

Grado de uso y resultados de la Producción ajustada en las empresas de pavimentos y revestimientos cerámicos

Use and results of lean manufacturing in ceramic tile industries

Bonavia, Tomas
Universidad de Valencia

Marin-Garcia, Juan A.
Universidad Politécnica de Valencia

DIRECCION:

Facultad de Psicología
Dpto. de Psicología Social
Av. Blasco Ibáñez, 21
46010 VALENCIA
Tf: 96 3864568
Fax: 96 3864668
e-mail: Tomas.Bonavia@uv.es

Para la realización de este trabajo contamos con el apoyo de la Consellería de Cultura y Educación de la Generalitat Valenciana (GV00-013-7).

Grado de uso y resultados de la Producción ajustada en las empresas de pavimentos y revestimientos cerámicos

Resumen

Este artículo presenta una investigación llevada a cabo en el sector cerámico español. Su objetivo radica en determinar el grado de uso de algunas de las prácticas más representativas de la producción ajustada (PA) y su efecto sobre los niveles de calidad y productividad de estas empresas. Se presentan los resultados de 76 plantas industriales (un 79,17% de la población total) dedicadas a la monococción: porosa, gres y gres porcelánico. La conclusión más destacada es que, contrariamente a lo esperado, apenas se utiliza la PA por parte de estas empresas, sin que ello sea obstáculo para que las plantas alcancen unos altos índices de calidad y productividad. Este trabajo se va a unir a otros que señalan que la PA no es un sistema universal, válido en cualquier circunstancia y para cualquier lugar. Por tanto, antes de descartar los sistemas de producción en masa por otros más innovadores (desde el supuesto punto de vista de su eficiencia productiva), se requiere un análisis más detallado, al menos, de las características propias de cada sector.

Palabras clave

Industria cerámica, gestión de operaciones, producción ajustada, pequeñas y medianas empresas (PYMEs).

Use and results of lean manufacturing in ceramic tile industries

Abstract

This article presents research carried out in the Spanish ceramic tile industry. The aim focuses on determining the degree of use of some of the most representative Lean manufacturing practices and their effect on the productivity and quality levels of these companies. Results are presented from 76 plants (79.17% of the population) dedicated to single firing ceramics: porous tiles, stoneware floor tiles and porcelain stoneware. The most outstanding conclusion was that, contrary to what was expected, Lean manufacturing is hardly used at all by these companies. However, the plants achieve high rates of quality and productivity. This work falls into line with others that indicate that Lean manufacturing is not a universal system, valid in any circumstances and place. Therefore, before getting rid of mass production systems in favour of more innovative ones (from the point of view of their productive efficiency), a more detailed analysis is required, at least, of the characteristics of each industry.

Keywords

Ceramic tile industry, operations management, lean production, small and medium-sized firms (SMEs).

Grado de uso y resultados de la Producción ajustada en las empresas de pavimentos y revestimientos cerámicos

1. INTRODUCCIÓN

En el prólogo a la edición española del libro de Womack *et al.* *La máquina que cambió el mundo*, (Womack *et al.*, 1992) afirma refiriéndose a la producción ajustada (PA) que "aunque hemos tomado como ejemplo la industria automovilística..., tiene aplicación a todas las actividades industriales en España... España, que cuenta con una mano de obra relativamente joven y muchas plantas nuevas, parte con ventaja respecto a Europa" (el subrayado es nuestro). Sin embargo, apenas se han publicado artículos sobre la implantación de la PA en España. Entre las excepciones podemos resaltar el artículo de Lowe *et al.* (1997), aunque de todas las compañías analizadas, sólo cuatro estaban situadas en España. También contamos con el artículo de Martínez Sánchez y Pérez Pérez (2001) que muestra que la PA no es un fenómeno desconocido en nuestro país, al menos en los sectores del automóvil y la fabricación de maquinaria.

Por otra parte, no todas las opiniones se pronuncian favorablemente respecto a la PA. Ni es tan eficiente como se había supuesto (Williams *et al.*, 1992), ni es la única alternativa posible para una fabricación eficiente (Cooney, 2002). Además, el efecto de la implantación aislada de sólo algunas prácticas no está del todo claro (Fullerton y McWatters, 2001; Sakakibara *et al.*, 1997; White y Prybutok, 2001). Por lo tanto, tal como apuntan Shah and Ward (2003), existe una necesidad de ampliar la investigación de campo para determinar los efectos que produce la PA sobre el rendimiento de las empresas, analizando los datos de un conjunto de empresas que pertenezcan a un mismo sector.

Hasta hace pocos años, las principales variables de los procesos de producción en el sector azulejero eran el coste de la energía, el coste de la mano de obra y el acceso a una materia prima con pocos residuos (Ybarra *et al.*, 1996). Sin embargo, desde principio de los años 90, los problemas tradicionales de producción se ven complicados por una nueva tendencia que obliga a repensar las estrategias de dirección de operaciones en este sector (Andrés Romano, 2001). Sin embargo, apenas se ha publicado acerca de esta cuestión. Una de las pocas excepciones es el artículo de Rowley (1996). En él, se muestra que las empresas

inglesas e italianas del sector azulejero se caracterizan por el uso de producción en masa. Sin embargo, no hemos encontrado datos sobre España. Tampoco sabemos si la conclusión que proponía Rowley en el año 1996 continúa estando vigente.

Inspirados por estas ideas iniciamos una investigación para determinar el grado en que las empresas del sector azulejero español habían implantado las técnicas de PA y el efecto que eso producía en los indicadores de producción de la empresa. Consideramos que nuestra investigación es interesante pues describe la situación de un sector (el azulejero) y un país (España) apenas investigados en la literatura científica sobre PA. Además, nos permitirá profundizar en el análisis de los efectos que produce la implantación de las herramientas de PA en empresas de sectores diferentes del automovilístico.

2. ANTECEDENTES DE LA LITERATURA

El sistema de PA es el resultado de la aplicación conjunta de una serie de metodologías relacionadas, tales como el justo a tiempo, la gestión total de la calidad y el mantenimiento productivo (Cua et al., 2001; Katayama y Bennett, 1996; Sakakibara et al., 1997). A pesar de que hay cierto grado de acuerdo en la metodologías asociadas a la PA, no hay una clasificación unánime de las diferentes herramientas o programas que componen cada uno de estas metodologías (Flynn y Sakakibara, 1995). El número de herramientas de PA pueden variar entre 10 y cerca de 30 según el autor que consultemos. En la Tabla 1 hemos resumido las más habituales:

INSERTAR TABLA 1 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

Diferentes autores han propuesto la PA como el mejor sistema productivo posible y, por lo tanto, como un sistema universal (Krafcik, 1988; MacDuffie, 1995; Sohal y Egglestone, 1994; Womack et al., 1992; Womack y Jones, 1996). De la revisión de la literatura se observa con claridad que la mayoría de los estudios se centran en el sector del automóvil. Por este motivo, varios autores han sugerido una ampliación de la investigación relacionada con PA en otros sectores industriales (Cooney, 2002; James-moore y Gibbons, 1997; Lowe et al., 1997; Sohal y Egglestone, 1994; Sriparavastu y Gupta, 1997). Algunos de estos estudios se basan en encuestas que incorporan a empresas muy diferentes entre sí (Sohal y Egglestone, 1994; Sriparavastu y Gupta, 1997). Entre las investigaciones realizadas en un solo sector, es curioso observar que aquellas que trataban de ampliar los sectores objeto de estudio, se centraron en las empresas proveedoras de

fabricantes de automóvil (Lowe et al., 1997) o en la producción de series cortas de vehículos a motor (Cooney, 2002). Sin contar estos sectores o el de la industria electrónica (Kenney y Florida, 1995; Womack y Jones, 1996), en la literatura científica hay pocas investigaciones que se centren en analizar en profundidad un solo sector (Shah y Ward, 2003).

En todo caso, el grado de diseminación de estas prácticas y su posibilidad de aplicación universal no está claramente definido. Por un lado, algunos imperativos productivos tradicionales, como por ejemplo las economías de escala, son todavía determinantes para la eficiencia en algunos sectores (Lowe et al., 1997). Por otro lado, existen algunos estudios que afirman la posibilidad de implantación de la PA en diferentes configuraciones productivas (Billesbach, 1994; White y Prybutok, 2001). Pero, como Engstrom *et al.* (1996) han señalado, la PA centra sobre todo sus esfuerzos en mejorar la eficiencia del trabajo manual que realizan los empleados. Por lo tanto, en algunos procesos industriales, la PA puede ser poco relevante. También se considera que el tamaño de la empresa no es un obstáculo para la implantación de PA (Brown y Inman, 1993; Karlsson y Ahlström, 1997). Sin embargo, parece evidente que la implantación de PA es más habitual y más fácil en empresas con más de 250 empleados que en empresas medianas y pequeñas (Inman y Mehra, 1990; Martínez Sánchez y Pérez Pérez, 2001; Sohal y Egglestone, 1994; White et al., 1999).

La implantación de la PA en una empresa viene justificada en gran medida por la utilidad y beneficios que genera. En este sentido, los indicadores productivos que con más frecuencia se ha comentado que mejoran son: la calidad de los productos, reducción de los niveles de inventario, mayor productividad, menores tiempos de fabricación, mejora del cumplimiento de los plazos de entrega y reducción del tamaño de lote económico (ver Tabla 2).

INSERTAR TABLA 2 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

Para bastantes autores los beneficios originados por la implantación de la PA son mucho mayores cuando se aprovechan las sinergias entre las diferentes herramientas (Cua et al., 2001; Fullerton y McWatters, 2001; Shah y Ward, 2003; White y Prybutok, 2001). Fullerton y McWatters (2001) citan distintos estudios donde la productividad, el tiempo de fabricación o la calidad no se ha mejorado después de la implantación de algunas herramientas de PA. Esto no debería sorprendernos. En primer lugar, el sistema de PA es un conjunto de técnicas amalgamadas y no siempre se han contemplado las mismas herramientas en diferentes

investigaciones. Es más, incluso en las empresas grandes se puede apreciar que pocas veces se implantan todas las herramientas conjuntamente (Fullerton y McWatters, 2001; White y Prybutok, 2001).

Sin embargo, hemos encontrado muy pocas investigaciones que analicen el efecto sobre los indicadores de producción de la implantación de algunas herramientas de PA aisladas. Sakakibara et al. (1997) propone que ninguna práctica aislada, salvo la reducción de los tiempos de preparación de máquinas, explica significativamente las variaciones de los indicadores de producción. Cua et al. (2001) considera que ninguna de las prácticas asociadas con el justo a tiempo, implantadas de manera aislada, consigue explicar con significación estadística las mejoras en calidad o entregas a tiempo. Sin embargo, la implicación de los operarios y el mantenimiento productivo sí influyen significativamente. Para Whyte y Prybutok (2001), el uso del control estadístico de procesos está asociado significativamente a las mejoras de calidad, productividad y niveles de inventario; mientras que contar con operarios polivalentes está asociado a mejoras en el tiempo de fabricación, calidad de los productos y productividad; además, los sistemas de arrastre están asociados a las mejoras del tiempo de fabricación y la calidad de los productos.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Movidos por estas ideas, decidimos realizar una investigación que aportara evidencia acerca de la universalidad o no de la aplicación de la PA para, en primer lugar, analizar su grado de implantación en una muestra de plantas industriales del sector azulejero y, en segundo lugar, estimar si los resultados productivos de las empresas del sector eran explicados por el grado de implantación de estas prácticas.

Existen algunas razones para que las empresas del sector azulejero introduzcan métodos que permitan dotar de mayor flexibilidad a los procesos productivos. El sector se caracteriza por un gran dinamismo (Rowley, 1996). La demanda es cambiante, existe una competencia internacional cada vez más creciente en el sector debida a la globalización (Andrés Romano, 2001; Dalmau Porta et al., 1993; Porter, 1990; Rowley, 1996). Además, tanto en España como en Italia, donde las empresas productoras están concentradas en un área geográfica muy concreta, las noticias relativas a las innovaciones de productos y procesos se extienden muy rápidamente. Por este motivo, las empresas están sometidas a grandes presiones para mejorar continuamente si quieren diferenciarse de sus competidoras (Porter, 1990). En este sentido, las empresas

españolas intentan consolidarse en segmentos de mercado cada vez más rentables y exigentes intentando distanciarse de la competencia en base a precio (Gil et al., 1999; Tomás Carpi et al., 1996). Todo ello ha obligado a ofrecer una cantidad creciente de modelos que deben actualizarse constantemente y donde el diseño y la calidad juegan un papel esencial. Consecuentemente, el ciclo de vida de los productos (unos 10 años hasta hace poco) se ha acortado hasta los 3-4 años actuales. Por ello, se percibe que las empresas del sector se están sensibilizando con la importancia de los controles de calidad y la necesidad de reducción de los tiempos de fabricación y del tamaño de los lotes (Andrés Romano, 2001; Tomás Carpi et al., 1996). Se trata pues de un contexto que pueden fomentar la adopción de las prácticas de PA (MacDuffie y Pil, 1997). Además, las prácticas de PA se pueden poner en marcha en todo tipo de plantas o sectores (Billesbach, 1994; Shah y Ward, 2003). Del mismo modo, el tipo de proceso productivo no es un inconveniente para el uso de diferentes prácticas de PA y, en todo caso, los procesos repetitivos, como es el caso de la fabricación de azulejos, son un entorno más favorable para la implantación de PA (White y Prybutok, 2001) que los procesos no repetitivos. Finalmente, diferentes autores indican que determinadas prácticas, como la polivalencia de los empleados, la reducción de los tiempos de preparación o los controles de calidad, son muy habituales en el conjunto de empresas con menos de 250 empleados (Inman y Mehra, 1990; Lee, 1997; White et al., 1999).

Por otra parte, debido a determinadas restricciones del sistema productivo que estamos observando, no parece razonable que todas las prácticas de PA tengan el mismo grado de implantación. Una de estas restricciones es la elevada automatización de las líneas (Porter, 1990). Otra, las limitaciones que impone la sección de hornos. Por motivos energéticos, se intenta que el horno funcione 24 horas al máximo de carga posible. Además, los cambios de formato y de modelo obligan a modificar los parámetros del proceso de cocción, y no es fácil predecir con anterioridad estos ajustes. Por lo tanto, una vez ajustados los parámetros del horno que garantizan la calidad de los productos, se debe rentabilizar el esfuerzo produciendo cierta cantidad de metros cuadrados de una misma referencia. En definitiva, el tamaño de los lotes tiende a ser grande. Si a esto añadimos que la estructura del producto es muy sencilla y que, por lo tanto, no hay posibilidad de fabricación modular, las herramientas de PA más directamente relacionadas con el nivelado de producción (fabricación en células, reducción de tiempos de preparación y sistemas de arrastre) son poco probables en el sector.

Por otro lado, en diversos trabajos se ha constatado que la aplicación de las herramientas de PA tiene efectos beneficiosos para la empresa. Estos efectos son mayores si se implantan todas las herramientas conjuntamente, pues podemos aprovechar un efecto de sinergia entre ellos (White y Prybutok, 2001). En estos casos, las empresas pueden mejorar sus indicadores productivos (Callen et al., 2000; Cua et al., 2001; White y Prybutok, 2001). Sin embargo, la puesta en marcha de alguna herramienta aislada también puede propiciar la mejora de diversos indicadores (Lee, 1996) y es una estrategia altamente recomendada en las empresas pequeñas y medianas (Lee, 1997; White et al., 1999), que suelen contar con recursos escasos para mantener en marcha el sistema completo (Inman y Mehra, 1990). No obstante, las investigaciones que se han centrado en analizar la influencia sobre los indicadores de producción de una determinada herramienta de PA aislada, parecen indicar que estos efectos no son significativos (Cua et al., 2001; Sakakibara et al., 1997). Ante esta diferencia de opiniones hemos decidido simplificar la formulación de nuestra hipótesis del siguiente modo:

H.1- Las empresas caracterizadas como de alto rendimiento en los indicadores productivos habrán adoptado en mayor medida las herramientas de PA.

4. METODOLOGÍA

Para la toma de datos desarrollamos un cuestionario ad-hoc basado principalmente en los trabajos de varios autores (Cua et al., 2001; Jackson y Dyer, 1998; Karlsson y Ahlström, 1996; White et al., 1999) (en el anexo hay una descripción de las variables utilizadas). Para la equivalencia de los términos al castellano utilizamos los artículos de Prado Prado (2002) y Marín y Delgado (2000). Una vez perfilado el cuestionario, se testó con tres responsables de producción en tres empresas azulejeras diferentes (pase piloto). Tras este pase, se introdujeron algunas modificaciones para alcanzar la versión definitiva. Entre tanto, comenzamos los primeros contactos con la Cámara de Comercio de Castellón así como con ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas), instituciones ambas de reconocido prestigio en el sector. En concreto, esta última nos propuso realizar, tras una primera reunión en la que presentamos nuestro proyecto, dos sesiones de trabajo en el mes de junio de 2001 para dar a conocer la investigación entre sus asociados con el fin de invitarles a participar (dirigidas a los responsables de producción).

Para realizar las adaptaciones necesarias a las características especiales del sector azulejero, trabajamos conjuntamente con técnicos ASCER y también fuimos asesorados por consultores con años de experiencia en el sector. En este sentido, tomamos varias decisiones con la intención de acortar las entrevistas y conseguir una mayor participación por parte de los directivos de producción.

En primer lugar, el grado de implantación de la mayoría de las herramientas de PA se midió con una sola pregunta, igual que han hecho otras investigaciones (Fullerton y McWatters, 2001; White et al., 1999). Algunas de las variables las recogíamos durante la visita a planta, en cuyo caso podíamos permitirnos ampliar la información. Este fue el caso de controles de calidad (un ítem durante la entrevista, para identificar cuándo se realizaban los controles de calidad y otro durante la visita, observando si existía control estadístico de procesos en las líneas).

En segundo lugar, en las entrevistas previas al estudio de campo, pareció evidente que la fabricación en células, los sistemas de arrastre y el nivelado de producción no iban a estar presentes en el sector. Mantuvimos las dos primeras variables porque podían ser observadas directamente durante la visita a planta y no necesitábamos preguntarlo durante las entrevistas. Las guías de observación para estas variables estaban basadas en el trabajo de Cua et al. (2001). La variable nivelado de producción no la hemos contemplado en esta investigación por no ser compatible con las características del sector y no ser directamente observable durante las visitas a planta. Sin embargo, como necesita de la implantación previa de fabricación en células y reducción de los tiempos de preparación (Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001; Suzaki, 1989; 2001), podemos usar estas variables para estimar la posibilidad de que una empresa de la muestra pueda desarrollar la implantación de nivelado de producción.

Nuestras variables independientes serán el grado de despliegue de cada herramienta de PA, que se midieron usando una escala 0(nada)-5(implantación total) (Jackson y Dyer, 1998), excepto para las variables mejora continua en grupo que se midió con dos niveles y control estadístico de procesos que se midió con tres niveles (ver anexo). Todas las entrevistas se realizaron a los directores de producción de las empresas. Sus contestaciones durante la entrevista eran corroboradas posteriormente durante la visita a la planta. En caso de contradicción, se comentaba con el director de producción y, en caso de divergencia, en última instancia primaba el criterio de los investigadores.

Por otra parte, seleccionamos los indicadores de producción que se correspondían con los beneficios más citados de la PA: calidad de los productos, productividad, niveles de inventario, tiempo de fabricación,

entregas a tiempo y tamaño de lote económico (Lowe et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999; Williams et al., 1995; Williams et al., 1992). Todos estos indicadores se midieron con variables objetivas para evitar los posibles sesgos de las variables perceptuales (Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001). Los niveles de inventario se definieron como la suma de los días de inventario de productos terminados, materias primas y trabajo en proceso. La calidad de los productos se midió como el porcentaje de productos de primera calidad respecto al total fabricado. La productividad (m² por operario y mes) se calculó combinando la información a dos preguntas: “metros cuadrados de producción en el mes de junio de 2001” y “número de operarios de producción y mantenimiento de la empresa”. El tiempo de fabricación se definió como el tiempo promedio que transcurre entre que se recibe un pedido en el departamento de producción y la finalización de la fabricación de ese pedido. Las entregas a tiempo se midieron como el porcentaje de las entregas que se realizan en el plazo pactado con el cliente. Finalmente, recogimos el tamaño de lote económico. Todas estas cifras fueron facilitadas por el director de producción en base a los datos contenidos en los informes del departamento.

Los datos se recogieron durante los meses de julio a septiembre de 2001 durante una entrevista personal con el director de producción de una duración promedio de 30 minutos. Antes de la realización de la entrevista, se concertaba una cita mediante contacto telefónico. Después de la entrevista, se realizaba una visita a las instalaciones para comprobar algunos de los datos mediante observación directa del entrevistador. Estas visitas ocuparon una duración promedio de 40 minutos por planta. En el proceso intervinieron dos entrevistadores entrenados y supervisados por los investigadores del proyecto, que los acompañaron en las primeras entrevistas (10% aprox.) y los instruyeron para conseguir criterios homogéneos. Las empresas participantes recibieron un informe detallado de sus resultados (comparados con las puntuaciones medias).

Posteriormente, reclasificamos estas variables de resultados para construir nuestras variables independientes. Para ello, consideramos como plantas de alto rendimiento (valor 1) de los indicadores de primera calidad, productividad y entregas a tiempo, a aquellas plantas cuyo valor estaba por encima de la media de la muestra y como empresas de bajo rendimiento para ese indicador (valor 0) al resto (Cua et al., 2001; Lowe et al., 1997). En las variables tiempo de fabricación, días totales de inventario y tamaño de lote económico, el criterio fue el contrario pues cuanto mayores son estos valores, peor es la eficiencia de la planta. También creamos una nueva variable combinando las empresas de alto rendimiento en calidad y

productividad, siguiendo el procedimiento sugerido por Lowe et al. (1997). Consideramos como mejores empresas (valor 1) a aquellas con alto rendimiento en productividad y calidad simultáneamente.

Para probar nuestra hipótesis utilizaremos la metodología propuesta por Cua et al. (2001). Mediante el análisis discriminante, pretendemos identificar qué herramientas de PA explican mejor las diferencias en los indicadores productivos. Utilizaremos las cargas discriminantes como medida de la importancia de las variables independientes para discriminar entre los grupos de alto y bajo rendimiento. Consideraremos como valores significativos de cargas discriminantes los que su valor absoluto sea superior a 0,30 (Hair et al., 1999). Construiremos un modelo para cada variable dependiente. El poder discriminador de los modelos se comprobará con la significación de la Lambda de Wilk y la Chi cuadrado. Adicionalmente, también comprobaremos la capacidad de discriminación por medio de su precisión clasificatoria. En este sentido, la precisión del modelo debería ser, por lo menos, un 25% superior a la capacidad de clasificación al azar (Hair et al., 1999). La capacidad de clasificación al azar la calcularemos con el criterio de aleatoriedad proporcional Cpro, aunque somos conscientes de que al no usar un procedimiento de división de muestra, los valores de precisión clasificatoria están un poco sesgados al azar (Hair et al., 1999).

4.1 Muestra

La población de empresas asociadas a ASCER era de 208 empresas. Es importante señalar que, como Rowley (1996) indica, no se puede tratar el sector cerámico como un todo homogéneo, pues no es igual producir baldosas que piezas de cerámica especiales o tercer fuego. Por este motivo, nos hemos centrado en las empresas que se dedicaban a la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos mediante monococción (un total de 111 empresas). En el caso de encontrar empresas con más de una planta, que eran dirigidas por el mismo director de producción y con una misma política de fabricación, elegíamos junto con el responsable de producción la planta que se consideraba más representativa, siempre y cuando estuviera más de un año funcionando con normalidad. En total eliminamos 15 plantas de la población por este procedimiento. La población definitiva, por tanto, estaba constituida por 96 plantas, de las cuales nos respondieron 76 (79% de la población). Como se puede apreciar en la Tabla 3, no existen sesgos en cuanto a tamaños entre las empresas que contestan a nuestras entrevistas y las que deciden no participar en nuestra investigación.

INSERTAR TABLA 3 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las plantas de la muestra fabrican lotes grandes de unos pocos productos (entre 100 y 200 referencias por planta, distribuidas en unos pocos formatos de tamaño). Estos productos son técnicamente muy homogéneos y la maquinaria que los procesa es común. Todos los productos atraviesan una secuencia similar de operaciones (preparación, prensa, secado, esmaltado, cocción y clasificación), aunque alguna de las referencias puede saltarse alguno de estos pasos por no ser necesario. Las máquinas están situadas en línea, una detrás de otra. Al acabar la fabricación del lote de una referencia, las máquinas deben ajustarse y se pasa a fabricar el lote de la siguiente referencia. Los tiempos de preparación y ajuste de máquinas son elevados. También hemos comprobado que el grado de automatización es muy alto y, si exceptuamos las operaciones de preparación de las máquinas, el transporte interno y la inspección de calidad de las piezas, apenas hay procesos donde intervengan los operarios durante la fabricación. Esta descripción es válida para todas las plantas visitadas ya que apenas hay diferencias entre ellas. Esta situación coincide totalmente con la que se describe en otros trabajos (Assopiastrelle, 1998; Dalmau Porta y De Miguel Fernández, 1991; Porter, 1990). Los operarios están altamente especializados y sólo ejecutan las operaciones propias de su sección. La mayoría de las empresas fabrican contra almacenes para conseguir una mayor utilización de la maquinaria y reducir los costes unitarios del producto.

Tal como hemos descrito antes, todas las plantas observadas presentan una distribución en planta muy similar y en ningún caso se corresponde con la tipología de fabricación en células. Del mismo modo, en ninguna planta estaban presentes los sistemas Kanban. Algunas de las empresas utilizaban sistemas de planificación de requerimiento de materiales (MRP) pero ninguna de ellas utilizaba un sistema de arrastre. En la Tabla 4 resumimos los descriptivos del resto de variables. Podemos destacar que hay una cantidad importante de plantas que no han implantado ni la reducción de tiempos de preparación, ni empleados polivalentes ni usan la gestión visual para distribuir información a los operarios. Sin embargo el orden y limpieza, la estandarización de operaciones, el mantenimiento preventivo y los controles de calidad tienen un uso bastante difundido, especialmente las dos últimas que están presentes en todas las empresas de la muestra.

INSERTAR TABLA 4 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

Hemos podido comprobar que la mayoría de prácticas de PA no están demasiado extendidas en este sector. A continuación vamos a revisar algunos de los motivos que pueden explicar por qué la PA no ha sido adoptada por las empresas azulejeras.

La primera razón para que las empresas azulejeras en España no hayan adoptado las prácticas que sustentan la PA es, probablemente, que no las necesitan para ser competitivas a nivel mundial. De hecho, España es el segundo país en volumen de fabricación de azulejos (ASCER, 2003).

Por otra parte, aunque la industria del automóvil y el sector cerámico mantengan bastantes similitudes, las diferencias también existen dificultando la implantación de las innovaciones generadas en un sector a otro diferente. Por un lado debemos tener en cuenta las restricciones que impone el proceso de cocción. Los hornos son el cuello de botella y el proceso más delicado a la hora de realizar los ajustes necesarios para el cambio de lotes. Por otra parte, las empresas azulejeras apenas utilizan operaciones manuales de montaje. Al tratarse de procesos altamente automatizados, donde la amortización de los equipos de producción y los costes energéticos son unas partidas más relevantes que el coste de la mano de obra, está limitada la aplicación de algunas herramientas de PA (Engstrom et al., 1996).

Además, las economías de escala, caracterizadas por altos volúmenes de fabricación generan excelentes niveles de eficiencia en el sector, lo mismo que pasaba con el sector del automóvil (Lowe et al., 1997). Como Rowley (1996) señala en su estudio, en el sector azulejero perviven todavía un buen número de prácticas propias de la producción en masa, siendo esto así, tanto para las industrias británicas como para las italianas, a las cuales podemos sumar ahora las españolas. Lo cual refuerza la idea de considerar los elementos característicos de un sector antes de hacer generalizaciones de los resultados obtenidos en otros sectores diferentes. En definitiva, no siempre las lecciones que aprendemos de un sector son generalizables a otros.

Otra de las posibles causas del poco uso puede ser el tamaño de las plantas. Aunque hay autores que han señalado que la mayoría de los principios de la PA son aplicables a las PYMEs (Karlsson y Ahlström, 1997), también los hay que opinan que las empresas pequeñas tienen dificultades a la hora de poner en marcha algunas prácticas de PA (Inman y Mehra, 1990; Martínez Sánchez y Pérez Pérez, 2001; Sohal y Egglestone,

1994). Los resultados de nuestro estudio parecen apoyar la segunda afirmación. Debemos tener en cuenta que el sector está compuesto fundamentalmente de pequeñas y medianas empresas (un tamaño medio de algo más de 150 trabajadores). Por lo tanto, es previsible que tengan cierta limitación para asignar recursos al despliegue de LP (Inman y Mehra, 1990). Sobre todo si no están convencidos de los beneficios que les pueden reportar (Fullerton y McWatters, 2001) o si no están seguros de qué aspectos del LP son los adecuados para la situación particular de cada empresa (Finch y Cox, 1986).

También podría argumentarse que las características del proceso productivo constituyen una limitación infranqueable para la implantación de estas prácticas. Sin embargo, Billesbach (1994) estudia un proceso de fabricación de fibras textiles con enormes similitudes al proceso genérico de fabricación de azulejos. Este autor comenta la implantación exitosa de sistemas de arrastre, gestión visual, mantenimiento productivo y empleados polivalentes. Por lo tanto, debe haber otras variables que expliquen la situación de las plantas de nuestra muestra (Shah y Ward, 2003).

Con una demanda bastante inestable es complicado que las empresas puedan poner en marcha nivelado de producción y por lo tanto también es difícil que aparezcan sistemas de arrastre (Williams et al., 1995; Williams et al., 1992). Las variables “sistemas de arrastre” y “fabricación en células” suelen ir muy asociadas en su implantación mientras que están poco asociadas con las otras prácticas de PA (Sakakibara et al., 1997). También hemos de tener en cuenta que la implantación de fabricación en células como primer paso hacia la tecnología de grupos, requiere de importantes inversiones en equipamiento y maquinarias (White y Prybutok, 2001). En este sentido, no debería extrañarnos los resultados de grado de uso de fabricación en células y sistemas de arrastre: no existen en las plantas visitadas. Por otra parte, como la reducción de los tiempos de preparación está muy relacionada con ellas (Dankbaar, 1997; Wafa y Yasin, 1995), no es de extrañar que sea la siguiente práctica con menor grado de uso en el sector.

En cuanto al uso de la polivalencia de los operarios, por un lado, no es una tarea fácil en las empresas con procesos productivos repetitivos (White y Prybutok, 2001). Además, la polivalencia de los empleados es una de las prácticas básicas para el desarrollo de algunas de las otras prácticas de PA (mantenimiento productivo, reducción de tiempos de preparación, nivelado de producción y fabricación en células). Pero las plantas de la muestra no están poniendo en marcha esas prácticas, salvo el mantenimiento. Aparentemente, resulta sorprendente que las empresas tengan un alto grado de uso de mantenimiento productivo si no hay polivalencia de los empleados. Lo que ocurre en el sector es que han desarrollado mucho el mantenimiento

preventivo y algunos otros aspectos del mantenimiento productivo, pero no hay apenas mantenimiento autónomo que es donde se necesitarían la polivalencia de los empleados.

Entre las herramientas de PA más extendidas, encontramos los controles de calidad en cada una de las etapas del proceso, la estandarización de operaciones, el control estadístico de procesos y el mantenimiento productivo. Las tres primeras son herramientas fundamentales en un conjunto de empresas que han hecho una apuesta importante por competir en base a la calidad de sus productos. Mientras que el mantenimiento productivo es básico en un proceso automatizado donde se debe garantizar el funcionamiento continuado del horno, debido a los enormes costes de energía que se producirían si hubiera que pararlo para realizar una reparación. También se usa bastante el orden y limpieza que es una de las herramientas más sencillas y que menos inversión requieren (Lee, 1997). Además, debemos tener en cuenta que la limpieza de la planta es un aspecto relativamente importante para evitar la contaminación del producto con impurezas. Respecto a los sistemas de sugerencias en grupo, creemos que su implantación puede ser debida más a un efecto de moda o a una concesión hacia los sindicatos y trabajadores que a una estrategia para aprovechar el conocimiento de los operarios para mejorar los procesos productivos. Nos inclinamos hacia esta suposición pues hemos podido comprobar que la participación real de los operarios en estos sistemas era muy escasa.

Respecto a nuestras variables independientes, podemos observar en la Tabla 5 que los niveles de primera calidad de las plantas entrevistadas son bastante elevados y con muy poca variación entre ellas. El periodo de fabricación medio es de tres semanas con una gran variación entre las plantas. En promedio, las plantas visitadas tenían unos inventarios equivalentes a dos meses y medio de fabricación, siendo la dispersión también muy grande en esta variable. Por lo que se refiere a los niveles de productividad, se observa una variabilidad muy importante en la cantidad de metros cuadrados (m²) producidos por operario y mes. La dispersión también es muy grande entre las diferentes empresas respecto al tamaño del lote económico. Mientras que la mayoría de las entregas se realizan en el plazo pactado con el cliente, con una ligera dispersión entre los datos de las plantas.

INSERTAR TABLA 5 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

Como hemos comentado en la sección de metodología, hemos combinado los resultados de calidad y productividad para dar origen a una nueva variable cuyos valores hemos representado en la Figura 1. Las líneas representan la media para cada variable de modo que se puedan distinguir aquellas empresas que obtienen simultáneamente índices de calidad y productividad más elevados que la media (18 plantas).

INSERTAR FIGURA 1 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

Para comprobar nuestra hipótesis hemos realizado 7 análisis discriminantes, uno por cada una de las variables dependientes. Los resultados de los análisis se pueden observar en la Tabla 6. En el modelo incluíamos todas las variables dependientes que no eran constantes y comprobábamos el ajuste del modelo por medio de los valores de la correlación canónica al cuadrado y la significación de la Chi². Como medida adicional de bondad del modelo se puede comprobar si la precisión clasificatoria es superior al límite marcado por el criterio de aleatoriedad proporcional. Sin embargo, puesto que nuestro objetivo es comprobar la capacidad explicativa de las variables dependientes y no establecer un modelo de clasificación, daremos más peso a los niveles de significación que a la precisión clasificatoria (Cua et al., 2001).

INSERTAR TABLA 6 APROXIMADAMENTE AQUÍ, POR FAVOR

De los siete modelos planteados, sólo dos alcanzan significación estadística (con $\alpha < 10\%$). En ambos casos, la capacidad explicativa del modelo es baja (correlación canónica al cuadrado en torno a 0,20). Es decir, nuestras variables independientes permiten explicar un poco de las variaciones en los indicadores de niveles de inventario y de la variable combinada de mejores empresas en calidad y productividad simultáneamente. Las variaciones del resto de indicadores productivos no parecen ser explicados por el conjunto de variables contempladas.

Respecto a los niveles de inventario, las empresas que más usan la estandarización de operaciones, la gestión visual, la mejora continua en grupo, los tiempos de preparación cortos y el mantenimiento productivo, almacenan menos cantidad de producto. De manera análoga, las empresas que más utilizan el control estadístico de procesos, la polivalencia de los operarios y el mantenimiento productivo son las que

tienen unos niveles de calidad y de productividad mayores que la media. En este sentido, los resultados serían congruentes con la propuesta de White y Prybutok (2001), que sugieren que el uso del control estadístico de procesos esta asociado significativamente a las mejoras de calidad y productividad aunque no se manifestado su influencia sobre niveles de inventario. O con los de Cua et al. (2001) pues la implicación de los operarios (bien mediante la polivalencia o bien mediante sistemas de sugerencias en grupo) y el mantenimiento productivo influyen en los indicadores productivos.

En definitiva, hemos encontrado pocas y muy bajas asociaciones entre el grado de uso de las herramientas de PA y los resultados del área de producción de la empresa. Es probable que esto sea debido a que las empresas están implantando las prácticas individualmente y no como sistema (White y Prybutok, 2001). También debemos tener en cuenta que muchas de las herramientas de PA se utilizan muy poco, o eran más bien constantes, es decir, apenas existía variación en el grado de uso entre las empresas de la muestra. Por lo tanto no hemos podido analizar su relación con los resultados. Entre las que se usan poco, resaltamos los empleados polivalentes, cuyo efecto positivo (Cua et al., 2001; White y Prybutok, 2001) no se ha visto tan reflejado en nuestros datos. O el papel de la reducción de los tiempos de preparación para explicar la mejora de los resultados productivos (Sakakibara et al., 1997). Entre las que varían poco destacamos sobre todo los controles de calidad y también podríamos incluir orden y limpieza.

5.1 Limitaciones

En primer lugar, queremos resaltar que nuestro interés era estudiar las empresas del sector azulejero en España. Por ello, nuestras conclusiones no son extrapolables ni a otros sectores industriales ni, probablemente, a otros países.

Nosotros hemos usado variables objetivas para medir la eficiencia del departamento de producción. Por este motivo, creemos que nuestra investigación aporta valor añadido a las investigaciones anteriores que se basaban en las percepciones subjetivas de las personas encuestadas. Sin embargo, no podemos garantizar que nuestra investigación esté a salvo de sesgos debidos a usar una sola fuente de datos para la obtención de los indicadores productivos (Shah y Ward, 2003). Además, como ya hemos comentado, algunas variables apenas se usaban o su uso variaba muy poco entre las plantas, por lo que su efecto no ha podido manifestarse con claridad en nuestros análisis.

6. CONCLUSIÓN

La mayor parte de las prácticas derivadas de la PA que hemos medido no se utilizan o se utilizan muy poco en este sector. Además, aquellas que se utilizan permiten explicar una parte muy pequeña de las diferencias entre las plantas con alto rendimiento y el resto, bien porque no existe relación entre la implantación y el resultado o bien porque todas las empresas utilizan estas prácticas casi por igual.

En definitiva, consideramos que las plantas del sector no están en transición hacia la PA, pese a la adopción de algunas prácticas tales como estrictos controles de calidad o sistemas de mantenimiento preventivo sin la participación de los operarios de producción. Más bien, habría que pensar que han adoptado aquellas prácticas que, por las condiciones de su negocio, más beneficiosas les resultan. Todo lo cual cuestiona la pretendida universalidad de la PA como paradigma productivo.

ANEXO: Medición de las variables de producción ajustada utilizadas en esta

investigación

1) Orden y limpieza.

Porcentaje de la planta en el que existen líneas en el suelo que distingan las áreas de trabajo, pasillos, etc. ¿Hay un sitio para cada cosa? ¿La planta está libre de material innecesario? (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

2) Gestión visual.

Porcentaje de las zonas de trabajo en las que existen gráficas o paneles visibles y actualizados en los que se refleje los niveles que se están alcanzando en calidad, productividad, desperdicios, los problemas detectados en el área... (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

3) Mejora continua en grupo.

¿Se utilizan actualmente en el departamento de producción grupos en los que participen operarios que propongan mejoras? (sistemas de sugerencias, círculos de calidad, grupos para solución de problemas, etc.). (0= No existen; 5= Sí existen)

4) Mantenimiento productivo.

¿Qué actividades realiza el personal de mantenimiento?: 0= Ninguna. 1= Limpieza, engrase de las máquinas y pequeñas reparaciones (cambiar fusibles, sustituir poleas...). 2= Reparaciones importantes. 3= Las actividades programadas (lista de comprobación) en el plan de mantenimiento preventivo. 4= Realizar mejoras en los equipos para que sean más robustos y necesiten menos mantenimiento. 5= Intervenir en las especificaciones o decisiones de compra de nuevos equipos.

5) Estandarización de operaciones.

Porcentaje de las zonas de trabajo en las que existen hojas de operaciones actualizadas donde se refleje el modo de realizar las actividades, las herramientas o material necesario, el tiempo neto de ejecución, etc. (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

6) Controles de calidad.

¿Cuándo se controla la calidad del producto?: 0= No hay controles específicos de calidad. 1= Sólo se controlan algunos productos 2= Cuando el producto está completamente acabado. 3= Al final de alguno de los procesos. 4= Al final de todos los procesos. 5= Durante la realización de los procesos.

7) Tiempos de preparación de máquinas y utillajes cortos.

Porcentaje de actividades de cambio que han sido analizadas detalladamente con la finalidad de acortar su duración (análisis en vídeo, estudio de tiempos, propuestas de mejora, selección de herramientas, diseño de enganches rápidos, utilización de guías...). (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

8) Polivalencia de los operarios.

¿Qué porcentaje de OPERARIOS DE PRODUCCION han recibido formación sistemática y programada sobre diferentes puestos de trabajo (polivalencia)? (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

9) Control estadístico de procesos (SPC).

¿Existe control estadístico de procesos (gráficos de control actualizados para las tolerancias)? (0= no implantado, 3= los datos están disponibles en un ordenador central 5= los datos están disponibles para los operarios en sus puestos de trabajo)

10) Fabricación en células/tecnología de grupos

Porcentaje de la planta cuyas máquinas están agrupadas de acuerdo con la familia de productos a la que se dedican y no por la función de dichas máquinas (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

11) Sistemas de arrastre.

Grado de uso de tarjetas o contenedores tipo KANBAN para gestionar el flujo y control de la producción (0= no implantado, 1=1-20%, 2=21-40% ..., 5=81-100%).

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés Romano, C. (2001): *Problemática de programación de producción en la empresa cerámica*.
- Appelbaum, E.; Batt, R. (1994): *The new american work place: transforming work systems in the United States* Nueva York: ILR press.
- ASCER (2003): *El sector español de fabricantes de baldosas ceramicas*, Asociación de Fabricantes de Azulejos, pavimentos y Baldosas Cerámicas. Informe Anual (área de estudios y asuntos económicos). Castellón,
- Assopiastrelle (1998): *Sustainability progress report*, Associazione nazionale dei produttori di piastrelle di ceramica e di materiali refrattari, Sassuolo (Mo),
- Billesbach, T. J. (1994): "Applying lean production principles to process facility", *Production and Inventory Management Journal* pp. 40-44.
- Brown, K. L.; Inman, R. A. (1993): "Small Business and JIT: A Managerial Overview", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 13, N. 3, p. 57.
- Callen, J.; Fader, C.; Kirnksy, I. (2000): "Just-in-time: A cross-sectional plant analysis", *International Journal o Production Economics* N. 63, pp. 277-301.
- Cooney, R. (2002): "Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22, N. 9-10, pp. 1130-1147.
- Cua, K.; McKone, K.; Schroeder, R. G. (2001): "Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 19, N. 6, pp. 675-694.
- Dalmau Porta, J. I.; De Miguel Fernández, E. (1991): *El azulejo. Estudio Sectorial* Valencia: Banco de Crédito Industrial.
- Dalmau Porta, J. I.; De Miguel Fernández, E.; Miquel Peris, S. (1993): *Análisis estratégico de los sectores industriales y del turismo en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Dankbaar, B. (1997): "Lean Production: Denial, Confirmation or Extension of sociotechnical Systems Design?", *Human relations*, Vol. 50, N. 5, pp. 567-583.
- Engstrom, T.; Jonsson, D.; Medbo, L. (1996): "Production model discourse and experiences from the Swedish automotive industry", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, N. 2, p. 141.
- Finch, B. J.; Cox, J. F. (1986): "An examination of just-in-time management for the small manufacturer: with an illustration", *International Journal of Production Research*, Vol. 24, N. 2, p. 329.
- Flynn, B. B.; Sakakibara, S. (1995): "Relationship between JIT and TQM: Practices and performance", *Academy of management Journal*, Vol. 38, N. 5, p. 1325.
- Forza, C. (1996): "Work Organization in Lean Production and Traditional Plants - What Are the Differences", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, N. 2, p. 42+.
- Fullerton, R. R.; McWatters, C. S. (2001): "The production performance benefits from JIT implementation", *Journal of Operations Management*, Vol. 19, N. 1, pp. 81-96.
- Giffi, C.; Roth, A.; Seal, G. (1990): *Competing in worl-class manufacturing* Homewood: Irwin.
- Gil, I.; Guarch, J. J.; Andrés, C. (1999): "La industria cerámica de la Comunidad Valenciana en el ámbito nacional y europeo", *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Vol. 38, N. 2, pp. 133-141.
- Gunn, Th. (1992): *21st century manufacturing: creating winning business performance* Essex: OMNEO.

- Gupta, S. M.; Brennan, L. (1995): "Implementation of just-in-time methodology in a small company", *Production Planning & Control*, Vol. 6, N. 4, pp. 358-364.
- Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. (1999): *Análisis de datos multivariante*, 4º ed.: Prentice Hall.
- Inman, A.; Mehra, S. (1990): "The Transferability of Just-in-Time Concepts to American Small Businesses", *Interfaces*, Vol. 20, N. 2, pp. 30-37.
- Jackson, T.; Dyer, C. (1998): *Diagnóstico corporativo: una herramienta para alcanzar la excelencia*, 1 ed. Madrid: TGP Hoshin (PRODUCTIVITY PRESS).
- James-moore, S. M.; Gibbons, A. (1997): "Is Lean Manufacture Universally Relevant - An Investigative Methodology", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, N. 9-10, p. 899+.
- Karlsson, C.; Ahlström, P. (1996): "Assesing changes toward lean production", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, N. 2, pp. 24-41.
- Karlsson, C.; Ahlström, P. (1997): "A Lean and Global Smaller Firm", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, N. 9-10, p. 940+.
- Katayama, H.; Bennett, D. (1996): "Lean production in a changing competitive world:a japanese perspective", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, N. 2, pp. 8-23.
- Kenney, M.; Florida, R. (1995): "The transfer of Japanese management styles in two US transplant industries: autos and electronics", *Journal of Management Studies*, Vol. 32, N. 6, pp. 789-801.
- Krafcik, J. F. (1988): "Triumph Of The Lean Production System", *Sloan Management Review*, Vol. 30, N. 1, pp. 41-52.
- Lee, C. Y. (1996): "The applicability of just-in-time manufacturing to small manufacturing firms: An analysis", *International Journal of Management*, Vol. 13, N. 2, pp. 249-259.
- Lee, C. Y. (1997): "JIT adoption by small manufacturers in Korea", *Journal of Small Business Management*, Vol. 35, N. 3, pp. 98-108.
- Lowe, J.; Delbridge, R.; Oliver, N. (1997): "High-Performance Manufacturing - Evidence from the Automotive Components Industry", *Organization Studies*, Vol. 18, N. 5, pp. 783-798.
- MacDuffie, J. P. (1995): "Human Resource Bundles and Manufacturing Performance: Organizational Logic and Flexible Production Systems in the World Auto Industry", *Industrial and Labor relations Review*, Vol. 48, N. 2, p. 197.
- MacDuffie, J. P.; Pil, F. K. (1997): "Changes in auto industry employment practices: an international overview", en T. A. Kochan, R. D. Lansbury, y J. P. MacDuffie (ed.): *After lean production, Evolving employment practices in the world auto industry*, p. 350. London: ILR press.
- Marín, F.; Delgado, J. (2000): "Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción", *Economía industrial* N. 331, pp. 35-41.
- Martínez Sánchez, A.; Pérez Pérez, M. (2001): "Lean indicators and manufacturing strategies", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, N. 11, pp. 1433-1451.
- Martínez Sánchez, A.; Pérez Pérez, M.; Urbina Pérez, O. (2001): "Flexibilidad organizativa y relación entre JIT y calidad total", *Alta Dirección*, Vol. 35, N. 210, pp. 74-84.
- Maskell, B. (1995): *Sistemas de datos de industrias de primer nivel mundial* Madrid: TGP-Hoshin.
- Niepce, W.; Molleman, E. (1996): "A case-study - characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, N. 2, p. 77+.

- Porter, M. E. (1990): *La ventaja competitiva de las naciones* Barcelona: Plaza & Janés editores.
- Prado Prado, J. C. (2002): "JIT (justo a tiempo), TQM (calidad total), BPR (reingeniería),...¿Distintos enfoques para incrementar la competitividad?", *Esic Market* N. 112, pp. 141-151.
- Rowley, C. (1996): "Flexible specialisation: some comparative dimensions and evidence from the ceramic tile industry", *New Technology, Work and Employment*, Vol. 11, N. 2, pp. 125-136.
- Sakakibara, S.; Flynn, B. B.; Schroeder, R. C.; Morris, W. T. (1997): "The impact of Just-In-Time manufacturing and its infrastructure on manufacturing performance", *Management Science*, Vol. 43, N. 9, p. 1246.
- Shah, R.; Ward, P. T. (2003): "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, N. 2, pp. 129-149.
- Sohal, A. S.; Egglestone, A. (1994): "Lean Production: Experience among Australian Organizations", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14, N. 11, pp. 35-51.
- Sriparavastu, L.; Gupta, T. (1997): "An empirical study of just-in-time and total quality management principles implementation in manufacturing firms in the USA", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, N. 12, pp. 1215-1232.
- Suzaki, K. (1989): *Modernes management im produktionsbetrieb* München: Carl Hanser Verlag.
- Tomás Carpi, J. A.; Banyuls i Llopis, J.; Cano Cano, E.; Contreras Navarro, J. L.; Gallego Bono, J. R.; Picher i Campos, J. V.; Such Juan, J.; Torrejón Velardiez, M. (1996): *Cambio técnico-organizativo e impacto en el mercado de trabajo: La industria valenciana. Análisis de los sectores cerámico, calzado, textil y mueble.*, Informe de investigación. Grupo de Estudios sobre la dinámica Industrial y Laboral (GREDIL),
- Wafa, M. A.; Yasin, M. M. (1995): "The effect of situational constraints on workforce performance and Jit implementation: an empirical study", *International Journal of Computer Applications in Technology*, Vol. 8, N. 3/4, pp. 139-144.
- White, R. E.; Pearson, J. N.; Wilson, J. R. (1999): "JIT manufacturing: A survey of implementations in small and large U.S. manufacturers", *Management Science*, Vol. 45, N. 1, pp. 1-16.
- White, R. E.; Prybutok, V. (2001): "The relationship between JIT practices and type of production system", *Omega*, Vol. 29, N. 2, pp. 113-124.
- Williams, K.; Haslam, C.; Johal, S.; williams, J.; Adcroft, A.; Willis, R. (1995): "Management Practice or structural Factors: the case of american versus japan in the car industry", *Economic and Industrial Democracy*, Vol. 16, pp. 9-37.
- Williams, K.; Haslam, C.; williams, J.; Cutler, T.; Adcroft, A.; Sukhdev, J. (1992): "Against lean production", *Economy and Society*, Vol. 21, N. 3, pp. 321-354.
- Womack, J. P.; Jones, D. T. (1996): *Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* New York.: Simon & Schuster.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. (1990): *The machine that change the world*, 1 ed. New York: Macmillan Publishing Company.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. (1992): *La máquina que cambió el mundo*, 1 ed. Madrid: McGraw-Hill Española.
- Ybarra, J. A.; Giner, J. M.; Santa Maria, M. J. (1996): "Una política industrial para la PYME. La experiencia de la cerámica española", *Economía industrial* N. 308, pp. 175-185.

Tabla 1.- Herramientas de PA

Herramienta	Autores
Polivalencia de los operarios	(Cua et al., 2001; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; James-moore y Gibbons, 1997; Karlsson y Ahlström, 1996; Katayama y Bennett, 1996; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Mejora continua en grupo	(Cua et al., 2001; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; Jackson y Dyer, 1998; Karlsson y Ahlström, 1996; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999)
Gestión visual	(Cua et al., 2001; Jackson y Dyer, 1998; Karlsson y Ahlström, 1996; Prado Prado, 2002)
Fabricación en células/tecnología de grupos	(Cua et al., 2001; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez y Pérez Pérez, 2001; Prado Prado, 2002; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999)
Tiempos de preparación de máquinas y utillajes cortos	(Cua et al., 2001; Flynn y Sakakibara, 1995; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; James-moore y Gibbons, 1997; Karlsson y Ahlström, 1996; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Nivelado de producción	(Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; James-moore y Gibbons, 1997; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Sakakibara et al., 1997; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Sistemas de arrastre	(Cua et al., 2001; Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; Karlsson y Ahlström, 1996; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999)
Mantenimiento productivo	(Cua et al., 2001; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; Gupta y Brennan, 1995; Jackson y Dyer, 1998; James-moore y Gibbons, 1997; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999; White y Prybutok, 2001)
Controles de calidad	(Flynn y Sakakibara, 1995; Forza, 1996; Fullerton y McWatters, 2001; James-moore y Gibbons, 1997; Karlsson y Ahlström, 1996; Lee, 1996; Marín y Delgado, 2000; Martínez Sánchez et al., 2001; Prado Prado, 2002; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999)
Estandarización de operaciones	(Appelbaum y Batt, 1994; Forza, 1996; Jackson y Dyer, 1998; Niepce y Molleman, 1996; Prado Prado, 2002)

Tabla 2.- Beneficios de la implantación de PA

	Authors
Niveles de inventario	(Billesbach, 1994; Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001; Giffi et al., 1990; Gunn, 1992; Jackson y Dyer, 1998; Lee, 1997; Lowe et al., 1997; Martínez Sánchez y Pérez Pérez, 2001; Maskell, 1995; Sakakibara et al., 1997; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Mejora de calidad	(Billesbach, 1994; Cua et al., 2001; Flynn y Sakakibara, 1995; Fullerton y McWatters, 2001; Giffi et al., 1990; Gunn, 1992; Jackson y Dyer, 1998; Krafcik, 1988; Lee, 1997; Lowe et al., 1997; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; Wafa y Yasin, 1995; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Productividad	(Billesbach, 1994; Giffi et al., 1990; Gunn, 1992; Krafcik, 1988; Lowe et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999; Womack et al., 1990)
Tiempo de fabricación	(Fullerton y McWatters, 2001; Gunn, 1992; Jackson y Dyer, 1998; Sakakibara et al., 1997; Shah y Ward, 2003; White et al., 1999)
Entregas a tiempo	(Cua et al., 2001; Lee, 1997; Sakakibara et al., 1997)
Lotes pequeños	(Lee, 1997)

Tabla 3.- Distribución por tamaño de las empresas que participan en la investigación

Tamaño	No contestan	Contestan	Población
<26	3%	1%	2%
26-50	24%	23%	23%
51-100	38%	37%	38%
101-200	15%	19%	17%
201-500	18%	11%	13%
>500	3%	9%	7%
Cantidad de empresas	20	76	96

Tabla 4.- Grado de implantación de las herramientas de PA

Variable	Media	DevSt	Min	Max	N
Fabricación en células	0.00	-	0	0	76
Sistemas de arrastre	0.00	-	0	0	76
Tiempos de preparación de máquinas cortos	0.45	1.11	0	5	76
Polivalencia de los operarios	0.84	1.50	0	5	75
Gestión visual	0.97	1.72	0	5	76
Orden y limpieza	1.82	1.08	0	5	76
Control estadístico de procesos (SPC)	1.86	1.72	0	5	76
Mejora continua en grupo	2.10	2.48	0	5	76
Estandarización de operaciones	2.70	2.27	0	5	76
Mantenimiento productivo	3.93	1.33	1	5	76
Controles de calidad	4.93	0.25	4	5	76

Variables medidas en una escala de 0 a 5. DevSt: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo; N: número de casos

Tabla 5.- Indicadores de resultados de producción (indicadores cuantitativos)

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Primera calidad	76	80%	96%	89%	3,89%
Tiempo de fabricación (días)	72	1	120	21,93	21,38
Días totales de inventario	65	3	286	76,27	54,33
m2 de producción por operario (mes de junio)	73	1.238	8.182	4.155,89	1.615,02
Entregas a tiempo	73	20%	100%	91%	14%
M2 Tamaño de lote mínimo	59	100	25.000	3.945	3.958

Tabla 6.- Carga discriminante (correlación de estructura) de las variables de PA

	Primera calidad	Menor tiempo de fabricación	Menor inventario	Productividad	Productividad x Calidad	Entregas a tiempo	Menor tamaño de lote
Tiempos de preparación de máquinas cortos	0,72	0,58	0,40	0,44			
Polivalencia de los operarios		-0,32		0,52	0,40		0,41
Gestión visual			0,54				0,30
Orden y limpieza				0,47			0,84
Control estadístico de procesos (SPC)				0,50	0,53	0,43	
Mejora continua en grupo		0,30	0,44			-0,53	0,30
Estandarización de operaciones		0,41	0,67	0,40		0,30	
Mantenimiento productivo			0,37	0,35	0,37		
Controles de calidad	0,41	0,32					
Cantidad de datos	76	71	69	73	73	59	73
Datos en Grupo 0	35	29	32	36	55	22	20
Datos en Grupo 1	41	42	37	37	18	37	53
Cpro criterio de aleatoriedad proporcional	50,3%	51,7%	50,3%	50,0%	62,8%	53,2%	60,2%
Limite Precisión clasificatoria	62,9%	64,6%	62,8%	62,5%	78,6%	66,5%	75,3%
Precisión clasificatoria	58,7%	60,0%	63,2%	63,0%	75,3%	67,2%	68,5%
Correlación canónica al cuadrado	0,11	0,11	0,22	0,09	0,20	0,17	0,09
Lambda de Wilks	0,89	0,89	0,78	0,90	0,79	0,83	0,91
Chi2	7,91	7,26	15,29	6,58	15,23	9,4	6,37
Grados de libertad	9	9	9	9	9	9	9
Significación	0,54	0,61	0,08	0,68	0,08	0,40	0,70

No se muestran las variables fabricación en células ni sistemas de arrastre por ser constantes.

Sólo se muestran las correlaciones superiores a 0,30

Figura 1. Diagrama de las empresas azulejeras según el grado de productividad y calidad

