

Tecnologías de diseño, producción y administración ágiles: resultados de su aplicación en las fábricas españolas

Daniel Vázquez Bustelo • Lucía Avella Caballero
Universidad de Oviedo

RECIBIDO: 11 de octubre de 2005

ACEPTADO: 25 de enero de 2007

Resumen: Este trabajo se centra en el análisis del paradigma de fabricación ágil y su implementación en España. Con base en la literatura sobre el tema se ha elaborado un modelo que relaciona el dinamismo del entorno, las tecnologías de diseño, producción y administración ágiles y el rendimiento de las fábricas. Este modelo se ha contrastado en una muestra de fabricantes instalados en España, utilizando la metodología de la encuesta para la obtención de la información y un modelo de ecuaciones estructurales para el análisis de los datos. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que en entornos dinámicos, la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce al logro de mejores resultados en las fábricas españolas analizadas, medidos éstos a través de los siguientes indicadores: productividad de la mano de obra, fidelidad de los clientes, éxito en el lanzamiento de nuevos productos, volumen de ventas, rentabilidad económica y capacidad de adaptación al mercado.

Palabras clave: Fabricación ágil / Tecnologías de diseño, producción y administración / Entorno dinámico / Competitividad / Ecuaciones estructurales.

Agile Manufacturing Design, Production and Administrative Technologies: Implementation Results in Spanish Factories

Abstract: This paper focuses on the analysis of the agile manufacturing paradigm and its implementation in Spain. Based on the literature, a conceptual model has been designed, relating environment dynamism, agile design, production and administrative technologies and business performance. This model has been tested in a sample of Spanish manufacturers, using the survey methodology to obtain information and a structural equations model for the data analysis. The results obtained reveal that, in a dynamic environment, the application of agile design, production and administrative technologies lead to better results in the Spanish factories analysed, these being measured by the following indicators: workforce productivity, customer loyalty, success in the development and introduction of new products, sales turnover, return on assets and market responsiveness.

Key Words: Agile manufacturing / Design, production and administrative technologies / Dynamic environment / Competitiveness / Structural equations.

INTRODUCCIÓN

El concepto de fabricación ágil ha sido adoptado en gran número de fábricas y está siendo utilizado por investigadores, directivos y consultores que lo consideran la última de las etapas en la evolución de los modelos de producción. No obstante, el término fabricación ágil con frecuencia es utilizado de forma errónea en referencia a otros conceptos distintos tales como la fabricación flexible, la producción *just in time* o la personalización masiva. Esta confusión se debe, principalmente, a la escasa literatura que analiza las relaciones, similitudes y diferencias entre estas estrategias. Asimismo, se ha divulgado notablemente el interés que la fabricación ágil tiene para las empresas sin que, de forma paralela, haya sido validada empíricamente su relación con los resultados. De hecho, la literatura acerca de la agilidad está promoviendo ésta como una capacidad crucial para las empresas, dadas las características actuales del entorno competitivo.

Sin embargo, las empresas que tratan de mejorar sus resultados competitivos a través de la agilidad carecen de modelos teóricos validados empíricamente que permitan orientar sus decisiones. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es presentar y aportar evidencia empírica acerca de un modelo parcial de fabricación ágil, que recoge la relación entre el dinamismo del entorno, la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles y los resultados de las fábricas. En concreto, este modelo se contrasta en una muestra de fabricantes instalados en España. Para ello se ha llevado a cabo una investigación basada en la metodología de la encuesta. Los análisis se han realizado utilizando un modelo de ecuaciones estructurales.

El trabajo se estructura del siguiente modo: tras esta introducción, la primera sección se centra en la identificación de las características de la fabricación ágil (concepto, factores determinantes de su puesta en práctica, herramientas, políticas o prácticas y resultados); en la segunda sec-

ción se presenta el objetivo de esta investigación y las hipótesis propuestas; la tercera sección incluye la metodología de la investigación empírica –selección de la población objetivo, obtención de la información, validez interna y externa de la investigación y medición de las variables analizadas–; en la cuarta sección se presentan los análisis realizados y los principales resultados del estudio empírico; una quinta y última sección recoge las conclusiones de este trabajo así como sus principales limitaciones.

FABRICACIÓN ÁGIL

En la última década el entorno industrial ha experimentando cambios sustanciales caracterizados no sólo por su amplitud y profundidad, sino también por su rapidez. En dicho contexto, las empresas en general y las dedicadas a la fabricación de forma particular, encuentran más difícil lograr el éxito competitivo y/o asegurar su supervivencia debido a los elevados niveles de complejidad, competitividad, dinamismo e incertidumbre a los que se enfrentan. Esta situación crítica ha obligado a las empresas a llevar a cabo una revisión de sus prioridades competitivas, desencadenando un proceso de transición que las está llevando a abandonar los tradicionales modelos productivos en favor de nuevas formas organizativas, nuevas prácticas directivas y nuevas estrategias a todos los niveles. En este sentido, se ha observado una transformación de los denominados modelos productivos tradicionales, que ha culminado con la aparición de un nuevo paradigma de producción vinculado a la agilidad.

Con el desplazamiento empresarial hacia un nuevo paradigma basado en la agilidad ha surgido el término “*fabricación ágil*”, originalmente introducido en 1991 en el informe *21st Century Manufacturing Enterprise Strategy* publicado por el Iacocca Institute de la Universidad de Lehigh (Goldman y Preiss, 1991). Este concepto ha sido utilizado en la última década de forma creciente en la literatura sobre dirección de operaciones y dirección de empresas para denominar un modelo de producción flexible, capaz de adaptarse rápidamente a los cambios del entorno y con capacidad para introducir una elevada variedad de productos en el mercado con objeto de

satisfacer las necesidades de unos clientes cada vez más exigentes e informados (Kidd, 1995; Goldman *et al.*, 1995; Gunasekaran, 1999; Sharifi y Zhang, 1999; Gunasekaran *et al.*, 2002). Este paradigma emergente, cuya filosofía plantea un nuevo posicionamiento estratégico en fabricación y exige una visión global en la empresa (Roth, 1996), rompe con las directrices del tradicional modelo de producción en masa, poniendo especial énfasis en la adaptación proactiva al cambio (Yusuf *et al.*, 1999).

El trabajo pionero del Iacocca Institute (Goldman y Preiss, 1991) describe el concepto de fabricación ágil como una nueva infraestructura de fabricación, estableciendo un listado de sistemas y subsistemas facilitadores de agilidad, todos ellos relacionados con el cambio continuo, la rápida respuesta, la mejora de la calidad y la responsabilidad social en términos medioambientales y de condiciones laborales.

Según Kidd (1995) la fabricación ágil se apoya en tres recursos fundamentales: a) una organización y estructura de gestión innovadora, b) una base de trabajadores altamente formados, motivados y con poder de decisión y c) tecnologías avanzadas, flexibles e inteligentes. La agilidad se logra integrando esos tres recursos en un sistema interdependiente y coordinado.

Para Goldman *et al.* (1995) la agilidad es una respuesta global a los cambios impuestos por un nuevo entorno de negocio dominado por un conjunto de fuerzas que atentan contra los sistemas de producción en masa y que se rigen por el cambio y la incertidumbre. Además, la agilidad se caracteriza por ser dinámica, específica a su contexto, orientada al crecimiento y agresiva ante el cambio. Estos autores identifican cuatro dimensiones de la competencia ágil: a) enriquecimiento del cliente, b) cooperar para lograr competitividad, c) organizarse para gestionar el cambio y d) potenciar el impacto de las personas y la información. Para cada una de esas dimensiones establecen un listado de características de la empresa ágil que han sido consideradas por múltiples autores como el punto de partida en sus trabajos sobre agilidad.

A pesar de que la agilidad ha sido definida de distintas formas y desde diferentes perspectivas y campos del conocimiento, un elemento común

a todas las definiciones existentes en la literatura radica en que es un concepto alejado de la fabricación en masa. En esta línea, Sheridan (1993) argumenta que la agilidad implica la ruptura con los moldes de la producción en masa para fabricar productos más personalizados en el momento y lugar en el que el consumidor los demanda. Así, las empresas de fabricación ágil representan un nuevo modo de competencia industrial a escala global para el siglo XXI que genera nuevas formas operativas y de gestión que persiguen hacer frente a los desafíos del nuevo entorno competitivo.

Asimismo, diversos autores consideran que la fabricación ágil se apoya en los elementos esenciales o básicos de la producción ajustada² o se deriva de su mejora (Kidd, 1995; Richards, 1996; Parkinson, 1999; Sharp *et al.*, 1999; Sahin, 2000). No obstante, existen líneas divisorias claras entre los modelos de producción ajustada y fabricación ágil. Por un lado, la producción ajustada se ha visto como una simple mejora de los métodos de producción en masa, mientras que la fabricación ágil propicia una ruptura respecto a la producción en masa, al fabricar productos altamente personalizados cuando el cliente los necesita y en la cantidad que los precisa. Por otro lado, la producción ajustada se identifica con un modelo de producción capaz de operar de forma efectiva cuando las condiciones de mercado se caracterizan por su estabilidad mientras que, por el contrario, la fabricación ágil resulta más adecuada para hacer frente a situaciones de turbulencia, dado que se caracteriza por su capacidad de respuesta tanto operativa como estratégica. Otro aspecto respecto al cual se han identificado diferencias relevantes entre estos modelos de producción tiene que ver con los objetivos perseguidos por uno y otro. Mientras que la producción ajustada subordina la capacidad de respuesta a la consecución de la máxima eficiencia y productividad (a través de la eliminación del despilfarro), la fabricación ágil concede igual importancia a la eficiencia y a la capacidad de respuesta (Yusuf *et al.*, 1999). Por todo ello, se puede considerar que la fabricación ágil ha surgido como un nuevo modelo de producción que trata de paliar las limitaciones de la producción ajustada, existiendo muchas simi-

litudes pero también diferencias entre ambos modelos productivos (Avella y Vázquez-Bustelo, 2005).

En definitiva, la agilidad como concepto en fabricación identifica un modelo de producción condicionado por los cambios en el entorno que vincula la innovación en fabricación, la información y las tecnologías de la comunicación con un rediseño organizativo radical y el despliegue de nuevas estrategias en marketing. La implantación de dicho modelo, considerado la última de las etapas en la evolución de los sistemas de producción (Esmail y Saggi, 1996), se ha contemplado como una solución (necesaria) para enfrentarse a los problemas derivados de entornos de negocio turbulentos. Es de esperar, por tanto, una relación positiva entre la turbulencia del entorno, la aplicación de la fabricación ágil y el grado de competitividad de las plantas productivas que desarrollan este modelo de fabricación ágil.

Tras la revisión de diversos trabajos (Goldman y Nagel, 1993; Burgess, 1994; Goldman *et al.*, 1995; Montgomery y Levine, 1996; Flidner y Vokurka, 1997; Gunasekaran, 1998, 1999; Goranson, 1999; Meade y Sarkis, 1999; Sharifi y Zhang, 1999, 2001; Sharp *et al.*, 1999; Yusuf *et al.*, 1999; Dove, 2001; Sánchez y Nagi, 2001; Coronado *et al.*, 2002; Gunasekaran y Yusuf, 2002; Gunasekaran *et al.*, 2002), se han identificado tres elementos fundamentales de la fabricación ágil: motivadores (entorno), facilitadores (prácticas de agilidad) y resultados. Estos elementos son analizados a continuación.

ENTORNO

A pesar de que las organizaciones ágiles son un área de investigación relativamente nueva y las publicaciones académicas sobre las mismas son aún escasas (más aún en el caso español), los estudios y teorías sobre la adaptación organizativa al entorno son abundantes en la literatura estratégica y en la teoría organizativa. La investigación en dicho campo ha proliferado desde los años sesenta permitiendo a los investigadores concluir que los resultados organizativos están directamente correlacionados con la habilidad de adaptación de la organización a los cambios en

el entorno (Duncan, 1972; Hambrick, 1982; Miller y Friesen, 1983; Dess y Beard, 1984; Miller, 1987; Daft *et al.*, 1988; Fahey y Narayanan, 1989; Wholley y Brittain, 1989).

Los investigadores han definido el entorno como un conjunto de elementos contextuales externos fuera del control directivo –al menos en el corto plazo– que representan una fuente de oportunidades y amenazas (Bourgeois, 1980, 1985) y que están causalmente relacionados con los resultados obtenidos por la organización (Duncan, 1972; Swamidass y Newell, 1987; Ward *et al.*, 1995). De hecho, casi tres décadas de investigación empírica apoyan la teoría de que las organizaciones que logran el éxito tienden a estar alineadas con su entorno más que aquéllas otras que obtienen peores resultados.

En términos generales la investigación sobre el entorno se ha llevado a cabo desde tres perspectivas, en ocasiones complementarias. Una perspectiva es la que se centra en los grupos de interés externos a la empresa, que a través de sus actividades afectan al comportamiento organizativo de ésta –relaciones estudiadas principalmente desde el punto de vista de la teoría de la agencia–. Una segunda perspectiva se centra en el estudio de los atributos vinculados a fuerzas externas, tales como la complejidad, el dinamismo o la munificencia. La tercera perspectiva sobre el entorno está vinculada a las percepciones directivas sobre los atributos ambientales y ha sido utilizada en la literatura estratégica y organizativa con el objetivo de explicar la existencia de varios estados del mismo.

Apoyándose en trabajos previos, Aldrich (1979) desarrolla una teoría conceptual de las dimensiones del entorno a través de un modelo de seis dimensiones que es mutuamente consistente con las ideas de las teorías basadas en los recursos y las basadas en la teoría de la ecología de las poblaciones. Dess y Beard (1984) utilizan métodos empíricos y bases de datos, basados inicialmente en las transacciones que las empresas realizan con su entorno, para reducir cinco de las originales seis dimensiones del entorno propuestas por Aldrich a tres factores ortogonales del entorno: munificencia, dinamismo y complejidad. Sharfman y Dean (1991) realizan una revisión de la literatura contemporánea que sugiere la con-

vergencia en la literatura que apoya las dimensiones de Dess y Beard (1984). Por su parte, Mintzberg (1979) añade la diversidad como otra dimensión importante del entorno, considerando que éste puede variar de integrado (cuando se ofrece un producto único o una escasa variedad de productos homogéneos) a diversificado (cuando se ofrecen productos variados). Así, la diversidad puede derivarse de un amplio abanico de clientes, productos distintos o mercados geográficos diferentes en los que los productos son comercializados.

La turbulencia del entorno es un concepto sometido a una notable confusión. Así, algunos trabajos identifican la turbulencia con el dinamismo del entorno, sin especificar si el dinamismo se debe a una variación bien en su composición o bien en las preferencias, actuaciones o caracterización de quienes lo configuran. Otros, por el contrario, tratan el término como un constructo multidimensional que incluye más elementos del entorno, e incluso llegan a definir la turbulencia en términos de crecimiento del mercado. El entorno turbulento puede considerarse que se acerca a la condición de “la peor de las situaciones” para la supervivencia organizativa. En este sentido, la agilidad ha sido considerada como una capacidad eficaz para operar en entornos de negocio turbulentos (Goldman *et al.*, 1995). Las empresas que operen con éxito en esos entornos turbulentos deberían exhibir, por tanto, altos niveles de agilidad debido al hecho de que necesitan adaptarse efectivamente a: a) cambios del entorno relativamente impredecibles (*elevado dinamismo*), b) mercados altamente poblados y competitivos con uno o más recursos críticos y escasos (*elevada hostilidad o reducida munificencia*), c) estrechos vínculos entre las empresas y sus proveedores, distribuidores, consumidores y competidores (*elevada complejidad*) y d) gran variedad de productos, líneas, clientes o negocios (*elevada diversidad*). No sólo deben existir esas condiciones, sino que también los directivos tienen que percibir las como tales. En otras palabras, se puede asumir que las empresas que compiten en entornos que presentan las características anteriormente expuestas deben desarrollar mayores niveles de agilidad en fabricación para lograr el éxito. No obstante, de estas

cuatro dimensiones del entorno, la literatura sobre fabricación ágil destaca el dinamismo como elemento motivador de la agilidad (De Vor y Mills, 1995; Cho *et al.*, 1996; Meade y Rogers, 1997; Gunasekaran, 1998, 1999a, 1999b; Sharp *et al.*, 1999; Sharifi y Zhang, 1999, 2001; Yusuf *et al.*, 1999, 2001; Gunasekaran y Yusuf, 2002; Coronado *et al.*, 2002). En concreto, el dinamismo refleja el nivel de inestabilidad del entorno y se refiere a la existencia de cambios impredecibles en las condiciones del mismo que afectan a la empresa (Dess y Beard, 1984). De esta forma, la noción de entorno dinámico es similar a la de entorno de alta velocidad descrita por Bourgeois y Eisenhardt (1988). El entorno de alta velocidad es aquél en el que “existen cambios discontinuos y rápidos en la demanda, los competidores, la tecnología y/o las regulaciones, de tal manera que la información es a menudo inadecuada, no está disponible o está obsoleta” (Bourgeois y Eisenhardt, 1988, p. 816).

Por lo tanto, el entorno de negocio y, en especial, la dimensión de dinamismo del mismo, como fuente de cambio y generador de incertidumbre, es el principal *motivador* de la agilidad, obligando a la empresa a adoptar y desarrollar prácticas vinculadas a este nuevo paradigma de fabricación.

PRÁCTICAS DE AGILIDAD

De acuerdo a las condiciones impuestas por el entorno, la empresa debe desarrollar los *facilitadores* de agilidad más adecuados a su situación particular, revisando sus estrategias, objetivos, prácticas, métodos y/o herramientas. Por lo tanto, en respuesta a los motivadores de agilidad, la empresa implementará y desarrollará los facilitadores de agilidad más adecuados.

Los facilitadores de agilidad deben favorecer la plena integración de los elementos básicos de la empresa: las personas, las tecnologías y los procesos en la organización. De hecho, Amos *et al.* (1996) proponen que la agilidad se refiere a la destreza de una empresa para integrar con rapidez su tecnología, sus empleados y su dirección a través de una infraestructura informativa y de comunicación adecuada al objeto de responder de forma deliberada, efectiva y coordinada a las demandas cambiantes de los consumidores en

un entorno de cambio continuo e impredecible.

La fabricación ágil se identifica, pues, con un planteamiento más flexible hacia la cooperación inter-empresarial y el desarrollo de habilidades creativas por parte de la dirección y la fuerza de trabajo, que utiliza las nuevas tecnologías de producción flexible y las capacidades de los trabajadores para generar una organización altamente adaptada, competitiva e innovadora. De esta forma, la fabricación ágil se logra mediante la integración de los tres recursos señalados –tecnología, gestión y fuerza de trabajo– en un sistema coordinado, interdependiente y reconfigurable (Goldman y Nagel, 1993).

Gunasekaran *et al.* (2001) desarrollan un modelo conceptual para ilustrar el concepto y los facilitadores de la fabricación ágil que recoge como elemento fundamental la necesidad de integración entre los mismos. Estos facilitadores configuran una serie de características de agilidad que facilitan la fabricación capaz de dar una respuesta rápida, global, personalizada y de calidad, todo ello con notables niveles de productividad.

Tras una revisión de los diferentes trabajos relacionados con la fabricación ágil (Goldman y Nagel, 1993; Burgess, 1994; Goldman *et al.*, 1995; Montgomery y Levine, 1996; Flidner y Vokurka, 1997; Gunasekaran, 1998, 1999a, 1999b; Goranson, 1999; Meade y Sarkis, 1999; Sharifi y Zhang, 1999, 2001; Sharp *et al.*, 1999; Yusuf *et al.*, 1999; Dove, 2001; Coronado *et al.*, 2002; Gunasekaran y Yusuf, 2002; Gunasekaran *et al.*, 2001, 2002), en esta investigación se ha considerado que los facilitadores de la agilidad se pueden agrupar en las siguientes categorías: 1) prácticas relacionadas con las tecnologías y los sistemas de la información, 2) prácticas relacionadas con los recursos humanos, 3) prácticas relacionadas con la organización para el desarrollo de nuevos productos y/o procesos, 4) prácticas relacionadas con la organización interna y las relaciones externas y 5) prácticas relacionadas con la gestión del conocimiento y el aprendizaje.

RESULTADOS DE LA AGILIDAD

Tal como se ha señalado, la agilidad de una empresa se asimila a la capacidad de ésta para

sobrevivir y prosperar en un entorno competitivo que cambia de forma continua e impredecible (Cho *et al.*, 1996; Dove, 2001); pero no sólo se basa en la flexibilidad y la capacidad de respuesta, sino que también considera el coste y la calidad de los productos y servicios demandados por los consumidores (Gunasekaran y Yusuf, 2002). De este modo, la agilidad va más allá de la flexibilidad y combina ésta con la calidad, los costes, la fiabilidad y rapidez de las entregas y el servicio al cliente; es decir, ser ágil implica ser flexible ofreciendo productos de alta calidad, a un coste reducido, con un servicio superior y mejores condiciones de entrega (Jain y Jain, 2001).

En coherencia con lo anterior, se puede establecer que la implantación y el desarrollo de las políticas que facilitan la agilidad en fabricación repercuten en el logro de mayores capacidades en los diferentes objetivos o prioridades competitivas de producción y, en consecuencia, en mayores niveles de desempeño al nivel de fábrica, permitiendo así a las empresas obtener mejores resultados en entornos turbulentos y superar a sus competidores menos ágiles.

Por el momento, existen escasos trabajos empíricos (más aún en el caso de España) que analicen la influencia de la fabricación ágil –como un modelo de producción global e integrador– sobre los resultados empresariales. A excepción de algunos trabajos pioneros en este campo, como los realizados por Sharifi y Zhang (2001), Yusuf y Adeleye (2002) y Ren *et al.* (2003), la mayoría de estudios se han centrado en analizar la influencia que determinadas prácticas de fabricación ágil ejercen de forma individual sobre los resultados empresariales. En concreto, el efecto que sobre los resultados de fabricación y/o del negocio tiene la aplicación de las nuevas tecnologías de diseño, producción o administración –cuestión central de esta investigación– ha sido analizado en trabajos previos tales como Boyer *et al.* (1997), Small y Yasin (1997), Boyer

(1998) y Swamidass y Winch (2002). Dichos trabajos justifican la inversión en tecnologías avanzadas con el fin de aprovechar los beneficios derivados de su aplicación, entre los que se incluye la reducción del ciclo de producción, el crecimiento de la cuota de mercado, la reducción de defectos de producción, el incremento de la rentabilidad económica, la flexibilización e integración en fabricación y el logro de una ventaja competitiva sostenible.

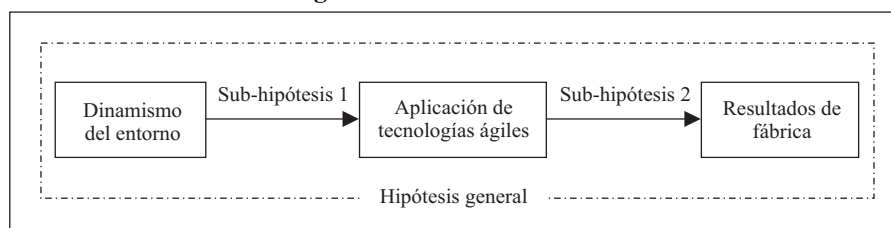
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS A CONTRASTAR

Una vez identificadas todas las características y elementos de la fabricación ágil, este trabajo pretende aportar evidencia empírica acerca de la relación entre algunos de los elementos del modelo global de fabricación ágil presentado en la sección 1. Se trata, por tanto, de un contraste parcial del modelo de fabricación ágil en el que únicamente se explora la relación entre el dinamismo del entorno –dimensión del entorno competitivo más enfatizada en las definiciones sobre fabricación ágil–, la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles –es decir, la implantación de únicamente el primero de los facilitadores de la fabricación ágil identificados anteriormente– y los resultados de los fabricantes españoles.

En este sentido, para una muestra de fabricantes instalados en España, se pretende contrastar la siguiente hipótesis: *En entornos de negocio dinámicos la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce al logro de mejores resultados de las fábricas, proporcionándoles importantes ventajas frente a sus competidores.*

El modelo propuesto se recoge en la figura 1 y en él subyace el cumplimiento simultáneo de las dos sub-hipótesis siguientes:

Figura 1.- Modelo a contrastar



- *Sub-hipótesis 1: El dinamismo del entorno conduce a la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles.*
- *Sub-hipótesis 2: La aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce a mejores resultados de las fábricas.*

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA

A continuación se describe la metodología utilizada con el fin de contrastar la hipótesis general de este trabajo en una muestra representativa de fabricantes instalados en España. En concreto, en esta sección se identifica la población objetivo del estudio, el método utilizado para la obtención de la información, la validez interna y externa de la investigación y la descripción de las variables analizadas. En la tabla 1 se recoge la ficha técnica de la investigación empírica realizada.

Tabla 1.- Ficha técnica de la investigación empírica

Universo o población objeto de estudio	Empresas industriales de fabricación con código CNAE 24 y códigos CNAE desde el 28 al 36 y más de 200 trabajadores
Censo poblacional	702 empresas
Ámbito geográfico	Todo el territorio nacional
Método de recogida de información	Cuestionario estructurado suministrado a los directivos mediante correo postal
Tamaño muestral	156 encuestas válidas correspondientes a 147 empresas distintas
Ratio de respuesta válida	20,94% (147/702)
Error muestral	+/- 7,19%
Nivel de confianza	95%; $Z=1,96$; $p=q=0,5$
Referencia temporal del trabajo de campo	Noviembre de 2003 – Marzo de 2004
Perfil del encuestado	Director de fábrica, director de producción, director industrial o puesto similar
NOTA: Para el cálculo del error muestral se utilizó la expresión $N=[Z^2 N_p p (1-p)] / [(N_p -1) K^2 + Z^2 p (1-p)]$, donde N es el tamaño de la muestra; N_p es el tamaño de la población; Z que al nivel de confianza del 95% toma un valor de 1,96 y para el 99% toma un valor aproximado de 3; p es la población que posee la característica; K es el error muestral.	

SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

La información necesaria para contrastar la hipótesis planteada en este trabajo procede de

una investigación más amplia que pretende obtener evidencia empírica sobre los métodos, sistemas y herramientas facilitadoras de agilidad en fabricación en España y su efecto sobre los resultados como medida del grado de competitividad. Dado el objetivo perseguido, el ámbito de este estudio lo constituye el conjunto de empresas tanto nacionales como extranjeras con más de 200 trabajadores, que tienen actividades de fabricación en España y pertenecen a sectores donde se ha considerado que la necesidad de agilidad puede ser más relevante. En concreto, y de acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), la población objeto de estudio abarca empresas manufactureras con código CNAE 24 y códigos CNAE desde el 28 al 36.

Para la selección de la población objeto de estudio se ha utilizado la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos). Tras eliminar la relación de empresas que en esta base: 1) aparecen duplicadas, por pertenecer a algún grupo industrial y presentar cuentas consolidadas y no consolidadas y 2) están en la actualidad extinguidas, en suspensión de pagos, quiebra o cese de actividad, el conjunto de empresas que integran la población objeto de estudio asciende a 702.

No obstante, cabe señalar que se ha considerado que la información necesaria para este estudio afecta fundamentalmente a la fábrica. Por ello, un paso previo al envío del cuestionario ha sido identificar si cada una de las 702 empresas que constituyen la población objetivo mantiene más de una instalación productiva en España y, en caso afirmativo, precisar si estas instalaciones comparten o no la misma estrategia de producción. Con este fin y persiguiendo, además, obtener el mayor número posible de cuestionarios cumplimentados, se estableció contacto telefónico previo con las empresas de la población objetivo que sirvió para identificar el número y dirección postal de sus plantas productivas instaladas en España. A través de estos contactos telefónicos se identificó también a la persona más adecuada para cumplimentar el cuestionario y se solicitó su colaboración tratando de inculcarle interés en el estudio. Además, se ha obtenido información preliminar acerca de si existen dife-

rencias o no en las características y estrategias de las plantas productivas, en caso de mantener la empresa más de una planta localizada en España. En caso de existir diferencias, se decidió enviar más de un cuestionario por empresa.

OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN: DISEÑO DEL CUESTIONARIO Y TRABAJO DE CAMPO

La información utilizada en este trabajo se ha obtenido mediante la realización de una encuesta postal. El cuestionario utilizado se diseñó tomando como referencia la literatura previa (referenciada en gran parte en la primera sección de este trabajo) y las conclusiones obtenidas a través de un estudio de casos previamente realizado. En concreto, el cuestionario presenta las siguientes secciones: 1) el perfil de la fábrica, 2) las características del entorno, 3) las prioridades competitivas de fabricación que persiguen los encuestados y las capacidades o fortalezas desarrolladas en estas dimensiones, 4) las estrategias, tecnologías y prácticas que conducen a un mayor nivel de agilidad y 5) los resultados de desempeño obtenidos en las fábricas.

Previamente a su envío, el cuestionario fue sometido a revisión por parte de expertos tanto en dirección de operaciones como en elaboración de encuestas. Asimismo, con el fin de contrastar su validez y mejorar su diseño (facilitar su lectura, reordenar las cuestiones, reducir su tamaño y eliminar preguntas ambiguas) se realizó un pretest en una muestra reducida de empresas. En el diseño y administración del cuestionario se tuvieron en cuenta las técnicas señaladas por Frohlich (2002) para la mejora de la ratio de respuesta. Tras el contacto telefónico previo, se procedió al envío del cuestionario (por oleadas entre noviembre de 2003 y marzo de 2004) y se complementó con una carta de presentación explicativa del objetivo de la investigación, apelando al encuestado a colaborar en el estudio, ofreciéndole la posibilidad de remitirle una copia de los resultados al finalizar la investigación e indicándole la posibilidad de descargar el informe previo del estudio desde una página web. Los cuestionarios fueron dirigidos al director de fábrica, director de operaciones, director de producción o puesto similar.

VALIDEZ INTERNA Y EXTERNA DE LA INVESTIGACIÓN

Tras la revisión y el análisis de las respuestas recibidas se obtuvo un total de 156 cuestionarios válidos, correspondientes a 147 empresas diferentes, lo que representa una ratio de respuesta válida del 20,94%. El error muestral es del 7,19%, siendo el nivel de confianza del 95%.

No obstante, con el objeto de verificar si la muestra es realmente representativa de la población objetivo, se analizaron las principales características tanto de la población inicial como de la muestra analizada en relación con su distribución por sectores y tamaño empresarial, medido éste último en función del número de empleados. Las comparaciones realizadas permiten corroborar la representatividad de la muestra con respecto al universo o población objeto de estudio. Por tanto, se puede considerar que el estudio goza de validez externa y los resultados obtenidos para la muestra son generalizables a la población objetivo.

Asimismo, se han analizado las características de los directivos encuestados en cuanto al cargo ocupado, el número de años que llevan trabajando en la empresa y el número de años que llevan desempeñando la responsabilidad actual. Los cuestionarios enviados han sido cumplimentados principalmente por el director de producción (36,5%), director de fábrica (21,2%) y director industrial o de operaciones (19,2%). Se ha observado que, por término medio, éstos llevaban más de catorce años trabajando en la empresa y más de seis años desempeñando su responsabilidad actual. Por tanto, el procedimiento seguido para la elección del encuestado y la responsabilidad y experiencia en la empresa y en el cargo de los directivos que han respondido a los cuestionarios permiten confirmar la validez interna del estudio, es decir, que la información ha sido obtenida de fuentes fiables o adecuadas para suministrarla.

MEDICIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

En la elaboración de las escalas de medida de las variables o factores presentes en este trabajo se han tomado como referencia algunas de las escalas ya utilizadas en trabajos previos. Poste-

riormente, su contenido ha sido adaptado al contexto específico de esta investigación. En dicho proceso, el estudio de casos exploratorio y el pretest realizado previamente al diseño final del cuestionario se han revelado fundamentales.

En la tabla 2 se recogen las variables analizadas, la descripción de los ítems seleccionados para su medición, así como las referencias bibliográficas utilizadas para la construcción de estas escalas de medida.

En concreto, las variables consideradas para medir el dinamismo del entorno se han basado en las escalas utilizadas por Miller (1987), Ward *et al.* (1995), Badri *et al.* (2000), Ward y Duray

(2000), Amoako-Gyampah y Boye (2001) y Lukas *et al.* (2001). De este modo se utilizó una escala de cinco puntos para medir la rapidez del cambio en los gustos y preferencias de los clientes, la frecuencia de las innovaciones en procesos productivos y la frecuencia de las innovaciones en los productos y/o servicios prestados.

Las escalas relativas a las tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles se han basado principalmente en las utilizadas por Boyer *et al.* (1997), Boyer y Pagell (2000), Dangayach y Deshmuck (2001) y Swamidass y Winch (2002). Al igual que en el caso anterior se utilizó una escala de cinco puntos para medir el grado

Tabla 2.- Escalas de medida utilizadas

FACTORES		DESCRIPCIÓN ÍTEM	CODIFICACIÓN	REFERENCIAS
Dinamismo del entorno		Los gustos y preferencias de los clientes cambian rápidamente	<i>Ent1</i>	Miller (1987) Ward <i>et al.</i> (1995) Badri <i>et al.</i> (2000) Ward y Duray (2000) Amoako-Gyampah y Boye (2001) Lukas <i>et al.</i> (2001)
		Las innovaciones en los procesos productivos son muy frecuentes	<i>Ent2</i>	
		Las innovaciones en los productos y/o servicios son muy frecuentes	<i>Ent3</i>	
Tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles	Tecnologías de diseño avanzadas	Diseño asistido por ordenador (CAD)	<i>Tecdis1</i>	Boyer <i>et al.</i> (1997) Boyer y Pagell (2000) Dangayach y Deshmuck (2001) Swamidass y Winch (2002)
		Ingeniería asistida por ordenador (CAE)	<i>Tecdis2</i>	
		Planificación de procesos asistida por ordenador (CAPP)	<i>Tecdis3</i>	
		Herramientas que facilitan la creación rápida de prototipos	<i>Tecdis4</i>	
	Tecnologías de fabricación avanzadas	Robots	<i>Tecfab1</i>	
		Fabricación asistida por ordenador (CAM): Automatización programable de las máquinas	<i>Tecfab2</i>	
		Sistemas de fabricación flexible (FMS): Sistemas multimáquina automatizados y unidos por un sistema de manejo de materiales automático	<i>Tecfab3</i>	
		Sistemas automáticos de almacenamiento y dispensación de materiales	<i>Tecfab4</i>	
	Tecnologías de planificación	Planificación de los recursos de fabricación (MRP II, incluida la planificación de necesidades de capacidad)	<i>Tecadm1</i>	
		Planificación de los recursos de la empresa (ERP)	<i>Tecadm2</i>	
	Sistemas de información integrados a nivel interno	Sistemas de información integrados en el área de producción	<i>Tecadm3</i>	
		Sistemas de información integrados entre distintos departamentos de la planta y/o unidad de negocio	<i>Tecadm4</i>	
	Sistemas de información integrados a nivel externo	Intercambio electrónico de datos (EDI)	<i>Tecadm5</i>	
Sistemas de información integrados con proveedores		<i>Tecadm6</i>		
Sistemas de información integrados con distribuidores y/o clientes finales		<i>Tecadm7</i>		
Resultados		Productividad de los trabajadores en comparación con la media del sector	<i>Rdomed1</i>	Venkatraman y Ramanujan (1986) Kim y Arnold (1992) Powell (1995) Camisón (1999) Fuentes y Hurtado (2002)
		Fidelidad de los clientes en comparación con la media del sector	<i>Rdomed2</i>	
		Éxito en el lanzamiento de nuevos productos en comparación con la media del sector	<i>Rdomed3</i>	
		Volumen de ventas en comparación con la media del sector	<i>Rdomed4</i>	
		Rentabilidad económica (Beneficio bruto/activos totales) en comparación con la media del sector	<i>Rdomed5</i>	
		Capacidad de la fábrica para adaptarse a cambios en las condiciones competitivas en comparación con la media del sector	<i>Rdomed6</i>	

de aplicación en las fábricas de las distintas tecnologías.

Para obtener las medidas relativas de los resultados, preservando en cierto grado la privacidad de los mismos, se utilizaron medidas de percepción con relación a los competidores tomando como referencia los trabajos de Venkatraman y Ramanujan (1986), Kim y Arnold (1992), Powell (1995), Camisón (1999) y Fuentes y Hurtado (2002). De este modo, la información necesaria se obtuvo solicitando a los encuestados que indicasen, a través de una escala de cinco puntos, el nivel logrado en cada una de las siguientes variables de resultado en relación con la media del sector: productividad de la mano de obra, fidelidad de los clientes, éxito en el lanzamiento de nuevos productos, volumen de ventas, rentabilidad económica y capacidad de adaptación al mercado.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para el análisis de los datos se ha utilizado un modelo de ecuaciones estructurales³. Esta metodología permite llevar a cabo una validación estadística del modelo de hipótesis previamente propuesto, mediante un análisis simultáneo del sistema completo de variables que lo componen, determinando el grado en que éste es consistente con los datos manejados. De este modo, si

la bondad de ajuste del modelo es adecuada se puede confirmar la plausibilidad de las relaciones que han sido postuladas entre las variables; si, por el contrario resulta inadecuado, debería rechazarse la validez de dichas relaciones.

De modo previo a la estimación del modelo causal se ha evaluado la dimensionalidad, fiabilidad y validez de las escalas de medida.

DIMENSIONALIDAD

Para estudiar la dimensionalidad de las escalas, es decir, si existe o no un único factor subyacente al conjunto de variables que constituyen cada escala, se han realizado en primer lugar análisis factoriales exploratorios de componentes principales con rotación Oblimin directo con Kaiser, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 12.0 para Windows. La tabla 3 muestra el número de factores identificados para cada uno de los distintos conceptos, junto con las cargas factoriales de las variables fruto del análisis.

Como se refleja en la tabla, los resultados muestran en todos los casos cargas factoriales (peso de cada variable observada en el factor) por encima de 0,5 y un porcentaje de varianza explicada acumulada igual o superior al 50%. Así, el dinamismo del entorno queda reflejado por un único factor compuesto por tres ítems, mientras que en el caso de las tecnologías de di-

Tabla 3.- Estudio de la dimensionalidad

VARIABLE LATENTE	FACTORES IDENTIFICADOS	VARIABLES QUE INCLUYE EL FACTOR	PESO DE CADA VARIABLE OBSERVADA EN EL FACTOR	PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA	PORCENTAJE DE EXPLICACIÓN ACUMULADA
Dinamismo del entorno	Dinamismo del entorno	<i>Ent1</i> <i>Ent2</i> <i>Ent3</i>	0,704 0,778 0,872	62,052	62,052
Tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles	Tecnologías de diseño avanzadas	<i>Tecdis1</i> <i>Tecdis2</i> <i>Tecdis3</i> <i>Tecdis4</i>	0,781 0,849 0,695 0,747	11,858	67,884
	Tecnologías de fabricación avanzadas	<i>Tecfab1</i> <i>Tecfab2</i> <i>Tecfab3</i> <i>Tecfab4</i>	0,647 0,723 0,807 0,740	10,280	
	Tecnologías de planificación	<i>Tecadm1</i> <i>Tecadm2</i>	0,890 0,813	7,391	
	Sistemas de información integrados a nivel interno	<i>Tecadm3</i> <i>Tecadm4</i>	0,853 0,867	6,219	
	Sistemas de información integrados a nivel externo	<i>Tecadm5</i> <i>Tecadm6</i> <i>Tecadm7</i>	0,837 0,847 0,842	32,135	

seño, fabricación y administración ágiles se ha constatado la existencia de cinco dimensiones o factores vinculados con: a) las tecnologías de diseño avanzadas (4 ítems), b) las tecnologías de fabricación avanzadas (4 ítems), c) las tecnologías de planificación (2 ítems), d) los sistemas de información integrados a nivel interno (2 ítems) y e) los sistemas de información integrados a nivel externo (3 ítems).

FIABILIDAD Y VALIDEZ

Una vez realizados los análisis factoriales exploratorios se procedió a efectuar un análisis factorial confirmatorio de primer orden mediante ecuaciones estructurales utilizando el paquete estadístico EQS versión 5.7a para Windows. Como método de estimación se utilizó el de máxima verosimilitud robusto, por permitir superar los problemas de no normalidad de los datos⁴. Los resultados de este análisis confirmaron la composición de las escalas identificadas en los análisis factoriales exploratorios previos.

A partir de los resultados derivados del modelo de medida estimado, se analizó la fiabilidad y la validez de las escalas. Para analizar la fiabilidad se calculó el coeficiente alpha de Cronbach

y el índice de fiabilidad compuesto. Dichos índices indican el grado de consistencia interna de las variables observadas, es decir, su capacidad para representar la variable latente común. La tabla 4 muestra los valores de los índices de evaluación de la fiabilidad de las escalas, así como los parámetros lambda estandarizados a partir de los cuales se ha procedido a la estimación de dichos índices.

El coeficiente alpha de Cronbach, supera en todos los casos el valor 0,7, a excepción del dinamismo del entorno que, no obstante, sobrepasa el valor 0,6 recomendado en estudios exploratorios (Hair *et al.*, 1999). En todos los casos el índice de fiabilidad compuesto resultó ser superior al nivel mínimo de 0,6 recomendado por Bagozzi y Yi (1988).

Una vez estudiada la dimensionalidad y contrastada la fiabilidad, se ha analizado la validez de contenido, convergente y discriminante de las escalas de medida utilizadas. La validez de contenido determina si los ítems que contiene la escala son adecuados para el concepto que se quiere medir. Dado que cada escala se ha construido tomando como referencia la literatura previa, in-

Tabla 4.- Modelo confirmatorio de primer orden: fiabilidad y validez de las distintas dimensiones

FACTOR	ITEM	ESTIMADORES (t-valor)	ÍNDICE DE FIABILIDAD COMPUESTO	ALPHA DE CRONBACH	VALIDEZ DISCRIMINANTE		
					Factor	Coefficiente de correlación (intervalo de confianza)	
Dinamismo del entorno (F1)	<i>Ent1</i>	0,504 (5,453)	0,719	0,684	<i>F1-F2</i>	(-0,125 - 0,243)	
	<i>Ent2</i>	0,630 (6,721)			<i>F1-F3</i>	(0,009 - 0,433)	
	<i>Ent3</i>	0,878 (9,959)			<i>F1-F4</i>	(-0,157 - 0,255)	
Tecnologías de diseño avanzadas (F2)	<i>Tecdis1</i>	0,597 (6,647)	0,792	0,787	<i>F1-F5</i>	(-0,032 - 0,356)	
	<i>Tecdis2</i>	0,812 (15,824)			<i>F1-F6</i>	(0,070 - 0,458)	
	<i>Tecdis3</i>	0,684 (9,769)			<i>F2-F3</i>	(0,250 - 0,630)	
	<i>Tecdis4</i>	0,693 (9,464)			<i>F2-F4</i>	(0,150 - 0,590)	
Tecnologías de fabricación avanzadas (F3)	<i>Tecfab1</i>	0,694 (10,405)	0,754	0,722	<i>F2-F5</i>	(0,250 - 0,574)	
	<i>Tecfab2</i>	0,677 (9,363)			<i>F2-F6</i>	(0,134 - 0,510)	
	<i>Tecfab3</i>	0,723 (11,174)			<i>F3-F4</i>	(0,197 - 0,581)	
	<i>Tecfab4</i>	0,535 (6,151)			<i>F3-F5</i>	(0,065 - 0,449)	
Tecnologías de planificación (F4)	<i>Tecadm1</i>	0,742 (8,012)	0,730	0,728	<i>F3-F6</i>	(0,331 - 0,667)	
	<i>Tecadm2</i>	0,774 (9,110)			<i>F4-F5</i>	(0,152 - 0,588)	
Sistemas de información integrados a nivel interno (F5))	<i>Tecadm3</i>	0,891 (11,890)	0,885	0,846	<i>F4-F6</i>	(0,237 - 0,625)	
	<i>Tecadm4</i>	0,891 (10,402)			<i>F5-F6</i>	(0,436 - 0,700)	
Sistemas de información integrados a nivel externo (F6)	<i>Tecadm5</i>	0,676 (9,528)	0,854	0,845			
	<i>Tecadm6</i>	0,876 (15,541)					
	<i>Tecadm7</i>	0,874 (17,695)					
MEDIDAS DE BONDAD DEL AJUSTE							
S-B χ^2 (120)= 154,300 (p=0,019)	BBNFI	CFI	IFI	GFI	AGFI	SRMR	RMSEA
	0,933	0,947	0,949	0,894	0,849	0,065	0,054

corpora ítems empleados en otras escalas ya validadas para la medición de conceptos similares y ha sido evaluada a través del estudio de casos y el pretest, se considera que cada dimensión posee efectivamente validez de contenido.

La validez convergente mide el grado en que las diferentes escalas empleadas para medir un factor latente están correlacionadas. Para comprobar la validez convergente se han analizado los coeficientes lambda que miden la relación entre la variable observada y la latente. En la tabla se aprecia que todos los coeficientes son estadísticamente significativos al menos al nivel de confianza del 95% ($t > 1,96$, condición débil) y superan el valor 0,5 (condición fuerte).

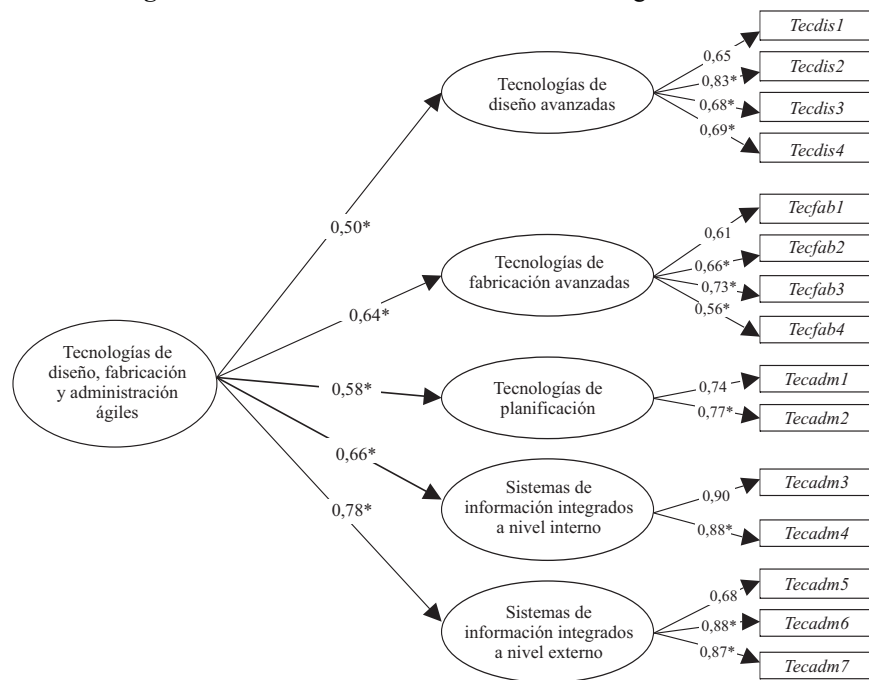
La validez discriminante mide el grado en que los factores latentes especificados son distintos aunque estén correlacionados (Hair *et al.*, 1999). Para comprobar la validez discriminante de las escalas se han calculado todas las correlaciones posibles entre los factores que han permitido construir el intervalo de confianza de

las correlaciones entre todas las dimensiones. Como se muestra en la tabla, se puede confirmar la validez discriminante de las escalas ya que ninguno de los intervalos de confianza de las correlaciones contiene el valor 1 al 95% de confianza.

MODELO FACTORIAL CONFIRMATORIO DE SEGUNDO ORDEN

Dado que en el análisis factorial exploratorio llevado a cabo se identificaron cinco dimensiones de tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles, seguidamente se procedió a realizar un análisis factorial confirmatorio de segundo orden para constatar la existencia de tales dimensiones inherentes a dicho factor. Los resultados de dicho análisis aparecen reflejados en la figura 2 y confirman la convergencia de las cinco dimensiones tecnológicas en un único factor latente de segundo orden.

Figura 2.- Modelo factorial confirmatorio de segundo orden



MEDIDAS DE BONDAD DEL AJUSTE							
S-B χ^2 (86)= 124,442 ($p= 0,004$)	BBNNFI	CFI	IFI	GFI	AGFI	SRMR	RMSEA
	0,924	0,938	0,939	0,901	0,861	0,076	0,065

NOTA: (*) Estimaciones significativas al 99%.
Se ha fijado a 1 la varianza del primero de los ítems que integran cada uno de los cinco factores inherentes a la aplicación de tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles.

ESTIMACIÓN DEL MODELO CAUSAL

Finalmente, mediante la estimación del modelo causal se ha contrastado la hipótesis planteada en esta investigación. La figura 3 muestra los resultados obtenidos en dicho análisis.

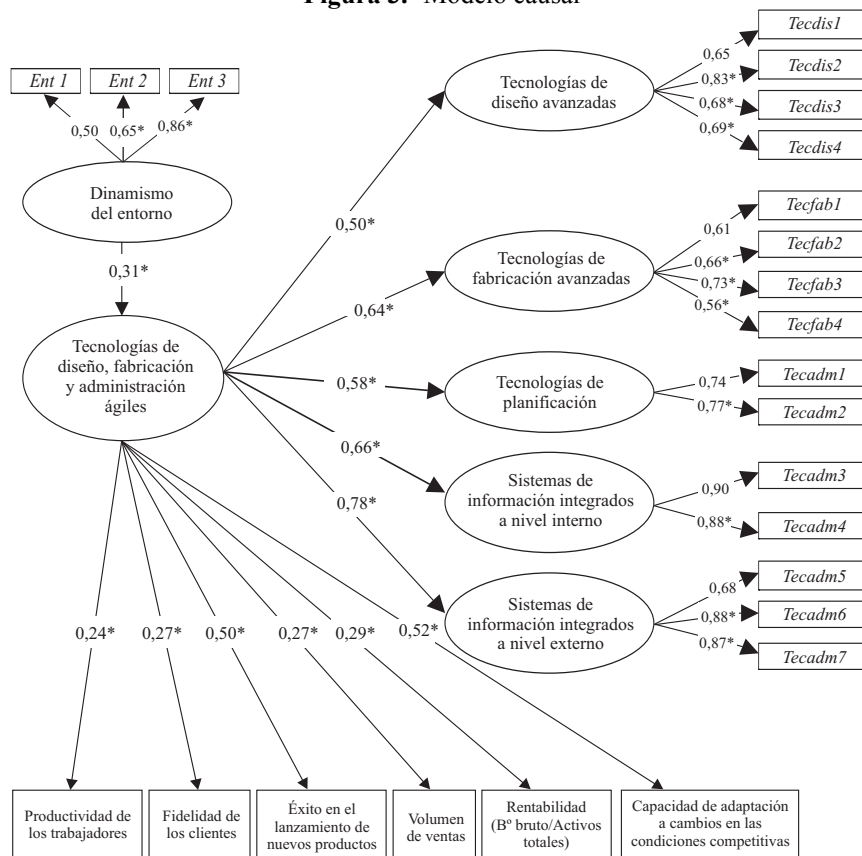
Como puede apreciarse, el modelo causal expuesto puede considerarse satisfactorio ya que los niveles alcanzados por los índices de bondad del ajuste superan o se mantienen próximos a los valores recomendados. Los índices BBNNFI, CFI e IFI son superiores a 0,9, mientras que el GFI y el AGFI superan el valor 0,8. Por su parte, el SRMR y el RMSEA adquieren valores próximos a 0 e inferiores a 0,08.

Tal y como se puede observar a partir de los resultados empíricos obtenidos, el dinamismo del entorno parece ser un factor significativo en la decisión de aplicar tecnologías de diseño, fa-

bricación y administración ágiles. El hecho de que el parámetro estandarizado que mide el efecto del dinamismo del entorno sobre las tecnologías analizadas tome un valor positivo y significativo (0,31) con un nivel de confianza del 99% ofrece apoyo suficiente para aceptar la primera de las sub-hipótesis planteadas en este estudio: *el dinamismo del entorno conduce a la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles.*

Por otra parte, se observa que los parámetros estandarizados que miden el efecto de las tecnologías analizadas con respecto a cada uno de los seis indicadores de resultado propuestos en este estudio son todos positivos y significativos al 99%, confirmándose la segunda sub-hipótesis: *la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce a mejores re-*

Figura 3.- Modelo causal



MEDIDAS DE BONDAD DEL AJUSTE							
S-B χ^2 (236)= 311,083 (p= 0,000)	BBNNFI	CFI	IFI	GFI	AGFI	SRMR	RMSEA
	0,911	0,924	0,926	0,852	0,812	0,074	0,053

NOTA: (*) Estimaciones significativas al 99%.

sultados de las fábricas. De entre ellos, es de destacar el efecto que la aplicación de tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles tienen sobre el éxito en el lanzamiento de nuevos productos y la capacidad de adaptación de la organización al entorno competitivo en que opera, relaciones que presentan valores significativos de 0,50 y 052 respectivamente.

El cumplimiento simultáneo de las dos subhipótesis planteadas permite, a su vez, validar la hipótesis general de la investigación, pudiendo afirmarse que *en entornos de negocio dinámicos la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce al logro de mejores resultados de las fábricas, proporcionándoles importantes ventajas frente a sus competidores.*

CONCLUSIONES

Este trabajo se centra en el análisis de la fabricación ágil y su implementación en España. La literatura identifica tres elementos de la fabricación ágil: *motivadores* o factores determinantes de su implementación (características del entorno), *facilitadores* (prácticas, herramientas o políticas de agilidad) y *resultados*. En el presente trabajo se contrasta un modelo parcial que relaciona algunos de los elementos del modelo de fabricación ágil, en concreto, el dinamismo del entorno, la aplicación de tecnologías de diseño, producción y administración ágiles y el rendimiento de las fábricas.

Las dos hipótesis que subyacen al modelo propuesto se han contrastado empíricamente en una muestra de fabricantes instalados en España, pertenecientes a diversos sectores industriales con códigos CNAE 24 y códigos CNAE desde el 28 al 36. Se ha utilizado la metodología de la encuesta para la obtención de la información necesaria para llevar a cabo la investigación empírica. Para el análisis de datos se ha utilizado un modelo de ecuaciones estructurales. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que en entornos dinámicos, la aplicación de las tecnologías de diseño, producción y administración ágiles conduce a mejores resultados en las fábricas, medidos éstos a través de los siguientes indicadores: productividad de la mano de obra, fide-

dad de los clientes, éxito en el lanzamiento de nuevos productos, volumen de ventas, rentabilidad económica y capacidad de adaptación al mercado.

Estos resultados pueden ser de gran utilidad a las empresas ya que permiten identificar aspectos que deben ser tenidos en cuenta por ellas a la hora de realizar una gestión eficaz de sus operaciones con el fin de mantener o mejorar su posición competitiva. En este sentido, la adopción de las tecnologías de diseño, producción y administración ágiles pueden resultar claves para la mejora de la competitividad.

No obstante, este trabajo no está exento de limitaciones, destacando fundamentalmente dos. En primer lugar, una limitación que en general resulta patente en los estudios acerca de las estrategias de fabricación, reside en la dificultad de determinación de la unidad de análisis más idónea (empresa, unidad de negocio, unidad estratégica de fabricación o planta productiva) y vinculado a ella, el perfil del directivo encuestado (director general, director de fábrica o director de producción). En este trabajo se ha considerado que la información necesaria afecta a la fábrica, analizando el entorno, las prácticas y los resultados vinculados a ésta. Si bien esto es cierto, algunas de las prácticas de agilidad (y, en concreto, la aplicación de las tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles) afectan no sólo a la estrategia de la fábrica sino a la estrategia de la unidad de negocio o de la empresa y, en consecuencia, es preciso considerar que el director de fábrica o de producción puede no disponer de toda esta información.

En segundo lugar, la obtención de información a través del método de la encuesta puede generar dudas acerca de la fiabilidad de los datos proporcionados por el encuestado. En ocasiones, se intenta resolver este problema obteniendo información de más de una fuente para cada unidad de análisis (es decir, de más de un encuestado); sin embargo, esta investigación no ha contemplado esa posibilidad, ya que tiene importantes efectos negativos sobre la tasa de respuesta. Es por ello que el sesgo de un único encuestado por unidad de análisis puede señalarse como una limitación de esta investigación empírica.

Por otro lado, como se ha señalado, en este trabajo se contrasta un modelo parcial de fabri-

cación ágil que únicamente relaciona a) una de las dimensiones del entorno, el dinamismo (que es quizás el principal factor determinante de la agilidad), b) uno de los facilitadores de la agilidad –la aplicación de las tecnologías de diseño, producción y administración ágiles– y c) diferentes indicadores de los resultados obtenidos (en comparación con la media del sector) –productividad de la mano de obra, fidelidad de los clientes, éxito en el lanzamiento de nuevos productos, volumen de ventas, rentabilidad económica y capacidad de adaptación al mercado–. Es por ello que extensiones futuras de este trabajo permitirán el desarrollo de un modelo global de fabricación ágil, incluyendo dimensiones adicionales del entorno (como la hostilidad, la complejidad o la diversidad), así como otras prácticas de agilidad complementarias a las tecnologías y los sistemas de la información (analizadas en este trabajo), tales como las prácticas relacionadas con los recursos humanos, con la organización para el desarrollo de nuevos productos y/o procesos, con la organización interna y las relaciones externas y con la gestión del conocimiento y el aprendizaje.

Por último, resulta de interés profundizar en el papel que puede desempeñar el entorno competitivo en los resultados empresariales y en la relación entre la aplicación de las prácticas de fabricación ágil (y en concreto, la implementación de las tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles) y estos resultados. Por ello extensiones futuras de este trabajo se dirigirán a contrastar si el dinamismo del entorno puede ser un factor moderador de la relación entre la implementación de las tecnologías de diseño, fabricación y administración ágiles y los resultados empresariales, en lugar de ser un factor determinante de tal implementación.

NOTAS

1. Los autores agradecen sinceramente a los evaluadores anónimos los comentarios y sugerencias realizadas, las cuales han contribuido a una mejora sustancial del trabajo.
2. En este trabajo se utilizan indistintamente los conceptos de producción ajustada o justo a tiempo (*lean production* o *just in time production*) como sinónimos, si bien es cierto que algunos autores asimilan las prácticas justo a tiempo (o *just in time*) a las prácticas de gestión de compras o de inventarios, mientras que con el término producción ajustada (o *lean production*) hacen referencia al sistema completo de gestión de la producción (incluyendo gestión de inventarios y relaciones con proveedores, organización de la producción, gestión del personal, relaciones con clientes, etc.).
3. La elección de esta metodología se ha basado en las ventajas que ofrece dicha técnica de análisis multivariante con respecto a otros procedimientos, tal y como señala Byrne (1994). Así, en primer lugar, la modelización de ecuaciones estructurales adopta un planteamiento confirmatorio en lugar de exploratorio para el análisis de los datos. En segundo lugar, mientras que los procedimientos multivariantes tradicionales son incapaces de medir o corregir los errores de medición, la modelización de ecuaciones estructurales ofrece estimaciones explícitas de esos parámetros. Finalmente, mientras que los análisis de datos llevados a cabo por otros métodos se basan solamente en medidas observables, los análisis realizados con procedimientos de modelización de ecuaciones estructurales pueden incorporar tanto variables observables como no observables o latentes.
4. La realización de la prueba Kolmogorov-Smirnov confirmó la no normalidad de los datos utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDRICH, H.E. (1979): *Organizations and Environments*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- AVELLA, L.; VÁZQUEZ BUSTELO, D. (2005): “¿Es la fabricación ágil un nuevo modelo de producción?”, *Universia Business Review*, núm. 6, 2º trim., pp. 94-107.
- AMOAKO-GYAMPAH, K.; BOYE, S.S. (2001): “Operations Strategy in an Emerging Economy: The Case of Ghanaian Manufacturing Industry”, *Journal of Operations Management*, vol. 19, pp. 59-79.
- AMOS, J.W.; GIBSON, D.V.; SUNG, T.K. (1996): “Exploratory Model for Agile Manufacturing”, *Journal of Industrial Studies*, vol. 7, pp. 245-262.
- BADRI, M.A.; DAVIS, D.; DAVIS, D. (2000): “Operations Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytic Model of Industries in Development Countries”, *OMEGA. The International Journal of Management Science*, vol. 28, pp. 155-173.
- BAGOZZI, R.P.; YI, Y. (1988): “On the Evaluation of Structural Equation Model”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 16, (Spring), pp. 74-94.

- BESSANT, J.; KNOWLES, D.; FRANCIS, D.; MEREDITH, S. (2001): "Developing the Agile Enterprise", en A. Gunasekaran [ed.]: *Agile Manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy*, pp. 113-130. Oxford: Elsevier.
- BOLLEN, K. (1989): *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons.
- BOURGEOIS, L.J. (1980): "Strategy and Environment: A Conceptual Integration", *Academy of Management Review*, vol. 5, núm. 1, pp. 25-39.
- BOURGEOIS, L.J. (1985): "Strategic Goals, Perceived Uncertainty, and Economic Performance in Volatile Environments", *Academy of Management Journal*, vol. 28, núm. 3, pp. 548-573.
- BOURGEOIS, L.J.; EISENHARDT, K. M. (1988): "Strategic Decision Processes in Silicon Valley: Four Cases in the Microcomputer Industry", *Management Science*, vol. 34, núm. 7, pp. 816-835.
- BOYER, K.K. (1998): "Longitudinal Linkages between Intended and Realized Operations Strategies", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 18, núm. 4, pp. 356-373.
- BOYER, K.K.; LEONG, G.; WARD, P.T.; KRAJEWSKI, L. (1997): "Unlocking the Potential of Advanced Manufacturing Technologies", *Journal of Operations Management*, vol. 15, núm. 4, pp. 331-347.
- BOYER, K.K.; PAGELL, M. (2000): "Measurement Issues in Empirical Research: Improving Measures of Operations Strategy and Advanced Manufacturing Technology", *Journal of Operations Management*, vol. 18, pp. 361-374.
- BURGESS, T.F. (1994): "Making the Leap of Agility: Defining and Achieving Agile Manufacturing through Business Process Redesign and Business Network Redesign", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 14, núm. 11, pp. 23-34.
- BYRNE, B. (1994): *Structural Equation Modeling with EQS and EQS/Windows. Basic Concepts, Applications and Programming*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- CAMISÓN, C. (1999): "La medición de los resultados empresariales desde la óptica estratégica: construcción de un instrumento a partir de un estudio Delphi y la aplicación a la empresa industrial española en el periodo 1983-1996", *Revista de Contabilidad y Tributación, Centro de Estudios Financieros*, núm. 199, pp. 201-264.
- CHO, H.; JUNG, M.; KIM, M. (1996): "Enabling Technologies of Agile Manufacturing and its Related Activities in Korea", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 30, núm. 3, pp. 323-334.
- CHRISTIAN, I.; ISMAIL, H.; MOONEY, J.; SNOWDEN, S.; TOWARD, M.; ZHANG, D. (2001): "Agile Manufacturing Transitional Strategies", *Proceedings of the Fourth SMESME International Conference*. Alborg University.
- CORONADO, A.E.; SARHADI, M.; MILLAR, C. (2002): "Defining a Framework for Information Systems Requirements for Agile Manufacturing", *International Journal of Production Economics*, vol. 75, pp. 57-68.
- DAFT, R.L.; SORMUNEN, J.; PARKS, D. (1988): "Chief Executive Scanning, Environmental Characteristics, and Company Performance: An Empirical Study", *Strategic Management Journal*, vol. 9, pp. 123-139.
- DANGAYACH, G.S.; DESHMUCK, S.G. (2001): "Practice of Manufacturing Strategy: Evidence from Select Indian Automobile Companies", *International Journal of Production Research*, vol. 39, núm. 11, pp. 2353-2393.
- DESS, G.G.; BEARD, D.W. (1984): "Dimensions of Organizational Task Environments", *Administrative Science Quarterly*, vol. 29, núm. 1, pp. 52-73.
- DE VOR, R.; MILLS, J. (1995): "Agile Manufacturing", *American Society of Mechanical Engineers, Manufacturing Engineering Division, MED*, vol. 2, núm. 2, p. 997.
- DOVE, R. (2001): *Response Ability: The Language, Structure, and Culture of Agile Enterprise*. New York: John Wiley & Sons.
- DUNCAN, R.B. (1972): "Characteristics of Organizational Environments and Perceived Environmental Uncertainty", *Administrative Science Quarterly*, vol. 17, pp. 313-327.
- ESMAIL, K.; SAGGU, J. (1996): "A Changing Paradigm", *Manufacturing Engineer*, (December), pp. 285-288.
- FAHEY, L.; NARAYANAN, V.K. (1989): "Linking Changes in Revealed Causal Maps and Environmental Change: An Empirical Study", *Journal of Management Studies*, (July), pp. 361-378.
- FLIEDNER, G.; VOKURKA, R. J. (1997): "Agility: Competitive Weapon of the 1990s and Beyond?", *Production and Inventory Management Journal*, (Third Quarter), pp. 19-24.
- FROHLICH, M.T. (2002): "Techniques for Improving Response Rates in OM Survey Research", *Journal of Operations Management*, vol. 20, pp. 53-62.
- FUENTES, M.; HURTADO, N. (2002): "Variables críticas en la medición del desempeño en empresas con implantación de la gestión de la calidad total", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 8, núm. 2, pp. 87-102.
- GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N. (1993): "Management, Technology and Agility: The Emergence of a New Era in Manufacturing", *International Journal of Technology Management*, vol. 8, núm. 1-2, pp. 18-38.

- GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K. (1995): *Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- GOLDMAN, S.L.; PREISS, K. (1991): *21st Century Manufacturing Enterprise Strategy. Infrastructure*. Bethlehem, PA.: Lehigh University.
- GORANSON, H.T. (1999): *The Agile Virtual Enterprise. Cases, Metrics, Tools*. Westport, CT: Quorum Books.
- GUNASEKARAN, A. (1998): "Agile Manufacturing: Enablers and an Implementation Framework", *International Journal of Production Research*, vol. 36, núm. 5, pp. 1223-1247.
- GUNASEKARAN, A. (1999a): "Agile Manufacturing: A Framework for Research and Development", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, núm. 1-2, pp. 87-106.
- GUNASEKARAN, A. (1999b): "Design and Implementation of Agile Manufacturing Systems", Editorial, *International Journal of Production Economics*, vol. 62, núm. 1-2, pp. 1-6.
- GUNASEKARAN, A.; MCCGAUGHEY, R.; WOLSTENCROFT, V. (2001): "Agile Manufacturing: Concepts and Framework", en A. Gunasekaran [ed.]: *Agile Manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy*, pp. 25-49. Oxford: Elsevier.
- GUNASEKARAN, A.; TIRTIROGLU, E.; WOLSTENCROFT, V. (2002): "An Investigation Into the Application of Agile Manufacturing in an Aerospace Company", *Technovation*, vol. 22, pp. 405-415.
- GUNASEKARAN, A.; YUSUF, Y. (2002): "Agile Manufacturing: A Taxonomy of Strategic and Technological Imperatives", *International Journal of Production Research*, vol. 40, núm. 6, pp. 1357-1385.
- HAIR, J.; ANDERSON, R.; TATHAM, R.; BLACK W. (1999): *Análisis multivariante*. 5^a ed. Madrid: Prentice-Hall.
- HAMBRICK, D. C. (1982): "Environmental Scanning and Organizational Strategy", *Strategic Management Journal*, vol. 3, pp. 159-174.
- JAIN, N.K.; JAIN, V.K. (2001): "Computer Aided Process Planning for Agile Manufacturing Environment", en A. Gunasekaran [ed.]: *Agile manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy*, pp. 515-534. Oxford: Elsevier.
- KIDD, P.T. (1995): *Agile Manufacturing, Forging New Frontiers*. London: Addison Wesley.
- KIM, J.S.; ARNOLD, P. (1992): "Manufacturing Competence and Business Performance: A Framework and Empirical Analysis", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, núm. 10, pp. 4-25.
- KOUFTEROS, X.; VONDEREMBSE, M.; DOLL, W.J. (2002): "Concurrent Engineering and its Consequences", *Journal of Operations Management*, vol. 19, pp. 97-115.
- LUKAS, B.A.; TAN, J.J.; HULT, G.T. (2001): "Strategic Fit in Transitional Economies: The Case of China's Electronics Industry", *Journal of Management*, vol. 27, pp. 409-429.
- MCDUGAL, P.P.; DEANE, R.H.; D'SOUZA, D.E. (1992): "Manufacturing Strategy and Business Origin in the Computer and Communications Equipment Industries", *Production and Operations Management*, vol. 1, núm. 1, pp. 53-69.
- MEADE, L.M.; ROGERS, K.J. (1997): "A Method for Analyzing Agility Alternatives for Business Processes", *Proceedings of the Sixth Industrial Engineering Research Conference*, pp. 960-965. Miami Beach, FL.
- MEADE, L.M.; SARKIS, J. (1999): "Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Processes: An Analytical Network Approach", *International Journal of Production Research*, vol. 37, núm. 2, pp. 241-261.
- MILLER, D. (1987): "The Structural and Environmental Correlations of Business Strategy", *Strategic Management Journal*, vol. 8, pp. 55-76.
- MILLER, D.; FRIESEN, P. H. (1983): "Strategy Making and the Environment: The Third Link", *Strategic Management Journal*, vol. 4, pp. 221-235.
- MINTZBERG, H. (1979): *The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- MONTGOMERY, J.C.; LEVINE, L.O. (1996): *The Transition to Agile Manufacturing. Staying Flexible For Competitive Advantage*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- PARKINSON, S. (1999): "Agile Manufacturing", *Work Study*, vol. 8, núm. 4, pp. 134-137.
- POWELL, T. (1995): "Total Quality Management as Competitive Advantage: A Review and Empirical Study", *Strategic Management Journal*, vol. 16, pp. 15-37.
- REN, J.; YUSUF, Y.Y.; BURNS, N.D. (2003): "The Effects of Agile Attributes on Competitive Priorities: A Neural Network Approach", *Integrated Manufacturing Systems*, vol. 14, núm. 6, pp. 489-497.
- RICHARDS, C. (1996): "Agile Manufacturing: Beyond Lean", *Production and Inventory Management Journal*, (Second Quarter), pp. 60-64.
- ROTH, A.V. (1996): "Neo-Operations Strategy. Linking Capabilities-Based Competition to Technology", en G. H. Gaynor [ed.]: *Handbook of Technology Management*, pp. 38.1-38.44. New York: McGraw-Hill.
- SAHIN, F. (2000): "Manufacturing Competitiveness: Different Systems to Achieve the Same Results",

- Production and Inventory Management Journal*, vol. 41, núm. 1, pp. 56-65.
- SÁNCHEZ, L.M.; NAGI, R. (2001): "A Review of Agile Manufacturing Systems", *International Journal of Production Research*, vol. 39, núm. 16, pp. 3561-3600.
- SHARFMAN, M.P.; DEAN, J.W. (1991): "Conceptualizing and Measuring the Organizational Environment: A Multidimensional Approach", *Journal of Management*, vol. 17, núm. 4, pp. 681-700.
- SHARIFI, H.; ZHANG, Z. (1999): "A Methodology for Achieving Agility in Manufacturing Organisations: An Introduction", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, pp. 7-22.
- SHARIFI, H.; ZHANG, Z. (2001): "Agile Manufacturing in Practice. Application of a Methodology", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, núm. 5-6, pp. 772-794.
- SHARP, J.M.; IRANI, Z.; DESAI, S. (1999): "Working towards Agile Manufacturing in the UK Industry", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, pp. 155-169.
- SHERIDAN, J.H. (1993): "Agile Manufacturing: Stepping Beyond Lean Production", *Industry Week*, vol. 242, núm. 8, pp. 30-46.
- SMALL, M.H.; YASIN, M.M. (1997): "Advanced Manufacturing Technology: Implementation Policy and Performance", *Journal of Operations Management*, vol. 15, pp. 349-370.
- SWAMIDASS, P.M.; NEWELL, W.T. (1987): "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytic Model", *Management Science*, vol. 33, núm. 4, pp. 509-524.
- SWAMIDASS, P.M.; WINCH, G.W. (2002): "Exploratory Study of the Adoption of Manufacturing Technology Innovations in the USA and UK", *International Journal of Production Research*, vol. 40, núm. 12, pp. 2677-2703.
- VAN DIERDONCK, R.; MILLER, J. G. (1980): "Designing, Planning and Control Systems", *Journal of Operations Management*, vol. 1, núm. 1, pp. 37-46.
- VÁZQUEZ BUSTELO, D.; AVELLA, L. (2004): "Tecnologías de diseño, producción y administración ágil: Aplicación de un modelo exploratorio en las fábricas españolas", *XIV Congreso Nacional de ACEDE*. Murcia.
- VENKATRAMAN, N.; RAMANUJAM, V. (1986): "Measurement of Business Performance in Strategy Research: A Comparison of Approaches", *Academy of Management Review*, vol. 11, núm. 4, pp. 801-814.
- WARD, P.T.; DURAY, R.; LEONG, G.K.; SUM, C. (1995): "Business Environment, Operations Strategy, and Performance: An Empirical Study of Singapore Manufacturers", *Journal of Operations Management*, vol. 13, núm. 2, pp. 99-115.
- WARD, P.T.; DURAY, R. (2000): "Manufacturing Strategy in Context: Environment, Competitive Strategy and Manufacturing Strategy", *Journal of Operations Management*, vol. 18, pp. 123-138.
- WHOLLEY, D.R.; BRITAIN, J. (1989): "Characterizing Environmental Variation", *Academy of Management Journal*, vol. 32, núm. 4, pp. 867-882.
- YUSUF, Y.Y.; SAHARDI, M.; GUNASEKARAN, A. (1999): "Agile Manufacturing: The Drivers, Concepts and Attributes", *International Journal of Production Economics*, vol. 62, pp. 33-43.
- YUSUF, Y.Y.; AL-DABASS, D.; GUNASEKARAN, A.; REN, J. (2001): "A Mathematical Modelling Framework for Agile Manufacturing Systems", *Conference Proceedings of the UK Simulations Society*. Cambridge.
- YUSUF, Y.Y.; ADELEYE, E.O. (2002): "A Comparative Study of Lean and Agile Manufacturing with a Related Survey of Current Practices in UK", *International Journal of Production Research*, vol. 40, núm. 17, pp. 4545-4562.