAL, A.S. (1996): "Assesing AMT Implementations: An Empirical Field Study", *Technovation*, vol. 16, nº 8, pp. 377-384.
- SOHAL, A.S. (1997): "A Longitudinal Study of Planning and Implementation of Advanced Manufacturing Technologies", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 10, nº 1-4, pp. 281-295.
- SOLÉ PARELLADA, F. y CAÑABATE CARMONA, A. (1994): "La Tecnología y la Formación. De lo Residual a lo Substancial", *Dirección y Organización*, nº 12, pp. 34-44.

- SONI, R.G., PARSAEI, H.R. y LILES, D.H. (1992): "Economic and Financial Justification Methods for Advanced Automated Manufacturing: An Overview", en el libro "Economics of Advanced Manufacturing Systems", ed. por PARSAEI, H.R. y MITAL, A., pp. 3-19.
- SPINA, G., BARTEZZAGHI, E., BERT, A., CAGLIANO, R., DRAAIJER, D. y BOER, H. (1996): "Strategically Flexible Production: The Multi-focused Manufacturing Paradigm", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 11, pp. 20-41.
- STARR, M.K. (1989): "Managing Production and Operations", Prentice-Hall.
- SUÁREZ, F.F., CUSUMANO, M.A. y FINE, C.H. (1995): "An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing", *Sloan Management Review*, vol. 37, nº 1, pp. 25-32.
- SUBRAMANIAN, G.H. y GERSHON, M. (1991): "The Selection of Computer-Aided Software Engineering Tools: A Multi-Criteria Decision Making Approach", *Decision Sciences*, vol. 22, pp. 1109-1123.
- SUN, H. (2000): "Current and Future Patterns of Using Advanced Manufacturing Technologies", *Technovation*, vol. 20, nº 11, pp. 631-641.
- SUN, H., HJULSTAD, R. y FRICK, J. (1997): "Implementations of Advanced Manufacturing Technologies: An Empirical Study in Norway", *Papers from the 4rd International Conference of the European Operations Management Association*, 15-18 junio, Barcelona.
- SUWIGNJO, P., BITITCI, U.S. y CARRIE, A.S. (2000): "Quantitative Models for Performance Measurement Systems", *International Journal of Production Economics*, vol. 64, pp. 231-241.
- SVIOKLA, J.J. (1996): "Knowledge Workers and Radically New Technology", *Sloan Management Review*, vol. 37, nº 4, pp. 25-40.
- SWAMIDASS, P.M. (1988): "Manufacturing Flexibility", *Operations Management Association*, Monografía nº 2.
- 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, nº 1, pp. 23-37.
- SWAMIDASS, P.M. y NEWELL, W.T. (1988): "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytic Model", *Management Science*, vol. 33, nº 4, pp. 509-524.
- SWENSON, D.W. y FLESHER, D.L. (1996): "Are You Satisfied with Your Cost Management System?", *Management Accounting*, March, pp. 49-53.
- TALLURI, S. y YOON, K.P. (2000): "A Cone-Ratio Approach for AMT Justification", *International Journal of Production Economics*, vol. 66, nº 2, pp. 119-129.
- TALLURI, S., WHITESIDE, M.M. y SEIPEL, S.J. (2000): "A Nonparametric Stochastic Procedure for FMS Evaluation", *European Journal of Operational Research*, vol. 124, pp. 529-538.
- TOSTES VIEIRA (1994): "Las Nuevas Tecnologías en la Industria Andaluza", Instituto de Desarrollo Regional de Andalucía.
- TRACEY, M., VONDEREMBSE, M.A. y LIM, J-S. (1999): "Manufacturing Technology and Strategic Formulation: Keys to Enhancing Competitiveness and Improving Performance", *Journal of Operations Management*, vol. 17, nº 4, pp. 411-428.
- 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, nº 7/8, pp. 76-91.

- UDO, G.J. y EHIE, I.C. (1996): "Advanced Manufacturing Technologies – Determinants of Implementation Success", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, nº 12, pp. 6-26.
- UPTON, D.M. (1994): "The Management of Manufacturing Flexibility", *California Management Review*, vol.36, nº 2, pp. 72-89.
- UPTON, D.M. (1995): "What Really Makes Factories Flexible?", *Harvard Business Review*, vol. 73, nº 4, pp. 74-84.
- VAIVIO, J. (1999): "Exploring a 'Non-Financial' Management Accounting Change", *Management Accounting Research*, vol. 10, nº 4, pp. 409-437.
- VANDERSPEK, P.G. (1993): "Planning for Factory Automation: A Management Guide to World-Class Manufacturing", McGraw-Hill.
- VAN DE VEN, A.H. (1993): "A Community Perspective on the Emergence of Innovations", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 10, pp. 23-51.
- VAN DE VEN, A.H. y FERRY, D.I. (1980): "Measuring and Assessing Organizations", Wiley, New York.
- VEERAMANI, D., BERNARDO, J.J., CHUNG, C.H. y GUPTA, Y.P. (1995): "Computer-Integrated Manufacturing: A Taxonomy of Integration and Research Issues", *Production and Operations Management*, vol. 4, nº 4, pp. 360-380.
- VENKATRAMAN, N. (1994): "IT-Enabled Business Transformation: From Automation to Business Scope Redefinition", *Sloan Management Review*, winter, pp. 73-87.
- VENKATRAMAN, N. y PRESSCOT, J. (1990): "Environment-Strategy Coalignment: An Empirical Test of its Performance Implications", *Strategic Management*, vol. 11, nº 1, pp. 1-23.
- VICKERY, S.K., DRÖGE, C. y MARKLAND, R.E. (1993): "Production Competence and Business Strategy: Do They Affect Business Performance?", *Decision Sciences*, vol. 24, nº 2, pp. 435-455.
- VIVANCOS, J. y ROURA, L. (1994): "Aplicación del CN y el CAM en el Entorno Industrial", *Automática e Instrumentación*, nº 27.
- VOKURKA, R.J., O'LEARY-KELLY, S. y FLORES, B. (1998): "Approaches to Manufacturing Improvement: Use and Performance Implications", *Production and Inventory Management Journal*, 2<sup>nd</sup> quarter, pp. 42-48.
- VOSS, B. (1994): "A New Spring for Manufacturing", *Journal of Business Strategy*, vol. 15, nº 1, pp. 54-57.
- VOSS, C.A. (1985): "Success and Failure in Advanced Manufacturing Technology", University of Warwick, England, working paper.
- VOSS, C.A. (1986a): "Managing Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 6, nº 5, pp. 4-7.
- VOSS, C.A. (1986b): "Implementing Manufacturing Technology: A Manufacturing Strategy Approach", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 6, nº 4, pp. 17-26.
- VOSS, C.A. (1988a): "Success and Failure in Advanced Manufacturing Technology", *International Journal of Technology Management*, vol. 3, pp. 285-297.
- VOSS, C.A. (1988b): "Implementation: A Key Issue in Manufacturing Technology: The Need for a Field Study", *Research Policy*, vol. 17, pp. 55-63.

- WARD, P.T. y DURAY, R. (2000): "Manufacturing Strategy in Context: Environment, Competitive Strategy and Manufacturing Strategy", *Journal of Operations Management*, vol. 18, nº 2, pp. 123-138.
- WARD, P.T., LEONG, G.K. y BOYER, K.K. (1994): "Manufacturing Proactiveness and Performance", *Decision Sciences*, vol. 25, nº 3, pp. 337-358.
- WERTHER, W.B.Jr., BERMAN, E. y VASCONCELLOS, E. (1994): "The Future of Technology Management", *Organizational Dynamics*, vol. 22, nº 3, pp. 21-32.
- WESTRA, D., SRIKANTH, M.L. y KANE, M. (1996): "Measuring Operational Performance in a Throughput World", *Management Accounting*, April, pp. 41-47.
- WHEELWRIGHT, S.C. y BOWEN, H.K. (1996): "The Challenge of Manufacturing Advantage", *Production and Operations Management*, vol. 5, nº 1, pp. 60-77.
- ZAMMUTO, R.F. y O'CONNOR, E.J. (1992): "Gaining Advanced Manufacturing Technologies' Benefits: The Roles of Organization Design and Culture", *Academy of Management Review*, vol. 17, nº 4, pp. 701-728.
- ZHAO, H. y CO, H.C. (1997): "Adoption and Implementation of Advanced Manufacturing Technology in Singapore", *International Journal of Production Economics*, vol. 48, nº 1, pp. 7-19.

## **ANEXO METODOLÓGICO Y ESTADÍSTICO**

---

### **I. MUESTRA Y RECOPIACIÓN DE DATOS**

Como ya indicamos, la población objetivo está constituida por aquellas plantas radicadas en Andalucía que operaban en el sector aeronáutico en el momento de llevar a cabo el trabajo de campo, un total de 20. A la vista de este reducido número decidimos realizar un análisis exhaustivo del sector y estudiar la totalidad de la población. La inclusión de las plantas del grupo CASA en el análisis ha permitido una mayor diferenciación en cuanto al tamaño. Su pertenencia a un mismo grupo empresarial no distorsiona los resultados obtenidos en la medida en que antes de la integración de CASA en EADS, la estrategia tecnológica de cada planta, no sólo en cuanto a la selección de equipos, sino también por lo que respecta a su proceso de evaluación, se desarrollaba de manera independiente respecto de las demás plantas del grupo, aunque sometidas finalmente a la aprobación de la dirección central, tal y como confirmaron los responsables de Ingeniería consultados.

En lo que a la recogida de datos se refiere, dada la amplitud de la problemática a analizar en el proyecto de investigación en el que este trabajo se engloba y la consecuente extensión de los correspondientes cuestionarios, se decidió dividir el estudio en dos partes con objeto de evitar el rechazo inicial a un único cuestionario excesivamente largo. El objetivo fundamental de la primera parte era determinar las AMT presentes en el sector, para lo cual se utilizó un cuestionario postal. Se partió de un diseño preliminar del mismo, para el que nos ayudamos 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)). Éste fue sometido a sucesivos tests por investigadores ajenos al proyecto para asegurar la oportunidad y correcta redacción de preguntas; asimismo, se realizó una prueba piloto sobre tres empresas de la población. El cuestionario definitivo se envió el 23 de julio de 1999 a la totalidad de la población estudiada. 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 perseverante seguimiento telefónico realizado. Éste permitió, por un lado, que la tasa de respuestas alcanzara el 100%, y, por otro, aclarar las dudas que habían surgido en algunas

empresas acerca de determinadas cuestiones, contribuyendo así a aumentar la fiabilidad de los datos obtenidos.

Siguiendo un proceso de construcción similar al del primer cuestionario y conocidas ya las AMT existentes en cada empresa, se estructuró un segundo cuestionario cuyo objetivo era recopilar los datos necesarios para analizar el proceso de adopción, implantación y control de las inversiones realizadas y conocer, en términos relativos, el rendimiento de las empresas de la población. El largo tiempo transcurrido en la recopilación de respuestas de la primera parte y el deseo de evitar posibles problemas de interpretación, aspectos ambos que podían verse afectados por la mayor complejidad de este segundo cuestionario, nos llevaron a decidirnos por las entrevistas personales para su cumplimentación; ésta decisión se vio igualmente favorecida por el pequeño tamaño de la población estudiada. Este segundo cuestionario se envió por correo el 24 de enero de 2001 con objeto de que los directivos se familiarizarasen con su contenido antes de la entrevista. En esta ocasión, el proceso de recolección de datos duró menos de tres meses.

La duración media de las entrevistas fue de dos horas, bastante superior a las primeras estimaciones. Ello fue debido a que en el transcurso de las mismas se trataron otros asuntos no especificados en el cuestionario, pero que iban surgiendo con la conversación; ello permitió profundizar en cuestiones no previstas.

En la mayoría de las pymes auxiliares fue el director y propietario quien contestó a ambos cuestionarios, algo que no está asegurado en este tipo de estudios cuando se utiliza únicamente el correo como medio de contacto. Por lo que respecta a las plantas grandes, fueron directores o subdirectores de Ingeniería quienes atendieron las entrevistas.

Otro hecho a resaltar es que al comienzo de cada entrevista se comentó la información obtenida en el primer cuestionario, con un doble objetivo: determinar la evolución que habían seguido las inversiones previstas desde el momento en que las empresas habían contestado aquél y detectar posibles errores u omisiones en las respuestas. Como consecuencia, hubieron de corregirse algunas de ellas. Este hecho es indicativo del riesgo que llevan asociados los estudios basados en cuestionarios por correo, en los que la exactitud de los datos recopilados depende en extremo de la atención de los encuestados y de la correcta interpretación o comprensión de las preguntas planteadas, lo cual (como demuestra la experiencia) puede no ocurrir en muchos casos.

## II. ESCALAS DE MEDICIÓN

A excepción de la actividad y el tamaño empresarial, el resto de factores considerados ha sido medido mediante escalas de medición multidimensionales. En la medida en que es posible prever que uno de los efectos de invertir en AMT podría suponer una variación del tamaño de la plantilla, hemos preferido estimar la variable tamaño empresarial a partir del volumen anual de ventas.

Para el desarrollo y validación de escalas se han tenido en cuenta diversas recomendaciones al respecto aparecidas en los últimos años en la literatura especializada, tales como la utilización de subconstructos o la utilización de escalas previamente validadas en otros estudios (Malhotra y Grover (1998), O'Leary-Kelly y Vokurka (1998), Hensley (1999)). Esta última circunstancia ha sido determinante para que en la medición se haya optado en casi la totalidad de los casos por escalas de Likert de siete puntos, al ser éstas las habitualmente aplicadas en las investigaciones en DO. No obstante, en el área de Operaciones son todavía pocas las escalas desarrolladas. Las utilizadas en nuestra investigación han sido adoptadas de otros estudios, con pequeñas adaptaciones en algunos casos. Ello nos hacía esperar a priori altos niveles de fiabilidad interna; sin embargo, por otro lado, todas las escalas podrían asumirse nuevas si se considera que nunca antes se habían aplicado exclusivamente a empresas del sector aeronáutico, lo que podía traducirse en una menor fiabilidad de la esperada. Tras los correspondientes test de fiabilidad, y como se expondrá más adelante, fue necesaria la modificación de una de ellas.

Como medida de la fiabilidad interna de escalas hemos empleado el coeficiente alfa de Cronbach, que es, sin duda, la más extendida. Como es sabido, este coeficiente puede tomar valores entre 0 y 1, de manera que a mayor coeficiente, mayor fiabilidad. Sobre el valor que debe alcanzarse para que se considere aceptable no parece haber un acuerdo generalizado (O'Leary-Kelly y Vokurka, 1998), encontrándose propuestas que van de 0,4 (Van de Ven y Ferry, 1980) a 0,7 (Nunnally, 1978). No obstante, suelen exigirse diferentes niveles según se trate de escalas ya consolidadas (0,7) o de nuevo desarrollo (0,6) (Nunnally (1978), Flynn et al. (1990), Hair et al. (1999)).

En cuanto a la validez de las escalas utilizadas, es decir, si dichas escalas miden efectivamente los conceptos que pretenden medir y ningún otro, se midió a través de la validez de contenido. Ante la imposibilidad de evaluar dicha dimensión con herramientas estadísticas (Hoskisson et al., 1993), ésta se ha de basar en el juicio de expertos o de sus referencias en la literatura acerca de si la escala en cuestión mide verdaderamente el concepto o constructo para el que se desarrolló. Dicha medida es, por tanto, subjetiva por naturaleza, y, como tal, siempre será debatible. En nuestra investigación, la validez de contenido se ha comprobado, tal y como recomiendan diversos autores, empleando escalas previamente

desarrolladas (Flynn et al. (1990); Malhotra y Grover (1998); Hensley (1999)). Su adaptación se basó en una rigurosa revisión bibliográfica y en el juicio de más de una docena de investigadores y profesores universitarios.

Por lo que respecta al análisis de la validez convergente y de la validez discriminante, éste se mostraba a todas luces imposible en un estudio como el nuestro, con una población de 20 plantas, pues el análisis factorial confirmatorio requerido necesita al menos 200 respuestas o un número igual a cinco veces el de los ítems recogidos en la escala (Hair et al., 1999). Si bien una alta fiabilidad no es condición suficiente, aunque sí necesaria, para asegurar la validez de una investigación, consideramos que el haber empleado escalas previamente validadas en otros estudios y el haber obtenido unos elevados indicadores de la fiabilidad de las mismas en nuestra población son apoyos suficientes para aceptar su validez.

### **Inversiones en AMT**

Puesto que al desarrollar una taxonomía no se pretende la definición de tipos ideales, sino la clasificación de las organizaciones dentro de grupos exhaustivos y mutuamente excluyentes, la elección de las variables que vayan a ser utilizadas para establecer la clasificación es una decisión de crucial importancia que debe hacerse sobre la base de la teoría existente y del trabajo que se desea realizar (Ketchen y Shook (1996); Miller (1996)). En este sentido, las clasificaciones recogidas en la literatura sobre AMT son múltiples, aunque todas ellas gozan de un alto grado de similitud. El criterio más extendido y aplicado para la categorización de AMT se basa en la función o tipo de actividad que realizan, distinguiéndose tres categorías básicas de automatización avanzada: de la Ingeniería, de la fabricación y de las tareas de planificación y control. El origen de esta clasificación puede encontrarse en Meredith (1987a), habiendo sido desarrollada posteriormente en similares términos por otros autores (por ejemplo, Adler (1988) distingue entre AMT de diseño, de fabricación y administrativas).

Por lo que respecta a su medición, lo habitual en estudios similares es que los encuestados respondan en una escala de Likert de siete puntos sobre la intensidad de las inversiones de su empresa en cada tecnología (no obstante, hay trabajos en los que la medición se hace de forma mucho más simple, por ejemplo, en Small y Yasin (1997)). Sin embargo, había razones que nos llevaron a desechar tal opción en este caso. Por un lado, y aunque tal inconveniente parece estar asumido como un mal menor en los estudios empíricos sobre el tema, las respuestas así obtenidas adolecen de un marcado carácter subjetivo. En nuestra opinión, el inconveniente podía acentuarse en una población tan reducida como la de nuestro estudio, con una gran cantidad de pymes que, a priori, no esperábamos excesivamente familiarizadas con este tipo de tecnologías, y donde qué se considera una "inversión elevada" podía diferir mucho de una empresa a otra. Por otro lado, porque para los objetivos globales de la investigación en la que se enmarca el presente trabajo, y en el caso concreto de las AMT de

fabricación, no bastaba saber si las empresas consideraban sus inversiones bajas, medias o elevadas, sino también conocer el número de equipos instalados en cada caso. En consecuencia, para cada tecnología se utilizó una variable dicotómica que expresaba la existencia (1) o no existencia (0) de dicha tecnología en la empresa. En el caso concreto de las AMT de fabricación, dado que las empresas no sólo indicaban la presencia de la tecnología en cuestión, sino el número de equipos existentes, su incorporación a la escala se realizó sumando al 1 que representa la existencia de la tecnología el cociente entre el número de equipos de la empresa 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). Tras medir la fiabilidad de las escalas, ningún ítem hubo de ser eliminado, pues, como puede comprobarse en la tabla a1, el indicador alfa de Cronbach está en los tres casos por encima del valor 0,7 de referencia.

Escala	Objetivo	Media	Desv. tip.
AMT de diseño ( $\alpha=0,7135$ )  (Escala)	Diseño Asistido por ordenador (CAD)	0,70	0,47
	Ingeniería asistida por ordenador (CAE)	0,45	0,51
	Planificación de procesos asistida por ordenador (CAPP)	0,30	0,47
	Tecnología de grupos	0,30	0,47
		1,75	1,41
AMT de fabricación ( $\alpha=0,8098$ )  (Escala)	Fabricación asistida por ordenador (CAM)	0,65	0,56
	Máquinas herramientas de control numérico (NC)	0,10	0,45
	Máquinas herramientas de control numérico computerizado (CNC)	0,60	0,56
	Robots programables (RP)	0,00	0,00
	Vehículos guiados por ordenador (AGV)	0,15	0,46
	Sist. automatizados para almacenamiento y recogida de materiales (AS/RS)	0,10	0,45
	Sistema flexibles de fabricación (FMS)	0,10	0,45
	Inspección asistida por ordenador (CAI)	0,45	0,57
	2,15	2,46	
AMT de planificación ( $\alpha=0,8105$ )  (Escala)	Planificación de los recursos de fabricación (MRPII)	0,35	0,49
	Justo a tiempo (JIT)	0,00	0,00
	Mantenimiento preventivo computerizado (CPM)	0,15	0,37
	Contabilidad de costes basada en actividades (ABC)	0,15	0,37
	Gestión automatizada de talleres (GAT)	0,20	0,41
	0,85	1,39	

Tabla a1. Escalas de medición de inversiones en AMT

### Prioridades competitivas

En este caso se ha recurrido a los indicadores que muestra la tabla a2, casi todos los cuales han sido identificados en anteriores estudios (Corbett (1996), Roth (1996), Boyer y McDermott (1999), Avella y Fernández (2000), Boyer y Pagell (2000) o Ward y Duray (2000)). No es así en el caso del ítem *Implantar una cultura de calidad*, cuya inclusión se ha considerado oportuna dada la importancia que dicho objetivo tiene en el sector objeto de estudio. La importancia dada a cada uno de los objetivos se ha medido sobre una escala de Likert de siete puntos (1=Sin importancia; 4=Importante; 7=Importancia crítica).

Escala	Objetivo	Media	Desv. típica
COSTE ( $\alpha=0,7353$ )  (Escala)	Reducción de inventarios	2.90	1.94
	Reducción de costes de producción	5.80	0.89
	Incremento productividad mano de obra	5.55	1.05
		4.75	0.25
CALIDAD ( $\alpha=0,6929$ )  (Escala)	Calidad consistente con baja tasa de defectuosos	6.35	0.49
	Ofrecer productos fiables	6.30	0.98
	Implantar una cultura de calidad	6.55	0.60
		6.40	0.57
ENTREGAS	Cumplir con las fechas de entrega prometidas	6.50	0.69
FLEXIBILIDAD ( $\alpha=0,6799$ )  (Escala)	Rapidez introducción de nuevos productos	5.30	1.49
	Rápidos ajustes de capacidad	4.95	1.39
	Rápidos cambios de volumen	4.95	1.23
	Ofrecer una elevada variedad de productos	4.20	2.33
	Cambios rápidos en el mix de productos	3.40	2.11
		4.59	1.19

Tabla a2. Escalas de medición de las prioridades competitivas de Operaciones

Al calcular la alfa de Cronbach sobre la escala propuesta en principio, pudimos constatar que en este caso los valores obtenidos no permitían asegurar su fiabilidad a un nivel aceptable. Los valores del indicador de la fiabilidad interna que aparecen en la tabla a2 son los obtenidos una vez eliminados aquellos ítems que impedían la consecución de una fiabilidad adecuada.

En relación con la fiabilidad del subconstructo *entregas*, el valor de la alfa de Cronbach obtenido en la escala propuesta, que incluía un segundo ítem (entregas rápidas) fue muy bajo (0,1236). Un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas en las entrevistas mostraba que, para algunas de las empresas del sector, el objetivo entregas, aunque importante, no era prioritario en ningún caso para la competitividad. Pero, además, en un sector en el que los plazos de fabricación son considerablemente largos y en el que se trabaja bajo contrato, acelerar la fabricación para poder ofrecer fechas de entrega más rápidas parece bastante menos importante que cumplir con las fechas de entrega prometidas, tal y como sugerían las medias y

desviaciones típicas alcanzadas para ambos ítems (las entregas rápidas alcanzaban una media menor (5,19) y una desviación típica mayor (1,39) que las entregas en fecha (6,5 y 0,69 respectivamente)). Por ello, se optó por medir el objetivo entregas mediante una escala unidimensional que analizara exclusivamente la importancia de cumplir con las fechas de entrega prometidas.

### Integración

El nivel de integración se ha medido a través del grado en el que las transacciones parciales entre actividades se realizan de forma computerizada. Las posibles integraciones parciales que se han tenido en consideración se muestran en la tabla a3; su medición se ha realizado mediante una escala de Likert de siete puntos (1=Integración nula (0%); 4=Integración media (50%); 7=Integración completa (100%). El origen de esta escala se encuentra en Dean et al. (1992), y ha sido utilizada en posteriores estudios en la forma aquí presentada (Boyer et al. (1996); Milling (1997); Jonsson (2000)).

Escala	Media	Desv. típica
INTEGRACIÓN ( $\alpha=0,8994$ )		
Entre el diseño de productos y la planificación del proceso	3,05	2,70
Entre el diseño de productos y fabricación	3,90	2,92
Entre el diseño de productos y la planificación de la producción	2,40	2,41
Entre la planificación del proceso y fabricación	3,10	2,79
Entre la planificación de la producción y fabricación	2,50	2,46
Entre diversos equipos de fabricación	2,15	1,87
(Escala)	2,85	2,08

Tabla a3. Escala de medición del nivel de integración entre actividades

### Rendimiento

Al igual que en otras investigaciones en la materia (Gupta et al., 1997) hemos contemplado la medición del rendimiento a dos niveles. Por un lado, a través del grado de mejora alcanzado en aquellos aspectos tácticos y operativos que las plantas identificaban como principales objetivos de la inversión. Para cada una de las plantas, se ha considerado un máximo de tres indicadores del rendimiento de la misma, aunque éstos pueden variar de unas a otras. La medición se ha realizado sobre una escala de Likert de siete puntos (1=Ha empeorado mucho; 4=Sin variación; 7=Ha mejorado mucho).

Por otro lado, se ha medido el rendimiento empresarial a través de cuatro indicadores, dos relacionados con el crecimiento y dos con el beneficio, cuya validez está respaldada por anteriores estudios empíricos (Boyer et al. (1996); Boyer et al. (1997); Gupta et al. (1997), Ward y Duray

(2000)). La medición se ha realizado a través de la posición de la empresa en relación con los competidores en los tres últimos años, sobre una escala de Likert de siete puntos (1=Retroceso significativo; 4=Sin modificación; 7=Mejora significativa). Ningún ítem hubo de ser eliminado de la escala, pues el valor del coeficiente alfa de Cronbach fue muy superior a 0,7 en ambos casos (ver tabla a4).

Escala	Media	Desv. típica
<b>CRECIMIENTO</b> ( $\alpha=0,8645$ )		
Crecimiento de la cuota de mercado	5,15	1,31
Crecimiento de las ventas	5,45	1,19
(Escala)	5,30	1,17
<b>BENEFICIO</b> ( $\alpha=0,9596$ )		
Retorno sobre la inversión (ROI)	4,95	1,08
Retorno sobre las ventas (ROS)	4,74	1,04
(Escala)	4,84	1,04

Tabla a4. Escalas de medición del rendimiento empresarial

### III. ANÁLISIS DE DATOS

Además del análisis descriptivo (que ha dado lugar a la determinación de la mayoría de los estadísticos propios de un análisis de naturaleza descriptiva: medias, frecuencias absolutas y porcentajes, máximos y mínimos, desviaciones típicas y tablas de contingencia o de frecuencia), se ha realizado también un amplio análisis explicativo de las relaciones entre variables que se dan en el sector. Para la contrastación de las hipótesis planteadas se ha recurrido a diversos estadísticos explicativos con diferentes objetivos: probar la normalidad de una variable (test de Kolmogorov-Smirnov), determinar asociaciones entre variables (prueba  $\chi^2$  (Chi-cuadrado) o de Pearson, estadístico exacto de Fisher), clasificar casos (método de Ward de la mínima varianza para la determinación de conglomerados jerárquicos) o comparar medias (prueba t de Student para muestras independientes, prueba t de Student para muestras relacionadas, prueba U de Mann-Whitney, test de Friedman, ANOVA de un factor, análisis DMS). En el cuadro a1 se muestra una breve explicación de todos ellos. Es importante señalar que todos los estadísticos utilizados tienen en cuenta el tamaño de la muestra al calcular la significación de los contrastes, por lo que el tamaño relativamente pequeño del número de elementos de la población (20) no afecta a su validez. Asimismo, hay que tener presente que al estar siendo analizada la población completa, el objetivo de la contrastación no es inferencial, sino explicativo.

<b>Test de Kolmogorov-Smirnov</b>
A partir de una muestra, determina el grado de semejanza entre su distribución empírica y la de una determinada distribución teórica que, en nuestro caso, ha sido siempre la distribución normal. La hipótesis nula que se ha planteado al aplicarlo ha sido, por tanto, que las poblaciones siguen una distribución normal, siendo rechazada cuando la significación ha sido menor de 0,05 (p-level).
<b>Prueba Chi-cuadrado o de Pearson</b>
El coeficiente de correlación de Pearson mide el grado de dependencia lineal entre dos variables cuantitativas, siendo la hipótesis nula planteada que entre dos variables no existe asociación. Para ello, compara las frecuencias obtenidas en una tabla de contingencia con las que cabría esperar si las variables fuesen independientes. La hipótesis se ha rechazado cuando el nivel de significación obtenido no ha alcanzado el p-level=0,05, pues ello implica que el nivel de confianza de que haya asociación entre las variables es del 95%.
<b>Estadístico exacto de Fisher</b>
Similar al anterior, se utiliza cuando las variables cuya correlación se quiere comprobar correlacionadas son de naturaleza cualitativa. La hipótesis nula planteada es igualmente que no hay asociación entre las variables, siendo rechazada cuando la significación obtenida no alcanza el valor 0,05.
<b>Método de Ward de la mínima varianza</b>
Agrupar una muestra o población en diferentes conglomerados o clusters en función de las similitudes que muestran los casos que quedan en cada grupo respecto a unas determinadas variables. La agrupación se realiza de manera escalonada en sucesivos pasos, de ahí la denominación de conglomerados jerárquicos. Las distancias entre los elementos de cada grupo se miden entonces sobre una escala que va de 0 a 25; mientras más cercano a cero sea el punto de agrupación menores serán las diferencias dentro del conglomerado.
<b>t de Student</b>
Permite comprobar la igualdad en las medias de dos muestras diferentes y, por tanto, si existen diferencias significativas entre ambas. La hipótesis nula que se plantea es que no existe diferencia entre las medias. El estadístico t de Student es una prueba paramétrica que requiere la normalidad de las poblaciones estudiadas (aunque es muy robusta y poco sensible a la falta de normalidad de la variable en cuestión). En nuestro caso, se ha utilizado bajo dos circunstancias: - En muestras independientes: una misma variable medida en dos muestras diferentes. - En muestras relacionadas: dos variables medidas sobre la misma muestra.
<b>U de Mann-Whitney</b>
Su utilidad es similar a la t de Student sobre muestras independientes, pero se trata de una prueba no paramétrica que no hace hipótesis alguna sobre la distribución de la población. La hipótesis nula planteada es que no existen diferencias entre las medias, que se acepta cuando la significación supera un p-level=0,05.
<b>Test de Friedman</b>
Es una prueba no paramétrica que permite determinar si existen diferencias entre la media de una misma variable en k muestras relacionadas. La hipótesis nula que se plantea es que no existen diferencias en la media, rechazándose si el nivel de significación es inferior a 0,05.
<b>ANOVA de un factor</b>
Prueba paramétrica que permite determinar si existen diferencias significativas en la media de una variable cuantitativa entre varias muestras independientes, las cuales se corresponden con diferentes categorías de una variable cualitativa. La hipótesis nula que se plantea es que no hay diferencias entre las medias, rechazándose si la significación es inferior a 0,05. Aunque es una prueba paramétrica, es muy robusta en sus resultados aun cuando no se cumplan exactamente las hipótesis teóricas para su aplicación (normalidad de la variable dependiente y homocedasticidad (varianzas iguales) en los distintos grupos).
<b>Análisis DMS</b>
Prueba de comparaciones múltiples que se suele utilizar una vez que el ANOVA ha comprobado significativamente la diferencia en medias para determinar los pares de grupos entre los que las medias son diferentes.

Cuadro a1. Estadísticos utilizados en el análisis de datos

No obstante, hay que tener en cuenta que el bajo número de casos limita en ocasiones la aplicación de algunas de estas técnicas bajo los supuestos teóricos óptimos tal como, por ejemplo, la normalidad de las variables al aplicar pruebas paramétricas como el estadístico t de Student. Es por ello que se ha recurrido en diversas ocasiones a la aplicación de pruebas no paramétricas como el estadístico U de Mann-Whitney (éstas no parten de hipótesis alguna sobre la distribución de la población y son algo menos potentes que las paramétricas). Para determinar la normalidad de las variables se ha utilizado la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La prueba t de Student, no obstante, es un test robusto que se ve poco afectado por la falta de normalidad de las variables, pudiéndose aplicar en la práctica en casos en los que dicha característica no está asegurada (de hecho, en muchas ocasiones los resultados obtenidos con la t de Student y con la U de Mann-Whitney coinciden exactamente); por ello, se ha aplicado la prueba t de Student siempre que la normalidad quedase constatada en todas o en la mayor parte de las variables implicadas en la contrastación de una determinada hipótesis.

Para el análisis de datos se ha utilizado el programa estadístico SPSS 10.0.

#### IV. TABLAS ESTADÍSTICAS

Actividad	t	gl	Sig. (bilateral)
Chapistería	-0,149	18	0,883
Mecanizado	-0,046	18	0,964
Ingeniería	1,880	12,020	0,085
Diseño	1,509	8,452	0,168
Montaje	1,695	11,166	0,118

Tabla a5. Prueba t de Student sobre la independencia entre volumen anual de ventas y actividades

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

Tabla a6. Prueba t de Student para medir la independencia entre actividades e inversiones por tipos de AMT

	Chapistería		Mecanizado		Ingeniería		Diseño		Montaje	
	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.
CAD	1,000	0,031	0,051	0,433	0,122	0,399	0,157	0,349	1,000	0,089
CAE	1,000	0,098	0,160	0,363	0,070	0,413	0,022	0,512	1,000	0,082
CAPP	0,521	0,265	0,122	0,399	0,354	0,244	0,050	0,450	1,000	0,089
GT	1,000	0,031	0,613	0,202	0,051	0,433	0,050	0,450	0,325	0,298
CAM	0,537	0,223	0,015	0,514	0,062	0,426	0,028	0,471	1,000	0,042
NC	0,150	0,479	1,000	0,166	1,000	0,166	1,000	0,203	1,000	0,184
CNC	0,566	0,180	0,005	0,553	1,000	0,032	0,406	0,208	1,000	0,082
RP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGV	0,150	0,479	1,000	0,166	1,000	0,166	1,000	0,203	1,000	0,184
AS/RS	1,000	0,096	0,350	0,298	1,000	0,166	0,450	0,246	1,000	0,184
FMS	1,000	0,096	0,350	0,298	1,000	0,166	0,450	0,246	1,000	0,184
CAI	1,000	0,057	0,356	0,249	0,642	0,169	0,362	0,276	0,373	0,243
MRPII	1,000	0,015	0,329	0,304	0,329	0,304	0,160	0,363	0,642	0,169
JIT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CPM	0,404	0,211	1,000	0,015	0,521	0,295	0,566	0,180	0,242	0,324
ABC	0,404	0,211	0,521	0,295	0,521	0,295	0,566	0,180	0,242	0,324
GAT	0,509	0,139	1,000	0,104	1,000	0,104	1,000	0,050	0,117	0,378

E.E.F.: Estadístico Exacto de Fisher (Significación exacta bilateral), C.C.: Coeficiente de Contingencia

Tabla a7. Estadístico Exacto de Fisher sobre la independencia entre actividades e inversiones en AMT

		AMT de diseño	AMT de fabricación	AMT de planificación
Ventas Anuales	Correlación de Pearson	0,474	0,547	0,784
	Sig. (bilateral)	0,035	0,013	0,000
	N	20	20	20

Tabla a8. Análisis de correlación entre el tamaño y la inversión por tipos de AMT

	Ventas Anuales		
	U de Mann-Whitney	Z	Significación exacta
CAD	35,500	-0,537	0,602
CAE	31,000	-1,407	0,175
CAPP	35,500	-0,537	0,602
GT	12,000	-2,476	0,012
CAM	34,500	-1,042	0,305
NC	2,000	-1,302	0,300
CNC	46,500	-0,228	0,824
RP	-	-	-
AGV	2,000	-1,302	0,300
AS/RS	1,000	-1,475	0,200
FMS	1,000	-1,475	0,200
CAI	25,500	-1,737	0,082
MRPII	7,000	-3,053	0,001
JIT	-	-	-
CPM	0,000	-2,701	0,002
ABC	2,000	-2,489	0,007
GAT	10,000	-2,080	0,039

Tabla a9. Prueba de Mann-Whitney para medir la relación entre el tamaño empresarial y las inversiones en AMT

	Ventas Anuales	
	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)
AMT de diseño (N=16)	Falta MO especializada	-0,490 0,054
	Pérdida de flexibilidad	0,086 0,753
	Averías del equipo	-0,284 0,287
	Reorganización de dptos.	-0,250 0,350
	Reticencias trabajadores	-0,182 0,501
	Reticencias directivos	-0,135 0,617
	Dificultad evaluación	-0,260 0,331
	Dif. medir rendimiento	0,283 0,307
	Dificultad financiación	-0,297 0,263

Tabla a10. Análisis de correlación entre dificultades y tamaño para AMT de diseño

			Ventas Anuales
AMT de fabricación (N=15)	Falta MO especializada	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,061 0,828
	Pérdida de flexibilidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,083 0,770
	Averías del equipo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,610 0,016
	Reorganización de dptos.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,329 0,232
	Reticencias trabajadores	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,256 0,357
	Reticencias directivos	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,127 0,653
	Dificultad evaluación	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,597 0,019
	Dif. medir rendimiento	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,791 0,001
	Dificultad financiación	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,313 0,256

Tabla a11. Análisis de correlación entre dificultades y tamaño para AMT de fabricación

			Ventas Anuales
AMT de planificación (N=12)	Falta MO especializada	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,468 0,125
	Pérdida de flexibilidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,150 0,642
	Averías del equipo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,209 0,515
	Reorganización de dptos.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,439 0,153
	Reticencias trabajadores	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,377 0,227
	Reticencias directivos	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,079 0,808
	Dificultad evaluación	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,261 0,412
	Dif. medir rendimiento	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,173 0,591
	Dificultad financiación	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,334 0,288

Tabla a12. Análisis de correlación entre dificultades y tamaño para AMT de planificación

		AMT de diseño	AMT de fabricación	AMT de planificación	Integración
<b>Crecimiento</b>	Correlación de Pearson	0,191	-0,047	-0,246	0,138
	Sig. (bilateral)	0,420	0,843	0,297	0,562
	N	20	20	20	20
<b>Beneficio</b>	Correlación de Pearson	0,469	0,328	-0,130	0,563
	Sig. (bilateral)	0,043	0,171	0,596	0,012
	N	19	19	19	19

Tabla a13. Análisis de correlación entre la inversión por tipos de AMT y la integración y el rendimiento

Dpto	Etapas	AMT de diseño (N=11)				AMT de fabricación (N=10)				AMT de planificación (N=8)												
		Rango promedio	$\chi^2$	gl	Sig.	Rango promedio	$\chi^2$	gl	Sig.	Rango promedio	$\chi^2$	gl	Sig.									
Producción/ Operaciones	Propuesta inv.	3,27				3,35				3,38												
	Selec. tecnológica	3,73				4,05				4,50												
	Eval. financiera	2,18	17,9	5	0,003	1,30	33,4	5	0,000	1,56	19,3	5	0,002									
	Eval. estratégica	3,09				2,85				2,94												
	Puesta en marcha	4,18				4,60				4,25												
	Med. rendimiento	4,55				4,85				4,38												
Propuesta inv.	3,68													3,80				3,88				
Selec. tecnológica	4,05													4,00				3,56				
Ingeniería/ I+D	Eval. financiera	2,32	17,1	5	0,004	2,55	9,97	5	0,076	2,50	8,98	5	0,110									
	Eval. estratégica	3,23				3,25				3,38												
	Puesta en marcha	4,50				4,40				4,56												
	Med. rendimiento	3,23				3,00				3,13												
	Propuesta inv.	2,73													2,75				2,56			
	Selec. tecnológica	3,09													3,15				2,75			
Finanzas/ Contabilidad	Eval. financiera	5,00	31,4	5	0,000	4,95	26,6	5	0,000	5,00	19,7	5	0,001									
	Eval. estratégica	2,91				2,95				2,69												
	Puesta en marcha	2,73				2,75				3,19												
	Med. rendimiento	4,55				4,45				4,81												
	Propuesta inv.	4,32													4,25				4,13			
	Selec. tecnológica	3,59													3,65				3,75			
Dirección General	Eval. financiera	3,68	27,7	5	0,000	3,85	24,9	5	0,000	3,13	15,3	5	0,009									
	Eval. estratégica	4,95				4,95				5,00												
	Puesta en marcha	1,86				1,90				2,31												
	Med. rendimiento	2,59				2,40				2,69												
	Propuesta inv.	3,27													3,20				3,13			
	Selec. tecnológica	3,27													3,20				3,13			
Recursos Humanos	Eval. financiera	3,59	4,5	5	0,480	3,50	12,1	5	0,033	3,50	12,1	5	0,033									
	Eval. estratégica	3,59				3,50				3,50												
	Puesta en marcha	3,82				4,25				4,44												
	Med. rendimiento	3,45				3,35				3,31												
	Propuesta inv.	3,23													3,20				3,13			
	Selec. tecnológica	3,91													3,95				4,06			
Asesores Externos	Eval. financiera	3,73	6,4	5	0,268	3,75	6,4	5	0,268	3,81	6,4	5	0,268									
	Eval. estratégica	3,50				3,50				3,50												
	Puesta en marcha	3,41				3,40				3,38												
	Med. rendimiento	3,23				3,20				3,13												
	Propuesta inv.	3,23													3,20				3,13			
	Selec. tecnológica	3,91													3,95				4,06			

Tabla a14. Prueba de Friedman sobre diferencias en la implicación de las áreas funcionales en cada etapa

		AMT de diseño (N=16)	AMT de fabricación (N=15)	AMT de planificación (N=14)
<b>Propuesta de inversión</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson	0,028	-0,075	-0,022
	Sig. (bilateral)	0,919	0,791	0,941
Ingeniería/I+D	C. de Pearson	0,378	0,496	0,518
	Sig. (bilateral)	0,149	0,060	0,058
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson	-	-	-0,135
	Sig. (bilateral)	-	-	0,644
Dirección General	C. de Pearson	-0,669	-0,789	-0,929
	Sig. (bilateral)	0,005	0,000	0,000
Recursos Humanos	C. de Pearson	-	-	-
	Sig. (bilateral)	-	-	-
Asesores externos	C. de Pearson	-	-0,127	-
	Sig. (bilateral)	-	0,653	-
<b>Selección tecnológica</b>				
		(N=16)	(N=15)	(N=14)
Producción/Operaciones	C. de Pearson	0,003	-0,085	0,018
	Sig. (bilateral)	0,991	0,765	0,952
Ingeniería/I+D	C. de Pearson	0,280	0,449	0,420
	Sig. (bilateral)	0,293	0,093	0,134
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson	-0,038	-0,041	-0,053
	Sig. (bilateral)	0,890	0,885	0,857
Dirección General	C. de Pearson	-0,478	-0,693	-0,499
	Sig. (bilateral)	0,061	0,004	0,069
Recursos Humanos	C. de Pearson	-	-	-
	Sig. (bilateral)	-	-	-
Asesores externos	C. de Pearson	-0,184	-0,236	-0,313
	Sig. (bilateral)	0,494	0,398	0,277
<b>Evaluación financiera</b>				
		(N=12)	(N=10)	(N=9)
Producción/Operaciones	C. de Pearson	-0,194	-0,243	-0,295
	Sig. (bilateral)	0,545	0,499	0,441
Ingeniería/I+D	C. de Pearson	0,540	0,851	0,840
	Sig. (bilateral)	0,070	0,002	0,005
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson	-0,078	-0,014	-0,144
	Sig. (bilateral)	0,809	0,970	0,712
Dirección General	C. de Pearson	-0,510	-0,606	-0,452
	Sig. (bilateral)	0,090	0,063	0,222
Recursos Humanos	C. de Pearson	-0,181	-0,213	-0,248
	Sig. (bilateral)	0,573	0,554	0,519
Asesores externos	C. de Pearson	-0,232	-0,275	-0,344
	Sig. (bilateral)	0,469	0,441	0,365

Tabla a15 (continúa). Análisis de correlación entre la implicación interdepartamental por etapa y el tamaño empresarial (ventas anuales)

		AMT de diseño	AMT de fabricación	AMT de planificación
<b>Evaluación estratégica</b>		<b>(N=10)</b>	<b>(N=13)</b>	<b>(N=13)</b>
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,522 0,121	-0,479 0,098	-0,358 0,230
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,488 0,153	0,544 0,055	0,295 0,329
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,230 0,523	-0,059 0,847	-0,063 0,839
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,787 0,007	-0,780 0,002	-0,789 0,001
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,212 0,557	-0,157 0,608	-0,161 0,600
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,197 0,585	-0,144 0,640	-0,147 0,631
<b>Puesta en marcha</b>		<b>(N=16)</b>	<b>(N=15)</b>	<b>(N=14)</b>
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,109 0,687	-0,787 0,000	-0,113 0,701
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,266 0,320	0,500 0,057	0,328 0,252
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	-0,135 0,644
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,279 0,296	-0,286 0,301	-0,216 0,458
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,143 0,597	-0,210 0,452	-0,233 0,422
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,117 0,665	-0,183 0,513	-0,268 0,354
<b>Medición del rendimiento</b>		<b>(N=15)</b>	<b>(N=15)</b>	<b>(N=13)</b>
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,167 0,551	-0,773 0,001	-0,343 0,252
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,045 0,874	0,173 0,537	0,068 0,825
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,618 0,014	0,711 0,003	0,555 0,049
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,358 0,191	-0,328 0,233	-0,336 0,261
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,140 0,620	-0,137 0,627	-0,159 0,603
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,104 0,712	-0,101 0,720	-0,123 0,688

Tabla a15 (continuación). Análisis de correlación entre la implicación interdepartamental por etapa y el tamaño empresarial (ventas anuales)

		AMT de diseño (N=15)	AMT de fabricación (N=13)	AMT de planificación (N=12)
<b>Propuesta de inversión</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,254 0,361	-0,419 0,155	0,468 0,125
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,107 0,705	0,321 0,285	0,388 0,212
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	0,031 0,924
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,472 0,075	0,022 0,943	-0,056 0,862
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	- -
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	-0,011 0,971	- -
<b>Selección tecnológica</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,127 0,651	-0,297 0,325	0,517 0,085
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,346 0,206	-0,091 0,768	0,064 0,843
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,004 0,988	-0,544 0,055	0,031 0,924
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,401 0,139	0,109 0,723	0,102 0,753
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	- -
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,247 0,375	0,158 0,606	0,198 0,537
<b>Evaluación financiera</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,153 0,652	-0,397 0,330	0,437 0,279
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,213 0,530	0,284 0,495	0,343 0,405
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,110 0,747	-0,178 0,673	0,401 0,324
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,397 0,227	-0,075 0,860	-0,220 0,601
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,244 0,469	0,308 0,458	0,501 0,206
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,364 0,271	0,408 0,316	-0,231 0,583

Tabla a16 (continúa). Análisis de correlación entre la implicación interdepartamental por etapa y el rendimiento de las inversiones

		AMT de diseño (N=12)	AMT de fabricación (N=13)	AMT de planificación (N=9)
<b>Evaluación estratégica</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,347 0,269	-0,011 0,974	0,489 0,181
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,205 0,523	0,397 0,226	0,590 0,095
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,037 0,909	-0,541 0,086	0,093 0,812
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,387 0,214	-0,358 0,280	-0,206 0,595
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,261 0,413	0,330 0,321	0,450 0,224
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	0,093 0,812
<b>Puesta en marcha</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,230 0,410	-0,483 0,094	0,057 0,859
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,030 0,916	0,499 0,082	0,058 0,859
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	- -	- -	0,031 0,924
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,200 0,476	0,319 0,289	-0,190 0,554
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,370 0,174	0,307 0,308	0,175 0,587
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,004 0,988	0,181 0,554	0,050 0,877
<b>Medición del rendimiento</b>				
Producción/Operaciones	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,366 0,199	-0,500 0,082	0,257 0,446
Ingeniería/I+D	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,427 0,128	0,578 0,038	0,507 0,112
Finanzas/Contabilidad	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,201 0,490	0,339 0,258	0,112 0,744
Dirección General	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,154 0,600	0,198 0,516	-0,017 0,960
Recursos Humanos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	0,245 0,399	0,257 0,397	0,295 0,378
Asesores externos	C. de Pearson Sig. (bilateral)	-0,047 0,874	0,257 0,397	- -

Tabla a16 (continuación). Análisis de correlación entre la implicación interdepartamental por etapa y el rendimiento de las inversiones

			Ventas Anuales
AMT de diseño (N=16)	Patentes y licencias	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,135 0,617
	Desarrollo interno	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,333 0,207
	Alianzas estratégicas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,120 0,658
	Adquisición empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Colaboración instituciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,131 0,630
	Otras (asesorías)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
AMT de fabricación (N=15)	Patentes y licencias	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Desarrollo interno	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,976 0,000
	Alianzas estratégicas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Adquisición empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Colaboración instituciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,184 0,512
	Otras (asesorías)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
AMT de planificación (N=14)	Patentes y licencias	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,212 0,467
	Desarrollo interno	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,381 0,179
	Alianzas estratégicas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Adquisición empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Colaboración instituciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Otras (asesorías)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,838 0,077

Tabla a17. Análisis de correlación entre vías de acceso y tamaño

			Ventas Anuales
AMT de diseño (N=16)	Proveedores	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,121 0,655
	Empleados	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,245 0,361
	Otras empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,227 0,397
	Ferias de muestras	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,435 0,092
	Revistas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,396 0,129
	Administraciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,187 0,487
AMT de fabricación (N=15)	Proveedores	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,98 0,729
	Empleados	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,139 0,621
	Otras empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,204 0,467
	Ferias de muestras	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,503 0,056
	Revistas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,452 0,091
	Administraciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,166 0,555
AMT de planificación (N=14)	Proveedores	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,120 0,684
	Empleados	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,219 0,451
	Otras empresas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,236 0,417
	Ferias de muestras	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,352 0,217
	Revistas	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,375 0,186
	Administraciones	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,183 0,531

Tabla a18. Análisis de correlación entre factores informativos y tamaño

			Ventas Anuales
AMT de diseño (N=16)	Cambio de propietario	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Nuevo empleado/directivo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,114 0,675
	Proyecto de expansión	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,592 0,016
	Incremento de beneficios	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,361 0,169
	Aportación capital externo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,086 0,752
	Personal experto	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,185 0,492
AMT de fabricación (N=15)	Cambio de propietario	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Nuevo empleado/directivo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Proyecto de expansión	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,708 0,003
	Incremento de beneficios	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,390 0,151
	Aportación capital externo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Personal experto	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,184 0,512
AMT de planificación (N=14)	Cambio de propietario	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Nuevo empleado/directivo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,102 0,728
	Proyecto de expansión	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,719 0,004
	Incremento de beneficios	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,360 0,207
	Aportación capital externo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -
	Personal experto	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	- -

Tabla a19. Análisis de correlación entre factores catalizadores y tamaño

Factor	t	gl	Sig. (bilateral)
Estrategia Operaciones explícita	0,065	11,7	0,949
Objetivos claros automatización	1,027	17	0,319
Análisis estratégico de inversión	0,297	17	0,770
Coord. Inver./planes estratégicos	0,535	17	0,600
Técnicas fro.-contables adecuadas	-0,255	17	0,802
Integración interfuncional	1,721	6,1	0,135
Experiencia previa	0,213	17	0,834
Trabajadores polivalentes	-	-	-
Análisis de factibilidad técnica	-0,201	17	0,843
Estudio impactos organización	-0,479	17	0,638
Plan para integración sistemas	0,714	17	0,485
Planificación de implantación	0,325	17	0,749
Apoyo del proveedor	1,545	17	0,141
Equipo multifuncional trabajo	0,006	17	0,995
Existencia de un responsable	-1,546	17	0,140
Formación del personal	2,178	17	0,044
Apoyo/compromiso dirección	-	-	-
Motivación del personal	1,464	17	0,162
Recompensas adecuadas	0,443	17	0,664

Tabla a20. Prueba t de Student de muestras independientes sobre la relación entre el rendimiento de las inversiones y los factores considerados claves

Factor	t	gl	Sig. (bilateral)
Estrategia Operaciones explícita	-1,336	17	0,199
Objetivos claros automatización	-0,963	17	0,349
Análisis estratégico de inversión	-0,119	17	0,906
Coord. Inver./planes estratégicos	-1,019	17	0,322
Técnicas fro.-contables adecuadas	0,071	17	0,945
Integración interfuncional	-0,535	17	0,599
Experiencia previa	2,513	17	0,022
Trabajadores polivalentes	-	-	-
Análisis de factibilidad técnica	0,020	17	0,984
Estudio impactos organización	-0,230	17	0,821
Plan para integración sistemas	-0,031	17	0,975
Planificación de implantación	-1,955	17	0,067
Apoyo del proveedor	0,317	17	0,755
Equipo multifuncional trabajo	0,314	17	0,758
Existencia de un responsable	-0,992	15,5	0,337
Formación del personal	-0,546	17	0,592
Apoyo/compromiso dirección	-	-	-
Motivación del personal	0,319	17	0,754
Recompensas adecuadas	-0,715	17	0,484

Tabla a21. Prueba t de Student de muestras independientes sobre la relación entre el crecimiento de las empresas y los factores considerados claves

Factor	t	gl	Sig. (bilateral)
Estrategia Operaciones explícita	-1,196	16	0,249
Objetivos claros automatización	0,079	16	0,938
Análisis estratégico de inversión	1,445	16	0,168
Coord. Inver./planes estratégicos	0,287	16	0,778
Técnicas fro.-contables adecuadas	1,036	16	0,316
Integración interfuncional	1,445	16	0,168
Experiencia previa	0,000	14,5	1,000
Trabajadores polivalentes	-	-	-
Análisis de factibilidad técnica	0,293	16	0,773
Estudio impactos organización	0,515	16	0,613
Plan para integración sistemas	1,479	16	0,159
Planificación de implantación	-0,399	16	0,695
Apoyo del proveedor	-0,155	16	0,878
Equipo multifuncional trabajo	0,214	16	0,833
Existencia de un responsable	0,287	16	0,778
Formación del personal	0,792	16	0,440
Apoyo/compromiso dirección	-	-	-
Motivación del personal	0,000	16	1,000
Recompensas adecuadas	0,227	16	0,823

Tabla a22. Prueba t de Student de muestras independientes sobre la relación entre el beneficio empresarial y los factores considerados claves

Variable	Momento	Media	Desv. típica	Min.	Máx.	F	Sig.
Influencia trabajadores polivalentes	Adopción	5,25	0,95	4,00	6,00	0,662	0,530
	Implantación	5,00	1,00	4,00	6,00		
	Adop. e Implant.	5,75	1,21	4,00	7,00		
	Total	5,52	1,12	4,00	7,00		
Influencia planificación implantación	Adopción	5,00	1,00	3,00	6,00	0,385	0,690
	Implantación	4,50	2,12	3,00	6,00		
	Adop. e Implant.	5,50	0,71	5,00	6,00		
	Total	5,00	1,08	3,00	6,00		
Influencia apoyo proveedor	Adopción	5,33	1,15	4,00	6,00	0,189	0,830
	Implantación	6,00	0,71	5,00	7,00		
	Adop. e Implant.	5,60	1,89	1,00	7,00		
	Total	5,67	1,49	1,00	7,00		
Influencia formación personal	Adopción	7,00	0,00	7,00	7,00	1,933	0,179
	Implantación	5,50	1,43	2,00	7,00		
	Adop. e Implant.	6,33	0,51	6,00	7,00		
	Total	5,94	1,21	2,00	7,00		
Influencia motivación personal	Adopción	5,67	1,15	5,00	7,00	0,563	0,583
	Implantación	6,25	0,50	6,00	7,00		
	Adop. e Implant.	6,22	0,83	5,00	7,00		
	Total	6,12	0,80	5,00	7,00		

Tabla a23. Diferencias en la influencia de diversos factores en el proceso de adopción e implantación en función del momento de su consideración: ANOVA

Factor	t	gl	Sig. (bilateral)
Influencia estrategia operaciones explícita	-0,598	5	0,576
Influencia objetivos claros automatización	0,548	7,6	0,599
Influencia análisis estratégico de inversión	-0,656	11	0,526
Influencia técnicas fro-contables adecuadas	-1,342	6	0,228
Influencia estudio impactos organización	-1,633	4	0,178
Influencia plan para integración de sistemas	1,000	3	0,391
Influencia apoyo/compromiso dirección	-0,055	17	0,957
Influencia recompensas adecuadas	-2,049	3	0,133

Tabla a24. Diferencias en la influencia de diversos factores en el proceso de adopción e implantación en función del momento de su consideración: t de Student

Par de variables	t	gl	Sig. (bilateral)
Eco-Fros/ Estratégicos	-1,203	15	0,247

Tabla a25. Prueba t de Student de muestras relacionadas sobre la importancia de cada criterio de evaluación

		Ventas Anuales
Eco-Fros.	Correlación de Pearson	0,100
	Sig. (bilateral)	0,713
	N	16
Estratégicos	Correlación de Pearson	-0,100
	Sig. (bilateral)	0,713
	N	16

Tabla a26. Análisis de correlación entre el tamaño empresarial y la importancia de los criterios de evaluación

	Ventas Anuales		
	U de Mann-Whitney	Z	Significación exacta
Plazo de recuperación o payback	7,000	-0,790	0,513
Ratio Coste/Beneficio	9,000	-1,389	0,199
Valor Capital o VAN	0,000	-2,777	0,003
Tasa de Retorno o TIR	0,000	-2,777	0,003
Retorno sobre la inversión (ROI)	4,000	-0,535	0,769
Análisis optimista/pesimista	2,000	-2,469	0,011
Factores ponderados	0,000	-2,535	0,007

Tabla a27. Prueba de Mann-Whitney para medir la relación entre el tamaño empresarial y las técnicas de evaluación

Par de variables	t	gl	Sig. (bilateral)
Comercial/ Ctible.-Fra.	4,187	17	0,001
Comercial/ Tec.-Operativa	-6,209	17	0,000
Comercial/ Otras	7,498	17	0,000
Ctible.-Fra./ Téc.-Operativa	-13,186	17	0,000
Ctible.-Fra./ Otras	2,052	17	0,000
Téc.-Operativa/ Otras	19,201	17	0,000

Tabla a28. Prueba t de Student de muestras relacionadas sobre la importancia de cada área de rendimiento

	Ventas Anuales								
	AMT de Diseño			AMT de Fabricación			AMT de Planificación		
	U de M-W	Z	Sig.	U de M-W	Z	Sig.	U de M-W	Z	Sig.
Rapidez de entregas	16,000	-0,971	0,379	11,000	-0,340	0,800	13,000	-0,339	0,811
Cumplimiento de entregas	5,500	-1,351	0,200	0,000	-2,210	0,019	-	-	-
Reclamaciones de clientes	29,000	-0,265	0,837	25,000	-0,236	0,864	19,000	-0,147	0,943
Plazo de recuperación o payback	16,000	-1,304	0,221	21,000	-0,708	0,529	1,000	-2,370	0,014
Retorno sobre la inversión (ROI)	0,000	-1,628	0,125	-	-	-	-	-	-
Valor Capital o VAN	1,000	-2,491	0,007	1,000	-2,456	0,009	1,000	-2,370	0,014
Tasa de Retorno o TIR	1,000	-2,491	0,007	1,000	-2,456	0,009	1,000	-2,370	0,014
Reducción de inventarios	6,000	-1,271	0,267	2,000	-1,158	0,400	5,000	-1,186	0,308
Aumento de utilización de capacidad	8,000	-1,942	0,058	-	-	-	1,000	-1,338	0,308
Incremento productividad MO	11,500	-2,008	0,042	11,500	-0,255	0,800	13,500	-0,695	0,503
Tasa de defectuosas	9,500	-2,225	0,022	7,000	0,000	1,000	5,000	-1,186	0,308
Reducción tiempo de suministro	18,500	-1,419	0,161	22,000	-0,368	0,768	14,000	-0,169	0,937
Calidad del producto	20,000	-0,850	0,441	7,000	0,000	1,000	11,500	-1,004	0,330
Rapidez cambios de diseño	23,500	-0,847	0,408	11,000	-1,011	0,365	12,000	-0,508	0,692
Rapidez ajustes de capacidad	27,000	-0,057	1,000	12,500	-1,710	0,088	12,500	-1,216	0,234
Rapidez cambios volumen producción	29,000	-0,109	0,958	27,500	-0,058	0,955	18,500	-0,358	0,731
Variedad producción	29,500	-0,212	0,837	20,500	-0,767	0,456	12,500	-1,216	0,234
Cambios en mix de productos	15,000	-0,606	0,611	16,500	-0,719	0,489	17,500	-0,077	0,940
Frecuencia de mantenimiento	-	-	-	0,000	-2,210	0,019	-	-	-
Motivación del personal	-	-	-	5,500	-0,347	0,800	-	-	-

Tabla a29. Prueba de Mann-Whitney para medir la relación entre el tamaño empresarial y las medidas del rendimiento

		Ventas Anuales
Área comercial.	Correlación de Pearson	-0,665
	Sig. (bilateral)	0,003
	N	18
Área Contable-Financiera	Correlación de Pearson	0,455
	Sig. (bilateral)	0,058
	N	18
Área Técnico-Operativa.	Correlación de Pearson	0,385
	Sig. (bilateral)	0,115
	N	18
Otras áreas	Correlación de Pearson	-0,106
	Sig. (bilateral)	0,675
	N	18

Tabla a30. Análisis de correlación entre el tamaño empresarial y la importancia de cada área de rendimiento

		Ventas Anuales
Importancia del objetivo COSTES	Correlación de Pearson	-0,143
	Sig. (bilateral)	0,572
	N	18
Importancia del objetivo CALIDAD	Correlación de Pearson	-0,211
	Sig. (bilateral)	0,401
	N	18
Importancia del objetivo ENTREGAS	Correlación de Pearson	0,468
	Sig. (bilateral)	0,050
	N	18
Importancia del objetivo FLEXIBILIDAD	Correlación de Pearson	-0,322
	Sig. (bilateral)	0,193
	N	18

Tabla a31. Análisis de correlación entre el tamaño empresarial y la importancia dada a cada objetivo estratégico

	AMT diseño		AMT fabricación		AMT planificación	
	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.
	<b>Rapidez de entregas</b>					
Rapidez de entregas	1,000	0,147	1,000	0,077	1,000	0,147
	<b>Cumplimiento de entregas</b>					
Cumplimiento de entregas	1,000	0,097	1,000	0,209	-	-
	<b>Reducción tiempo de suministro</b>					
Reducción tiempo de suministro	-	-	1,000	0,026	0,182	0,557
	<b>Reducción de inventarios</b>					
Reducción de inventarios	-	-	-	-	0,182	0,557
	<b>Aumento de utilización de capacidad</b>					
Aumento de utilización de capacidad	0,516	0,316	-	-	1,000	0,277
	<b>Incremento productividad M.O.</b>					
Incremento productividad M.O.	-	-	1,000	0,164	1,000	0,190
	<b>Tasa de defectuosas</b>					
Tasa de defectuosas	0,125	0,439	1,000	0,267	1,000	0,217
	<b>Calidad del producto</b>					
Calidad del producto	1,000	0,171	1,000	0,113	-	-
	<b>Rapidez cambios de diseño</b>					
Rapidez cambios de diseño	1,000	0,222	0,505	0,190	-	-
	<b>Rapidez ajustes de capacidad</b>					
Rapidez ajustes de capacidad	-	-	-	-	-	-
	<b>Rapidez cambios volumen producción</b>					
Rapidez cambios volumen producción	-	-	-	-	0,364	0,386
	<b>Variedad producción</b>					
Variedad producción	1,000	0,222	1,000	0,059	-	-
	<b>Cambios en mix de productos</b>					
Cambios en mix de productos	-	-	-	-	-	-

E.E.F. : Estadístico Exacto de Fisher (Significación exacta bilateral)

C.C. : Coeficiente de Contingencia

Tabla a32. Estadístico exacto de Fisher sobre la independencia entre objetivos (columnas) y medidas del rendimiento (filas)

Variable	Cluster 1 (n=9) (Conservadoras)	Cluster 2 (n=8) (Diseñadoras)	Cluster 3 (n=3) (Inversoras)	ANOVAs
AMT de diseño	[2,3]	[1]	[1]	
Media	0,44	2,62	3,33	F=28,113
Desv. Típica	0,53	0,92	0,58	p<0,001
AMT de fabricación	[3]	[3]	[1,2]	
Media	0,81	2,15	6,18	F=11,065
Desv. Típica	0,14	1,16	3,87	p<0,001
AMT de planificación	[3]	[3]	[1,2]	
Media	0,44	0,25	3,66	F=28,534
Desv. Típica	0,88	0,46	0,58	p<0,001

El número entre corchetes indica los otros grupos respecto de los cuales ese clúster es significativamente diferente de acuerdo con el test DMS de comparaciones múltiples ( $p < 0,05$ )

Tabla a33. Inversiones en AMT por grupos: Resultados del ANOVA y del test DMS

Actividad	Plantas	Conservadoras		Diseñadoras		Inversoras	
		E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.	E.E.F.	C.C.
Chapistería	3	0,566	0,180	0,242	0,324	0,404	0,211
Mecanizado	7	0,005	0,553	0,004	0,565	1,000	0,015
Ingeniería	13	0,160	0,363	0,642	0,169	0,521	0,295
Diseño	9	0,010	0,525	0,065	0,442	0,566	0,180
Montaje	12	0,670	0,122	0,167	0,351	0,242	0,324

E.E.F. : Estadístico Exacto de Fisher (Significación exacta bilateral)

C.C. : Coeficiente de Contingencia

Tabla a34. Estadístico exacto de Fisher sobre la independencia entre actividades y conglomerados

Variable	Conservadoras	Diseñadoras	Inversoras	ANOVAs
Ventas Anuales	[3]	[3]	[1,2]	
Media	641,666	660,500	15.190,333	F=29,951
Desv. Típica	749,374	492,767	8.567,303	p<0,001

*El número entre corchetes indica los otros grupos respecto de los cuales ese clúster es significativamente diferente de acuerdo con el test DMS de comparaciones múltiples ( $p<0,05$ )*

Tabla a35. Tamaño por grupos: Resultados del ANOVA y del test DMS

Variable	Conservadoras	Diseñadoras	Inversoras	ANOVAs
Coste				
Media	4,48	4,58	6,00	F=2,629
Desv. Típica	0,85	1,32	0,00	p=0,101
Calidad				
Media	6,33	6,54	6,22	F=0,430
Desv. Típica	0,62	0,59	0,39	p=0,658
Entregas				
Media	6,33	6,50	7,00	F=1,063
Desv. Típica	0,87	0,53	0,00	p=0,367
Flexibilidad	[2]	[1,3]	[2]	
Media	4,18	5,35	3,80	F=3,624
Desv. Típica	1,38	0,68	0,35	p<0,05

*El número entre corchetes indica los otros grupos respecto de los cuales ese clúster es significativamente diferente de acuerdo con el test DMS de comparaciones múltiples ( $p<0,05$ )*

Tabla a36. Prioridades competitivas por grupos: Resultados del ANOVA y del test DMS

Variable	Conservadoras	Diseñadoras	Inversoras	ANOVAs
Integración	[2,3]	[1,3]	[1,2]	
Media	1,31	3,33	6,17	F=18,290
Desv. Típica	0,46	1,84	0,58	p<0,001

*El número entre corchetes indica los otros grupos respecto de los cuales ese clúster es significativamente diferente de acuerdo con el test DMS de comparaciones múltiples ( $p<0,05$ )*

Tabla a37. Integración por grupos: Resultados del ANOVA y del test DMS

Variable	Conglomerado	Media	Desv. tfp.	Mín.	Máx.	F	Sig.
Rendimiento inversiones en AMT de diseño	Conservadoras	6,00	0,55	5,33	6,67	0,191	0,828
	Diseñadoras	6,10	0,93	4,67	7,00		
	Inversoras	5,78	0,48	5,50	6,33		
	Total	6,01	0,74	4,67	7,00		
Rendimiento inversiones en AMT de fabricación	Conservadoras	6,33	0,82	5,00	7,00	0,431	0,661
	Diseñadoras	6,17	0,78	5,00	7,00		
	Inversoras	6,67	0,58	6,00	7,00		
	Total	6,33	0,73	5,00	7,00		
Rendimiento inversiones en AMT de planificación	Conservadoras	6,12	0,25	6,00	6,50	0,752	0,499
	Diseñadoras	5,70	0,84	5,00	7,00		
	Inversoras	6,11	0,19	6,00	6,33		
	Total	5,94	0,57	5,00	7,00		
Rendimiento medio inversiones AMT	Conservadoras	6,11	0,45	5,33	6,72	0,112	0,895
	Diseñadoras	6,02	0,69	5,00	6,83		
	Inversoras	6,19	0,03	6,17	6,22		
	Total	6,08	0,52	5,00	6,83		
CRECIMIENTO	Conservadoras	4,94	0,84	4,00	6,00	3,086	0,072
	Diseñadoras	6,00	1,39	3,00	7,00		
	Inversoras	4,50	0,00	4,50	4,50		
	Total	5,30	1,17	3,00	7,00		
BENEFICIO	Conservadoras	4,44	1,04	2,00	5,50	1,382	0,280
	Diseñadoras	5,28	1,15	4,00	7,00		
	Inversoras	5,00	0,00	5,00	5,00		
	Total	4,84	1,04	2,00	7,00		

Tabla a38. Descriptivos y ANOVA de un factor del rendimiento de las inversiones, crecimiento y beneficio en cada conglomerado