

**Identificación de tendencias de los
sistemas integrados de gestión
empresarial. Análisis funcional y diseño
de herramientas para el desarrollo de un
ERP vertical adaptado al sector cerámico**

RAÚL F. OLTRA BADENES

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Organización de Empresas

Programa de Doctorado: ITIO Integración de las Tecnologías de la
Información en las Organizaciones



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TESIS DOCTORAL:

Identificación de tendencias de los Sistemas Integrados de
Gestión Empresarial. Análisis funcional y diseño de herramientas
para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector cerámico

Presentada por:

D. Raúl F. Oltra Badenes

Dirigida por:

Dr. D. Hermenegildo Gil Gómez

Dr. D. Faustino Alarcón Valero

Valencia, Junio de 2012



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.

© Raúl F. Oltra Badenes

Primera edición, 2012

© de la presente edición:

Editorial Universitat Politècnica de València

www.editorial.upv.es

ISBN: 978-84-8363-886-6 (versión impresa)

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Título: *“Identificación de tendencias de los Sistemas Integrados de Gestión Empresarial. Análisis funcional y diseño de herramientas para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector”*

Autor: *Raúl Francisco Oltra Badenes*

Directores: *Dr. Hermenegildo Gil Gómez y Dr. Faustino Alarcón Valero*

RESUMEN

Durante la última década, los avances en las Tecnologías de la Información han tenido un enorme efecto sobre el mercado empresarial. La aparición de rápidas redes de comunicación, hardware extremadamente potente y software de gran versatilidad, todo ello conectado entre sí a escala mundial, ha permitido a las organizaciones desarrollar en mayor grado sus productos y servicios y comercializarlos en menos tiempo. Estos cambios han marcado la transición entre la era industrial y la era de la información, en la que todo está conectado y funciona de un modo más rápido y dinámico. En este contexto, la información y el conocimiento son elementos fundamentales para generar valor y riqueza por medio de su transformación a información.

De esta forma, los sistemas de información para la gestión de empresas se han convertido en un factor clave en el desarrollo empresarial, imprescindible para lograr objetivos estratégicos de negocio. Estos sistemas se han visto obligados a evolucionar drásticamente en los últimos tiempos, y están en continuo proceso de mejora, dedicando las empresas que los desarrollan gran parte de sus recursos a la investigación, desarrollo e innovación. Por ello, es importante estudiar cómo pueden evolucionar estos sistemas en un futuro cercano, cómo van a integrar los cambios tecnológicos que se están dando y se prevé que se van a dar en un futuro, y cómo todo ello puede afectar a las empresas que utilizan o puedan utilizar estos sistemas.

En esta tesis doctoral se analiza la evolución de los sistemas de gestión empresarial desde su nacimiento, y se identifican las diferentes tendencias de futuro que se prevé que van a seguir estos sistemas, y en concreto los Enterprise Resources Planning (ERP's), en los próximos años. Posteriormente se analiza la influencia que varias de las tendencias identificadas tendrán en el futuro de los ERP, como son el uso del m-business, el software libre y la verticalización de soluciones. En esta última tendencia, la verticalización, se incide en mayor detalle, trasladando el estudio a un caso real,

centrado en el sector cerámico. En dicho estudio, se analiza una problemática concreta del sector, como es la falta de homogeneidad en el producto (FHP) y se propone una solución, incluyendo un modelo de optimización matemática y un modelo de datos, que pueden ser utilizados para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector cerámico.

Este estudio puede servir a los principales actores existentes en el ciclo de vida de los ERP's (principalmente fabricantes y usuarios) para conocer cuál es la evolución prevista en estos sistemas para un futuro cercano. Así, en base a ello, podrán plantear sus estrategias y tomar decisiones en relación con los sistemas de información que van a utilizar o desarrollar.

Title: *"Identification of trends in the Integrated Business Management. Functional analysis and tools design for the development of a vertically ERP adapted to the sector"*

Author: *Raul Francisco Oltra Badenes*

Directors: *Dr. Hermenegildo Gil Dr. Faustino Gomez and Alarcon Valero*

SUMMARY

During the last decade, advances in information technology have had an enormous effect on the business environment. The rapid emergence of communication networks and also of extremely powerful versatile hardware and software, they all connected worldwide, has allowed organizations to more effectively develop their products and services and to market in less time. These changes have marked the transition between the industrial and the information age in which everything is connected and works much faster and dynamically. In this context, information and knowledge are the keys to creating value and wealth.

In recent times these systems have been forced to evolve dramatically and they are currently in a continuous process of improvement, with companies that develop these systems having to devote much of their resources to research, development and innovation. It is therefore important to study how these systems can evolve in the near future, how they will integrate the technological changes that are occurring and is expected to be given in the future, and how this may affect companies that use or may use these systems.

This thesis analyzes the evolution of business management systems from its beginning, and identifies the trends that information systems will follow in the coming years, especially in the case of Enterprise Resources Planning (ERP's). Then we analyze in detail some of the trends identified, such as the use of m-business, free software and verticalization of solutions. The trend of verticalization, is analyzed more in detail, moving to a real case study focused on the ceramic industry. In this study, we study a specific problem in the sector, as is the lack of homogeneity in the product (LHP) and proposes a solution, including a mathematical optimization model and a data model that can be used to develop vertical ERP solutions, adapted to the ceramic sector. This study can serve the existing major players in the life cycle of ERP's (mainly

manufacturers and users) to know what is the expected evolution in these systems for the near future. So, on that basis, may raise their strategies and make decisions regarding information systems that will use or develop.

Títol: *"Identificació de tendències dels Sistemes Integrats de Gestió Empresarial. Anàlisi funcional i disseny d'eines per al desenvolupament d'un ERP vertical adaptat al sector"*

Autor: *Raúl Francisco Oltra Badenes*

Directors: *Dr Hermenegildo Gil Gómez i Dr Faustino Alarcón Valero*

RESUM

Durant l'última dècada, els avanços en les tecnologies de la informació han tingut un enorme efecte sobre l'entorn empresarial. L'aparició de ràpides xarxes de comunicació, hardware extremadament potent i programes de gran versatilitat, tot això connectat entre si a escala mundial, ha permès a les organitzacions desenvolupar els seus productes i serveis de una forma més eficient, així com comercialitzar-los en menys temps. Aquests canvis han marcat la transició entre l'era industrial i l'era de la informació, en què tot està connectat i funciona d'una manera més ràpida i dinàmica. En aquest context, la informació i el coneixement són elements fonamentals per generar valor i riquesa.

D'aquesta manera, els sistemes d'informació per la gestió d'empreses s'han convertit en un factor clau en el desenvolupament empresarial, imprescindibles per aconseguir objectius estratègics de negoci. Aquests sistemes s'han vist obligats a evolucionar dràsticament en els últims temps, i estan en continu procés de millora, dedicant les empreses que els desenvolupen gran part dels seus recursos a la investigació, desenvolupament i innovació. Per això, és important estudiar com poden evolucionar aquests sistemes en un futur proper, com van a integrar els canvis tecnològics que s'estan donant i es preveu que es donaran en un futur, i com tot això pot afectar les empreses que utilitzen o puguin utilitzar aquests sistemes.

En aquesta tesi s'analitza l'evolució dels sistemes de gestió empresarial des del seu naixement, i s'identifiquen les diferents tendències de futur que es preveu que seguiran aquests sistemes, i en concret els Enterprise Resources Planning (ERP), en els propers anys. Posteriorment s'analitza la influència que diverses de les tendències identificades tindran en el futur dels ERP, com són l'ús del m-business, el programari lliure i la verticalització de solucions. En aquesta última tendència, la verticalització, s'incideix en més detall, traslladant l'estudi a un cas real, centrat en el sector ceràmic. En aquest estudi, s'analitza una problemàtica concreta del sector, com és la falta d'homogeneïtat en el producte (FHP) i es proposa una solució, incloent un model d'optimització

matemàtica i un model de dades, que poden ser utilitzats per al desenvolupament de un ERP vertical adaptat al sector ceràmic.

Aquest estudi pot servir als principals actors existents en el cicle de vida dels ERP 's (principalment fabricants i usuaris) per conèixer quina és l'evolució prevista en aquests sistemes per a un futur proper. D'aquesta manera, podran plantejar les seves estratègies i prendre decisions en relació amb els sistemes d'informació que utilitzaran o desenvoluparan.

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mi agradecimiento a todas las personas que me han ayudado y apoyado en el transcurso de este trabajo.

En primer lugar, a mi familia, por su apoyo incesante. A mis padres, por ser como son. A mi madre, por el cariño que siempre me ha dado. Y a mi padre, por educarme con unos valores de los que me siento especialmente orgulloso. Es un privilegio tener unos padres como vosotros, sois mi ejemplo a seguir, la imagen de lo que quisiera ver al mirarme en un espejo, y os estaré siempre agradecido por ello.

A Patri y Eva, por estar siempre ahí desde que tengo uso de razón, para ayudar cuando ha hecho falta, sin necesidad de pedírselo.

Como no, a mis directores de Tesis por su apoyo continuo y su oportuna guía en la dirección de este trabajo. A Faustino, por la paciencia que ha tenido para enseñarme el mundo de la investigación científica, y por todo el tiempo que hemos pasado juntos escribiendo artículos y en los proyectos del CIGIP. A Herme por todo. No solo por esta tesis, sino también por su ayuda en otros muchos temas. Por tenderme una mano en su momento, y haberme facilitado el camino en mi carrera profesional en la Universidad, permitiéndome llegar a donde estoy ahora. Gracias.

También a Manolo y Gloria, por abrirme las puertas del grupo ITIO y del Máster, y por el trato exquisito que siempre han tenido conmigo. Y a Fernando, por la ayuda en todos los trabajos que hemos compartido, y por darme la oportunidad de colaborar con él en interesantes proyectos.

Por último, por supuesto, a Rosana y a Víctor. Quiero pedirlos perdón, por el tiempo que he tenido que dedicar a esta tesis, y no a vosotros. Muchas gracias por vuestra comprensión y ayuda en todo momento, y por ser la fuente de inspiración y el apoyo fundamental de todo lo que hago. Veros por la mañana es lo que me da alegría y energía para cada día. Sin vosotros, no podría haber acometido esto, ni ninguna otra cosa. Muchas gracias.

Índice:

Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Metodología.....	7
1.4 Estructura del trabajo de investigación y línea argumental.....	10
1.5 Bibliografía.....	16
Capítulo 2: <i>Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.</i>	
Resumen del artículo 1.....	18
Datos de publicación del artículo 1.....	21
Artículo 1.....	23
Capítulo 3: <i>Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP.</i>	
Resumen del artículo 2.....	36
Datos de publicación del artículo 2.....	38
Artículo 2.....	40
Capítulo 4: <i>La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario.</i>	
Resumen del artículo 3.....	50
Datos de publicación del artículo 3.....	52
Artículo 3.....	54
Capítulo 5: <i>Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP).</i>	
Resumen del artículo 4.....	63
Datos de publicación del artículo 4.....	65
Artículo 4.....	67
Carta del editor de la revista del Artículo 4.....	93
Capítulo 6: <i>Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico</i>	
Resumen del artículo 5.....	94
Datos de publicación del artículo 5.....	97
Artículo 5.....	99
Carta del editor de la revista del Artículo 5.....	117

Capítulo 7: <i>Conclusiones</i>	118
1.1 Aportaciones de interés empresarial.....	122
1.2 Aportaciones de interés académico-científico.....	122
1.3 Líneas Futuras de Investigación.....	124
Capítulo 8: <i>Bibliografía</i>	126
Anexo: <i>Índice de figuras</i>	137

Capítulo 1

Introducción

1. Introducción

En el ámbito de la gestión empresarial, las tres últimas décadas se han distinguido, primero por el crecimiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's), y segundo, por el grado progresivo de influencia de estas nuevas tecnologías en las organizaciones (Laudon & Laudon, 2004). Esta relevante influencia de las TIC's en las organizaciones, se deriva de la masiva adopción de sistemas de información (SI's) por parte de estas para apoyar su gestión técnica y administrativa.

El nuevo entorno económico competitivo que surge en la década de los noventa, cuyas características son la globalización y la transformación de las economías industriales, impuso a las empresas y a sus administradores afrontar nuevos desafíos. En este contexto, tanto para participar de forma eficiente y eficaz en los mercados internacionales, como para mejorar la calidad de los sistemas productivos, las organizaciones necesitan SI's eficientes.

Hay diferentes definiciones de un SI, pero posiblemente la más aceptada sea la que define un sistema de información como *“conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo a las necesidades de la empresa, recopila, elabora y distribuyen selectivamente la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando, al menos en parte, los procesos de toma de decisiones necesarios para desempeñar funciones de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia”* (Andreu et al., 1991).

Pese a que algunas de las definiciones vigentes de SI's puedan tener más de 20 años, hay que indicar que estos sistemas han sufrido un cambio de rol durante su existencia. En los primeros años de la informática aplicada a la empresa poseían un rol operativo, es decir, se preocupaban de cuestiones técnicas tales como la contabilidad, el control de inventarios o el cálculo de nóminas. En la actualidad juegan un rol estratégico, ya que las TIC's afectan a cómo deciden los directivos de una empresa, cómo planean y cómo produce la empresa determinados productos y servicios.

Como se propone en Castells (2004), la Estrategia de Negocio define las necesidades de información de una organización, y en base a ello, se diseñan los SI's. Una vez queda definido el SI y sus características, estas definen a su vez las necesidades de las TIC's que se requiere implementar y utilizar para que pueda funcionar el sistema de información definido.

Sin embargo, los SI's y las organizaciones que los utilizan interactúan y se influyen recíprocamente. La introducción de un nuevo sistema de información afectará a la estructura, las metas, el diseño del trabajo, los valores, la competencia entre los grupos de interés, la toma de decisiones y el comportamiento cotidiano de la organización. Al mismo tiempo, los SI's deben diseñarse para atender las necesidades de los grupos importantes de la organización y serán moldeados por la estructura, las tareas, las metas, la cultura, las políticas y la administración de la organización. Por tanto, los SI's están estrechamente entrelazados con la estructura y los procesos de negocios de una organización (Castells, 2004) y su desarrollo, basado en las nuevas TIC's, está transformando la operativa de las empresas.

De esta forma, los SI's para la gestión de empresas han sido, y son, un factor clave en el desarrollo empresarial. En su continua evolución, han pasado de ser una mera herramienta de trabajo, a ser un elemento competitivo y estratégico, llegando incluso a generar nuevos modelos de negocio basados en su desarrollo. Son imprescindibles para lograr objetivos estratégicos de negocios, como son: la excelencia operativa; el diseño de nuevos productos, servicios y modelos de negocios; lograr buenas relaciones con clientes y proveedores; permitir la toma de decisiones mejorada; lograr ventajas competitivas y la supervivencia (Laudon & Laudon, 2004).

Por ello, han sido estudiados desde diferentes puntos de vista, como son su implantación y los factores que en ella pueden influir, así como los efectos que pueden tener en la empresa (Quiescenti et al. 2006 ; Umble et al. 2003 ; Beatty & Williams 2006 ; Helo et al. 2008) o su evolución a lo largo del tiempo, (Andonegi et al., 2005 ; Delgado & Marin, 2000 ; Lee et al., 2003).

Estos sistemas se han visto obligados a evolucionar drásticamente en los últimos tiempos, para adaptarse a los diferentes, rápidos e importantes avances, tanto tecnológicos, como en cuanto a políticas y filosofías de gestión en la empresa, que se han sucedido en el mundo empresarial en los últimos años. Actualmente, los SI's para la gestión de empresa están en continuo proceso de mejora, dedicando las empresas que desarrollan estos sistemas gran parte de sus recursos a la investigación, desarrollo e innovación.

Dentro de los SI's, en los últimos años, los Enterprise Resources Planning (ERP's) se han convertido en la solución de referencia para las empresas en todo el mundo, cualquiera que sea su actividad (Grabot & Botta-Genoulaz, 2005). Los ERP's son necesarios para alcanzar la

eficiencia corporativa y proporcionan beneficios en la coordinación, la comunicación y la gestión de procesos de la organización, además de permitir adoptar entornos de trabajo y decisiones en tiempo real (Trimi et al., 2005). Las empresas necesitan sistemas integrados de gestión, como los ERP's, para poder gestionar de forma adecuada su cadena de suministro (SCM, Supply Chain Management), las relaciones con los clientes (CRM Customer Relationship Management), las relaciones con los proveedores (SRM Supplier Relationship Management), y el e-business (Ho et al., 2009).

Por ello, es importante estudiar cómo pueden evolucionar estos sistemas en un futuro cercano, cómo van a integrar los cambios tecnológicos que se están dando y se prevé que se van a dar en cuanto a las TIC's, y cómo todo ello puede afectar a las empresas que utilizan o puedan utilizar estos sistemas.

1.1. Antecedentes

La presente tesis doctoral surge tras varios años de trabajo e investigación en el campo de los SI's para la gestión. Durante más de diez años, el autor ha sido consultor, director de proyecto, y finalmente directivo y socio en empresas dedicadas a la implantación de SI's para la gestión de empresas.

Entre 1997 y 1999 el autor trabajó como coordinador del equipo responsable del diseño, desarrollo e implantación de un sistema de información para la gestión de Calidad en la Factoría Ford de Almusafes, el Quality Leadership System (QLS), en colaboración con los servicios centrales de SI's de Ford en EEUU, y con las factorías de Saarlouis, Colonia, Michigan entre otras.

Posteriormente, entre los años 1999 y 2008, fue consultor, director de proyectos y directivo en empresas de ámbito nacional dedicadas a proyectos de implantación y mejora de SI's, como sistemas ERP, CRM, BSC (Balanced Scorecard), BI (Business Intelligence), etc.

En su trayectoria profesional ha podido conocer ampliamente diferentes sectores industriales como el del automóvil, mueble, hortofrutícola, textil o el cerámico entre otros. Esto le ha dado una amplia experiencia en el entorno real, y un conocimiento de las problemáticas específicas de cada uno de estos sectores, que se plasma en este trabajo. De hecho, la experiencia en el último sector industrial mencionado, el cerámico, es la que origina tres de los artículos que componen esta tesis doctoral. Dicha experiencia fue de gran utilidad cuando el doctorando se incorporó al proyecto de investigación del Ministerio de Educación y Ciencia español titulado "Potenciación de la competitividad del tejido empresarial español a través de la logística como factor estratégico en un entorno global" (PSE-370000-2008-8), en el que se trabajaba de forma conjunta con una empresa del sector cerámico.

De este modo, esta tesis doctoral se basa en la experiencia del autor como directivo en el sector de las TIC's y los SI's, pero se complementa con una perspectiva de investigación más académica, dada la participación del autor como investigador en el proyecto mencionado. Así, el presente trabajo se ha desarrollado parcialmente tanto en el marco del proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia español titulado "Potenciación de la competitividad del tejido empresarial español a través de la logística como factor estratégico en un entorno global" (PSE-370000-2008-8), como en el proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación español titulado

“Personalización en Masa y Cadenas de Suministro Inteligentes, con Productos y Procesos Complejos (PERMACASI)” (DPI2008-06788-C02-01), dentro de los cuales se ha tenido la oportunidad de validar varias de las propuestas que se hacen, como se verá en los artículos que componen esta Tesis Doctoral.

Del trabajo de investigación llevado a cabo por el autor entre los años 2009 y 2011, surgen, además de los artículos aquí presentados, diferentes comunicaciones a congresos (algunas derivadas de su participación en los proyectos de investigación mencionados) como son:

- 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, 2009. “Modelo conceptual para el desarrollo de modelos matemáticos de ayuda a la toma de decisiones en el proceso colaborativo de comprometer pedidos”.
- 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, 2010 “La falta de homogeneidad en el producto (FHP): análisis de la problemática, casos y posibles líneas de actuación”.

1.2. Objetivos

Esta tesis doctoral tiene como objetivo general identificar las tendencias que los SI's para la gestión van a seguir en los próximos años, para posteriormente centrarse en analizar algunas de esas tendencias de futuro y los factores que deben tenerse en cuenta para poder desarrollarlas.

De esta forma, el presente trabajo tiene como objetivos concretos:

1. Realizar una revisión de la evolución de los SI's en la empresa en general, y de los ERP's (Enterprise Resources Planning) en particular.
2. Identificar y presentar las principales tendencias de futuro en la evolución de los ERP's.
3. Analizar dichas tendencias y cómo pueden afectar a la implantación de los ERP's y a la gestión de empresas.
4. Identificar y analizar cómo el m-business puede influir en los SI's para la gestión, y qué factores hay que tener en cuenta para su utilización.
5. Identificar y analizar los principales factores diferenciales entre los ERP's propietarios y los ERP's de software libre, o FS_w ERP (Free Software ERP).
6. Presentar una problemática concreta del sector cerámico, como es la falta de homogeneidad del producto (FHP), y analizar cómo afecta en la asignación de inventario a pedidos de venta.
7. Diseñar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones capaz de optimizar la asignación de inventario a pedidos de venta en contextos de FHP.
8. Analizar los requerimientos y diseñar un modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical para el sector cerámico, en relación con la problemática de la FHP.

A todos ellos se dará respuesta en el transcurso de la investigación de la presente tesis doctoral.

1.3. Metodología.

La investigación tecnocientífica atiende, hoy en día, a varios contextos que amplían los tradicionales de descubrimiento y justificación. Por ello, la investigación tecnocientífica puede referirse a algunos de los tipos de investigación siguientes (Gutiérrez & Rodríguez, 1999; Sampieri et al., 2007):

- Investigación descriptiva
- Investigación exploratoria
- Investigación explicativa

El planteamiento de esta tesis doctoral sigue la línea indicada por Gutiérrez y Rodríguez, (1999) en su trabajo: en una tesis doctoral hay que combinar en mayor o menor medida estos tres tipos de investigación (haciendo alusión a la investigación descriptiva, exploratoria y explicativa). De este modo, el trabajo aquí presentado tiene una componente de investigación descriptiva, imprescindible para acotar, ordenar, caracterizar y clasificar el problema del modo más preciso posible (Sarabia, 1999). A partir de la descripción de la realidad y de una reflexión profunda, se utiliza una investigación exploratoria, en la que el objetivo principal es brindar información y comprensión sobre la situación del problema que enfrenta el investigador. Es decir, explorar o examinar un problema o situación para brindar conocimientos y comprensión con los propósitos de formular o definir un problema, obtener ideas para desarrollar el enfoque del problema y establecer prioridades para la investigación posterior (Malhotra & Birks, 2007). Finalmente hay un componente de investigación explicativa, en la que se determinan las causas y los efectos de un fenómeno verificando la propuesta (Sarabia, 1999).

De esta forma se combinan los tres tipos de investigación mencionados, si bien es cierto que, en cada uno de los artículos presentados, hay una mayor componente de uno u otro de estos tres tipos de investigación científica, en función de la orientación y objetivos de cada trabajo. En la tabla siguiente (tabla 1) se puede observar el peso de cada uno de los tipos de investigación existente en los artículos presentados. Tres flechas indican una fuerte presencia de ese tipo de investigación, dos flechas suponen una presencia importante y una flecha supone una presencia débil.

Título del artículo	Invest. Descriptiva	Invest. Exploratoria	Invest. Explicativa
Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.	↑↑↑	↑↑	
Factores diferenciales entre los FSw ERP's y los ERP's propietarios.	↑↑↑	↑↑	↑
La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas, y su impacto en la reasignación del inventario.	↑↑	↑↑↑↑	↑↑
Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP).	↑	↑↑	↑↑↑↑
Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico.	↑	↑↑↑↑	↑↑

Tabla 1. Correspondencia entre los artículos y el tipo de investigación llevada a cabo en ellos.
(Elaboración propia)

Los tres tipos de investigación presentados se han abordado mediante la metodología general presentada por Cegarra (2004), quien propone las siguientes fases para un trabajo de investigación científica y tecnológica: Fase 1) planteamiento de objetivos, Fase 2) reunión de los datos, Fase 3) organización de datos, Fase 4) propuesta de solución, Fase 5) prueba de solución y Fase 6) resultados. Estas fases han sido seguidas en los diferentes artículos que componen la tesis doctoral, si bien es cierto que en cada artículo se han abordado de forma diferente, debido a la naturaleza de la investigación a realizar en cada uno de ellos.

De este modo, en todos los artículos hay un apartado “Introducción”, en el que se aborda la fase 1, planteando unos objetivos iniciales.

En cuanto a las fases 2 y 3, en las que se debe hacer una reunión y organización de datos respectivamente, en todos los artículos hay uno o varios apartados en los que se recoge la información necesaria para poder cumplir los objetivos planteados. Así, en el primer artículo estas dos fases se abordan en los apartados de “Historical evolution of ISM” y “Recent advances in information systems for company management”, mientras que en el segundo se hace en los apartados de “Evolución histórica de los sistemas de información para la gestión de empresas”, “Últimos avances en los ERP y tendencias futuras” y “El software libre (FSw)”. En el tercero, las fases 2 y 3 de la metodología de investigación utilizada

corresponden al apartado de “Revisión de la literatura”, y en el cuarto, se aborda en la misma introducción. En el quinto artículo esta fase se cubre en los apartados 2, 3 y 4.

La Fase 4, en la que se proponen soluciones en función de los objetivos planteados, corresponde al apartado “Future Trends” y “m-commerce and information for management” del primer artículo, mientras que en el segundo corresponde a los apartados titulados como “El ERP de software libre o FSw ERP” y “Factores diferenciales entre un FSw ERP y un ERP propietario“. En el tercer artículo, esta fase se correspondería con el apartado “La reasignación del inventario en empresas cerámicas con FHP y enfoque MTS. Un caso de estudio”, que además, en este caso, concuerda también con la fase 5. En el cuarto artículo, la cuarta fase corresponde claramente al apartado 2, en el que se propone un modelo de programación matemática, que posteriormente se prueba mediante un caso de estudio en el apartado 3, con lo que se da cobertura a la fase 5. En el quinto artículo, las fases 4 y 5 se corresponden con el apartado 5, en el que se propone y desarrolla un modelo de datos para la correcta identificación de producto en el sector cerámico.

Hay que decir que en el primer artículo, no se puede hablar propiamente de una fase 5, de prueba de solución, ya que es un trabajo muy centrado en investigación de tipo descriptivo, y no es posible probar aún que se cumplen las tendencias identificadas en el artículo. Una reflexión similar se puede hacer para el artículo 2, que es más descriptivo y exploratorio que explicativo.

Finalmente, la fase 6 de la metodología de investigación general presentada por Cegarra (2004) se aborda en todos los artículos en el apartado final de “Conclusiones”.

En la siguiente tabla (tabla 2) se presenta la correspondencia entre las fases de investigación según Cegarra (2004) y los apartados de los artículos que componen la Tesis Doctoral.

FASE	Artículo 1	Artículo 2	Artículo 3	Artículo 4	Artículo 5
1	1	1	1	1	1
2	2 y 3	2,3 y 4	2	1	2,3 y 4
3	2 y 3	2,3 y 4	2	1	2,3 y 4
4	4 y 5	5 y 6	4	2	5
5			4	3	5
6	6	7	5	4	6

Tabla 2. Correspondencia entre las fases de investigación según Cegarra (2004) y los apartados de los artículos que componen la Tesis Doctoral

1.4. Estructura del trabajo de investigación y línea argumental

En primer lugar, cabe explicar que ésta se trata de una tesis presentada en formato de recopilación de artículos científicos. Cada uno de ellos puede ser leído de forma autónoma, al cubrir los aspectos necesarios para su comprensión de forma individual (marco teórico, objetivos, resultados, conclusiones y bibliografía utilizada). Pero es importante destacar que la unión de todos ellos constituye un solo trabajo de investigación, con un claro hilo argumental y una estructura lógica que va de lo más general a lo más concreto.

El presente capítulo introductorio, pretende contextualizar el documento completo de la tesis para permitir al lector que lo requiera el acceso directo a la información de su interés. De este modo, tras realizar en los apartados anteriores una breve exposición de la importancia que tienen en el entorno actual los sistemas información para la gestión de empresas, y establecer los objetivos de esta tesis doctoral, a continuación se presenta la estructura de la tesis completa.

La presente tesis está compuesta por 6 capítulos, además del actual, correspondiendo 5 de ellos a cada uno de los 5 artículos que componen el cuerpo básico de la tesis y un último capítulo, el sexto, en el que se presentan las conclusiones obtenidas en cada uno de los artículos de forma particular, y del conjunto de ellos en general.

Los artículos se presentan en el formato de publicación de las revistas a las que se han enviado. Algunos de ellos ya están publicados (el 1, 2 y 3) y otros en proceso de revisión (el 4 y el 5).

De este modo, la estructura de la tesis doctoral que se presenta es la siguiente:

- Capítulo 1: Introducción.
- Capítulo 2: Artículo 1: Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.
- Capítulo 3: Artículo 2: Factores diferenciales entre los FS_w ERP's y los ERP's propietarios.
- Capítulo 4: Artículo 3: La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas, y su impacto en la reasignación del inventario.
- Capítulo 5: Artículo 4: Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas

cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP).

- Capítulo 6: Artículo 5: Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico.
- Capítulo 7: Conclusiones.

Al inicio de cada capítulo, previo a la presentación del artículo al que corresponde, se expone un breve resumen del trabajo, y se hace también una breve descripción de la revista en que se ha publicado y sus características principales (temática de la revista, índices y bases de datos en los que se encuentra, etc.).

La secuencia de exposición de los artículos va desde el que aborda una temática más general (el análisis de la evolución y las tendencias previstas en los SI's para la gestión), hasta el que aborda una temática más concreta (el análisis particularizado de las diferentes tendencias identificadas).

De este modo, en el **capítulo 2** se presenta el primer artículo de investigación, en el cual se revisa la evolución histórica de los SI's para la gestión de empresas, desde la aparición de los primeros ordenadores, hasta la llegada de los sistemas ERP's. Posteriormente, este artículo de investigación se centra en la identificación de los últimos avances y sobre todo, en las tendencias de futuro, tanto en el área funcional, como en la tecnológica, que están siguiendo los fabricantes de los SI's para gestión de empresas más importantes y conocidos. Dichas tendencias se analizan en los artículos que se presentan en capítulos posteriores de esta tesis. De esta forma, éste primer artículo es la base de partida general, a partir de la cual surgen el resto de artículos de investigación.

Sin embargo, en éste primer artículo, también se analiza de forma concreta una de las tendencias de futuro identificadas, como es el uso e integración del m-business con los sistemas integrados de gestión de empresas. Con todo ello, el artículo, da respuesta a los objetivos 1, 2 y 3, que son los que tienen un carácter más general de la tesis doctoral, y también al objetivo 4, que es un objetivo más concreto, centrado en el m-business y su relación con los sistemas ERP's.

En el **capítulo 3** se presenta el segundo artículo. En él, la investigación se centra en otra de las tendencias de futuro identificadas en el primer artículo, como es el uso de software libre en el desarrollo de sistemas ERP's. Se analiza la situación actual de los ERP's de software libre, o

Free Software ERP's (FSw ERP's) en el mercado, así como las aplicaciones y particularidades que los beneficios del uso del software libre tienen en el caso de estos sistemas. Finalmente se presentan y analizan los factores diferenciales de los FSw ERP's respecto a los ERP's propietarios. Con ello se da respuesta al objetivo número 5 de la tesis.

Otra de las tendencias futuras identificadas en el primer artículo de esta tesis, es la verticalización de los ERP's. Ello supone una adaptación de estos sistemas integrados de gestión a sectores industriales concretos y a sus requerimientos de negocio específicos. En línea con esta tendencia, en el **capítulo 4** se presenta e investiga una problemática concreta existente en el sector cerámico, como es la falta de homogeneidad del producto (FHP). La FHP genera una serie de problemas en la gestión de operaciones de las empresas del sector cerámico, que necesitan un tratamiento especial y herramientas de ayuda a la toma de decisiones particulares y adecuadas. Por tanto, necesita de un tratamiento específico de la información, y debido a ello, queda justificada una verticalización de los SI's para la gestión de las empresas del sector.

Hay que destacar que la problemática de la FHP y su impacto en los procesos de Dirección de Operaciones no solo se da en el sector cerámico, sino que puede encontrarse también en otros sectores industriales como el hortofrutícola, mueble, textil o peletero, entre otros. Esta circunstancia fue estudiada y presentada por el autor en el 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, con la ponencia que lleva por título "La falta de homogeneidad en el producto (FHP): análisis de la problemática, casos y posibles líneas de actuación".

Una vez presentada la problemática de la FHP en el sector cerámico, en el **capítulo 5** se propone un modelo de programación matemática multi-objetivo, como herramienta de ayuda a la toma de decisiones de reasignación óptima de inventario a pedidos ya comprometidos en entornos productivos MTS caracterizados por la complejidad que supone la FHP.

Para definir este modelo, se ha utilizado un modelo conceptual, previamente formulado por el autor, y presentado en el 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, en una ponencia que lleva por título: "Modelo conceptual para el desarrollo de modelos matemáticos de ayuda a la toma de decisiones en el proceso colaborativo de comprometer pedidos".

Identificación de tendencias de los Sistemas Integrados de Gestión Empresarial. Análisis funcional y diseño de herramientas para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector cerámico

Por tanto, los artículos que se presentan en los capítulos 4 y 5, corresponden a los objetivos 6 y 7 de la tesis, que son “Presentar y analizar una problemática concreta del sector cerámico, como es la falta de homogeneidad del producto (FHP), y cómo afecta a la asignación de inventario a pedidos de venta” y “Diseñar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones capaz de optimizar la asignación de inventario a pedidos de venta en situaciones de FHP”, respectivamente

En base a todo ello, en el **capítulo 6** se presenta un modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical, adecuada específicamente al sector cerámico y a la problemática de la FHP presentada y analizada en el artículo 3 (capítulo 4 de la tesis) y que permite poner en funcionamiento el modelo matemático presentado en el artículo 4 (capítulo 5) de la tesis. El artículo 5 se corresponde con el objetivo 8 de esta tesis, que es “analizar los requerimientos y diseñar un modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical para el sector cerámico, en relación con la problemática de la FHP”.

En la tabla siguiente (tabla 2) se puede observar la relación entre los diferentes objetivos formulados al inicio de la tesis, y los capítulo/artículos de la tesis doctoral.

Objetivo	Capítulo / Artículo
1.- Realizar una revisión de la evolución de los SI's en la empresa en general, y de los ERP's (Enterprise Resources Planning) en particular.	Capítulo 2. Artículo: Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.
2.- Identificar y presentar las principales tendencias de futuro en la evolución de los ERP's.	
3.- Analizar dichas tendencias y cómo pueden afectar a la implantación de los ERP's y a la gestión de empresas.	
4.- Identificar y analizar cómo el m-business puede influir en los SI's para la gestión, y qué factores hay que tener en cuenta para su utilización.	
5.- Identificar y analizar los principales factores diferenciales entre los ERP's propietarios y los ERP's de software libre, o FSw ERP (Free Software ERP).	Capítulo 3: Artículo: Factores diferenciales entre los FSw ERP's y los ERP's propietarios.
6.- Presentar y analizar una problemática concreta del sector cerámico, como es la falta de homogeneidad del producto (FHP), y cómo afecta en la asignación de inventario a pedidos de venta.	Capítulo 4: Artículo: La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas, y su impacto en la reasignación del inventario.
7.- Diseñar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones capaz de optimizar la asignación de inventario a pedidos de venta en contextos de FHP.	Capítulo 5: Artículo: Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP).
8.- Analizar los requerimientos y diseñar un modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical para el sector cerámico, en relación con la problemática de la FHP.	Capítulo 6: Artículo: Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico

Tabla 3. Relación entre los objetivos y los capítulos/artículos de la tesis doctoral. (Elaboración propia)

De este modo, el hilo argumental de la tesis es claro. Inicialmente, se analiza la evolución de los sistemas de gestión empresarial desde su nacimiento, y se identifican las diferentes tendencias de futuro que se prevé que van a seguir estos sistemas, y en concreto los ERP's, en los próximos años. Posteriormente se analiza la influencia que varias de las tendencias identificadas tendrán en el futuro de los ERP, como son el uso del m-business, el software libre y la verticalización de soluciones. En esta última tendencia, la verticalización, se incide en mayor detalle, trasladando el estudio a un caso real, centrado en el sector cerámico. En dicho estudio, se analiza una problemática concreta del sector, como es la FHP, y se propone una solución, que incluye un modelo de optimización matemática y un modelo de datos, que pueden ser utilizados para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector cerámico.

Finalmente, en el diagrama que aparece a continuación (Figura 1) se ha representado mediante un mapa mental la evolución que ha tenido la investigación que ha dado origen a esa tesis doctoral, y los artículos desarrollados durante el curso de la misma.

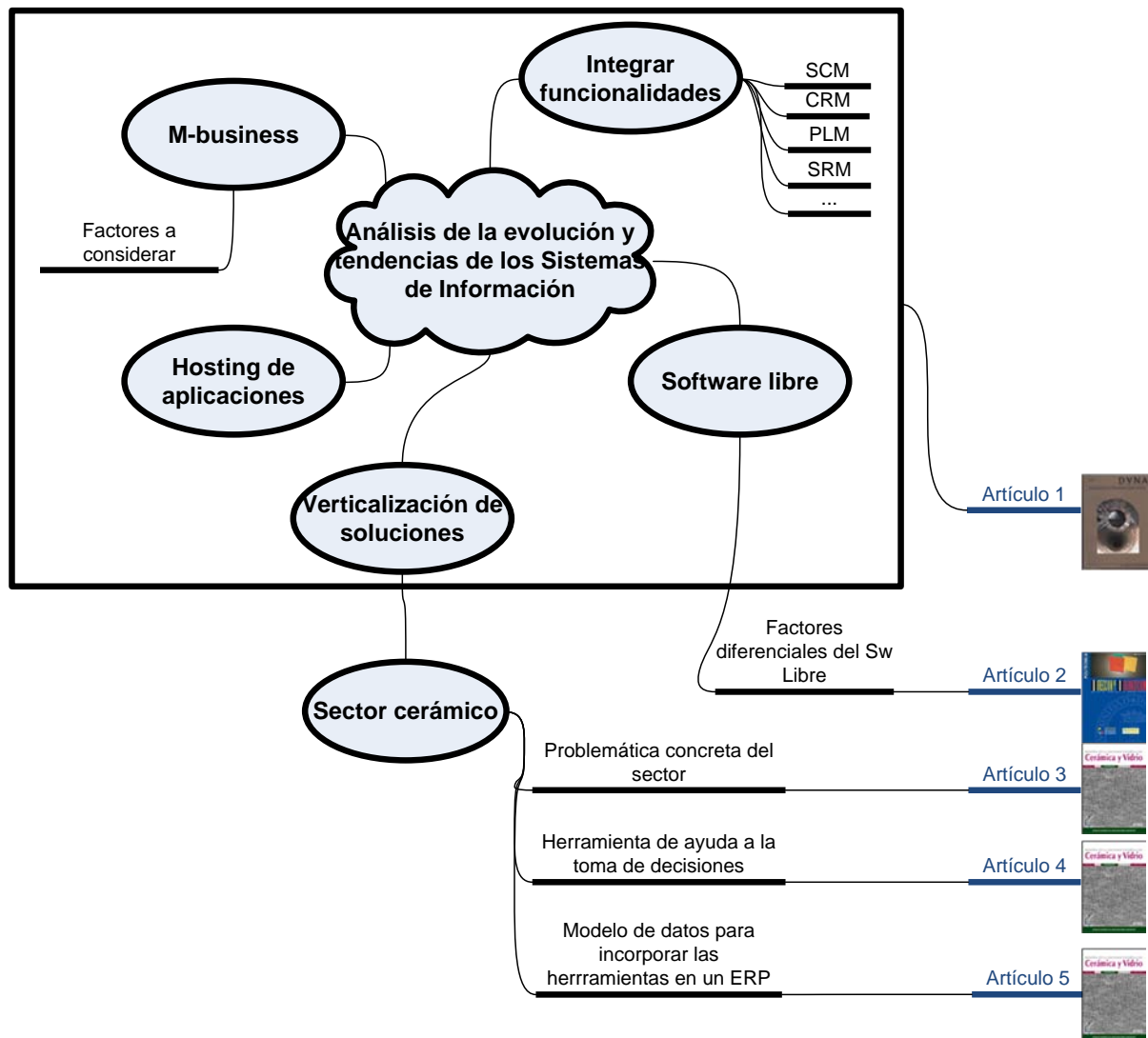


Figura 1. Evolución de la investigación y artículos desarrollados. (Elaboración propia)

Este estudio puede servir a los principales actores existentes en el ciclo de vida de los ERP's (principalmente fabricantes y usuarios) para conocer cuál es la evolución prevista en estos sistemas para un futuro cercano. Así, en base a ello, podrán plantear sus estrategias y tomar decisiones en cuanto a los SI's que van a utilizar o desarrollar. No hay que olvidar que en el entorno actual, los SI's son un factor clave de competitividad que ayudan a prever lo que puede pasar en un futuro y actuar en consecuencia, lo cual puede resultar crucial para el devenir de una empresa, o incluso de un sector industrial.

1.5. Bibliografía:

- Andonegi, J.M., Casadesús, M. & Zamanillo, I., 2005. Evolución Histórica de los Sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, 12, págs.61-72.
- Andreu, R., Ricart, J. & Valor, J., 1991. *Estrategia y sistemas de información*, McGraw-Hill.
- Beatty, R.C. & Williams, C.D., 2006. ERP II: Best Practices for succesfully implementing an ERP Upgrade. *Communications of the ACM*, 49(3), págs.105 - 109.
- Botta-Genoulaz, V., Millet, P.-A. & Grabot, B., 2005. A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry*, 56(6), págs.510-522.
- Castells, M., 2004. *The network society: a cross-cultural perspective*, Edward Elgar Pub.
- Cegarra, J., 2004. Metodología de la investigación científica y tecnológica. Ediciones Díaz de Santos, Madrid. España.
- Delgado, J. & Marin, F., 2000. Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP. *Economía Industrial*, 331(I), págs.51 - 58.
- Gutiérrez, J., Rodríguez, A.I., 1999. La investigación científica, in: Metodología Para La Investigación En Marketing y Dirección De Empresas. Ediciones Pirámide S.A., Madrid. España.
- Helo, P. & Szekely, B., 2005. Logistics information systems: An analysis of software solutions for supply chain co-ordination. *Industrial Management & Data Systems*, 105, págs.5-18.
- Ho, L.T., Lin, G. & Nagalingam, S., 2009. A risk mitigation framework for integrated-enterprise systems implementation for the manufacturing environment. *International Journal of Business Information Systems*, 4, págs.290-310.
- Laudon, K. & Laudon, J., 2004. *Sistemas de información gerencial: administración de la empresa digital* 8o ed., México: Pearson Educacion.
- Lee, J., Siau, K. & Hong, S., 2003. Enterprise Integration with ERP and EAI. *Communications of the ACM*, 46(2), págs.54 - 60.

- Malhotra, N., Birks, D., 2007. *Marketing Research: an applied approach*, 3rd European ed. Financial Times/ Prentice Hall on imprint of Pearson Education, Harlow, UK.
- Quiessenti, M. et al., 2006. Business process-oriented design of Enterprise Resource Planning (ERP) systems for small and medium enterprises. *International Journal of Production Research*, 44, págs.3797 - 3811.
- Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, P.B., 2007. *Fundamentos de metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Sarabia, J.F. (Ed.), 1999. *Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas*. Ediciones Pirámide S.A., Madrid. España.
- Trimi, S. et al., 2005. Alternative means to implement ERP: Internal and ASP. *Industrial Management & Data Systems*, 105(2), págs.184 - 192.
- Umble, E.J., Haft, R.R. & Umble, M.M., 2003. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, 146(2), págs.241-257.

Capítulo 2

Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.

Capítulo 2

Resumen del Artículo 1: “*Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review*”.

Este artículo se centra en estudiar la evolución de los sistemas de información para la gestión de empresas, identificando cómo se han incorporado las últimas innovaciones, tanto tecnológicas como funcionales, con el objetivo de prever las tendencias que pueden seguir dichos sistemas en los próximos años.

Tras un exhaustivo análisis de la literatura existente, se puede afirmar que la evolución histórica de los sistemas de información, comienza con la aparición de las primeras computadoras y los sistemas de gestión contable, y continúa con el desarrollo de los sistemas de gestión administrativa, los de control de stocks, los MRP (Material Requirement Planning), MRP II (Manufacturing Resources Planning), hasta llegar a los sistemas ERP (Enterprise Resources Planning).

Pero la evolución de los sistemas de información no se ha detenido, y los ERP siguen evolucionando, incorporando diferentes avances que responden a las necesidades del mercado.

Los últimos avances que se han incorporado a los sistemas ERP se pueden clasificar en dos líneas. Por una parte, la línea funcional, que ha incorporado nuevas funciones dentro del sistema, como el CRM (Customer Relationship Management), GRH (Gestión de los Recursos Humanos), BI (Business Intelligence), CMI (Cuadro de Mandos Integral) o el e-Commerce. Por otra parte, la línea técnica, que ha incorporado los nuevos avances tecnológicos a los sistemas de información entre los que cabe destacar la programación abierta, la programación orientada a objetos, la estructura de programación en capas, o diferentes innovaciones en la arquitectura de sistemas

Tras el análisis de la evolución de los sistemas de información hasta la situación actual, el artículo presenta las tendencias de futuro que los autores creen que van a seguir los sistemas de información, y en concreto los ERP, en los próximos años. Los fabricantes de ERP, buscan ampliar su mercado de clientes, acercándose y adecuándose al mercado de las PYMES, a través de ciertas estrategias, como son desarrollar sistemas con menores costes de licencia, menores costes de implantación, que sean compatibles con otros sistemas (ya existentes previamente en las empresas) y que tengan menor necesidad de consultoría en la

implantación. Otra de las estrategias que se prevé que sigan los fabricantes de ERP, y que va en línea con todo ello es la “verticalización” de soluciones.

Junto a ello, la tendencia futura de los sistemas de información, es continuar con su desarrollo y evolución, tanto desde el punto de vista funcional como desde el punto de vista técnico. El desarrollo desde el punto de vista funcional se centra en incluir funcionalidades como SCM (Supply Chain Management), PLM (Product Lifecycle Management), SRM (Supplier Relationship Management), KMS (Knowledge Management System) o POS (Point of Sale) entre otros. En cuanto a las tendencias técnicas, se pueden destacar la tendencia a utilizar software libre, el hosting de aplicaciones a través de ASP (Applications Service Providers), así como el m-commerce.

Una vez identificadas las tendencias futuras, el artículo de investigación se centra en una de ellas, el m-commerce, y analiza cómo puede afectar a los sistemas de información, como son los ERP. Este avance tecnológico y su integración en estos sistemas, pueden llegar a modificar la forma actual de hacer negocios. Por tanto, esta herramienta emergente, puede llegar a suponer una nueva revolución en el mundo empresarial.

Se puede decir que el “m-commerce” o “comercio móvil” comprende todas las actividades comerciales que usen o estén apoyadas en un dispositivo móvil. Sin embargo, la movilidad que actualmente representa el m-commerce, se puede ampliar a otras áreas de la empresa, generándose de este modo el concepto de “m-business”, en una evolución lógica, tal y como ha sucedido con el e-commerce y e-business.

Ante esta nueva tendencia, es importante analizar qué factores hay que tener en cuenta para la “apertura” de un sistema de información, al m-commerce o m-business.

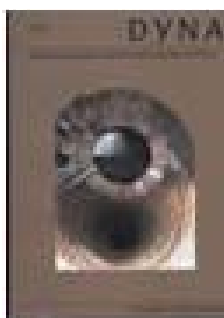
Uno de los factores a tener en cuenta es la forma en que las personas interactúan con los dispositivos móviles. En el artículo se identifican tres aspectos de gran importancia en la interacción de las personas con los dispositivos móviles, como son el tamaño y estructura de la pantalla e información, las combinaciones de color de texto y fondo de pantalla, y los tiempos de respuesta. Además, existen algunas restricciones a tener en cuenta al desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles, como pueden ser el sistema o las técnicas de introducción de datos o comandos de ejecución.

Con todo ello, se concluye que los sistemas de información siguen evolucionando, y que hay una clara tendencia por parte de sus fabricantes a atacar al sector de las PYME, mediante

estrategias de reducción de costes y facilidades de implantación (lo que encaja perfectamente con una estrategia de verticalización de soluciones). Además, continúan evolucionando, incluyendo cada vez más funcionalidades, y aprovechando los avances y tendencias tecnológicas del entorno, como puede ser uso de software libre o el m-business. Sin embargo, para poder desarrollar el m-business, es imprescindible que los sistemas de información estén adaptados a los dispositivos móviles, y para ello, es necesario que tengan en cuenta diferentes factores, como puede ser la interacción de estos con las personas.

Datos de publicación del Artículo 1: Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review.

Los autores de este artículo son: Hermenegildo Gil Gómez, Martín Darío Arango Serna y Raúl Francisco Oltra Badenes



Publicación: DYNA
Editor: Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.
ISSN: 0012-7353
Fecha: Septiembre 2010
Volumen-Nº: 77 - 163
Páginas: 181 - 193

El artículo ha sido publicado en el volumen 77 y número 163 de la revista de investigación DYNA, y puede ser consultado en su edición impresa, o en su edición digital a través de internet. DYNA es una publicación científica general del área de las ciencias tecnológicas, fundada en 1933, es el medio de expresión de los trabajos en el área de ingeniería, ciencias y tecnología de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, con sede en Medellín y de los investigadores del área en Colombia. Con una publicación semestral, DYNA presenta principalmente artículos de investigación científica y de desarrollo tecnológico, artículos de reflexión originales sobre un problema o tópico particular y artículos de revisión que brindan una perspectiva general del estado de un dominio específico de la ciencia y la tecnología. Todos los artículos publicados se someten a revisión de pares o árbitros, de reconocida idoneidad en el tema.

La revista DYNA está indexada en el índice internacional Journal Citations Report, más conocido como índice **JCR**, en el área de “Engineering Multidisciplinary”, con un impacto de 0.093, con lo que casi ha duplicado su factor de impacto en un solo año (0.054 en 2009). Con ello, la revista se sitúa en el cuarto cuartil de su categoría, dentro del índice JCR.

También está indexada en el índice SCImago Journal and Country Rank, conocido como **SJR**, con un impacto de 0,026, lo que la sitúa en el tercer cuartil de este índice internacional, dentro de la categoría de “Engineering (miscellaneous)”.

Este es el primer artículo dentro de la secuencia de investigación, y se centra en analizar la evolución que los sistemas de información para la gestión de empresa han tenido a lo largo de los años, para identificar y proponer las próximas tendencias que se prevé que se seguirán en un futuro próximo. Para ello, se revisa la literatura relevante en esa área de conocimiento, y en base a ello se proponen las tendencias de futuro de los sistemas de gestión. Se puede decir que este artículo es la base de partida de la investigación, ya que el resto de artículos se apoyarán sobre este, para profundizar en el análisis de alguna de las tendencias aquí identificadas. De hecho, en este mismo artículo, ya se profundiza en una de las tendencias identificadas, como es la integración del m-business dentro de los sistemas de información para la gestión, y en concreto, de los sistemas ERP.

EVOLUTION AND TRENDS OF INFORMATION SYSTEMS FOR BUSINESS MANAGEMENT: THE M-BUSINESS. A REVIEW

EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN EN LA EMPRESA: EL M- BUSINESS

HERMENEGILDO GIL GÓMEZ

Polytechnic of Valencia University, hgilgom@om.p.upv.es

MARTIN DARIO ARANGO SERNA

Associated professor of Universidad Nacional de Colombia, mdarango@unalmed.edu.co

RAÚL FRANCISCO OLTRA BADENES

Industrial engineering, student PhD, Polytechnic of Valencia University, rauloltra@gmail.com

Received for review August 28th, 2009, accepted October 17th, 2009, final version October, 26th, 2009

ABSTRACT: This article makes a review from the origin to currently of information systems for business management. It is specially emphasized about the changes that have occurred in recent years in such kind of systems and in what are the trends for the coming future. Between this trends it is possible identify several technical advances and new functionalities that are being joined or that will be soon. For example, a new functionality or advance that is incorporating is the m-commerce, which not only can influence the information system in a high degree but also in the strategies and management activities of currently companies.

KEYWORDS: Information systems for management, m-commerce, m-business, ERP, Trends.

RESUMEN: En este artículo se revisa la evolución de los sistemas de información para la gestión de empresas, desde su aparición hasta la época actual. Se hace especial hincapié en los cambios que se han producido en los últimos tiempos en este tipo de sistemas, y las tendencias que se prevé que seguirán en un futuro cercano. Entre estas tendencias de futuro, se pueden identificar diferentes avances técnicos, así como nuevas funcionalidades que se están incorporando, o lo harán en breve. Una de estas nuevas funcionalidades o avances a incorporar es el m-commerce, que puede influir en gran medida, no solo en los sistemas de información para la gestión, sino también en las estrategias y técnicas de gestión de empresas actuales.

PALABRAS CLAVE: Sistemas de información para la gestión, m-commerce, m-business, ERP, tendencias.

1. INTRODUCTION

Information systems for company management (ISFM) have been, and are a key factor in enterprise development. In its continue evolution it has gone from just a work tool to a competitive and strategy element, even

generating new business models based on its development.

This is why information systems for company management have been studied from several points of view, including its implementation and key factor that can affect it, as well as

the effects that ISFM can produce in companies [1,2,3,4], comparison between different systems brands [5], or its evolution throughout time, [6, 7,8], among others.

On the other hand, it is possible to highlight that recently has occurred different, fast and important advances, both in technological and in policies and philosophies of management in companies. It has caused that ISFM must have to be adapted quickly to these advances, and recently it must be in a continuous of improvement process. For that reason the companies that develop this kind of systems have had to spend a big amount of resources in research and development and innovation

The current paper describes the actual moment of ISFM, technical and functional innovations, the implementation of such innovation and trends that could be followed for the coming years about these systems. Also, it is studied how m-commerce (A recent technological development without commercial exploitation) can affect the ISFM.

2. HISTORICAL EVOLUTION OF ISFM

2.1 From accountant management software to ERP (Enterprise Resource Planning)

Information systems have been incorporated in companies since the appeared of the first computer, as an important and strong tool to optimize and improve management activities. Their introduction has been progressively due to the systems evolution in each specific area and of course due to the technology availability over time. The first application of information systems in companies were made on 1960's in the accountant management area [9]. Accounting is clearly defined by laws and a rule that every company must follow, regardless their nature and sector it belongs to. That's why that the design and implementation of a software for accounting management is easier compared with others areas in companies since that the "requirements analysis" is made for the administration entities of every country and it is exactly the same for every company in such company. This is the way

of how the first information systems for company management appeared, which they were basically accounting software.

As soon as the accounting software appeared, there was the necessity of manage the administration area using formation systems too. So there were developed several information systems for that purpose, which could manage invoices, paying, collecting, etc. This way, such operations kept stored in the information system, what allow the later search or study, etc. even if the administrative area information system were integrated with the accounting and financial system it guarantied a safe of working time, a productivity increasing and a reductions in costs and mistakes.

After that, the developing of software for companies concentrated efforts toward the research and development of stock management area, appearing systems as the ICS (inventory Control system). These systems allow the existing stock of every product at the warehouse, what are the consumption in different periods, and off course, their value, something really important for recent companies. One more time, the integration of these systems with the information application in the company (accounting and administration systems) was revealed as a very important factor in the process optimization.

As show in the works from the last decade [9,10, 11,12,13]; at the end of the 60's and at the beginning of 70's appeared the first MRP systems (Material Requirements planning). These systems emerge as the evolution of the ICS through the Hill of Material (BOM) utilization. The principal characteristic of the MRP systems is that they use a hierarchical approach for the inventory management, allowing basically the creation of the material plant from the following three fundamental elements:

- Productivity Master Plant (PMP)
- Bill of Materials (BOM)
- Inventory Data Base (IDB)

The MRP allows achieving outstanding advances, which could be highlighted the

inventory and process time reduction and the increasing of the supply efficiency. However in order to achieve those benefits is really necessary a very high accuracy in the PMP. The main problem with the MRP is that it overlooks the capacity constraints and the practices in the repair shop management.

The MRP II systems are the natural evolution of the MRP systems which come up during the 80's [9,10, 11,12,13]. In this new information system it is taken into account the management necessities, the material planning and the needed resources and the capacities for manufacturing. Although the letter for both the MRP and MRP II are the same, the meaning is totally different. MRP II means "Manufacturing Resources planning" and it is added the Roman number II for clearly differentiate from the MRP, which are focused exclusively on the materials management. This kind of systems, as is indicated in its name, are focused on the production area, but it is really true that these try to integrate itself with the information applications that manage others areas in the company.

Continuing with the evolutions, it is integrated several new functionalities to the MRP II systems, therefore it could cover other management areas inside the company, as could be engineering, human resources, project management, logistics, etc. This previous behavior created the new concept ERP (Enterprise Resources Planning), which defines more clearly the concept of integrated information systems for companies.

It is important to highlight that there are two ERP concepts and in many times there is confusion between these. In one hand there is the "traditional" ERP, What is the one that emerges from the MRP II, on the other hand there is the ERP II, what is the evolution of the "traditional" ERP toward the new technological and business trends produced by the arising of the internet, as it is the e-business and the collaborative environments.

2.2 The "traditional" ERP

It is consider the ERP systems as the consequence of the evolution and sophistication of the inventory management systems during the last 50 years. [9,10,11,12,13,14].

As Muñoz *et al* (2004) [15] indicates, "*The enterprise resources planning - ERP are information systems that use business engineering and the information technology for the integrated design of the business process in an organization. These systems are build in a method for planning and controlling all the needed resources for the all the operations related with buying, producing, delivering, and accounting the order accomplishing of a customer in a factory, distribution center or in a service enterprise*".

On the other hand, according to Aberdeen Consulting Group an "*ERP is referred to the software infrastructure that by one side brings support to all the internal processes in the company and by other, is the base for the external business processes of the company*". In this case, it is given to the ERP a functionality of "support" to the connection with other systems, it is an opening to the external environment, a first step to the transformation of what is firstly known as the ERP II.

This way, after studying this and other works [8,9,11,13,15;16] among others, it is possible to conclude that a "traditional" ERP is an application for the integral management of the several basic modules that set up a company, in other words, from the more basic modules, as are accounting, procurement, selling, production, until secondary modules as human resources, cost management, quality, etc. It is a communication platform between the departments of the company that allows making the work faster.

In the picture 1 it is shown a sketch of the process that support the "traditional" ERP in a company. This is known as Back Office.

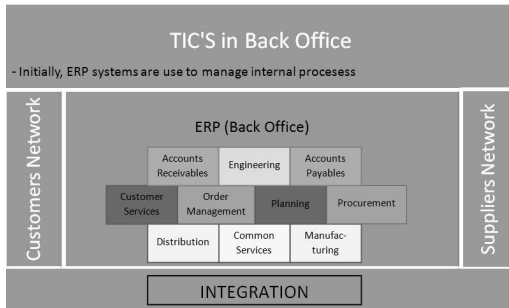


Figure 1: The ERP in the Back Office
Source: AMR Research, 2009

2.2.1. Business processes in a traditional ERP

In general, a “traditional” ERP software must cover all the internal business areas of the company. Generally the main ERP software packages exhibit utilities (in higher or a lower degree) for the following activities. [2]

- Accounting an finance
- Logistics
- Operations
- Human resources
- Sales and marketing
- Collecting and paying
- Customers and suppliers
- Warehouse management
- Planning
- Cost
- Project management
- Etc.

The ERP Integrates all these process of a company, and others, in unique single system, through it is known as “Unique Data” which is shared for all the processes that require it, as it is shown in the picture number 2.

The integration of all processes generates several benefits for a company, which can be summarized as follow:

- Unique Data. There is necessary to introduce the data only one time. This information will be available immediately, and at the same time for all the company.
- Setting hierarchical parameters of masters

- (fixed tables).
- Minimization of data entering in dynamic tables.
- Information flows through processes.
- Navigability among related tables.
- Traceability
- Analytical tools

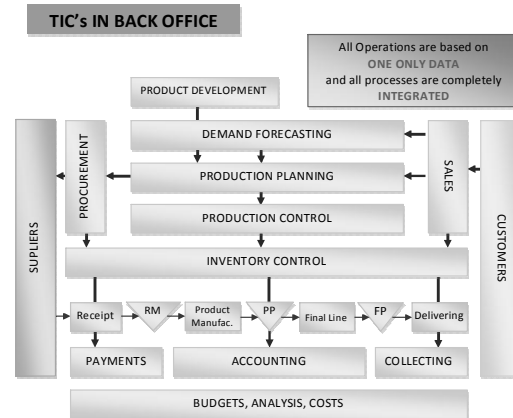


Figure 2: Integration of a company through a integrated information systems for company management
Source: own sourced

However it is important take into account a set of important considerations in order to use an ERP and in this way can achieve such integration. Some of these considerations are the following integration rules:

- Not all the process are reversible
- Inventory continuity principle
- An ERP processes only previously created records and uses deterministic computational algorithms

2.2.2. Implementation of an ERP

As could be noted in [1,2,3,4,5,9,13] the implementation of an ERP is a complex process that affects in a higher or a lower degree the whole company in which it is implemented. As Muñoz et al. (2004) [15] established, there is possible to find that the concept of the implementation of ERP systems is quite different to the concept on installing a traditional

computational system. The system requires an organization in which the processes are integrates, what means increasing the level of interdepartmental interaction with the aim of unifying the common information flow among the different areas of the company, what is different of the traditional “isolated” systems.

According to Muñoz et al. (2004) [15] a successful implementation of an ERP solution is crucial for achievement the desired results. Some factors that lead to a successfully implementation of an ERP are good project management, a change in the business processes, Good communication, transforming leadership and commitment that keeps the action to convert what is desired into reality [5] and the change management.

2.3 THE ERP II

According to Bond et al., 2000 [16] the ERP evolved into ERP II. The main characteristics of the ERP II regarding to the traditional ERP is the difference of the process that both involves and their nature. In the ERP there are considered the internal processes inside the organization, while in the ERP II the company interacts with its environment (e-business) and in this is generated “virtual integration” models of value chains of all the players in the business environment.

Recently, companies are not only needing manage internal processes (back Office) but they need covering the necessities of been connected with customers, suppliers, workers, etc. these necessities must be covered even by big and small companies (PYMES). It has caused that recently is talked about the next generation for the integrated information system for management. This new concept, generally called as Extend-ERP, or some times called e-RP, which cover several concepts related with the interconnectivity between companies.

Companies have underwent a transformation from vertical integrated organization, oriented to optimized internal processes into organizations with horizontal structures, in which communication and a good relationship among the different players in the supply (SC) and the

value chain. An important fact for this positioning is the covering of aspects not only related wit electronic commerce (B2B and B2C), but also related with the collaborative commerce (c-commerce). c-commerce is understood as all the interactions that occur electronically between the internal personal of a company, the personal who helps the company for the development of their business activity and between the customers of a specific community of commerce. This community of commerce could be another company, and industrial segment, a supply chain or a segment of a supply chain too. All this is what causes that the ERP must be adapted to the “e-business” model.

This evolution caused the development of the next special tools for certain applications

- Electronic commerce (B2B and B2C)
- Customers Relationship Management (CRM)
- Supply Chain Optimization (SCM)
- Supply Relationship Management (SRM)
- Business Intelligence Tools (BI)
- Product Life Management (PLM)

All these functions were not taken into account in the “Traditional” ERP, but they are in the ERP II [17]. The evolution from the ERP into the ERP II could be centered in 6 fundamentals aspects, related with the business, the application and the strategy of technology. In the picture 3 it is depicted such evolution.

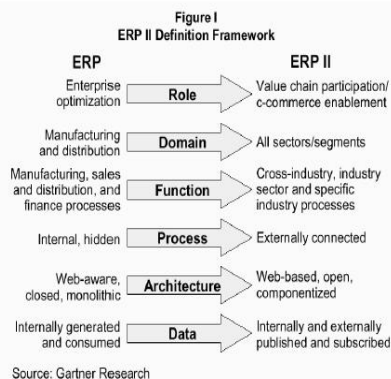


Figure 3: The 6 basic differences between ERP y ERP II. Source: Gartner Group

This supposes a big opportunity and a big challenge for manufacturers, since the ERP II is a new version that requires new technology and functional expansion of the software.

Picture 4 show how the ERP II systems allows connecting the internal system (Back Office) with other external systems from customers, suppliers, partners, workers, etc.

This way, the part that should correspond to the “traditional ERP” continue being the center of the company management, but over it there are some areas that interact, what aren’t internal and achieving a ideal situation, “the connectivity between several ERP II from different companies”. So, the ERP II will be capable to automatically connect and transfer information among others ERP II, by achieving a cost and time saving, a mistakes reduction and offering online information every time.

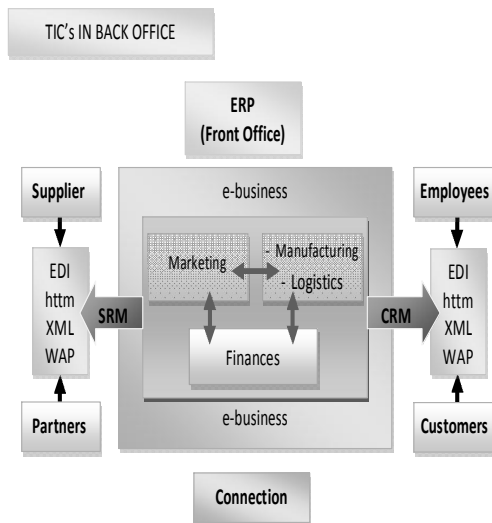


Figure 4: Back Office Connectivity with external systems. Source: Own Elaboration

Therefore, as it is depicted in the picture 5, two companies could have installed an integrated management system carrying and generating purchases, sales (e-commerce) supply, invoices, marketing actions, and others necessary actions with customers (CRM) an every kind of transactions needed through the integrated information system for management in a automatically way.

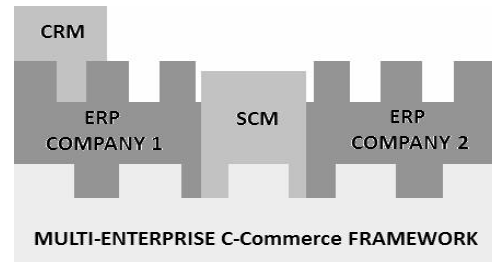


Figure 5: Connection of several companies through information . Source: own source

It is important to clarify that nowadays it is assume that an integrated information system for company management must cover all this features. Therefore, the ERP II name is becoming unused every day, since the just the ERP name is assume to take into account all this features [14].

The overall evolution process is depicted in the picture 6. Such evolution has occurred parallel to the evolution of the technologies for the information and data treatment. It is also possible to say that the evolution of the information technologies prompted this integration trend in the management of companies.

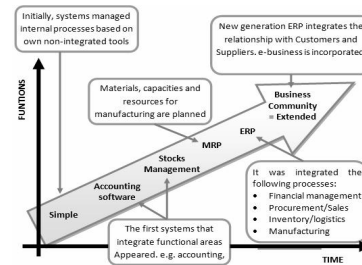


Figure 6: Integrated management systems evolution. Source: own source

3. RECENT ADVANCES IN INFORMATION SYSTEMS FOR COMPANY MANAGEMENT

In this session is going to be presented the more recent advances about the information systems for company management. These advances could be divided into 2 different ways. The first one is related to the functional line, in which is developed new functions inside the system with the aim of the company areas uncover until the

moment. The second one is the technical line, which incorporates new technological advances to such information systems.

3.1 Functional Advances

Related to functional advances it is possible to mention several functionalities that have been added in the last five years to the integrated information systems for company' management. These are:

- CRM: Customer relationship management
- HRM: Human resource Management
- BSC: Balance Scorecard
- BI: Business Intelligence
- e-commerce: Electronic commerce

3.2 Technical Advances

In the other hand, into the technical side it is possible to highlight the following advances:

- Open programming
- Objected-oriented information
- Layers programming structure
- System architecture

One of the more important technical advances in the evolution of the information systems for company management is the system architecture. Therefore is going to be presented a brief explanation about it

The information systems for company management are generally scattered distributed in the whole company. Whereas the servers are usually centralized, customers usually are dispersed in several locations in the company. In information systems can be considered the existence of following three basic elements, which are distributed among customers and servers:

- At first place, the Data Base, what can be defined as the central data warehouse of the information that is transferred from and towards customers (users)
- In the second place is the customer, in which the data is introduced and are the one who request for information.

- lastly, there is the application, that is what runs the processes, and acts as intermediate between customers and the data base.

There are several architectures for integrated information systems depending on how these elements are distributed and where these elements are in.

4. FUTURE TRENDS

ERP have been generally oriented towards big companies, however, recently ERP designers are looking for extending the market. Therefore they are taking into consideration the PYMES sector and they are using successful strategies to catch that market, as for example the developing of systems with some of the following characteristics:

- Lower license cost
- Lower implementation cost
- Compatibility between systems
- Less consulting requirements in the implementation phase
- Software with open code
- Vertical growing

Next the foreseeable trends of the information systems for the management of companies and what the advisor forecasts to launch to the market. What is the direction in the evolution of the ERP systems, what new functionalities will contemplate, what challenges must surpass to achieve a correct evolution of the companies in the recently changing environments. These trends can be classified in two types, the functional tendencies and the technical trends.

4.1. Functional trends

The functional tendencies indicate the new functionalities or areas that are going to cover the information systems for the management of companies. It is also necessary to emphasize the development of some functionalities, some of these already are included in some ERP, that are foreseeable to be developed in order to strengthen and to optimize their use, and what they entail.

It is possible to say that within the functional tendencies, as well, there are two trends to incorporate new functionalities of the systems (although the majority of the information systems for the management follow the two lines in parallel). On the one hand, there is the opening of the information systems for company management, to integration with other specific systems, that cover specific needs, or of specific areas within the company. On the other, it is the tendency to try to include all the possible functionality, integrating the functionality that until the moment is offered by other systems, inside the own information system for company management.

Some of the functionalities that the new ERP can absorb or that at least can integrate with others information systems are:

- SCM: Supply Chain Management
- CRM: Customer Relationship Management
- PLM: Product Lifecycle Management
- DW: Data Warehouse
- SRM: Supplier Relationship Management
- BSC: Balance scorecard
- KMS: Knowledge Management System
- BI Business Intelligence
- POS: Point of Sales

Some of these functionalities appear in previous point of this paper as functional advances that already have been added to the ERP, however, although the majority of the ERP have already incorporated such functionalities, the trend is to continue with their development, to assure that companies, (both big and PYMES) could explode it as maximum.

4.2. Technical Trends

Related with the actual technical trends, it is possible to highlight the followings:

- Open software
- Hosting of Applications Service Providers
- m-Commerce

Recently there is a trend to the use of free software, in other words, open and gratuitous

code in different scopes. This trend is starting to take part in the information systems for company management [9]. These days it is possible to find in Spain a software called Openbravo, which has these characteristics and it is starting to get an important portion of the market. However, this trend is still very weak and it seems not to be strong enough. Nevertheless, this tendency must be carefully considered. It is important not to forget the recent closing of “Encarta”, the digital encyclopedia of Microsoft, due to the appearance of a free software encyclopedia, “Wikipedia”, which won the battle.

The second technical trend, the Hosting of Applications Service Providers, is a common activity these days, since there are several companies that are dedicated “to lodge” management systems, which can be used by companies through high speed internet or some network connections [12]. These supplier companies cover both the software and the hardware maintenance, and the updates, security, etc. of the applications. All this, allows companies to reduce the work load and some costs from different natures, and it also allows them to focus in their Core Business.

The m-commerce is one of the technical tendencies, that as well as modifying the conception of the information systems, it can modify the form to make businesses as the way of those are known at present. The mobile technology is a new communication channel that allows companies and people to be connected and access to Internet whenever, regardless the place, date and hour.

5 m-commerce AND INFORMATION SYSTEMS FOR MANAGEMENT

5.1 m-commerce

As it has been introduced previously, m-commerce is one of the technological advances that, most probably, will be soon integrated in integrated information systems for management. This technological advance and its integration could modify the present way of making businesses. Therefore, this new tool can produce a new revolution in the world of the companies.

In the last twenty years, e-commerce has been one of the most important advances in the world of the businesses, and recently m-commerce is ready to position itself within that development of e-commerce. [2,13].

The mobile technology is a new communication channel, that allows companies and people to always be connected and accessed to Internet, regardless the place, date and hour.

Recently, the company management is still learning and adapting to the new ways of making businesses created by e-commerce. The necessity of being adapted and learning about this new adaptation is going to be increased by the new changes that are going to generate the m-commerce. These changes will affect both the internal and the external part of companies.

It is possible to say that “m-commerce” or “mobile commerce” is all the commercial activities that use or are supported on a mobile telephone. Although there is not the effective “purchase” of a product or service in the m-business, the search, look, comparison of prices and the delivery of such products, are commercial activities that are part of the mobile commerce.

Nowadays m-commerce is more a reality than a future trend. Thus, Polo Ralph Lauren in August of 2008, launched an electronic commerce service that allows customers to buy products through its mobile devices [18]. It is possible by using QR Codes, a new technology that is already incorporated in some mobile devices sold in the market. This QR code can store a lot of information, for example URL's, and when this information is read for a device designed for that, the mobile is immediately connected to a Web port, in order to execute the m-commerce transactions [19]. Also, customer can be alerted on their mobile devices with information about the opening of new stores, events and some advertisement from producers.

According to David Lauren, advertising, marketing and communication VP of PRL

“Consumers look for the right and for flexible services, which will be easy to obtain. m-commerce is very attractive since anybody can purchase many things and services regardless the place and the moment”.

Continuing with same line there is a new initiative to create a retail sales multi-channel. This initiative was announced during the 98^a Convention and Annual Exposition of National Retail Federation (NRF), celebrated in the Jacob K. Javits Convention Center in New York [20].

5.2 The mobility in the company management: from m-commerce to m-business

The mobile technology is currently centered in the sales area however its application should cover others areas, in other words, it must allow customers to carry out and manage their orders through mobile devices. There are many applications for mobile technologies in the processes of the industrial sector. The key tool is the integration degree of such processes with the internal management of the company.

Sales through m-commerce could be treated as an entry to the information system, what is later managed as has made traditionally with faxes or e-mails, but with the advantages that the mobility offers to customers. Nevertheless, from the mobile devices it is possible to execute other internal processes in the company, as it can be the launching of a production master plan, the report of working hours, or a stock movement. Also some data and results could be looked up, as for example watching the balanced scorecard, a project situation and the financial situation of the company. All this can be watched from a mobile device, anywhere and at any time. This functionality is not wide used for companies beyond the sales area, and that can facilitates a total mobility, what could be a key feature for some companies in the future. This way, the mobility that represents the m-commerce, could be extended to others areas in the company, what could generate the logical evolution towards the m-business, such as it happened with the e-commerce and the e-business.

5.3 Adapting the information system to the m-business

Considering this new trend, it is important to ask what factors must be taken into account in an information system for the “opening” of this towards the m-commerce or the m-business? From this point of view, there is important to consider how people interact with mobile devices. Nowadays, inside the AIS (Association for Information Systems) they have created a focal group AIS SIGHCI (Special Interest Group on Human Computer Interaction) with the aim of studying the interaction between people and computers.

G. M. Olson & J. S. Olson (2003) [21] defined HCI (Human Computer Integration) as “*the study of how people interact with the computer technology*” according to these authors, the HCI researches was made in six categories. *One of the main researching lines is about developing user interfaces, considering mobile devices, among others.*

Inside this group, there is a researching area what is dedicated to the interaction with Management Information Systems (MIS), what is centered in studying the human interaction with information, technology and tasks, especially in business environments, management, organization and culture. This point is centered whit the ERP, that is, at the end a MIS.

Zhang et al. (2004) [22] mention 3 important aspects related with the interaction of people with mobile devices.

- The size and the structure of the screen and the information. [23].
- Color text and wallpaper combinations. [24]
- Acceptable responsible time.

Chittaro 2006 [25] pays attention to these aspects too. In this work it is also mentioned the constrains existing in the development of electronic tools for mobile devices compared with the developments for computers. Among this constrains and considered factors, It could be highlighted the system or the data introduction techniques or the executable commands.

As is clear, it is not the same using a typical computer keyboard or mouse, than using a mobile device, which is smaller and with less options. This is a very important factor, since the applications must be “user-friendly”, and must be redesigned, for a easy access and use through the mobile keyboards.

At this moment it is import to recall that the applications are being designed for m-business, where the user not only could look up for data, make purchases or reserves through the screen, but also he could use all the functionalities (usually in a cell phone) that implies working in a information system for a company management.

On the other hand, it is also necessary to consider the possible trends commented previously, as far as extending functionalities, of the manufacturers of the information systems for company management.

One option is to facilitate and strengthen the integration of the systems with another software, from others m-business specialized manufacturers, for which the information systems must be suitably prepared.

Another option is “to absorb” such functionality within the same information system. This option is more complex; since that it must be developed in the same information system, the communication system and the “interface” with the user, considering the different aspects previously related in order to optimize the interaction between the mobile devices and the people.

At present, the majority of the great manufacturers of integrated information systems are following both trends in a parallel way. However, it is important to emphasize that nowadays these information systems have been more tended “to absorb” functionalities, within a single system. Until the moment, this has not been possible with the management of m-commerce, because it is still an emergent technology, and is not developed enough.

It is possible to emphasize that the technologically most advanced systems, as Dnamic Ax [26], previously called MBS

Axapta, of Microsoft, already contemplates this alternative since several years ago. In the 3.0 version, there are some examples of interfaces for PDA's, even for those with vertical or horizontal screens.

Nowadays, the development and improvement of the communication [27] have achieved a level in which it is possible to occur an inflexion point that definitely will launch this new communication channel to the massive use of the market.

6. CONCLUSIONS

The information systems and his application company management have evolved constantly, and these have been continuously adapted to the market requirement and to the new emerging technologies. These software applications have become, from small programs into big one just in few years. Initially these programs were designed for running accounting applications but recently the ERP are able to manage all the information that the company needs, even internally as externally.

In the last years, there have been incorporated new advances to these systems. In one had there are the functional advances, which cover new areas of the company, as for example the balance scorecard, knowledge management, CRM, e-commerce, etc. In the other hand, there is also incorporated new techniques and technologies as the object oriented programming, new architectural systems and new languages and programming structures.

Recently, the information systems for company management are continuing evolving, and the foresee trends includes both technical and functional improvements. In the functional trend it will be incorporate new features, and also it will improve and optimize current features as the SCM, PLM (Product Lifecycle Management), CRM (Customer Relationship Management), DW (Data Warehouse), BSC (Balance Scorecard), KMS (Knowledge Management System), BI (Business Intelligence), POS (Point of Sale), etc. Related with the technical trend it will be important the emerging of the ASP, open

software and the e-commerce. The m commerce is one of the more incipient trend and these tendencies could greatly modify some processes from companies. Through this communication way, the company management could be available for users regardless the day, hour and place.

But in order to this to be possible, it is necessary that information systems will be adapted to the needs of mobile devices, and for that it is important to consider several factors, as for example the interaction between these devices with people. However, already solved this and other small existing problems, it is possible to say that nowadays the current technology has reached a level, in which it is possible starting this new communication channel, making it finally possible, and with everything what it can suppose. Therefore, companies could start preparing themselves to operate this new tools, and to optimize their resources and processes through it.

REFERENCIAS

- [1] QUIESCENTI, M., BRUCCOLERI, M., La Commare, U., Noto La Diega, S., & Perrone, G., 2006. Business process-oriented design of Enterprise Resource Planning (ERP) systems for small and medium enterprises. *International Journal of Production Research*, 44, 3797 - 3811.
- [2] UMBLE, E.J., HAFT, R.R. & UMBLE, M.M., 2003. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, 146(2), 241-257.
- [3] BEATTY, R.C. & WILLIAMS, C.D., 2006. ERP II: Best Practices for successfully implementing an ERP Upgrade. *Communications of the ACM*, 49(3), 105 - 109.
- [4] HELO, P., ANUSSORNITISARN, P. & PHUSAVAT, K., 2008. Expectation and reality in ERP implementation: Consultant and solution provider perspective. *Industrial Management and Data Systems*, 108(8), 1045-1059.

- [5] ARANGO SERNA, MARTÍN D., PASTOR FERNÁNDEZ, Andres, . El control del coste en proyectos complejos-Utilización de herramientas ERPs. Editorial: Publicaciones-Escuela Superior Ingeniería, Universidad de Málaga. IX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Actas ISBN 84-89791-08-2. PÁGINAS: 195 – 205. AÑO: 2005.
- [6] ABERDEEN GROUP, Inc., 2004. The ABCs of ERP An Executive Primer. Aberdeen Group, Inc. Available at: download.microsoft.com/download/6/e/e/6ee823c4-00a4-4ca2-8836-7f3fd5c78c1e/erp_primer_aberdeen.pdf.
- [7] GIL GÓMEZ, HERMENEGILDO AND ARANGO SERNA, MARTÍN DARÍO. Hacia un Nuevo Marketing en el marco de la Sociedad de la Información. y. Revista Mercatura. Vol 2 Fasc. 1. P 11-23. 2007. ISSN: 1909-8375.
- [8] LEE, J., SIAU, K. & HONG, S., 2003. Enterprise Integration with ERP and EAI. Communications of the ACM, 46(2), 54 - 60.
- [9] FERRAN, C. & SALIM, R., 2008. Enterprise Resource Planning for Global Economies, dea Group Inc (IGI).
- [10] DELGADO, J. & MARIN, F., 2000. Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP. Economía Industrial, 331(I), 51 - 58.
- [11] ANDONEGI, J.M., CASADESÚS FA, M. & ZAMANILLO, I., 2005. Evolución Histórica de los Sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. Revista de Dirección y Administración de Empresas, 12, 61-72.
- [12] MCGAUGHEY, R.E. & GUNASEKARAN, A., 2009. Selected Readings on Strategic Information Systems. Chapter XXIII Enterprise Resource Planning (ERP): Past, Present and Future, Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- [13] GUNASEKARAN, A., 2009. Global Implications of Modern Enterprise Information Systems Technologies and Applications, Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- [14] MØLLER, C., 2005. ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems? Journal of Enterprise Information Management, 18(4), 483-497.
- [15] MUÑOZ, J. et al., 2004. Implantación de los Sistemas ERP (Planeamiento De Los Recursos Empresariales) el las PYMES textiles españolas. La fase crítica del proyecto. En Santander, págs. 151 - 173.
- [16] B. BOND, Y. GENOVESE, D. MIKLOVIC N. WOOD, B. ZRIMSEK, N. RAYNER, 2000. ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II. New York: Gartner Group. Available at: http://www.uncg.edu/bae/people/holderness/readings/ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II.pdf.
- [17] WESTON JR., F.C., 2003. ERP II: The extended enterprise system. Business Horizons, 46(6), 49-55.
- [18] ABRAMOVICH, G., 2008. Polo Ralph Lauren goes mobile - Mobile Marketer - Commerce. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/commerce/1545.html>.
- [19] MOYA, H., 2009. Código QR. Bit, 172, 47 - 49.
- [20] BUTCHER, D., 2009a. Microsoft, Accenture, Avande launch multi-channel retail initiative - Mobile Marketer - Software and technology. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/software-technology/2453.html>.
- [21] OLSON, G.M. & OLSON, J.S., 2003. Human-Computer Interaction: Psychological Aspects of the Human Use of Computing. Annual Review of Psychology, 54, 491 - 516.

- [22] ZHANG, P., NAH, F.F. & PREECE, J., 2004. HCI studies in management information systems . Behaviour & Information Technology, 23(3), 147 - 151.
- [23] CHAE, M. & KIM, J., 2004. Size and Structure Matter to Mobile Users: An Empirical Study of the Effects of Screen Size, Information Structure, and Task Complexity on UserActivities with Standard Web Phones. Behaviour & Information Technology.
- [24] HALL, R. & HANNA, P., 2004. The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. Behaviour & Information Technology, 23(3), 183 - 195.
- [25] CHITTARO, L., 2006. Visualizing information on mobile devices. Computer, 39(3), 40-45.
- [26] Microsoft Corporation, Microsoft Dynamics: soluciones de software para contabilidad y finanzas, administración de empresas (ERP, administración de recursos empresariales). <http://www.microsoft.com/spain/dynamics/default.aspx>.
- [27] AGUADO, A., 2008. La banda ancha móvil, un mercado masivo. Bit, 168, 82 - 83.
- [28] BENNIS, W.G. & NANUS, B., 2001. Líderes: estrategias para un liderazgo eficaz, Paidós Ibérica, 2001.
- [29] BUTCHER , D., 2009b. Retail giants use TradeStone mobile app to communicate with suppliers - Mobile Marketer - Software and technology. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/software-technology/2441.html>.
- [30] HONG, K. & KIM, Y., 2002. The critical success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective. Information & Management, 40(1), 25-40.
- [31] CUENCA, L. & BOZA, A., 2006. Estudio comparativo de paquetes ERP. En Valencia.
- [32] MARTIN, J. & Del OLMO, R., 2004. Adaptación de los sistemas ERP al modelo E-Business. En Leganes.
- [33] FUI-HOON NAH, F., 2004. A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? : HCI studies in management information systems. Behaviour & Information Technology, 23(3), 153 - 163.
- [34] Expandit Spain, Expandit Spain. <http://www.expandit.es/>.

Capítulo 3

Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP.

Capítulo 3

Resumen del Artículo 2: “Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP”

La industria del software libre actualmente es una industria madura y de mucha importancia en algunas áreas tales como sistemas operativos, servidores de aplicaciones y herramientas de seguridad. Sin embargo, cuando se trata de desarrollo de sistemas de gestión empresarial, y en particular de Enterprise Resources Planning (ERP), la industria del software libre aún no ha alcanzado la madurez

En la última década, ha habido un interés creciente en el estudio de los ERP, así como de los sistemas de software libre y de código abierto. Sin embargo, la combinación de estas dos áreas no ha recibido tanta atención como las dos áreas por separado, pese a que este tipo de software (ERP de código abierto) ya está en el mercado, y que puede tener un gran potencial de crecimiento, sobre todo en su implantación en las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

El ERP de Software Libre (FSw ERP, de Free Software ERP), se define como un ERP que se concibe y desarrolla bajo los principios del software libre, y cumpliendo las libertades que éste defiende, según el fundador de la Free Software Foundation, Richard Stallman.

Los FSw ERP han evolucionado y mejorado sus prestaciones de forma notable desde su aparición, y actualmente están desarrollados y diseñados para su consumo en masa. Esto puede cambiar la situación del mercado, y los proveedores de software ERP propietario deberán hacer frente a algunos desafíos si quieren permanecer en el negocio.

Para analizar la influencia que los FSwERP pueden tener en el mercado en los próximos años, es imprescindible saber que los diferencia de los ERP propietarios, y éste es el objetivo principal de este artículo, presentar los principales factores que diferencian los FSw ERP de los ERP propietarios.

Por lo general, las empresas que quieren implantar un ERP, tienen una mayor confianza en los ERP propietarios que en un FSw ERP. A priori, parece que éste factor, es decir la confianza en el software, y el coste del programa, sean los factores que más influyen en la diferente percepción que las empresas tienen de los sistemas ERP de uno y otro tipo.

Sin embargo, hay más factores que diferencian un ERP propietario y un FSw ERP, y que deberían tenerse en cuenta.

Estos principales factores diferenciales se pueden resumir en cinco, como son el coste, la adaptabilidad y capacidad de desarrollo, la dependencia del proveedor, la modularidad y la calidad. Cada uno de ellos diferencia de un modo u otro los FSw ERP de los ERP propietarios.

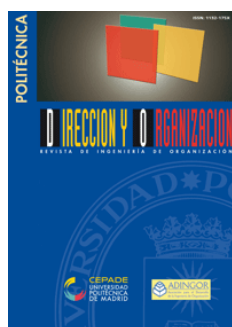
Se puede concluir, tras el trabajo realizado, que el coste es menor en el caso del FSw ERP, así como la dependencia del proveedor de software, mientras que la facilidad de adaptación, la modularidad y la calidad del software son mayores en el FSw ERP, respecto al ERP propietario. Evidentemente, estas conclusiones no son taxativas, y deberán tenerse en cuenta los diferentes factores identificados en el artículo para emitir un juicio en cada caso concreto que desee analizarse.

Las reflexiones que se presentan en este trabajo en cuanto a los factores que diferencian los ERP propietarios y los FSw ERP, son de interés tanto para los desarrolladores de ERP (propietarios y FSw ERP) como para las PYMES, ya que muestran que hay otras razones, aparte de los costes, para decidir la implantación de un FSw ERP o uno propietario. Sin embargo, es importante destacar que en este trabajo tan solo se pretende identificar y explicar las diferencias entre estos dos tipos de sistema ERP, sin entrar a discutir cuál de ellos y bajo qué criterios y/o circunstancias, puede ser más conveniente para la implantación y uso en una empresa determinada. Esta es una cuestión que puede abordarse en otros trabajos futuros.

Así, a partir de este trabajo, surgen diferentes líneas de investigación futuras en este mismo campo, entre las que se pueden destacar : a) el análisis detallado de los beneficios del FSw en la gestión de empresas y sus implicaciones en el caso particular de los ERP, b) el estudio de las ventajas y desventajas de los FSw ERP y los ERP propietarios en diferentes casos y en base a diferentes criterios, c) el estudio de mercado de los FSw ERP actuales, su implantación y comparativas entre ellos, así como con los ERP propietarios más característicos y d) un análisis comparativo entre una muestra de empresas usuarias de FSw ERP y ERP propietarios en el caso de nuestro país, España, y en comparación con la situación de otros países.

Datos de publicación del Artículo 2: Factores diferenciales entre los FSw ERP y los ERP propietarios

Los autores de este artículo son: Raúl Francisco Oltra Badenes, Hermenegildo Gil Gómez y Rosana Bellver López.



Publicación: Dirección y Organización
Editor: Universidad Politécnica de Madrid.
ISSN: 1132-175X
2171 -6323 (on-line)
Fecha: Julio 2011
Volumen-Nº: 44
Páginas: 64 - 73

El artículo ha sido publicado en el número 44 de la revista de investigación Dirección y Organización. La revista Dirección y Organización tiene como objetivo proporcionar un foro para el intercambio de información entre los profesionales y académicos que trabajan en el área de Ingeniería de Organización, y promover una amplia utilización de la literatura asociada. De este modo, pretende ser una publicación de referencia para difundir las principales ideas e innovaciones que se generen en este campo. Su vocación es convertirse en el canal de difusión y expresión reconocido como propio por toda la comunidad académica de Ingeniería de Organización. Las principales aportaciones de la revista incluyen artículos relacionados con todos los ámbitos que cubre la ingeniería de organización.

La revista Dirección y Organización está indexada y presente en diferentes catálogos y bases de datos internacionales, como Latindex, DICE, Realyc o IN-RECS, entre otros, y cumple en su totalidad los 33 requisitos que el índice Latindex evalúa.

En el año de la publicación de este artículo (2011), Dirección y Organización ha sido incluida en la prestigiosa base de datos **SCOPUS**.

Con el fin de garantizar la calidad y el rigor científico de los artículos publicados, Dirección y Organización establece un riguroso procedimiento para la selección de artículos, en el que los trabajos se remiten a dos evaluadores del Consejo Asesor Científico-Técnico, expertos

externos a la entidad editora de reconocido prestigio en el campo de estudio sobre el que versen los originales, que realizan una valoración "ciega" de los mismos. A la vista de los informes de evaluación recibidos, el Consejo de Redacción decide finalmente aceptar o rechazar el artículo para su publicación en Dirección y Organización.

Este es el segundo artículo dentro de la secuencia de investigación, y se centra en investigar como una de las tendencias de futuro identificadas, el uso del software libre para el desarrollo de aplicaciones y sistemas de información, incide en los sistemas ERP, y cuáles son los factores diferenciales de un ERP de software libre (FSw ERP, de Free Software ERP) y los ERP propietarios tradicionales.

Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP propietarios

Differentiating factors between Free Software ERP (FSw ERP) and owner ERP

Raúl Francisco Oltra Badenes¹ Hermenegildo Gil Gómez¹ y Rosana Bellver López²

¹Departamento de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia.

²Departamento de Informática de Sistemas y Computadores. Camino de Vera s/n.

Universidad Politécnica de Valencia rauloltra@gmail.com

Fecha de recepción: 3-5-2010

Fecha de aceptación: 26-11-2010

Resumen: Los sistemas de información son actualmente uno de los factores clave en el desarrollo y competitividad de la empresa. Dentro de los sistemas de información, los ERP son posiblemente los sistemas que mayor impacto tienen en la gestión de las empresas. En su continua evolución, una de las nuevas tendencias en el desarrollo de ERP, es la del software libre o Free Software. Sin embargo, prácticamente no hay estudios que centren su atención en la aplicación del software libre a este tipo de sistemas y sus diferencias con el software ERP propietario. En este artículo se definen y analizan los principales factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP propietarios.

Palabras clave: Sistemas de información, sistemas integrados de gestión, ERP, free software.

Abstract: Currently, information systems are a key factor in business development and competitiveness. Probably, within information systems, ERP's are those with a greatest impact on business management. In their continuous evolution, Free Software arises as a new trend. However, there are no virtually studies focusing on free software ERP and its differences with owner software ERP. The aim of this paper is to define and discuss the main differential factors between free software ERP's (FSw ERP's) and owner ERP's.

Key words: Information Systems, management integrated systems, ERP, free software.

1. Introducción

Los sistemas de información para la gestión de empresas han sido, y son, un factor clave en el desarrollo empresarial. En su continua evolución, han pasado de ser una mera herramienta de trabajo, a ser un elemento competitivo y estratégico, llegando incluso a generar nuevos modelos de negocio basados en su desarrollo. Por ello, han sido estudiados desde diferentes puntos de vista, como son su implantación y los factores que en ella pueden influir, así como los efectos que pueden tener en la empresa (Quiescenti *et al.* 2006 ; E. J. Umble *et al.* 2003; Beatty & Williams 2006; Helo *et al.* 2008), comparativas entre diferentes sistemas de distintos fabricantes, o su evolución a lo largo del tiempo (Andonegi *et al.* 2005; Motwani *et al.* 2005; Lee *et al.* 2003), entre otros.

Estos sistemas se han visto obligados a evolucionar drásticamente en los últimos tiempos, para adaptarse a los diferentes, rápidos e importantes avances, tanto tecnológicos, como en cuanto a políticas y filosofías de gestión, que se han sucedido en el mundo empresarial en los últimos años. Actualmente, los sistemas de información para la gestión de empresa están en continuo proceso de mejora, dedicando las empresas que desarrollan estos sistemas, gran parte de sus recursos a la investigación, desarrollo e innovación.

Siguiendo esos avances, en el área tecnológica, una de las nuevas tendencias del mercado de los sistemas de información es el desarrollo de software libre. Este nuevo área de desarrollo de los ERP, ofrece muchas oportunidades, pero también nuevos problemas que deben ser analizados y solucionados (Olson 2009).

El presente artículo tiene como objetivo presentar y analizar los principales factores diferenciales entre los ERP propietarios y los ERP de software libre, o FSw ERP (Free Software ERP). Para ello, en primer lugar se revisará la evolución histórica de los sistemas de información para la gestión de empresas, hasta la llegada de los sistemas ERP. Posteriormente, la atención se centrará en los últimos avances en los sistemas de información para la gestión de empresas, tanto en el área funcional como en la tecnológica, así como las tendencias de futuro que están siguiendo los fabricantes de estos sistemas. Tras ello, se describirá brevemente el significado de software libre o Free Software y su filosofía. En el quinto apartado del artículo se analizará la situación actual del FSw ERP en el mercado y las aplicaciones y particularidades que los beneficios del uso del software libre tienen en el caso de estos sistemas, para pasar a presentar en el sexto apartado los factores diferenciales de los FSw ERP respecto a los ERP propietarios. Finalmente se presenta una exposición de las conclusiones del trabajo realizado.

2. Evolución histórica de los Sistemas de Información para la Gestión en la Empresa

Desde la aparición de las primeras computadoras, los sistemas de información se han ido introduciendo en las empresas, como una potente herramienta para optimizar y mejorar su gestión. Esta entrada de los sistemas de información en la empresa, ha sido progresiva, de manera que los sistemas de información han evolucionado en función de su área de aplicación y de la tecnología existente en cada momento.

Por ello, los sistemas de información para la gestión en la empresa han evolucionado, pasando desde el software para la gestión contable y el software de control de stocks, al MRP (Material Requirement Planning), MRP II (Manufacturing Resources Planning), hasta llegar finalmente a los sistemas de información para la gestión de empresa actuales, los ERP (Enterprise Resources Planning) (Ferran & Salim 2008).

Se considera a los sistemas ERP como la consecuencia de la evolución y sofisticación de los sistemas de gestión de inventarios durante los últimos cincuenta años. (McGaughey & Gunasekaran 2009; Andonegi (McGaughey & Gunasekaran 2009; Andonegi et al. 2005; Møller 2005; Motwani et al. 2005; Ferran & Salim 2008; Gunasekaran 2009) 2005; Møller 2005; Motwani et al. 2005; Ferran & Salim 2008; Gunasekaran 2009).

En la última década, se han dado diferentes definiciones de un sistema ERP como «un sistema compuesto por varios módulos, tales como, recursos humanos, ventas, finanzas y producción, que posibilitan la integración de datos a través de procesos de negocios incrustados. Estos paquetes de software pueden ser configurados para responder a las específicas necesidades de cada organización» (Esteves & Pastor 1999) o «sistemas de información que integran los procesos claves del negocio de forma tal que la información pueda fluir libremente entre las diferentes partes de la firma, mejorando con ello la coordinación, la eficiencia y el proceso de toma de decisiones» (Laudon & Laudon 2004).

Más recientemente, en (Aberdeen Group, Inc. 2004) se define un ERP como «la infraestructura de software que, por un lado da soporte a todos los procesos internos de la compañía, y por el otro, apoya a los procesos de negocios externos de la empresa». Esta definición difiere de las anteriores, ya que en este caso se está dotando al sistema ERP de una funcionalidad de «apoyo» a conexión con otros sistemas. En este caso se tiene en cuenta que la empresa interactúa con su entorno (e-business) y se generan modelos de «integración virtual» de cadenas de valor de todos los «players» (jugadores) del ecosistema empresarial, ofreciendo soluciones para la gestión del Comercio electrónico (B2B y B2C), de las relaciones con el cliente (CRM), Optimización de la cadena de suministros (SCM), Gestión de Relaciones con proveedores (SRM), etc. Esta diferencia hizo que los primeros ERP que incorporaron dicha integración con el exterior; con su entorno, se denominaran inicialmente como «ERP II», (Bond et al. 2000; Weston Jr. 2003; Møller 2005; Beatty & Williams 2006) para distinguirlos de los ERP «tradicionales». Sin embargo, todos los ERP han evolucionado hacia ese modelo de sistema, por lo que el término ERP II ha desaparecido, siendo absorbido por el término ERP, que ya incorpora esa funcionalidad de integración e interacción con su entorno (Møller 2005).

3. Los últimos avances en los ERP y las tendencias futuras

Los últimos avances que se han producido en los ERP, se pueden clasificar en dos líneas. Por un lado la línea funcional, que desarrolla nuevas funciones dentro del sistema, con el objeto de poder gestionar la información de áreas de negocio, y de la empresa, aún no cubiertas. Por otro lado, la línea técnica, que

incorpora los nuevos avances tecnológicos a los sistemas de información.

En cuanto a avances funcionales, se pueden destacar algunas funcionalidades que se han añadido en los últimos años en los ERP como son, SCM (Supply Chain Management), CRM (Customer Relationship Management), PLM (Product Lifecycle Management), DW (Data Warehouse), SRM (Supplier Relationship Management), CMI (Cuadro de Mando Integral), KMS (Knowledge Management System), BI (Business Intelligence), TPV (Terminal Punto de Venta), etc. (Oltra *et al.* 2009).

Por otra parte, en cuanto a avances técnicos, se pueden destacar la programación abierta, la programación orientada a objetos, la estructura de programación en capas y diferentes avances en cuanto a la arquitectura de sistemas (Oltra *et al.* 2009).

3.1. Tendencias de futuro

Es importante analizar hacia donde se prevé que evolucionen los sistemas ERP, qué nuevas funcionalidades contemplarán y qué retos deben superar para permitir la correcta evolución de las empresas en un entorno tan cambiante como el actual. Estas tendencias se pueden clasificar también en dos tipos: las tendencias funcionales y las tendencias técnicas.

Se puede decir que dentro de las tendencias funcionales, a su vez, existen dos tendencias de incorporar nuevas funcionalidades en los ERP (aunque la mayoría de los fabricantes de ERP siguen las dos líneas en paralelo).

Por un lado, está la apertura de los sistemas de información para la gestión de empresas, a la integración con otros sistemas específicos, que cubren necesidades específicas, o de áreas específicas dentro de la empresa. De esta forma se integran con otros sistemas especializados en algún área funcional concreta de la empresa, como por ejemplo son los sistemas de gestión del ciclo de vida del producto o sistemas PLM (Product Lifecycle Management), o con sistemas de gestión de la cadena de suministro o sistemas SCM (Supply Chain Management) (Meléndez 2003; Bose *et al.* 2008).

Por otro, está la tendencia a tratar de abarcar toda la funcionalidad posible, integrando las funciones que hasta ahora ofrecen otros sistemas, dentro del propio ERP, como sucede en el caso de la SCM, que muchos ERP tratan de absorber (Meléndez 2003; Møller 2005; Bose *et al.* 2008).

En cuanto a las tendencias técnicas actuales, se pueden destacar el hosting de aplicaciones mediante Applications Service Providers (ASP) (Trimi *et al.* 2005; Olson 2007), el *outsourcing* de los sistemas de información (González 2009), el m-Commerce (Oltra *et al.* 2009; Iglesias 2009) y el Software libre (Olson 2009; Ferran & Salim 2008; Gunasekaran 2009). Este trabajo se centra en esta última tendencia técnica de futuro de los ERP, el uso de software libre.

4. El Software Libre. Free Software (FSw)

Para poder analizar posteriormente los ERP de Software Libre, que en adelante denominaremos mediante las siglas FSw ERP (Free Software Enterprise Resources Planning) y su tendencia e influencia en el mercado, es imprescindible definir lo que es el software libre.

El origen del software libre se remonta a los años 1950 y 1960, cuando el software se vendía, y se intercambiaban diferentes desarrollos en foros de usuarios (Hars & Ou 2002). Sin embargo, su verdadero despegue fue probablemente cuando Richard Stallman fundó la Free Software Foundation, que proporcionó la base conceptual para el software libre. Tras ello, la evolución de este nuevo concepto de desarrollo de software fue muy rápida, y en la actualidad, la industria del software libre es una industria madura y con mucha importancia en algunas áreas (Bruce *et al.* 2006). Como ejemplos de aplicación, se pueden mencionar sistemas operativos, servidores de aplicaciones y herramientas de seguridad. Sin embargo, cuando se trata de desarrollo de sistemas de gestión empresarial, y en particular de ERP, la industria del software libre aún no ha alcanzado la madurez.

Tal y como fue concebido por Richard Stallman en su definición (Stallman 2002), el término software libre se refiere a libertad, y concretamente a cuatro libertades. Libertad para:

1. Ejecutar el programa en cualquier sitio, con cualquier propósito y para siempre.
2. Estudiarlo y adaptarlo a nuestras necesidades. Esto exige el acceso al código fuente.
3. Redistribución, de modo que se nos permita colaborar con vecinos y amigos.
4. Mejorar el programa y publicar las mejoras. También exige el código fuente.

Todo ello tiene consecuencias beneficiosas, tanto para el usuario final, como para el desarrollador, el in-

tegrador, o aquel que proporciona mantenimiento y servicios, que pueden variar según el destinatario. En base a esto, el software libre trae consigo numerosas ventajas y por el contrario, muy pocas desventajas, muchas de ellas exageradas (o falseadas) por la competencia propietaria (Barahona et al. 2003).

Es importante mencionar que, como consecuencia de estas libertades, el modelo de costes del software libre es muy distinto del propietario, ya que gran parte de él se desarrolla con mecanismos de trueque, intercambiando programación entre diferentes desarrolladores. Pero además, gran parte de los costes de desarrollo disminuyen por el hecho de ser libre, ya que los programas nuevos no tienen por qué empezar desde cero, sino que pueden reutilizar software ya hecho. La distribución tiene también un coste mucho menor, ya que se hace vía Internet y con propaganda gratuita en foros públicos destinados a ello.

Otra consecuencia de las libertades es la calidad, que se deriva de la colaboración voluntaria de gente que contribuye o que descubre y reporta errores en entornos y situaciones inimaginables por el desarrollador original. Además, si un programa no ofrece la calidad suficiente, la competencia puede tomarlo y mejorarlo, partiendo de lo que hay. Así, dos poderosos mecanismos como son la colaboración y la competencia, se combinan en aras de la calidad.

5. El ERP de software libre o FSw ERP (Free Software Enterprise Resources Planning)

El FSw ERP, es un ERP que se concibe y desarrolla bajo los principios del software libre, y cumpliendo las cuatro libertades que éste defiende. En cuanto a la nomenclatura utilizada, hay que reseñar que en otros trabajos se ha utilizado el término OSS ERP Open Source Software ERP (OSS ERP). Sin embargo, en este trabajo se utiliza el término Free Software ERP (FSw ERP), debido a la alineación de los autores con este movimiento de software libre, es decir, la motivación por tratar de compartir el conocimiento, en aras de un beneficio global (Stallman 2002).

El estudio del FSw ERP que se presenta en este trabajo viene originado por la escasez de trabajos en este área. En la última década, ha habido un interés creciente en los ERP, así como en los sistemas de software libre y de código abierto. (Johansson & Sudzina 2008). Sin embargo, la combinación de estas dos

áreas, es decir, el ERP de Software libre, o Free Software ERP (FSw ERP) no ha recibido tanta atención como las dos áreas por separado, pese a que este tipo de software ya está en el mercado, y que puede tener un gran potencial de crecimiento, sobre todo en su implantación en las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Como se puede leer en (Boulanger 2005), los FSw ERP han evolucionado y mejorado desde su aparición, y actualmente están desarrollados y diseñados para su consumo en masa. Esto puede cambiar la situación del mercado, y los proveedores de software ERP propietario deberán hacer frente a algunos desafíos si quieren permanecer en el negocio. Pero su uso es aún muy inferior al uso de otras aplicaciones de software libre, como bases de datos, sistemas operativos, navegadores, etc.

Generalmente esto es debido a la falta de confianza existente en este tipo de software en la mayoría de las empresas (Bonet 2007). Es necesario recordar que un ERP gestiona información crítica y confidencial de la empresa, ejecutando procesos de gran complejidad, y que en ocasiones son la diferencia competitiva de la empresa. Por ello, las empresas son reticentes en confiar toda la gestión de su información en un sistema, si este no tiene una reputación que lo convierta en un sistema de su absoluta confianza.

Sin embargo, esta falta de confianza es un hecho con el que han tenido que lidiar todas las software pioneros y que han revolucionado los conceptos de desarrollo, y finalizará cuando existan suficientes casos de éxito que demuestren que el FSw ERP está maduro para su incorporación masiva al mercado. Este momento está muy cerca del momento actual, dado que cada vez hay más empresas utilizando FSw ERP, y aunque aún son relativamente pocas, el crecimiento comienza a ser exponencial como se puede extraer de la lectura de (Johansson & Sudzina 2008).

Por tanto, se puede decir que la confianza, o la fiabilidad que tiene el ERP, es uno de los factores decisivos para su elección. Por lo general, actualmente, las empresas que quieren implantar un ERP, tienen una mayor confianza en los ERP propietarios que en un FSw ERP. Parece que este, y el coste del programa, sean los factores que más influyen en la percepción que las empresas tienen de los ERP de uno y otro tipo. Sin embargo, hay más factores que diferencian un ERP propietario y un FSw ERP, y que deberían tenerse en cuenta. A continuación se presentan estos factores diferenciales.

6. Factores diferenciales entre un FSw ERP y un ERP propietario

A continuación se describen los factores diferenciales entre un FSw ERP y un ERP propietario. Estos factores son clave en la elección entre estos dos tipos de ERP, como se verá en la explicación de cada uno de ellos, y por ello, deben ser tenidos en consideración, tanto por las empresas que deban seleccionar un ERP, como por las empresas que desarrollan dichos ERP, para poder hacer un análisis DAFO de su situación frente a sus competidores. Las referencias a los ERP propietarios que se hacen en el presente trabajo, se abordan desde el punto de vista de soluciones orientadas a las PYMES, que es actualmente el mercado objetivo principal de los fabricantes de ERP (Trimi *et al.* 2005). Se hace esta aclaración porque los factores que se van a analizar, y las consideraciones que se hacen respecto a ellos, pueden ser sustancialmente diferentes entre las soluciones de ERP propietario enfocadas a grandes empresas o multinacionales y las enfocadas a las PYMES.

6.1. Factor costes

Inicialmente, el coste parece ser el factor fundamental y que recibe más atención en la decisión de adoptar un FSw ERP. Generalmente, las licencias de uso de los ERP propietarios son caras, lo cual, sobre todo, ha restringido su acceso a las PYMES (Smets-Solanes & Carvalho 2003; Johansson & Sudzina 2008). Sin embargo, actualmente, los FSw ERPs existentes cambian esta situación, ya que su licencia es gratuita y ello sitúa este grupo de sistemas ERP al alcance de cualquier empresa. (Serrano & Sarriegi 2006).

Por otra parte, hay que decir que el software libre, a pesar del hecho de que puede ser usado de forma gratuita, tiene costes importantes a considerar relacionados con el uso, tales como los costes de aprendizaje, los costes de instalación y costes de mantenimiento. (Economides & Katsamakos 2006).

En el caso de los ERP, es importante tener en cuenta los costes asociados que tiene la implantación y uso del ERP. Basado en el coste de implantación de un EIS (Enterprise Information System) presentado en (Olson 2009), se puede extraer que los costes de implantación de un ERP se pueden resumir en tres grupos fundamentales, que son:

- Coste de las licencias del programa.
- Coste de adquisición del hardware necesario.
- Coste de los servicios necesarios para la implantación.

Según dicho estudio, la proporción de estos costes, y su agrupación en base a estos tres conceptos básicos es la que aparece en la Tabla I. Los datos de la tabla están basados en un estudio presentado en (Olson 2009), en el que se estudia este aspecto para las implantaciones de ERP en Estados Unidos y Suecia. En este caso, se supone extrapolable este análisis y sus resultados a otros países, ya que las proporciones, si bien diferentes, son de un orden similar.

Tabla I
Distribución de los Costes de Instalación de un ERP.
Adaptada de (Olson 2009)

Concepto	Grupo	EE.UU. (%)	Suecia (%)
Software	Software	30	24
Hardware	Hardware	18	19
Consultoría	Servicios	24	30
Implantación	Servicios	14	12
Formación	Servicios	11	14
Otros	Otros	3	1

De estos tres tipos de coste, del relativo al hardware, en el caso de las PYMES, se puede decir que es similar en ambos casos, tanto para el FSw ERP, como para el ERP propietario (Johansson & Sudzina 2008).

En cuanto al relativo a las licencias, es el más diferencial, dado que en el caso del FSw ERP, este coste, directamente no existe, ya que las licencias son gratuitas, mientras que en el caso de los ERP propietarios, es un coste importante dentro del proyecto, como se puede ver en la Tabla I.

El tercer tipo de coste, es el de los servicios. Este tipo de coste, relativo a los servicios necesarios para la implantación y adaptación del ERP, es necesario tanto en el caso del FSw ERP, como en el del ERP propietario. Sin embargo, actualmente se puede decir que es más fácil encontrar especialistas y empresas dedicadas a la implantación de ERP propietarios, que de FSw ERP. Esto puede hacer que el precio por hora de los servicios para la implantación de un FSw ERP sea mayor que en el caso de un ERP propietario, ya que casi no hay especialistas, como sucede en algunos productos (Johansson & Sudzina 2008). Por tanto, si la empresa que implanta el FSw ERP no es autónoma al 100% y debe contratar servicios de consultoría (como suele suceder), puede encontrarse que las tarifas de consultoría son más caras que en el caso del ERP propietario. Pero, por el contrario, también hay que decir que, de momento, pocas empresas apuestan por la implantación de FSw ERP, por

lo que los consultores que se dediquen a la implantación de este tipo de sistemas, no pueden tener unas tarifas excesivamente altas, dado que así minarían la que posiblemente, de momento, sea su mayor ventaja competitiva, que es el coste global del proyecto.

Finalmente, hay que destacar que aunque el coste es el primer factor que se relaciona con el software libre, parece ser un factor importante, pero secundario en la elección de un FSw ERP o un ERP propietario (Johansson & Sudzina 2008). (Johansson & Sudzina 2008).

6.2. Factor adaptabilidad y capacidad de desarrollo

Otro de los factores que diferencia los FSw ERP y los ERP propietarios es la adaptabilidad del software. Una revisión de la literatura existente sobre los ERP muestra que el principal problema que se presenta en la implantación de un ERP, es el desajuste entre la funcionalidad del ERP y los requisitos empresariales. (Shehab et al. 2004; Botta-Genoulaz et al. 2005). Este posible desajuste entre los procesos del ERP y de la empresa, es un factor muy importante a tener en cuenta en la selección del paquete de software (Soh et al. 2000). El problema del «desajuste» o «gap» significa que hay una brecha entre la funcionalidad ofrecida por el ERP y la funcionalidad requerida por la organización en la que se va a implantar (Johansson & Carvalho 2009).

Por tanto, debido a ese «gap», la implantación de un ERP requiere que se hagan modificaciones en los procesos de las empresas en las que es implantado, así como adaptaciones de la funcionalidad del ERP a las necesidades de la empresa (Johansson & Carvalho 2009), lo que se denomina generalmente como «desarrollos». Esta adaptación mutua de la empresa al ERP y del ERP a la empresa, suele necesitar de la participación de empresas de consultoría. Este es un hecho independiente de si el ERP es de código abierto o propietario.

Sin embargo, la naturaleza de «caja negra» de muchos ERP propietarios (Johansson & Carvalho 2009) impide la comprensión y, finalmente, la mejora de los procesos de negocio que implementan. Hay que recordar que el ERP influirá en gran medida en la gestión de los procesos clave dentro de la empresa. Por tanto, si el ERP y la forma en que gestiona algunos procesos es una especie de «caja negra» (que no se sabe demasiado bien como funciona, y que no puede ser modificada), algunas decisiones importantes

respecto a la forma de tratar procesos de negocio importantes en la empresa, deberán ajustarse a lo que el ERP hace, es decir, recaen en el programador del software y no en el gerente de la empresa (Johansson & Sudzina 2008). Evidentemente, esto no es muy recomendable.

Sin embargo, en el caso del FSw ERP, el código es abierto, y esto posibilita que las empresas que lo van a utilizar, el usuario final, pueda participar de forma activa en los desarrollos y modificaciones del software (Johansson & Carvalho 2009). Este hecho, hará que los desarrollos se ajusten más a las necesidades reales del usuario, es decir, disminuirá de una forma más efectiva el gap existente entre el ERP y la empresa que lo va a utilizar. Por tanto, tener acceso al código fuente completo, posibilita esta modificación del software, y es por tanto beneficiosa para la empresa que implanta y utiliza el ERP (Serrano & Sarriegi 2006; Olson 2009). Evidentemente, para que esta posibilidad sea aprovechada por la empresa usuaria del FSw ERP, ésta debe asumir un papel activo en el uso y desarrollo del sistema (Johansson & Carvalho 2009).

En esta línea hay que añadir que la mayoría de los ERP propietarios no pueden ser modificados sustancialmente en la forma en que gestionan los procesos de negocio (Johansson & Sudzina 2008). Sí es posible en muchos casos una personalización básica, como desarrollar informes, consultas, visualización de pantallas, etc. Sin embargo, no es posible modificar los procesos complejos, que en ocasiones son los procesos clave de la empresa, que la diferencian de su competencia y por ello deben estar adecuados a sus necesidades particulares, como puede ser el proceso de gestión de producción, la programación maestra, la facturación, etc.

En cuanto a la gestión y ejecución de los desarrollos, hay que mencionar que no es significativamente diferente entre el FSw ERP y el ERP propietarios (Johansson & Carvalho 2009).

6.3. Factor dependencia del proveedor

Las empresas que adquieren un ERP propietario son muy dependientes de los desarrolladores y distribuidores de estos sistemas, es decir, de los propietarios del código fuente. Si estos agentes desaparecen por cualquier motivo, la mejora y el mantenimiento del ERP pueden tener problemas significativos, ya que generalmente, solo los desarrolladores del ERP tienen el conocimiento total del sistema. Debido a esta circunstancia, se depende de ellos para realizar actuali-

zaciones del sistema y desarrollos de nuevos requerimientos de una envergadura importante (Serrano & Sarriegi 2006).

Por lo general es el fabricante quien desarrolla las nuevas versiones del ERP. Empresas asociadas de alguna forma al fabricante, como consultoras u otras empresas especializadas que posean acceso al código fuente, realizan los desarrollos para adaptar el software a las empresas en las que se implanta. Por tanto, es evidente que hay una dependencia de ellos muy fuerte.

Sin embargo, se puede decir que mientras exista el proveedor, el fabricante, la incorporación en el ERP de los requerimientos necesarios que puedan surgir, por ejemplo debidos a un cambio de legislación, están garantizados. Además, se puede decir que las empresas que están asociadas a los desarrolladores, normalmente consultoras, proporcionan un servicio profesional de calidad (Johansson & Sudzina 2008). Los fabricantes de ERP propietario a menudo ofrecen programas de certificación, para garantizar dicha calidad de servicio.

También hay que destacar que los proveedores de ERP propietarios, generalmente dan soporte de varias de las últimas versiones de sus ERP (Johansson & Sudzina 2008). Proporcionar este soporte es mucho más complejo en el caso del FSw ERP, ya que todos los usuarios pueden modificar y añadir nuevos desarrollos al sistema, y con ello, puede haber múltiples versiones de un FSw ERP y es mucho más difícil encontrar un experto que pueda dar soporte de una «sub-versión» determinada del FSw ERP.

Por tanto, se puede decir que en el caso del ERP propietario hay una dependencia del proveedor (tanto del ERP, como de los servicios de implantación) muchísimo mayor que en el caso del FSw ERP, aunque esa dependencia, que inicialmente puede parecer un inconveniente, va asociada a la prestación de una serie de servicios, que pueden ser muy ventajosos para la empresa que implanta un ERP.

6.4. Factor modularidad

En (MacCormack et al. 2006) se establece que el código abierto y el código propietario muestran una diferencia en la modularidad, siendo el código abierto más modular que el software propietario. La razón es que este tipo de desarrollo (software libre), implica a menudo una gran cantidad de desarrolla-

dores, y cada uno se encarga de una pequeña porción (módulo) del sistema.

Como una de las principales ventajas de la modularidad, se puede destacar que al realizar un desarrollo dentro de un sistema modular, no es necesario tomar el código completo en consideración y es posible realizar un desarrollo para una finalidad concreta, sin necesidad de conocer e implicar otras funciones del sistema (Johansson & Sudzina 2008). Esto reduce notablemente la complejidad de desarrollar nuevas funcionalidades, o de adaptar un ERP a las necesidades concretas de una empresa, por lo que es una ventaja muy significativa.

6.5. Factor calidad de software

Los sistemas de software libre son una alternativa viable frente a los sistemas propietarios cuando se toma la calidad del software y la fiabilidad en consideración (Boulanger 2005).

Una vez que una masa crítica de usuarios del software libre se ha formado, el impulso del esfuerzo combinado de todos los usuarios, producirá sistemas de calidad, que en muchas ocasiones cumplen y superan la seguridad y la métrica de fiabilidad de sus homólogos propietarios, y a un costo mucho menor (Boulanger 2005). Diferentes usuarios del ERP pueden tener un mismo problema, que necesite una adaptación o desarrollo, y pueden aportar diferentes puntos de vista y enfoques de solución, aprovechando la sinergia entre ellos, y dando lugar a un resultado mejor que la solución que cada uno de ellos podría dar de forma individual.

Sin embargo, para que el software desarrollado alcance un nivel de calidad elevado, es imprescindible que esa masa crítica de usuarios se forme, y actúe compartiendo conocimiento, cooperando unos con otros y ayudándose mutuamente mediante el reporte y solución de posibles errores, la aportación de nuevas funcionalidades desarrolladas, etc. Por tanto, es importante que las organizaciones modifiquen su punto de vista del sistema, que debe pasar de un punto de vista de usuario, a uno de desarrollador, para así poder aprovechar la posible sinergia del resto de desarrolladores (Johansson & Carvalho 2009).

Esto se realiza generalmente a través de foros en internet y, en los últimos tiempos, a través de grupos en redes sociales como LinkedIn o Facebook, entre otras. De esta forma, se crean comunidades de usua-

rios que incluyen tanto a clientes como a proveedores y partners del ERP, que se encargan de revisar y mejorar el código, con lo cual, la empresa que utiliza el ERP puede incorporar siempre las mejoras que le sean beneficiosas (Olson 2009).

7. Conclusiones

El presente trabajo tiene como objetivo identificar y definir los principales factores que diferencian los FSw ERP de los ERP propietarios. Para ello, inicialmente se ha realizado una breve revisión de la evolución histórica de los sistemas de información para la gestión de empresa, y se ha explicado brevemente lo que es el software libre y su filosofía. Tras ello, se han definido los FSw ERP y los principales factores que los diferencian frente a los ERP propietarios. Estos principales factores diferenciales se pueden resumir en cinco, como son el coste, la adaptabilidad y capacidad de desarrollo, la dependencia del proveedor, la modularidad y la calidad. Cada uno de ellos diferencia de una u otra forma los FSw ERP de los ERP propietarios. Se puede concluir, tras el trabajo realizado, que el coste es menor en el caso del FSw ERP, así como la dependencia del proveedor de software, mientras que la facilidad de adaptación, la modularidad y la calidad del software son mayores en el FSw ERP, respecto al ERP propietario. Evidentemente, estas conclusiones no son taxativas, y deberán tenerse en cuenta los diferentes factores identificados en el artículo para emitir un juicio en cada caso concreto que desee analizarse.

Las reflexiones que se presentan en este trabajo en cuanto a los factores que diferencian los ERP propietarios y los FSw ERP, son de interés tanto para los desarrolladores de ERP propietarios, como para las PYMES, ya que muestran que hay otras razones, aparte de los costes, para decidir la implantación de un FSw ERP o uno propietario. Sin embargo, es importante destacar que en este trabajo tan solo se pretende identificar y explicar las diferencias entre estos dos tipos de sistema, sin entrar a discutir cuál de ellos y bajo qué criterios y/o circunstancias, puede ser más conveniente uno u otro. Esta es una cuestión que puede abordarse en otros trabajos futuros. Así, tras este trabajo, surgen diferentes líneas de investigación futuras en este mismo campo, entre las que se pueden destacar: a) el análisis detallado de los beneficios del FSw en la gestión de empresas y sus implicaciones en el caso particular de los ERP, b) el estudio de las ventajas y desventajas de los FSw ERP y los ERP propietarios en diferentes casos y en base a diferentes criterios, c) el estudio de merca-

do de los FSw ERP actuales, su implantación y comparativas entre ellos, así como con los ERP propietarios más característicos y d) un análisis comparativo entre una muestra de empresas usuarias de FSw ERP y ERP propietarios en el caso de nuestro país, España, y en comparación con la situación de otros países.

Bibliografía

- ABERDEEN GROUP, INC., 2004. The ABCs of ERP An Executive Primer. *Aberdeen Group, Inc.* Available at: download.microsoft.com/download/6/e/e/6ee823c4-00a4-4ca2-8836-7f3fd5c78c1e/erp_primer_aberdeen.pdf.
- ANDONEGI, J.M., CASADESÚS, M. & ZAMANILLO, I., 2005. Evolución Histórica de los Sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, 12, 61-72.
- BARAHONA, J.G., PASCUAL, J.S. & ROBLES, G., 2003. *Introducción al software libre*, Eureka Media, Barcelona.
- BEATTY, R.C. & WILLIAMS, C.D., 2006. ERP II: Best Practices for succesfully implementing an ERP Upgrade. *Communications of the ACM*, 49(3), 105 - 109.
- BOND B., GENOVESEY, MIKLOVIC D., WOOD N., ZRIMSEK B., RAYNER N., 2000. ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II. *New York: Gartner Group.* Available at: http://www.uncg.edu/bae/people/holderness/readings/ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II.pdf.
- BONET, S., 2007. Problemas detectados en la difusión del software libre en las empresas. *Mundo Linux* (97), 33.
- BOSE, I., PAL, R. & YE, A., 2008. ERP and SCM systems integration: The case of a valve manufacturer in China. *Information & Management*, 45(4), 233-241.
- BOTTA-GENOULAZ, V., MILLET, P. & GRABOT, B., 2005. A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry*, 56(6), 510-522.
- BOULANGER, A., 2005. Open-source versus proprietary software: is one more reliable and secure than the other? *IBM Systems Journal*, 44(2), 239-248.
- BRUCE, G., ROBSON, P. & SPAVEN, R., 2006. OSS opportunities in open source software CRM and OSS standards. *BT Technology Journal*, 24(1), 127-140.
- CUENCA, L. & BOZA, A., 2006. Estudio comparativo de paquetes ERP. En *X Congreso de Ingeniería de Organización*. X Congreso de Ingeniería de Organización. Valencia.
- ECONOMIDES, N. & KATSAMAKAS, E., 2006. Two-Sided Competition of Proprietary vs. Open Source Techno-

- logy Platforms and the Implications for the Software Industry. *Management Science*, 52(7), 1057-1071.
- ESTEVEZ, J. & PASTOR, J., 1999. An ERP lifecycle-based research agenda. En *1º International Workshop on Enterprise Management Resource and Planning Systems EMRPS*. 1º International Workshop on Enterprise Management Resource and Planning Systems EMRPS. Venecia, págs. 359 - 371.
- FERRAN, C. & SALIM, R., 2008. *Enterprise Resource Planning for Global Economies: Managerial Issues and Challenges* NetLibrary, Inc Premier Reference Source, Idea Group Inc (IGI), 2008.
- GONZÁLEZ, M.R. 2009. ¿Tiene éxito el Outsourcing de Sistemas de Información? *Revista Dirección y Organización* 38, 5-15
- GUNASEKARAN, A., 2009. *Global Implications of Modern Enterprise Information Systems Technologies and Applications*, Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- HARS, A. & OU, S., 2002. Working for Free? Motivations for Participating in Open-Source Projects. *Int. J. Electron. Commerce*, 6(3), 25-39.
- HELO, P., ANUSSORNITISARN, P. & PHUSAVAT, K., 2008. Expectation and reality in ERP implementation: Consultant and solution provider perspective. *Industrial Management and Data Systems*, 108(8), 1045-1059.
- IGLESIAS S., PASCUAL J.F. CHAPARRO J.J. & HERNÁNDEZ A. 2009. Influencia de las características del puesto de trabajo en la implantación de TIC móviles en la organización. *Revista Dirección y Organización*, 38, 47-57.
- JOHANSSON, B. & CARVALHO, R., 2009. Management of requirements in ERP development: a comparison between proprietary and open source ERP. En *Proceedings of the 2009 ACM symposium on Applied Computing*. Honolulu, Hawaii: ACM, págs. 1605-1609. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1529642&dl=ACM> [Accedido Julio 5, 2010].
- JOHANSSON, B. & SUDZINA, F., 2008. ERP systems and open source: an initial review and some implications for SMEs. *Journal of Enterprise Information Management*, 21, 649-658.
- LAUDON, K. & LAUDON, J., 2004. *Sistemas de información gerencial: administración de la empresa digital* 8º ed., México: Pearson Educacion.
- LEE, J., SIAU, K. & HONG, S., 2003. *Enterprise Integration with ERP and EAI*. *Communications of the ACM*, 46(2), 54-60.
- MACCORMACK, A., RUSNAK, J. & BALDWIN, C.Y., 2006. Exploring the Structure of Complex Software Designs: An Empirical Study of Open Source and Proprietary Code. *Management Science*, 52(7), 1015-1030.
- MCGAUGHEY, R.E. & GUNASEKARAN, A., 2009. *Selected Readings on Strategic Information Systems. Chapter XXIII Enterprise Resource Planning (ERP): Past, Present and Future*, Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- MELÉNDEZ, E., 2003. Soluciones de Proceso SCM (Supply Chain Management) frente a Soluciones de Negocio ERP (Enterprise Resource Planning). *Anales de mecánica y electricidad*, 17-22.
- MØLLER, C., 2005. ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems? *Journal of Enterprise Information Management*, 18(4), 483-497.
- MOTWANI, J., SUBRAMANIAN, R. & GOPALAKRISHNA, P., 2005. Critical factors for successful ERP implementation: Exploratory findings from four case studies. *Computers in Industry*, 56(6), 529-544.
- OLSON, D.L., 2007. Evaluation of ERP outsourcing. *Computers & Operations Research*, 34(12), 3715-3724.
- OLSON, D.L., 2009. Evolution of and Research in Enterprise Information Systems. *Journal of Enterprise Information System*, 1(1), 10-20.
- OLTRA, R.F., GIL, H. & OLTRA, J.V., 2009. Evolución y tendencias de los sistemas de información para la gestión en la empresa: el m-commerce. En *Tecnologías de futuro en tiempos de incertidumbre*. VI Congreso SOCOTE-I Congreso Iberoamericano SOCOTE. Valencia, págs. 212-230.
- QUIESCENTI, M., BRUCCOLERI, M., LA COMMARE, U., NOTO LA DIEGAS, S. & PERRONE, G., 2006. Business process-oriented design of Enterprise Resource Planning (ERP) systems for small and medium enterprises. *International Journal of Production Research*, 44, 3797-3811.
- SERRANO, N. & SARRIEGI, J., 2006. Open source software ERPs: a new alternative for an old need. *Software, IEEE*, 23(3), 94-97.
- SHEHAB, E.M., SHARP, M.W., SUPRAMANIAM, L. & SPEDDING, T.A., 2004. Enterprise resource planning: An integrative review. *Business Process Management Journal*, 10, 359-386.
- SMETS-SOLANES, J. & CARVALHO, R.A.D., 2003. ERP5: A Next-Generation, Open-Source ERP Architecture. *IT Professional*, 5(4), 38-44.
- SOH, C., KIEN, S.S. & TAY-YAP, J., 2000. Enterprise resource planning: cultural fits and misfits: is ERP a universal solution? *Communications of the ACM*, 43(4), 47-51.
- STALLMAN, R.M., 2002. *Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman*, Gnu Press. Available

at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=579318> [Accedido Septiembre 28, 2009].

TRIMI S., LEE S.M., OLSON D.L. & ERICKSON J., 2005. Alternative means to implement ERP: Internal and ASP. *Industrial Management & Data Systems*, 105(2), 184-192.

UMBLE, E.J., HAFT, R.R. & UMBLE, M.M., 2003. Enterprise resource planning: Implementation procedures and cri-

tical success factors. *European Journal of Operational Research*, 146(2), 241-257.

WESTON JR., F.C., 2003. ERP II: The extended enterprise system. *Business Horizons*, 46(6), 49-55.

Capítulo 4

*La falta de homogeneidad del producto (FHP) en
las empresas cerámicas y su impacto en la
reasignación del inventario.*

Capítulo 4

Resumen del Artículo 3: “*La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario*”

En el artículo 1 de esta tesis doctoral, titulado “Evolution and trends of information systems for business management. The m-business. A review”, se identifica el desarrollo de soluciones verticales para sectores concretos (la “verticalización”) como una de las tendencias que se prevé que sigan los fabricantes de sistemas de información para la gestión de empresas.

Es evidente que para desarrollar la solución vertical, específica y adecuada a las particularidades de gestión de un sector concreto, es imprescindible conocer bien las particularidades del sector y, sobre todo, las necesidades específicas en cuanto a sistemas de información para la gestión.

En el caso concreto del sector cerámico, una de las características particulares que se pueden encontrar y a la que se han de adaptar los sistemas de información, y en particular los Enterprise Resources Planning (ERP), es la falta de homogeneidad en el producto (FHP).

El artículo que se presenta a continuación, tiene como objetivo principal mostrar cómo, desde la perspectiva de la Dirección de Operaciones, las decisiones relativas a la asignación y reasignación de inventario son fundamentales para alcanzar la necesaria flexibilidad que permita el cumplimiento de los compromisos adquiridos con el cliente de la manera más eficiente para la empresa, especialmente en contextos en los que existe FHP, como es el caso del sector cerámico.

Para ello, en primer lugar se define el concepto de FHP, y se analiza la problemática que la FHP genera en las empresas cerámicas.

Posteriormente, se identifican las situaciones en las que una determinada asignación de Available to Promise (ATP) a pedidos puede dejar de ser adecuada y se propone la reasignación como una forma de búsqueda de nuevas asignaciones válidas. Se analiza el impacto de la FHP en cada una de las situaciones identificadas, observando que la FHP provoca una de éstas situaciones y complica, en todas ellas, la reasignación del inventario a pedidos. Para cada una de las situaciones de reasignación analizadas, se presentan datos numéricos que permiten entender fácilmente cómo se produce la correspondiente situación y cómo influye la FHP en ella.

Una de las principales aportaciones del presente trabajo es la descripción de la problemática

de la FHP y su conexión con la gestión del ATP y la reasignación de inventario. Tras el análisis realizado, cabe concluir que la FHP provoca la atomización del inventario y aumenta considerablemente la complejidad de la reasignación de inventario, dificultando la obtención de soluciones factibles y adecuadas.

Para poder abordar esta compleja situación será necesaria la utilización de herramientas de ayuda a la toma de decisiones que permitan encontrar al decisor las mejores soluciones en el menor tiempo posible.

Actualmente, las empresas cerámicas se suelen apoyar en herramientas basadas en hojas de cálculo. Sin embargo, las hojas de cálculo no son herramientas suficientemente eficientes, debido a la gran cantidad de datos utilizados y las múltiples posibilidades de reasignación, y se hace necesaria la utilización de herramientas más sofisticadas, como modelos de programación matemática o modelos de simulación.

Evidentemente, si se desea desarrollar una solución ERP vertical para el sector cerámico, dicha solución deberá ser capaz de gestionar la problemática surgida de la existencia de FHP que se ha explicado en este artículo, y proporcionar herramientas de ayuda a la toma de decisiones, con el objetivo de aumentar la eficiencia y eficacia en la asignación y reasignación del inventario a los pedidos de clientes.

Datos de publicación del Artículo 3: La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario

Los autores de este artículo son: Faustino Alarcón Valero, María del Mar Eva Almenay Díaz, Francisco Cruz Lario Esteban y Raúl Francisco Oltra Badenes.



Publicación: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
Editor: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
ISSN: 0366-3175
2173-0431
Fecha: Febrero de 2011
Volumen-Nº: 50 - 1
Páginas: 49-57

La revista Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio publica originales inéditos en forma de artículos de revisión, artículos y notas técnicas, de contenido científico o técnico, relacionados con la cerámica y el vidrio en diferentes áreas, entre la cuales está la de ingeniería industrial y de organización.

La revista aparece indizada desde 1998 en las bases de datos ISI-WoS (Science Citation Index, SCI y Journal Citation Reports Science Edition, JCR) entre otras, como única revista en castellano en esta área, y desde 2007 en Scopus-Elsevier. Los índices de impacto principales, referidos al año 2010 que es el último que está disponible, son los siguientes:

Factor de Impacto 2010 (2 años): **0,204**

Factor de Impacto 2010 (5 años): **0,318**

Posición: 20/25 (Q4, Ciencia de Materiales: Cerámica)

SJR 2010: **0,033**

Posición 2010: **64/134** (Q2, Ingeniería Industrial y Manufacturas)

Posición 2010: **70/98** (Q3, Ingeniería: Mecánica de Materiales)

Posición 2010: **36/52** (Q3, Ingeniería: Cerámicas y Materiales Compuestos)

Fuente: ©2010 [Scimago Research Group](#), Data Source: [Scopus](#)®

Este es el tercer artículo dentro de la secuencia de investigación. En él se define el concepto de FHP, y se analiza la problemática que genera en las empresas cerámicas, vista desde la perspectiva de la Dirección de Operaciones, y en concreto, desde su incidencia en las decisiones relativas a la asignación y reasignación de inventario a pedidos.

La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario

F. ALARCÓN, M.M.E. ALEMANY, F.C. LARIO, R.F. OLTRA

Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

La asignación del producto disponible a prometer (ATP) a pedidos en contextos de fabricación contra almacén (MTS) es de la máxima importancia ya que puede influir en la satisfacción del cliente y en los beneficios de la empresa. Sin embargo, una asignación inicial adecuada, puede pasar a ser inadecuada por diversas razones. En estos casos, es necesaria la reasignación del inventario, la cual será más compleja cuanto más ambiciosos sean los objetivos a alcanzar con ella y mayor el volumen de información a utilizar. En este sentido, cabe destacar que la falta de homogeneidad en el producto (FHP), presente en distintos sectores industriales, provoca la atomización del inventario y aumenta la complejidad de la reasignación, dificultando la obtención de soluciones óptimas. En el presente trabajo se describe la problemática de la FHP, primero de manera genérica, y luego, particularizada a empresas cerámicas MTS. Posteriormente, se identifican las situaciones en las que una determinada asignación de ATP puede dejar de ser adecuada en dicho contexto y se propone la reasignación como una forma de búsqueda de nuevas asignaciones válidas. Finalmente, mediante un caso de estudio de una empresa cerámica, se analiza el impacto de la FHP en cada una de las situaciones identificadas, observando que la FHP provoca alguna de éstas situaciones y complica, en todas ellas, la reasignación del inventario a pedidos.

Palabras clave: Asignación de inventario, disponible a prometer (ATP), falta de homogeneidad en el producto (FHP), fabricación contra stock (MTS)

The lack of homogeneity in the product (LHP) in the ceramic tile industry and its impact on the reallocation of inventories

The allocation of the product available-to-promise (ATP) in make-to-stock (MTS) contexts is of the utmost importance as it can influence customer satisfaction and profits of the company. However, a proper initial allocation may become inadequate for several reasons. In these case, it is necessary the reallocation of inventory, which will be more complex the more ambitious goals to achieve with it and increased the amount of information to use. In this regard, it is noteworthy that the lack of homogeneity in the product (LHP), present in different industrial sectors, causes the atomization of the inventory and increases the complexity of the reallocation, difficult to obtain optimal solutions. This paper describes the problems of the LHP, first under a generic perspective and then, particularized to MTS ceramic companies. Subsequently, situations in which a specific allocation of ATP can no longer be appropriate in this context are identified and the reassignment, as a way to search for new valid assignments, is proposed. Finally, through a case study of a ceramic company, the impact of the LHP in each of the situations identified is analyzed, noting that the LHP causes some of these situations and in all of them, complicates the reallocation of inventory to orders.

Keywords: stock allocation, available to promise (ATP), lack of homogeneity in the product (LHP), make to stock (MTS)

1. INTRODUCCIÓN

En la fabricación contra stock ("Make to Stock" ó MTS), algunos de los procesos de negocio fundamentales son pronosticar la demanda, planificar la fabricación, fabricar, almacenar el producto y comprometerse con el cliente para atender sus propuestas de pedido. En el proceso de comprometer pedidos es fundamental el uso del concepto de disponible a prometer o ATP ("Available To Promise"). El ATP puede definirse como *la cantidad disponible, real o planificada, de producto final no comprometida con ningún cliente* (1). El ATP se irá comprometiendo con el cliente mediante el proceso de comprometer pedidos, definido como *el conjunto de actividades que se realizan para analizar en qué medida es posible comprometerse con el cliente sobre la propuesta de pedido que éste entrega a la empresa* (2).

Una adecuada asignación de ATP a las propuestas de pedido es fundamental para conseguir un elevado nivel de satisfacción del cliente y para incrementar los beneficios de la empresa. Sin embargo, una asignación adecuada u óptima en un momento dado, puede pasar a ser no adecuada, no óptima, o incluso infactible, en función de posibles acontecimientos imprevistos como, por ejemplo, un retraso en la llegada de materia prima (3) o la llegada de nuevos pedidos más urgentes que los ya comprometidos (los cuales requieren productos ya reservados). En estos casos, puede ser interesante realizar una reasignación de inventario, tanto del real como del correspondiente a los lotes de producción planificados, a todos los pedidos ya comprometidos y a los nuevos que se pretendan comprometer, con el objetivo de mejorar el

nivel de servicio al cliente, al tiempo que se incrementen los beneficios de la empresa. Pero la reasignación puede llegar a ser complicada, especialmente cuando se debe manejar un gran volumen de información y los objetivos perseguidos son muy ambiciosos.

Por otra parte, existen algunos sectores industriales como el cerámico, hortofrutícola, marmolero, maderero, textil o cárnico, en los que se obtienen productos que, debiendo ser iguales, presentan alguna pequeña diferencia en alguna de sus cualidades, lo cual complica la reasignación de inventario. Esto puede ocurrir cuando la materia prima utilizada para la fabricación de dichos productos proviene directamente de la naturaleza (4). También cuando alguna de las características del producto depende de factores que no se puedan controlar durante su proceso de fabricación o en un momento determinado (presión, humedad, temperatura, etc.), como ocurre en muchos procesos de transformación multi-etapa, en los que la variación observable en una determinada característica del producto es consecuencia de la generada y transmitida por las distintas etapas del proceso (5). La existencia de estas pequeñas diferencias conlleva una *Falta de Homogeneidad en el Producto* (FHP) y, cuando los pedidos de los clientes deben servirse con producto homogéneo, obliga a una clasificación en subtipos de producto homogéneo. Esta necesaria clasificación provoca una atomización del inventario debido a la constante aparición de nuevos subtipos de productos que multiplican el número de posibles combinaciones a la hora de servir pedidos, así como el volumen de información a utilizar, complicando, por lo tanto, la reasignación del inventario.

En este contexto, la FHP se podría definir como *“la carencia de la homogeneidad requerida por el cliente en los productos”* y se debe a la imposibilidad de fabricar productos homogéneos, bien en un mismo lote o entre los distintos lotes obtenidos de un proceso. La FHP supone un problema cuando el cliente de dicho proceso adquiere varias unidades de un lote o de distintos lotes de producto y requiere homogeneidad en ellas porque se han de utilizar, presentar, colocar o consumir conjuntamente.

La problemática de la FHP puede abordarse desde dos perspectivas: a) desde una perspectiva tecnológica centrada en la reducción o eliminación de las causas de la FHP, mediante la cual se tratan de modificar y mejorar los procesos de fabricación, las características de los productos y las características de las materias primas, y b) desde una perspectiva de Dirección de Operaciones, que asume la existencia de la FHP y trata de reducir su impacto en el cliente y en los costes.

En este sentido, el principal objetivo del presente trabajo consiste en mostrar cómo, desde la perspectiva de la Dirección de Operaciones, las decisiones relativas a la asignación y reasignación de inventario son fundamentales para alcanzar la necesaria flexibilidad que permita el cumplimiento de los compromisos adquiridos con el cliente de la manera más eficiente para la empresa, especialmente en contextos en los que existe FHP. Aunque el análisis realizado se concreta para empresas del sector cerámico, es necesario resaltar que la conexión de la reasignación de inventario con la FHP abre una nueva línea de investigación que está siendo aprovechada por los investigadores para mejorar la gestión del inventario y la satisfacción del cliente, reducir costes y aumentar los ingresos en empresas de otros sectores.

Una vez definido y formalizado el concepto de FHP, se pasa a describir cómo se encuentra estructurado el resto del

trabajo. En el apartado 2, se lleva a cabo una revisión de la literatura relevante sobre la asignación de ATP a pedidos: En el apartado 3, se describe la problemática de la FHP en empresas cerámicas con enfoque MTS. Posteriormente, en la sección 4, a través de un caso de estudio de una empresa líder del sector cerámico español, se identifican las situaciones en las que una determinada asignación de ATP a pedidos puede dejar de ser adecuada y se propone la reasignación como una forma de búsqueda de nuevas asignaciones válidas. A continuación, se analiza el impacto de la FHP en cada una de las situaciones identificadas, observando que la FHP provoca una de éstas situaciones y complica, en todas ellas, la reasignación del inventario a pedidos. Para cada una de las situaciones de reasignación analizadas, se incluye un ejemplo numérico extraído de la realidad, aunque simplificado, que permite mostrar cómo se produce la correspondiente situación y cómo influye la FHP en ella.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Una manera ampliamente aceptada de clasificar los modelos que tratan de asignar ATP a pedidos de clientes se basa en el tipo de respuesta o modo de funcionamiento de dichos modelos (6-8). Desde este punto de vista, algunos modelos tratan de asignar el ATP en tiempo real (“on-line” o “realtime”) para proporcionar una respuesta inmediata a cada propuesta de pedido, según ésta llega y el orden en que llega (“first come first served” ó FCFS) (9-11). Otros modelos de asignación de ATP, sin embargo, utilizan un modo de respuesta diferido (“off-line”), agrupando las propuestas de pedido que llegan durante un intervalo de tiempo prefijado (“batch interval”) en lotes (“batch”) (6) y proporcionando soluciones para cada lote de propuestas (9,12,13). Está comprobado que éstos últimos proporcionan mejores resultados que los que funcionan en tiempo real (6).

Sin embargo, una determinada asignación, aún siendo adecuada u óptima en un momento dado, puede pasar a ser no adecuada u óptima o incluso infactible, en función de posibles acontecimientos imprevistos. En esta línea, M. O. Ball et al. (6) sostienen que una determinada asignación puede dar una visión “miope” de la situación ya que, a los pedidos que van llegando, se les asigna producto sin tener en cuenta el impacto que ello tendrá en la cumplimentación de los pedidos que llegarán en un futuro. Esto mismo se corrobora por R. Pibernik y P. Yadav (8), quienes explican el problema de servir pedidos en un sistema en el que hay una desviación importante entre la previsión de demanda y la demanda real, lo que origina situaciones, tanto de exceso como de escasez de inventario.

Esta visión miope puede mitigarse, hasta cierto punto, con una política de “racionamiento de inventario” (8). Mediante el concepto de racionamiento de inventario, ya utilizado por D. M. Topkis (14), se considera la asignación del inventario, previamente clasificado según diferentes clases de demanda. Posteriormente, S. Benjaafar et al. (15) tienen en cuenta diferentes niveles de servicio y costes de retraso asociados a los tipos de cliente, y establecen un umbral para cada clase de cliente, siendo óptimo satisfacer la demanda de una clase de clientes siempre que el inventario físico (“on hand”) esté por encima del umbral establecido. En este último trabajo citado se determina que, el racionamiento de inventario en

sistemas con múltiples clases de clientes, es superior a la política de asignación de inventario en la que se sirven los pedidos en orden FCFS. En esta línea, otros trabajos presentan modelos para la asignación de ATP en situaciones de escasez de inventario, con diferentes políticas de asignación (FCFS, "Rank-based", "optimization-based", y "preallocation") (16), o incluyen modelos deterministas para la asignación de ATP a diferentes clases de clientes (17).

Pero con políticas de racionamiento de inventario no se puede asegurar la obtención de asignaciones óptimas de ATP porque se definen en base a una estimación del tipo y cantidad de demanda que se espera recibir. Esto queda parcialmente resuelto en los modelos que procesan lotes de propuestas de pedido en modo diferido y que, por el contrario, no proporcionan respuestas a los clientes hasta que no haya transcurrido el intervalo de tiempo fijado. Dichos modelos, por otra parte, no aseguran que se puedan comprometer todas las propuestas de pedido recibidas en cada intervalo de tiempo.

En ciertos casos, puede ser recomendable complementar un método de respuesta en tiempo real con una posterior ejecución en diferido que reasigne el inventario a los pedidos ya comprometidos con el objetivo de paliar, en cierta medida, el carácter miope del método en tiempo real. En este sentido, un posible modo de funcionamiento en diferido es la "reasignación de inventario" a la cartera de pedidos ya comprometidos. La reasignación de inventario consiste en volver a decidir a qué grupo de pedidos y de qué forma se asigna el inventario, inicialmente asignado a un determinado grupo de pedidos (posiblemente, con el modo de respuesta en tiempo real). La reasignación de inventario podría utilizarse, por lo tanto, para mejorar la solución obtenida por el modo de respuesta en tiempo real. Es más, debido a diferentes fuentes de incertidumbre (comentadas en la sección 3), existen situaciones en las que la reasignación del inventario, no sólo mejora una asignación previa, sino que es la única alternativa para obtener una solución factible.

Pese a la importancia de una adecuada reasignación de reservas para garantizar que cada pedido se sirve en la fecha comprometida, aumentar la satisfacción del cliente, mejorar la gestión del stock, reducir costes y aumentar los ingresos de la empresa, la bibliográfica consultada ha permitido verificar que la mayoría de los trabajos sobre sistemas ATP se centran en la asignación de ATP y no identifican claramente las situaciones en las que se hace necesaria una reasignación ni abordan dicho asunto. A este respecto, cabe destacar que la línea de trabajo más próxima al concepto de reasignación de inventario es la de los modelos de respuesta en modo diferido, aunque no se ha encontrado ningún trabajo que relacione la problemática de la FHP con la asignación de ATP, ni siquiera que estudie la FHP desde la perspectiva de la Dirección de Operaciones.

3. LA PROBLEMÁTICA DE LA FHP EN LAS EMPRESAS CERÁMICAS CON ENFOQUE MTS

La FHP es característica en las empresas de fabricación de productos cerámicos, donde diferentes factores relacionados con el proceso productivo y las materias primas (18,19), como la humedad (20,21), la temperatura (22), o el origen y propiedades de las arcillas y pigmentos (23), afectan de forma impredecible e inevitable al aspecto final del producto. En este

sentido, E. Vallada et al. (24) afirman que, aparte de posibles defectos, el proceso de producción, y sobre todo los ciclos de producción cortos, generan falta de uniformidad en los colores (diversidad de tonos) y en los tamaños (diversidad de calibres). También en esta línea, J. A. Heredia y M. Gras (5) sostienen que la variación dimensional en los procesos de fabricación de baldosas cerámicas es un problema todavía no resuelto y, pese a los esfuerzos realizados por los fabricantes para controlar el proceso, los resultados no cumplen con las especificaciones del mercado. Precisamente, según A. Poyatos et al. (25), la dificultad para la consecución de lotes de producción con piezas de un mismo tamaño o calibre es uno de los problemas más importantes del sector de fabricación de baldosas cerámicas.

Por ello, una de las fases del proceso de fabricación cerámico, antes del paletizado y empaquetado, es la clasificación del producto obtenido (26). Según J. A. Heredia y M. Gras (5), la clasificación del producto acabado en subgrupos de diferentes dimensiones es obligatoria para los fabricantes debido a que la variación dimensional observable en el producto es superior a las tolerancias que establece el mercado. Esta fase de clasificación se realiza, básicamente, de forma manual (27), pese a los intentos de automatizarla mediante diferentes tecnologías o herramientas, como la visión artificial (28-31), centradas en la discriminación del color o tonalidad.

En esta fase de clasificación, el lote fabricado se atomiza, es decir; un lote de un determinado tamaño, en el que tono y calibre deberían ser exactamente iguales para cada producto obtenido, pasará a descomponerse en dos o más sublotes de menor tamaño, según las diferentes combinaciones de tono y calibre realmente obtenidas. En realidad, la clasificación del producto final se realiza en la actualidad atendiendo a cuatro criterios (25): aspecto superficial, planaridad, tonalidad y calibre. Si el aspecto superficial o la planaridad de las piezas no alcanzan los requisitos mínimos exigidos por la empresa, el producto se desecha directamente. Los productos que superan esta criba se clasifican normalmente, en función de su aspecto superficial, en las categorías: primera, segunda o tipo único. Para las dos primeras categorías (primera y segunda) el producto se clasifica según su tonalidad o tono (normalmente dos clases) y según su tamaño o calibre (normalmente tres clases). De esta forma, para un modelo concreto de producto, pueden encontrarse trece referencias distintas.

A partir de la clasificación, cada nuevo sub lote, con una combinación de calidad, tono y calibre deberá ser identificado, almacenado y gestionado por separado. En este contexto, es importante tener en cuenta que, en los sistemas MTS, debido a razones tecnológicas y de eficiencia en producción, los lotes lanzados a fabricar son mayores que la demanda comprometida en el momento del lanzamiento, creándose así un inventario que se deberá gestionar de manera adecuada para servir posteriores pedidos.

La gestión adecuada de los distintos sublotes obtenidos será decisiva para la satisfacción del cliente. Lo importante en este sentido será servir pedidos con productos de una única calidad, tono y calibre, evitando que a un cliente le lleguen productos con distintas características y así, los consiguientes problemas estéticos y funcionales: pavimentos y revestimientos cerámicos de un mismo color, pero con distintos tonos, que empeoran el acabado del conjunto de la pared o suelo, o diferentes calibres, que provocan desniveles o "escalones" en un mismo suelo o pared.

En las empresas cerámicas, la FHP empeora el aspecto del conjunto de productos adquiridos y cobra especial relevancia, por ejemplo, cuando hay que realizar reposiciones, reparaciones o sustituciones de partes de un conjunto anteriormente adquirido por el cliente. En estos casos no se le pueden servir al cliente productos con falta de homogeneidad respecto a los que ya tiene, lo que añade una nueva restricción a la problemática de la reasignación del inventario.

En definitiva, la FHP aumenta la complejidad en las empresas cerámicas, tanto de la asignación de ATP como de la reasignación del inventario, debido al efecto de la atomización del inventario que: aumenta las posiciones necesarias en el almacén y complica su gestión, incrementa el volumen de información a manejar y las posibles combinaciones para servir los pedidos, crea la necesidad de sobredimensionar los lotes de fabricación e impone nuevas restricciones en la toma de decisiones.

Cabe destacar que, según se pone de manifiesto en la revisión de la literatura, los trabajos consultados tratan la problemática de la FHP desde una perspectiva tecnológica. Los autores no tienen constancia de trabajos que analicen y propongan soluciones desde una perspectiva de Dirección o Gestión de Operaciones siendo por ello, dicho enfoque, una de las principales aportaciones del presente trabajo. Actualmente, se da mucha importancia al diseño de sistemas de planificación y control de operaciones flexibles, capaces de adaptarse a un entorno cada vez más turbulento. Sin embargo, dichos sistemas, tratan de dar respuesta a la incertidumbre proveniente del entorno, como por ejemplo, la de la demanda de los clientes. Son más escasos los trabajos que incorporan la incertidumbre en el proceso productivo, y estos lo hacen fundamentalmente en relación a los tiempos de suministro. La FHP introduce un nuevo tipo de incertidumbre: la incertidumbre en las cantidades de producto homogéneo disponible. Esta incertidumbre debe considerarse cuando el cliente requiere unidades homogéneas de un mismo producto. En estos casos, la conexión entre los sistemas de planificación y control de operaciones y los sistemas ATP, debe ser muy estrecha, de manera que se pueda dotar al sistema de gestión de la suficiente flexibilidad para adaptarse a esta fuente adicional de incertidumbre, mientras no sea posible eliminarla definitivamente desde la perspectiva tecnológica.

A continuación, una vez explicadas las implicaciones de la FHP en el ámbito de empresas cerámicas MTS, se identifican y describen las situaciones en las que es necesaria la reasignación de inventario y se explica cómo la FHP impacta en cada una de ellas.

4. LA REASIGNACIÓN DEL INVENTARIO EN EMPRESAS CERÁMICAS CON FHP Y ENFOQUE MTS. UN CASO DE ESTUDIO.

La empresa, en la que se identifica la problemática objeto de estudio, pertenece a un grupo industrial español emplazado en la provincia de Castellón dedicado, desde mediados de los años setenta, al diseño, fabricación, comercialización y distribución de: pavimentos y revestimientos cerámicos tradicionales de pasta blanca y roja, sofisticados revestimientos pulidos y rectificadas, porcelánicos técnicos y esmaltados de altas cualidades técnicas. En esta empresa, con la que los autores han llevado a cabo diferentes proyectos de

investigación durante los últimos años, se atienden pedidos de millones de clientes situados en 150 países diferentes con un equipo humano de 600 personas. Sus instalaciones aseguran un suministro de calidad a todos sus clientes con una capacidad instalada superior a los 11 millones de metros cuadrados anuales.

Con objeto de mejorar la satisfacción del cliente, la empresa persigue proporcionar una respuesta lo más rápida y fiable posible a las propuestas de pedido del cliente (1). Por esta razón, el proceso mediante el cual se comprometen los pedidos, se ejecuta cada vez que llega una propuesta de pedido de un cliente y la respuesta se da en tiempo real, de manera que la fiabilidad de cumplir posteriormente con el compromiso adquirido con el cliente pueda ser máxima.

Adicionalmente, las empresas cerámicas con FHP en general y, la empresa cerámica objeto de estudio en particular, en donde el inventario está atomizado, deberán asegurarse mediante una asignación adecuada del ATP a pedidos de que a un mismo cliente no le llega producto heterogéneo. Pero, una determinada asignación inicial puede dejar de ser adecuada cuando las condiciones en las que se realizó dicha asignación cambian, en cuyo caso se hará necesaria una reasignación de inventario a pedidos.

Se han identificado tres situaciones que pueden convertir una asignación inicial adecuada u óptima en no adecuada, no óptima o incluso infactible y, por lo tanto, justificar la reasignación de inventario: 1) existencia de discrepancias entre lo planificado y lo obtenido realmente en fabricación, 2) llegada de nuevos pedidos prioritarios y 3) modificaciones por parte del cliente en las características de los pedidos ya comprometidos. Las tres situaciones anteriores pueden darse en cualquier sector productivo, pero en caso de sectores con FHP como el sector cerámico, la incertidumbre en las cantidades homogéneas disponibles de producto tras el proceso de fabricación asegura que siempre van a existir discrepancias entre lo planificado y lo realmente obtenido. Por otro lado, en las tres situaciones mencionadas, la existencia de disponibilidades de varios subtipos de un mismo producto para poder servir el pedido de un cliente, incrementa sustancialmente tanto las posibilidades de servir un pedido, como la cantidad de información a manejar y complica la obtención de soluciones no ya óptimas sino, lo que es más importante, factibles.

Para explicar la manera en la que la FHP impacta en cada una de estas tres situaciones y justificar la necesidad de reasignar el inventario, se han utilizado datos históricos basados en pedidos, inventario y planes de producción reales de la empresa citada. A este respecto, cabe indicar que la cartera de pedidos analizada en el momento de nuestro estudio, consta de más de 2.000 pedidos de los cuales, el 50% tienen más de una línea de pedido. Además, en la empresa se manejan más de 100 referencias que, por el efecto de atomización debido a la FHP, se convierten en miles de referencias distintas en almacén. El horizonte de tiempo para el que se reservan los pedidos llega a comprender más de 90 días. Por todo ello, la evolución del ATP en esta empresa a lo largo del tiempo es constante y compleja, y un estudio exhaustivo requeriría el manejo de un gran volumen de información, adquiriría unas dimensiones desproporcionadas y no facilitaría el entendimiento de la problemática abordada.

Por todo ello y por razones de confidencialidad, los datos inicialmente facilitados por la empresa han sido convenientemente adaptados y simplificados para el presente trabajo. De esta forma, para la descripción de cada situación, se considera sólo un horizonte de reasignación de 6 días (periodos) y se reproduce la llegada de propuestas de pedido codificadas como P_i ($i=1, 2, 3, \dots$), donde i indica el orden de llegada de cada propuesta a la empresa.

En la primera de las tres situaciones, se muestra la evolución del ATP, tanto real como planificado, a lo largo de los 6 días considerados. Cada propuesta de pedido, en el caso de que se pueda servir, se convierte en pedido en firme y se coloca en el día o periodo correspondiente a su fecha de entrega, actualizando el ATP. En la segunda y tercera de las situaciones se presenta la evolución del ATP real según van llegando diferentes propuestas de pedido.

En la empresa considerada, cada propuesta de pedido contiene la siguiente información, que se utiliza total o parcialmente, según proceda en cada situación: código o número de pedido (P_i), fecha de entrega, importe y, para cada línea de pedido, cantidad de producto solicitado. Según la política comercial de la empresa, las propuestas de pedido se deberán servir completas es decir, no se admitirán entregas parciales para ninguna de sus líneas. Tanto las cantidades de ATP como las solicitadas en las propuestas de pedido vienen expresadas en m^2 .

Un mismo producto puede provenir de distintos lotes de fabricación y, por el efecto de la FHP, tener distintas calidades, tonos y calibres. Para reflejar este hecho, en la empresa se codifican los productos, en función de la calidad, tono, calibre y lote del que provienen. Por ejemplo, A1^oT1C1L10 hace alusión al producto A, de 1^a calidad, Tono 1, Calibre 1, y que proviene del lote de fabricación 10.

Para simplificar y adecuar la exposición del problema se ha considerado un sólo tipo de producto (modelo "A") con una única calidad y con dos posibles valores para tono y calibre, respectivamente. Así, en función de las diferentes combinaciones de tonos y calibres que se pueden dar, es posible encontrar cuatro subtipos de este producto A. Debido a esta simplificación, el código será siempre igual en sus dos primeras posiciones por lo que éstas son innecesarias. Así, el código a utilizar en el resto del trabajo sólo necesita reflejar el tono, el calibre y el lote (por ejemplo T1C1L10).

La empresa objeto de estudio realiza una asignación de ATP a las propuestas de pedido en tiempo real, según una política FCFS. Esta política es la más ampliamente aceptada en modelos de arrastre o "pull" según (6) y es empleada en la mayor parte de sistemas de gestión y ERP's del mercado (SAP, Axapta, Navision, Baan, CCS, etc.) mediante la opción de "reserva automática". Adicionalmente, esta política es frecuentemente utilizada en las empresas cerámicas, cuyas redes de tiendas o comerciales atienden los pedidos uno a uno y además en tiempo real, tratando de adquirir el compromiso con el cliente en el momento en el que éste realiza su propuesta de pedido, en vez de agrupar las propuestas en lotes y tratarlas con posterioridad, en modo diferido (6).

En cada propuesta de pedido, el cliente demanda una cierta cantidad de un tipo de producto (según se ha indicado, en este trabajo sólo se considera el modelo "A") para una determinada fecha de entrega, sin especificar ni calidad, ni tono, ni calibre, siendo en el proceso de asignación donde se decidirá calidad, tono y calibre específicos.

4.1 Impacto de la FHP en la reasignación del inventario cuando hay discrepancias entre lo planificado y lo obtenido realmente en fabricación:

La FHP tiene una incidencia clara en las reservas realizadas en base al ATP planificado, ya que genera un grado de incertidumbre elevado en cuanto a los tonos y calibres que finalmente se obtendrán en fabricación, pese a lo que se haya planificado. Por ello, una vez terminada la fabricación de un lote, y realizada la clasificación de dicho lote en los correspondientes sublotes según los tonos y calibres de los productos obtenidos, habrá que comprobar que se pueden servir los pedidos que habrían reservado productos del lote planificado antes de fabricarse. El efecto de atomización del lote provocado por la FHP puede hacer que, pedidos que inicialmente han reservado de un lote, no puedan servirse porque no se haya obtenido ningún sublote lo suficientemente grande como para cubrir dichos pedidos. En este sentido, la incertidumbre inherente a la FHP puede hacer necesaria una reasignación de pedidos cada vez que finalice la fabricación de un lote.

Es importante destacar que la FHP impide que se puedan acumular o agrupar las distintas cantidades de ATP provenientes de distintos lotes planificados, bien en el mismo o en distinto periodo de tiempo, como se suele hacer en contextos sin FHP. La razón de ello es que, los lotes con FHP, estarán compuestos de productos de características distintas en cuanto a tono y calibre, y desconocidas hasta el momento de finalizar la fabricación. Esto puede provocar situaciones ilógicas, como la de tener que reservar ATP real, y no planificado, para un pedido de fecha de entrega tardía, a pesar de haber restos de ATP planificado cercanos a su fecha de entrega que se podrían acumular, si no hubiera FHP, y ser suficientes para servirlo.

A continuación se incluye una tabla (Tabla I), en la que se muestra la evolución del ATP a lo largo de los seis periodos considerados y la situación del ATP después de la asignación. Las filas de la tabla están organizadas en tres bloques. En el primero se incluye información sobre el ATP, tanto real (1^a fila) como planificado (2^a fila). El ATP real reflejado en el periodo 1 está formado por productos con tono y calibre concretos que provienen de lotes fabricados antes del periodo 1. En la fila de ATP planificado se incluye la cantidad planificada a fabricar de producto en cada periodo, pero todavía no se especifica tono ni calibre porque no se conocen aún. En el segundo bloque se encuentra la información sobre pedidos. Esta incluye el código del pedido (3^a fila), la cantidad en m^2 solicitada por el cliente en cada pedido (4^a fila) y de dónde se reserva la cantidad solicitada en cada pedido (5^a fila). En el tercer bloque se incluye la información relativa al ATP que queda en cada periodo después de asignar producto a los pedidos que van llegando, diferenciando entre ATP real (6^a fila) y ATP planificado (7^a fila).

Las propuestas de pedido están situadas en los periodos correspondientes a sus fechas de entrega y su número indica el orden de llegada. El primer pedido que llega es el P1 y su fecha de entrega se corresponde con el periodo 5, por lo que dicho pedido se sitúa en la columna 5. Según la política de la empresa, se intentará primero asignar producto para este pedido de algún lote planificado en la fecha de entrega del pedido (dejando así la mayor cantidad posible de ATP real para propuestas urgentes que lleguen a última hora). En el caso de no haber suficiente ATP en la fecha de entrega del pedido se buscará, por orden de cercanía, en

los lotes de ATP planificados inmediatamente anteriores a la fecha de entrega. Si tampoco hay suficiente, se recurrirá, por último, al ATP real. En el caso de no haber ATP, la propuesta de pedido será rechazada y, en el caso de haberlo, se realizará la consiguiente asignación de ATP y reserva. Cuando en un periodo haya ATP proveniente de varios sublotes para asignar a una propuesta de pedido, se elegirá siempre la opción que, descontada la cantidad solicitada, deje el menor resto de sublote posible de producto.

Según se puede observar en la Tabla I, el lote L70 de 1600 m² está planificado para el mismo periodo 5 así que, como tiene cantidad suficiente, se asignará producto de éste al pedido P1. Por ello, en la 5ª fila (donde se indica de dónde se reserva el producto) se colocará L70. Al hacer esta asignación se debe actualizar al ATP planificado después de asignación, así que, en la 7ª fila de la tabla I, se restarán los m² del pedido P1 al lote planificado, de manera que ahora, el ATP planificado restante para ese periodo será de 1600-72 m². El segundo pedido P2 debe entregarse el día o periodo 3 así que se coloca en la 3ª columna. El primer lote planificado anterior a la fecha de entrega de P2 es el lote L50. Como L50 tiene cantidad suficiente de producto (1510 m²), se asignará el correspondiente producto de dicho lote a P2, por lo que en la 5ª columna se colocará el valor de L50 y en la 7ª fila se actualizará la cantidad de ATP planificado después de asignación, que pasará a ser de 1510-515=995 m².

TABLA I. ASIGNACIÓN DEL ATP REAL Y PLANIFICADO A LAS CINCO PROPUESTAS DE PEDIDO CONSIDERADAS.

Tipo de producto A (cantidades en m ²)		Periodos					
		1	2	3	4	5	6
ATP	Real	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35					
	Planificado		1510 L50			1600 L70	
Pedidos	Cód. Pedido		P4	P2	P5	P1	P3
	Cantidad solicitada		12	515	35	72	420
	Reservado de		L50	L50	L50	L70	L70
ATP después de asignación	Real	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35					
	Planificado		1510-515-12-35=948 L50			1600-72-420=1108 L70	

↑
Momento actual

Como se puede observar en la Tabla I, el ATP real inicial en el periodo 1 no es una única cantidad, como ocurriría en una empresa sin FHP, sino cantidades con tonos y calibres diferentes que provienen de distintos lotes de fabricación (T1C1L10, T1C2L24, ...). Precisamente, estos son los restos que se van acumulando atomizados en el almacén por el efecto de la FHP.

Se puede apreciar que, con el ATP real y planificado reflejado en la Tabla I, es posible hacer las reservas necesarias y atender a las cinco propuestas de pedido recibidas, por lo que todas ellas se pueden comprometer.

Sin embargo, la asignación realizada se puede volver infactible, debido al efecto de la FHP, cuando se finaliza la fabricación de los lotes planificados y se clasifica el producto. En la siguiente tabla (Tabla II) se refleja dicha situación. En concreto, se puede apreciar que el lote L50, con 1510 m² planificados para el periodo 2, ha dado lugar finalmente a cuatro sublotes; T1C1L50, T1C2L50, T2C1L50 y T2C2L50, con 455, 240, 325 y 490 m² respectivamente.

TABLA II. ACTUALIZACIÓN DEL ATP AL FINALIZAR LA FABRICACIÓN DEL LOTE L50 Y SU IMPACTO EN LAS ASIGNACIONES REALIZADAS PREVIAMENTE.

Tipo de producto A (cantidades en m ²)		Periodos					
		1	2	3	4	5	6
ATP	Real	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35 455 T1C1L50 240 T1C2L50 325 T2C1L50 490 T2C2L50				
	Planificado					1600 L70	
Pedidos	Cód. Pedido		P4	P2	P5	P1	P3
	Cantidad solicitada		12	515	35	72	420
	Reservado de		T1C2L50	ya no se pueden servir de L50	T1C2L50	L70	L70
ATP después de asignación	Real	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35	90 T1C1L10 61 T1C2L24 610 T2C1L10 32 T2C2L35 455 T1C1L50 193 T1C2L50 325 T2C1L50 490 T2C2L50				
	Planificado					1600-72-420=1108 L70	

↑
Momento actual

Esta atomización del lote L50 impide que se pueda servir el P2, ya que no hay una cantidad suficientemente grande del mismo tono y calibre para ello. Puesto que el P2 ya ha sido aceptado y comprometido con el cliente cuando se finaliza la fabricación del L50, la empresa deberá buscar ahora una solución. Una de las posibles actuaciones podría ser el lanzamiento a fabricación de nuevos lotes. Sin embargo, esta solución no puede asegurar una entrega a tiempo si el tiempo de suministro es mayor que la fecha de entrega del pedido. Además, esto podría suponer una interferencia a los lotes ya planificados y podría incrementar innecesariamente el inventario de la empresa y los costes. Se trata, por tanto, de buscar una opción que dote al sistema de la suficiente flexibilidad para adaptarse a una situación, que en contexto FHP, se dará habitualmente. Esta opción es la reasignación del inventario, que ahora será más complicada porque los sublotes del mismo tono y calibre son más pequeños y dan menos juego para encontrar soluciones.

En el caso recogido en la Tabla II, mediante el proceso de reasignación de inventario, se podría resolver el problema surgido utilizando los 610 m² de ATP real del producto T2C1L10 para atender al pedido P2.

En definitiva, se deduce que la FHP ejerce un doble impacto en la reasignación del inventario, en este tipo de situaciones. Por una parte, provocando incertidumbre en las características finales del producto, impidiendo la consecución exacta de los planes, atomizando el inventario y generando, por todo ello, la necesidad de llevar a cabo una reasignación. Por otra parte, la FHP y la existencia de varios subconjuntos de productos con el mismo tono y calibre, pero no intercambiables ni acumulables, aumenta considerablemente la complejidad del proceso de reasignación del inventario.

4.2 Impacto de la FHP en la reasignación del inventario cuando llegan propuestas de pedido prioritarias:

La reasignación de pedidos puede resolver la situación provocada por la llegada de nuevas propuestas de pedido con alta prioridad que solicitan productos que ya han sido asignados previamente a otros pedidos con menor prioridad. La prioridad de propuestas de pedido recién llegadas puede

ser alta debido a que provienen de un cliente más importante, que suponen un beneficio mayor para la empresa o que tienen una fecha de entrega más temprana. En estos casos parece razonable traspasar cantidades, ya comprometidas con pedidos de baja prioridad, para poder comprometer pedidos con una prioridad superior. De esta forma, los pedidos de menor prioridad, si tienen una fecha de entrega más tardía, podrán cumplimentarse con nuevos lotes cuya fabricación se planificará en periodos posteriores y, si suponen un menor beneficio para la empresa, podrán renegociarse con el cliente.

En situaciones de reasignación por la llegada de nuevos pedidos prioritarios, la FHP y su efecto de atomización del inventario, reducirá las posibles opciones de reasignación; es más fácil encontrar opciones de reasignar el inventario cuando este está formado por grandes cantidades de pocos subtipos de producto que cuando está formado por pequeñas cantidades de muchos subtipos de productos.

A continuación se incluye una tabla que recoge este tipo de situaciones. Teniendo en cuenta que ya se ha analizado el impacto de la FHP en el ATP planificado (en el apartado anterior), en este apartado sólo se utilizará ATP real para facilitar el entendimiento de la situación concreta que se pretende analizar. Así, en la Tabla III, se muestra el ATP real inicial del producto A para cada subtipo de producto, las propuestas de pedido según su orden de llegada y el ATP real resultante después de haber comprometido cada propuesta.

Tabla III. ASIGNACIÓN DE ATP REAL SEGÚN POLÍTICA FCFS.

Tipos y subtipos de producto (cantidades en m ²)	ATP INICIAL	P6 fecha entrega 5 días	P6 ATP resultante	P7 fecha entrega 16 días	P7 ATP resultante	P8 fecha entrega 10 días	P8 ATP resultante	P9 fecha entrega 9 días	P9 ATP resultante	P10 fecha entrega 6 días
A	848	55	793	414	379	45	334	12	322	310
T1C1L46	150	↑	150	↑	150	↑	105	↑	105	No se pueden asignar 310
T1C2L28	91	↑	36	↑	36	↑	36	36		
T2C1L28	573	↑	573	↑	159	↑	159	159		
T2C2L15	34	↑	34	↑	34	↑	34	22		

En Tabla III se reproduce la situación en la que llega un pedido (P10) con fecha de entrega temprana (6 días) que no se puede atender porque gran parte del ATP real inicial ya ha sido asignado a otros pedidos (P6, P7, P8 y P9) con fechas de entrega más tardías, pero que han llegado antes.

Obsérvese que, por el efecto de la FHP, el pedido P10 no se podrá servir porque no hay ATP real suficiente de ninguno de los subtipos del producto, a pesar de que el ATP resultante total antes de la llegada de P5 (322 m²) es mayor que lo que hace falta para P10 (310 m²). Es decir, si no existiera la FHP, el inventario no estaría atomizado, y por tanto, el ATP inicial acumulado sería de 848 m² de A, sencillamente. Así, sería posible servir todos los pedidos, incluido P10, ya que la suma de m² solicitados en los cinco pedidos (55+414+45+12+310=836) es inferior al ATP inicial (848 m²).

En la Tabla III, también se puede apreciar que, la propuesta de pedido P6 podría servirse con los subtipos T1C2L46, T1C2L28 y T2C1L28 (del subtipo T2C2L15 no hay cantidad suficiente). En este caso, según la política de la empresa, se escoge el T1C2L28 porque deja un menor resto de producto.

Dada esta situación, parecería lógico realizar una reasignación mediante la cual se intentase traspasar ATP, desde los pedidos P7 o P8 con fecha de entrega más tardía, al pedido P10. En este caso, mediante la reasignación, se podrían

recuperar el producto inicialmente reservado para el pedido P7 con fecha de entrega en 16 días, y utilizarlo para el pedido P10 con fecha de entrega mucho más temprana (6 días). Así se podría asegurar la entrega de los pedidos más urgentes (P10) y se ganaría tiempo para poder resolver la entrega de los pedidos menos urgentes (P7 o P8) y que ya no tendrían producto asignado porque lo han cedido a los más urgentes.

Por todo ello, se puede concluir que la FHP ejerce un claro impacto en la reasignación del inventario cuando llegan propuestas de pedido prioritarias, añadiendo una nueva restricción que cumplir en la reasignación (no servir a un mismo cliente con producto de distintos tonos y calibres) y complicando la búsqueda de soluciones por el efecto de la atomización del inventario.

4.3 Impacto de la FHP en la reasignación del inventario en la situación cuando hay modificaciones por parte del cliente en los pedidos ya comprometidos:

Ciertos cambios en los pedidos, por ejemplo, cuando el cliente solicita una nueva fecha de entrega, modifica la cantidad pedida o anula su pedido, pueden afectar de manera importante a las asignaciones previamente realizadas, especialmente en contextos de FHP. La factibilidad de este tipo de peticiones del cliente, en las que solicita una modificación de uno de sus pedidos previamente aceptado, deberá analizarse en cada caso, por parte de la empresa.

En la Tabla IV se ha reproducido la situación en la que se reciben cuatro pedidos (P6 a P9) y, después, llega una propuesta de modificación sobre uno de ellos (P8 con 45 m²), mediante la cual el cliente pretende aumentar en 25 m² la cantidad inicialmente solicitada (45m²). La propuesta de modificación se ha representado como la llegada de un nuevo pedido codificado como P8b, por valor de 25 m². Del producto inicialmente reservado para el pedido P8 (T1C1L46) ya no quedan más que 15 m² (60-45=15 m²) así que, en principio, el nuevo pedido P8b debería ser rechazado porque no habría producto suficiente.

Tabla IV. ASIGNACIÓN DE ATP REAL SEGÚN POLÍTICA FCFS.

Tipos y subtipos de producto (cantidades en m ²)	ATP INICIAL	P6	P6 ATP resultante	P7	P7 ATP resultante	P8	P8 ATP resultante	P9	P9 ATP resultante	P8b
A	686	55	631	414	217	45	172	12	160	+25
T1C1L46	60	↑	60	↑	60	↑	15	↑	15	No se pueden asignar 25
T1C2L28	61	↑	6	↑	6	↑	6	6		
T2C1L28	533	↑	533	↑	119	↑	119	119		
T2C2L15	32	↑	32	↑	32	↑	32	20		

Normalmente, un incremento de la cantidad de producto solicitada en un pedido, supone para la empresa un aumento del beneficio obtenido en el pedido, por lo que será interesante para la empresa (y también para el cliente) encontrar la manera de aceptar dicha modificación.

En este sentido, gracias a la reasignación de inventario, es posible encontrar una solución para atender, tanto a la modificación del pedido P8 (P8b), como a los pedidos previamente comprometidos (Tabla V). En este caso, reasignando el producto T2C1L28, del que sí hay cantidad suficiente (119 m²), a los pedidos P8 (45m²) y P8b (25m²) que, agregados, formarían un nuevo pedido denominado P8' de 70 m² (P8+P8b).

TABLA V. REASIGNACIÓN DEL INVENTARIO PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE P8' SURGIDO AL AUMENTAR LA CANTIDAD SOLICITADA PREVIAMENTE EN P8.

Tipos y subtipos de producto (cantidades en m ²)	ATP INICIAL	P6	ATP resultante	P7	ATP resultante	P8'	ATP resultante	P9	ATP resultante
A	686	55	631	414	217	70	147	12	135
T1C1146	60	↕	60	↕	60	↕	60	↕	60
T1C2128	61	↕	6	↕	6	↕	6	↕	6
T2C1128	533	↕	533	↕	119	↕	49	↕	49
T2C2115	32	↕	32	↕	32	↕	32	↕	20

Por lo tanto, según el caso planteado, la FHP impacta en la reasignación del inventario en este tipo de situaciones de manera similar a cómo lo hace en la situación comentada en el apartado anterior: atomizando el inventario, añadiendo una nueva restricción a la reasignación y reduciendo las posibles soluciones.

CONCLUSIONES

La asignación de ATP a pedidos en contextos de fabricación MTS es de suma importancia: una asignación inicial adecuada puede influir en la satisfacción del cliente y en los beneficios de la empresa. Sin embargo, una asignación inicial adecuada puede pasar a ser inadecuada e incluso infactible. Para estos casos se ha justificado que, una posible solución, es la reasignación del inventario. La decisión de reasignación del inventario será más compleja cuanto más ambiciosos sean los objetivos que se quieran alcanzar, cuanto mayor sea el volumen de información a manejar y cuanto mayores sean las posibilidades de reasignación o combinaciones que se deban considerar.

En el presente trabajo, tras haber definido y formalizado el concepto de FHP, se ha descrito la problemática de la FHP en empresas cerámicas. Posteriormente, se han identificado las situaciones en las que una determinada asignación de ATP a pedidos puede dejar de ser adecuada y se ha propuesto la reasignación como una forma de búsqueda de nuevas asignaciones válidas. Se ha analizado el impacto de la FHP en cada una de las situaciones identificadas, observando que la FHP provoca una de éstas situaciones y complica, en todas ellas, la reasignación del inventario a pedidos. Para cada una de las situaciones de reasignación analizadas, se han presentado datos numéricos que permiten entender fácilmente cómo se produce la correspondiente situación y cómo influye la FHP en ella. Una de las principales aportaciones del presente trabajo es la descripción de la problemática de la FHP y su conexión con la gestión del ATP y la reasignación de inventario. Tras el análisis realizado, cabe concluir que la FHP provoca la atomización del inventario y aumenta considerablemente la complejidad de la reasignación de inventario, dificultando la obtención de soluciones factibles y adecuadas.

Para el caso de estudio presentado, sólo se han considerado datos de un tipo de producto, cuatro subtipos, cinco pedidos para cada situación y una sola línea por pedido, obtenidos a partir de la simplificación de los datos reales de una empresa del sector cerámico. Sin embargo, se debe considerar que en

una situación real de reasignación de inventario a pedidos en una empresa cerámica, pueden haber cientos de tipos de productos, miles de subtipos y cientos, incluso miles de pedidos en cartera con varias líneas de pedido y cantidades solicitadas muy dispares que oscilan desde los quince o veinte m² hasta miles de m². Las incertidumbre asociada a la FHP implica la necesidad de reasignación de inventario a los pedidos y, al mismo tiempo, añade complejidad a dicha reasignación debido al efecto de atomización del ATP, el cual complica la búsqueda de soluciones al elevar las posibles combinaciones a analizar. Más aún, cuando en situaciones reales, un pedido está compuesto por varias líneas de pedido y la no cumplimentación de una ellas significa la no cumplimentación del pedido completo. En estos casos, la decisión de reasignación de un tipo de producto a una línea de pedido afecta al pedido completo y consecuentemente, al resto de productos que se solicitan en el mismo. Para poder abordar esta compleja situación será necesaria la utilización de herramientas de ayuda a la toma de decisiones que permitan encontrar al decisor las mejores soluciones en el menor tiempo posible. Actualmente, las empresas cerámicas se suelen apoyar en herramientas basadas en hojas de cálculo. Sin embargo, debido a la gran cantidad de datos utilizados y las posibilidades de reasignación, se hace necesaria la utilización de herramientas más sofisticadas como modelos de programación matemática o modelos de simulación.

Por todo ello, actualmente se está trabajando en dos líneas de investigación. La primera contempla el desarrollo de herramientas de ayuda a la toma de decisiones basadas en el modelado matemático para la reasignación de inventario a pedidos multilinea en contextos de FHP. La segunda, estudia y documenta la problemática de la FHP y la reasignación del inventario en otro tipo de empresas distintas a las cerámicas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado parcialmente, tanto en el marco del proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia español titulado "Potenciación de la competitividad del tejido empresarial español a través de la logística como factor estratégico en un entorno global" (PSE-370000-2008-8), como en el proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación español titulado "Personalización en Masa y Cadenas de Suministro Inteligentes, con Productos y Procesos Complejos (PERMACASI)" (DPI 2008-06788-C02-01), dentro de los cuales se ha tenido oportunidad de conocer y analizar la problemática expuesta en el presente trabajo en una empresa líder del sector cerámico español.

REFERENCIAS

1. M. M. E. Alemany, F. Alarcón, A. Ortiz, F. C. Lario y M. A. Bengochea, "El proceso de comprometer pedidos de un paquete de productos integrado por productos del sector cerámico y productos complementarios: Parte I Descripción y caracterización de la problemática.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 46 [1], págs. 21-28, (2007).
2. F. Alarcón, M. M. Alemany, A. Ortiz y F. C. Lario, "Order promising" y conceptos asociados: revisión de significados e interpretaciones y propuesta para su clasificación", *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, Gijón, 8-9 sept., (2005).

3. B. Fleischmann y H. Meyr, "Customer orientation in advanced planning systems.", Springer, págs. 298-322, (2004).
4. A. M. Roma y J. M. Castan, "La cadena de suministro para empresas que en su proceso de producción incorporan materias primas procedentes directamente de la naturaleza", *3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Barcelona-Terrassa, 2-4 sept., págs. 1692-1700, (2009).
5. J. A. Heredia y M. Gras, "Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas cerámicas.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 48 [6], págs. 289-296, (2009).
6. M. O. Ball, C. Y. Chen y Z. Y. Zhao, "Available to Promise.", Kluwer Academic Publishers, págs. 447-483, (2004).
7. P. Keskinocak y S. Tayour, "Due Date Management Policies.", *Modeling in the E-business Era*, págs. 485-554, (2004).
8. R. Pibernik y P. Yadav, "Inventory reservation and real-time order promising in a Make-to-Stock system.", *OR Spectrum*, vol. 31 [1], págs. 281-307, (2009).
9. R. Pibernik, "Advanced available-to-promise: Classification, selected methods and requirements for operations and inventory management.", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 93-94 [1], págs. 239-252, (2005).
10. E. T. Kirche, S. N. Kadipasaoglu y B. M. Khumawala, "Maximizing supply chain profits with effective order management: integration of Activity-Based Costing and Theory of Constraints with mixed-integer modelling.", *Int. J. Prod. Res.*, vol. 43 [7], págs. 1297-1311, (1-4-2005).
11. B. Watanapa y A. Techanitisawad, "Simultaneous price and due date settings for multiple customer classes.", *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 166 [2], págs. 351-368, (16-10-2005).
12. B. Jeong, S. B. Sim, H. S. Jeong y S. W. Kim, "An available-to-promise system for TFT LCD manufacturing in supply chain.", *Comput. Ind. Eng.*, vol. 43 [1-2], págs. 191-212, (2002).
13. C. Y. Chen, Z. Zhao y M. O. Ball, "A Model for Batch Advanced Available-To-Promise.", *Prod. Oper. Manag.*, vol. 11 [4], págs. 424-440, (2002).
14. D. M. Topkis, "Optimal Ordering and Rationing Policies in a Nonstationary Dynamic Inventory Model with n Demand Classes.", *Manage. Sci.*, vol. 15 [3], págs. 160-176, (1968).
15. S. Benjaafar, M. ElHafsi y F. d. Véricourt, "Demand Allocation in Multiple-Product, Multiple-Facility, Make-to-Stock Systems.", *Manage. Sci.*, vol. 50 [10], págs. 1431-1448, (2004).
16. R. Pibernik, "Managing stock-outs effectively with order fulfilment systems.", *J. Manuf. Tech. Manag.*, vol. 17 [6], págs. 721-736, (2006).
17. H. Meyr, "Customer segmentation, allocation planning and order promising in make-to-stock production.", *OR Spectrum*, vol. 31 [1], págs. 229-256, (2009).
18. J. L. Amorós, A. Blasco, J. E. Enrique, V. Beltrán y A. Escardino, "Variables en la compactación de soportes cerámicos de pavimento y revestimiento.", *Técnica Cerámica*, vol. 105, págs. 792-812, (1982).
19. J. L. Amorós, A. Blasco, V. Beltrán y F. Negre, "Pastas de gres de monococción. Influencia de las variables del proceso en la calidad del producto acabado.", *Técnica Cerámica*, vol. 120, págs. 1368-1384, (1984).
20. G. Mallol, D. Llorens, C. Felfú y F. Castro, "Medida en continuo de la humedad de los soportes cerámicos prensados.", *Cerámica Información*, vol. 289, págs. 81-90, (2002).
21. J. E. Hernández, E. Valencia y E. Villar, "Influencia de la humedad en el comportamiento de la resistencia a la compresión en mezclas de moldeo.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 40 [2], págs. 107-113, (2001).
22. C. Ferrer, D. Llorens, G. Mallol, E. Monfort y A. Moreno, "Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato. Medida de gradientes transversales de temperatura.", *Técnica Cerámica*, vol. 227, págs. 653-662, (1994).
23. J. L. Amorós, V. Bagán, M. J. Orts y A. Escardino, "La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influencia del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 27 [5], págs. 273-282, (1988).
24. E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz y B. Segura, "Problemas de programación de la producción en el sector cerámico español", *27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, Lleida, 8-11 abril, págs. 638-676, (2003).
25. A. Poyatos, R. Bonaque, G. Mallol y J. Boix, "Nuevo sistema y metodología para la eliminación de los calibres en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 49 [2], págs. 147-151, (2010).
26. E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz y B. Segura, "Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 44 [1], págs. 39-44, (2005).
27. I. Tortajada, G. Peris-Fajarnes, M. Aguilar y P. Latorre, "Análisis del proceso de clasificación cerámica.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 45 [1], págs. 22-27, (2006).
28. C. Boukouvalas, J. Kittler, R. Marik, M. Mirmehdi y M. Petrou, "Ceramic tile inspection for colour and structural defects.", University of Bristol, (1995).
29. S. Kukkonen, H. Kalviainen y J. Parkkinen, "Color features for quality control in ceramic tile industry.", *Opt. Eng.*, vol. 40 [2], págs. 170-177, (2001).
30. R. Massen, "Clasificación óptica automática de azulejos porcelanados.", *Cerámica Información*, vol. 252, págs. 29-32, (2000).
31. R. Massen, "Aumento de la producción cerámica con sistemas de visión bivalentes: inspección y seguimiento del proceso automático con la misma tecnología", *QUALICER 2004*, págs. 3-6, (2004).

Recibido: 15/03/2010

Aceptado: 31/01/2011



Capítulo 5

Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP).

Capítulo 5

Resumen del Artículo 4: “Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP)”

En las empresas de fabricación contra almacén, el método de asignación de inventario a pedidos más utilizado es el “first come first served” (FCFS). Según este método, el inventario se asigna a los pedidos en función del orden en el que éstos van llegando. Esta forma de operar puede proporcionar una visión “miope” de cómo se está gestionando la cartera de pedidos porque el producto se va asignando a los pedidos sin tener en cuenta el impacto que dicha asignación tendrá en la posibilidad de comprometer nuevos pedidos que llegarán en el futuro. Esta visión miope puede conducir a que, asignaciones inicialmente adecuadas u óptimas, puedan convertirse posteriormente en no adecuadas, no óptimas, o incluso infactibles.

Esta circunstancia puede encontrarse prácticamente en cualquier sector industrial, pero tiene una mayor incidencia en aquellos en los que existe falta de homogeneidad en el producto (FHP), como es el caso del sector cerámico, ya que la FHP provoca la aparición de diferencias, fundamentalmente en el tono y en el calibre de los productos obtenidos en fabricación

En estas situaciones, puede ser interesante realizar una reasignación del inventario, con el objetivo de encontrar nuevas combinaciones, mejorar el nivel de servicio al cliente y/o los beneficios de la empresa. Mediante la reasignación se buscará otra forma de asignar los productos a los pedidos que permita alcanzar los objetivos de: obtener un mayor beneficio, lograr el cumplimiento de las fechas de entrega, un mejor aprovechamiento del inventario actual o futuro, o menores costes.

Pero esta decisión de reasignación se vuelve muy complicada en las empresas cerámicas, debido a la FHP. En primer lugar, porque habrá que reasignar evitando que se mezclen productos con distintos tonos o calibres (subtipos) en una misma línea de pedido, al tiempo que, para servir un pedido, será necesario servir todas sus líneas de pedido (generalmente son pedidos multilínea). Y, en segundo lugar, porque la FHP produce un efecto de atomización del inventario mediante el cual, un lote de un determinado tamaño, en el que tono y calibre deberían ser exactamente iguales para cada producto obtenido, pasará a descomponerse en dos o más sublotes de menor tamaño, según las diferentes combinaciones de tono y calibre

realmente obtenidas, lo que provoca que haya más posibilidades a analizar para atender los pedidos. Lógicamente, la complejidad del problema crecerá en función del número de pedidos en cartera en el momento de la reasignación, el número de líneas de pedido de cada uno de ellos, el número de productos y subtipos diferentes implicados en la reasignación del inventario.

Esta creciente complejidad justifica el empleo de herramientas de ayuda a la toma de decisiones, como pueden ser modelos de programación matemática.

En el artículo que se presenta a continuación, se propone un modelo de programación matemática multiobjetivo para la asignación del inventario en empresas que fabrican MTS caracterizadas por la FHP.

El modelo MILP-RI-FHP propuesto, se ha validado y probado en un caso real, reasignando inventario a pedidos en una empresa cerámica afectada por la FHP. La primera conclusión que se extrae del uso del modelo matemático propuesto, es que éste supone un ahorro importante de tiempo y de esfuerzo para el decisor o gestor de la cartera de pedidos, que necesita varias horas para encontrar una solución (sin certeza de que sea la óptima) con el método manual o tradicional (sin herramientas de ayuda a la toma de decisiones), frente a los pocos minutos que se requieren utilizando el modelo matemático propuesto. Si en la ejecución del modelo se obtiene el resultado de “solución infactible”, el decisor sabrá automáticamente que no va a ser posible servir todos los pedidos, sin necesidad de pasar horas intentando encontrar una reasignación del inventario para servir todos los pedidos de entrega inmediata. Pero además del ahorro de tiempo y esfuerzo, el modelo MILP-RI-FHP es capaz de encontrar soluciones óptimas que permiten mejorar, tanto los ingresos por venta, como el ratio de cumplimentación de pedidos respecto de la situación de reasignación manual.

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo muestran mejoras significativas respecto a la reasignación manual, tanto en el número de pedidos completados como en el importe de venta o facturación de los pedidos completados. Estas mejoras son especialmente significativas en los primeros periodos del horizonte de planificación, en los que hay menor capacidad de reacción para planificar nuevos lotes con objeto de completar pedidos por la cercanía de su fecha de entrega.

Artículo 4: Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP)

Los autores de este artículo son: Faustino Alarcón Valero, María del Mar Eva Almenay Díaz, Raúl Francisco Oltra Badenes y Francisco Cruz Lario Esteban.



Publicación: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

Editor: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

ISSN: 0366-3175
2173-0431

Fecha:

Volumen-Nº:

Páginas:

La revista Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio publica originales inéditos en forma de artículos de revisión, artículos y notas técnicas, de contenido científico o técnico, relacionados con la cerámica y el vidrio en diferentes áreas, entre la cuales está la de ingeniería industrial y de organización.

La revista aparece indizada desde 1998 en las bases de datos ISI-WoS (Science Citation Index, SCI y Journal Citation Reports Science Edition, JCR) entre otras, como única revista en castellano en esta área, y desde 2007 en Scopus-Elsevier. Los índices de impacto principales, referidos al año 2010, que es el último que está disponible, son los siguientes:

Factor de Impacto 2010 (2 años): **0,204**

Factor de Impacto 2010 (5 años): **0,318**

Posición: 20/25 (Q4, Ciencia de Materiales: Cerámica)

SJR 2010: **0,033**

Posición 2010: **64/134** (Q2, Ingeniería Industrial y Manufacturas)

Posición 2010: **70/98** (Q3, Ingeniería: Mecánica de Materiales)

Posición 2010: **36/52** (Q3, Ingeniería: Cerámicas y Materiales Compuestos)

Fuente: ©2010 [Scimago Research Group](#), Data Source: [Scopus®](#)

Este es el cuarto artículo dentro de la secuencia de investigación. En él se propone un modelo matemático para la asignación de inventario a pedidos de venta en empresas del sector cerámico, en el que existe FHP. Se valida el modelo con una aplicación sobre datos reales de una empresa del sector cerámico. Este modelo, debería ser incluido e implementado en el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico, como herramienta de ayuda a la toma de decisiones.

Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP)

M.M.E. Alemany¹, F. Alarcón¹, R.F. Oltra², F.C. Lario¹

¹*Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP),
Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España*

²*Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia,
Valencia, España*

La Falta de Homogeneidad en el Producto (FHP), se define como la carencia de la homogeneidad requerida por el cliente en los productos. La FHP aparece en empresas en las que los productos finales obtenidos no son homogéneos, dando lugar a la existencia de diferentes referencias (subtipos) de un mismo producto final. Esta falta de homogeneidad supone un problema cuando el cliente requiere ser servido a través de unidades homogéneas de un mismo producto y sus pedidos se comprometen en base cantidades planificadas, cuyas características de homogeneidad finales se desconocen en el momento de adquirir los compromisos el cliente. Las constantes discrepancias provocadas por la FHP entre las cantidades homogéneas planificadas y las realmente obtenidas y disponibles, pueden impedir servir pedidos comprometidos previamente. Para resolver este problema, se propone un modelo de programación matemática multiobjetivo para la reasignación del inventario en empresas caracterizadas por la FHP que fabrican contra almacén (Make to Stock: MTS). El modelo matemático propuesto se ha validado mediante su aplicación a un caso real de una empresa cerámica. El análisis de los resultados indica la obtención de mejoras considerables en la cantidad de pedidos completados a tiempo y en los ingresos por ventas alcanzados.

Optimal inventory reallocation to customer orders in ceramic tile companies characterized by the lack of homogeneity in the product (LHP)

The lack of homogeneity in the product (LHP) is defined as the lack of uniformity required by the customer in the products. The LHP appears in companies where the final products obtained are not homogeneous, leading to the existence of different references (subtypes) of the same product. This lack of homogeneity is a problem when the client needs to be served through homogeneous units of a product and commit orders are based on planned quantities, whose final homogeneity characteristics are unknown at the time of acquiring the customer commitments. The frequent discrepancies caused by the LHP between planned homogeneous amounts and those actually obtained and available, can prevent the delivery of committed orders. To solve this problem, we propose a multiobjective mathematical programming model for the reallocation of inventory in Make to Stock (MTS) ceramic tile companies characterized by the LHP. The proposed mathematical model has been validated by its application to a real case of a ceramic company. The analysis of the obtained results indicates significant improvements in the number of orders completed on time and in sales revenue achieved.

Palabras clave: Asignación de inventario, disponible a prometer (ATP), falta de homogeneidad en el producto (FHP), fabricación contra stock (MTS), modelo de programación matemática multiobjetivo.

Keywords: stock allocation, available to promise (ATP), lack of homogeneity in the product (LHP), make to stock (MTS), multiobjective mathematical programming model

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de fabricación que atienden la demanda de productos estandarizados suelen recurrir a la fabricación de grandes lotes (fabricación de grandes series) en búsqueda de economías de escala. Estos sistemas fabrican contra almacén (“Make to Stock” o MTS) es decir, fabrican grandes cantidades de producto final en base previsiones de demanda que almacenan para, posteriormente, ir sirviendo los pedidos de los clientes con pequeñas cantidades (1). De esta forma, cuando el cliente solicita una cantidad de un determinado producto, se comprueba si dicha cantidad está disponible sin comprometer en el almacén o si está planificada su disponibilidad antes de la fecha de entrega del pedido. En caso de que el producto esté disponible, se suele realizar una reserva o asignación de producto al pedido, con objeto de asegurar que el producto se podrá servir en la fecha y cantidad comprometidas con el cliente. Esta asignación evita que cualquier pedido posterior utilice o se atienda con esta misma cantidad de producto, lo cual impediría la entrega del primero en el caso de que no hubiera suficiente cantidad de producto para los dos.

La cantidad disponible, real o planificada, de producto final no comprometida con ningún cliente, se denomina formalmente *disponible a prometer* (2) o ATP (“Available To Promise”), siendo el inventario actual, el plan maestro y los pedidos ya

comprometidos con los clientes las principales entradas para su cálculo. Una gestión adecuada de la asignación del ATP a las propuestas de pedido es fundamental para entregar los pedidos a tiempo, generar fechas de entrega fiables, mejorar los ingresos de la empresa y reducir las oportunidades de negocio perdidas por no poder atender las peticiones del cliente (3).

En entornos de fabricación MTS, el método de asignación del ATP a pedidos según el orden en el que éstos van llegando (“first come first served” o FCFS) es muy utilizado. Sin embargo, esta forma de operar puede proporcionar una visión “miope” de cómo se está gestionando la cartera de pedidos porque el producto se va asignando a los pedidos sin tener en cuenta el impacto que dicha asignación tendrá en la posibilidad de comprometer nuevos pedidos que llegarán en el futuro (4). Esta visión miope puede atenuarse con políticas de racionamiento de inventario (5-9), mediante las cuales se divide el inventario en porciones y se asigna atendiendo a diferentes criterios como las clases de demanda o de clientes.

Pero además de proporcionar una visión miope, el método FCFS de asignación de ATP a pedidos, así como cualquier otro método de asignación, puede conducir a asignaciones inicialmente adecuadas u óptimas que se podrían convertir en no adecuadas, no óptimas, o incluso infactibles en tres tipos de situaciones (10): 1) cuando existen discrepancias entre las cantidades planificadas y las realmente fabricadas, 2) cuando llegan nuevos pedidos prioritarios y 3) cuando el cliente realiza modificaciones en las características de los pedidos ya comprometidos. En estas situaciones, puede ser interesante realizar una **reasignación** considerando, tanto el ATP (disponible a prometer y, por lo tanto, aún no asignado), como las cantidades de producto ya asignadas (que dejaron de ser ATP porque ya se comprometieron con pedidos de clientes específicos), a todos los pedidos ya comprometidos y a los nuevos que se pretendan comprometer, con el objetivo de

encontrar nuevas combinaciones, mejorar el nivel de servicio al cliente y/o los beneficios de la empresa.

En ciertos sectores industriales, como por ejemplo los del mueble, mármol, cerámico, textil, o peletero (11), el fenómeno de la Falta de Homogeneidad en el Producto (FHP), definido como *“la carencia de la homogeneidad requerida por el cliente en los productos”* (10) provoca constantemente una de las situaciones de reasignación de inventario explicadas anteriormente. En concreto, la FHP provoca que las cantidades de producto homogéneo obtenidas en fabricación sean distintas a las planificadas. Esto ocurre porque los productos obtenidos en fabricación, debiendo ser exactamente iguales, presentan diferencias en alguna de sus cualidades, dando lugar a diferentes subtipos o referencias de un mismo producto final. Debido a que las unidades de un mismo producto para servir un pedido deben ser homogéneas, los lotes ya fabricados deben ser clasificados en grupos o sublotos homogéneos, siempre de menor o igual tamaño que el lote principal que se había planificado fabricar. La aparición de estas discrepancias puede impedir que los pedidos, que se debían expedir con la cantidad de producto planificada para cumplir fechas de entrega, lleguen a tiempo por falta de la suficiente cantidad de producto homogéneo. Este aspecto resulta especialmente relevante para aquellos pedidos que deberían completarse con la cantidad de producto en inventario y la que acaba de fabricarse, dando lugar al inventario actual. Ante esta situación, el decisor puede buscar soluciones alternativas mediante la reasignación, en este caso, del inventario actual. Se trataría de cancelar la reserva del inventario actual de pedidos con fechas de entrega más tardías con objeto de liberar la suficiente cantidad homogénea para servir los pedidos que deben entregarse inmediatamente, tratando de que el impacto en el servicio al cliente y en los beneficios sea el menor posible.

La decisión de reasignación del inventario será compleja, en mayor o menor medida, en función de lo ambiciosos que sean los objetivos que se quieran alcanzar con dicha reasignación (mejorar el beneficio, mejorar el cumplimiento de fechas de entrega, reducir los costes de las operaciones, etc.). Pero también en función del volumen de información a manejar y del número de posibilidades de reasignación o combinaciones que se deban considerar, lo cual vendrá determinado por: el número de pedidos a considerar en la reasignación y sus líneas de pedido, el número de productos distintos a manejar en la reasignación, las restricciones a tener en cuenta (cumplimiento de fechas de entrega, ATP, prioridad asociada a clientes, contratos o acuerdos con clientes, etc.).

En este sentido, cabe destacar que la FHP (10), provoca una atomización del inventario debido a la constante aparición de nuevos subtipos de producto que aumentan la variedad de referencias almacenadas. La FHP, por lo tanto, incrementa el número de posibles combinaciones a la hora de servir pedidos y el volumen de información a utilizar, dificultando la obtención de soluciones factibles y adecuadas en la reasignación de inventario.

Este incremento en la complejidad de la reasignación del inventario justifica el uso de herramientas de ayuda a la toma de decisiones tales como modelos de programación matemática (10), mediante las cuales se puedan obtener soluciones que permitan satisfacer los compromisos adquiridos con el cliente y maximizar los beneficios de la empresa.

Aunque en la revisión de la literatura se han localizado distintos trabajos que han propuesto y utilizado modelos optimizadores para la gestión del ATP (12-15), sólo se ha encontrado un trabajo que utilice el concepto de reasignación de inventario (16). En dicho trabajo, Xu et al. (2009) proponen una heurística para la reasignación de inventario en una empresa de distribución que vende sus productos en tiempo real. El

tiempo transcurrido, desde que el cliente hace su pedido en tiempo real y reserva su producto del inventario, hasta que el producto es enviado desde los almacenes, se considera como una oportunidad para reasignar el inventario y disminuir los costes de distribución ocasionados por la reserva de producto en tiempo real. En su estudio se demuestra que la reasignación del inventario reduce los costes de distribución, tanto con ejemplos sencillos con tres almacenes, tres y cuatro pedidos, y unos pocos productos, como con experimentos con un gran volumen de datos (gran cantidad de pedidos multilínea).

Finalmente, cabe destacar que no se han encontrado trabajos que propongan métodos, modelos, heurísticas o herramientas para la reasignación del inventario actual en contextos MTS con FHP cuando asignaciones inicialmente adecuadas u óptimas se convierten en no adecuadas, no óptimas, o incluso infactibles. Con el objetivo de cubrir este vacío identificado en la literatura, en el presente trabajo se propone un modelo de programación matemática multiobjetivo para la reasignación óptima de inventario a pedidos ya comprometidos en entornos productivos contra almacén (MTS) caracterizados por la FHP. La principal novedad que aporta la reasignación del inventario en entornos MTS con FHP es la existencia de múltiples referencias de un mismo producto final y la necesidad de servir el pedido de un cliente a partir de unidades homogéneas, es decir, de una única referencia. Además se considerará, tal y como sucede en la realidad, que un pedido de un cliente está compuesto por diferentes líneas de pedido y que todas deberán ser completadas para poder servir el pedido.

La solución del anterior modelo permitirá, al Departamento de Gestión de Pedidos, decidir qué pedidos, de los previamente comprometidos con el cliente, deben servirse con el inventario actual y a través de qué subconjuntos de producto homogéneo, con el fin de optimizar dos objetivos: 1) maximizar los ingresos debidos a pedidos completos

servidos y 2) servir antes los pedidos con fecha de entrega más temprana (especialmente aquellos con fecha de entrega inmediata) ya que para ellos existe menor capacidad de reacción.

El resto del trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en el apartado 2 se describe la problemática de la FHP en el sector cerámico y se presenta un modelo de programación matemática multiobjetivo para la reasignación del inventario a pedidos bajo un contexto de fabricación MTS caracterizado por la existencia de la FHP. En el apartado 3 se valida el modelo propuesto a través de su aplicación a un caso de estudio de una empresa cerámica. Finalmente, en el apartado 4, se incluyen las conclusiones y líneas futuras de investigación.

2 MODELO DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA REASIGNACIÓN DEL INVENTARIO A PEDIDOS EN EMPRESAS CERÁMICAS MTS CON FHP

2.1 Descripción de la problemática en el sector cerámico

Las empresas del sector cerámico fabrican, principalmente, contra almacén (MTS), debido, entre otros aspectos, a los elevados tiempos de cambio de partida y a aspectos tecnológicos que obligan a fabricar una cantidad mínima de producto para asegurar un cierto grado de homogeneidad. En general, en este tipo de empresas, los pedidos de los clientes están constituidos por varias líneas de pedido en las cuales se solicitan cantidades de diferentes productos. Cuando un cliente realiza una propuesta de pedido a la empresa, normalmente, el Departamento de Ventas o Comercial comprueba la disponibilidad de ATP de los productos solicitados. En caso de haber cantidad suficiente para la fecha solicitada por el cliente, se realiza la reserva correspondiente (asignación de ATP a pedidos) estableciéndose así un compromiso con el cliente.

Pero esta asignación de ATP a pedidos, factible inicialmente porque permite la entrega a tiempo de todos los pedidos comprometidos, puede volverse infactible en las tres situaciones citadas anteriormente.

En el sector cerámico es especialmente importante una de ellas por la frecuencia con que la que aparece debido a la FHP: la aparición de discrepancias entre las cantidades planificadas y las realmente fabricadas. La FHP en las empresas cerámicas provoca la aparición de diferencias, fundamentalmente en el tono y en el calibre de los productos obtenidos en fabricación (aunque también en su aspecto superficial y planaridad, según (17)). Para que el cliente pueda recibir producto homogéneo y, por lo tanto, pueda utilizar, colocar o presentar conjuntamente las unidades de producto adquiridas sin perjuicios estéticos, se hace necesaria una clasificación en función de los tonos y los calibres obtenidos. De esta forma, un lote planificado para producción de un único tipo de producto puede dar lugar a dos o más sublotos con distintos tonos y calibres (subtipos) que no deberán mezclarse para atender una misma línea de pedido. Esta restricción a la hora de servir los pedidos puede provocar que, ciertos pedidos que se había planificado atender en su fecha de entrega con ATP basado en cantidades planificadas, no puedan atenderse cuando dichas cantidades se fabrican finalmente por no disponer de la suficiente cantidad de producto homogéneo.

La reasignación de inventario a pedidos puede ayudar a resolver esta situación. Mediante la reasignación se buscará otra forma de asignar los productos a los pedidos que permita alcanzar los objetivos de: obtener un mayor beneficio, lograr el cumplimiento de las fechas de entrega, un mejor aprovechamiento del inventario actual o futuro, o menores costes.

Pero esta decisión de reasignación se vuelve muy complicada en empresas cerámicas por el fenómeno de la FHP. En primer lugar, porque habrá que reasignar evitando que

se mezclen productos con distintos tonos o calibres (subtipos) en una misma línea de pedido, al tiempo que, para servir un pedido, será necesario servir todas sus líneas de pedido. Y, en segundo lugar, porque la FHP produce un efecto de atomización del inventario mediante el cual, un lote de un determinado tamaño, en el que tono y calibre deberían ser exactamente iguales para cada producto obtenido, pasará a descomponerse en dos o más sublotes de menor tamaño, según las diferentes combinaciones de tono y calibre realmente obtenidas (10), lo que provoca que haya más posibilidades a analizar para atender los pedidos. Lógicamente, la complejidad del problema crecerá en función del número de pedidos en cartera en el momento de la reasignación, el número de líneas de pedido de cada uno de ellos, el número de productos y subtipos diferentes implicados en la reasignación del inventario. Esta creciente complejidad justifica el empleo de herramientas de ayuda a la toma de decisiones, tales como el modelo de programación matemática presentado en el siguiente apartado. Posteriormente, para una mejor comprensión de la complejidad del problema en el sector cerámico, se incluye la descripción de un caso de estudio aplicado a dicho sector.

2.2 Modelo matemático para la ayuda a la toma de decisiones de reasignación del inventario a pedidos en contextos MTS con FHP

A continuación se presenta un modelo multiobjetivo de programación matemática lineal entera mixta para la reasignación de inventario en empresas cerámicas MTS con FHP, en adelante referenciado como modelo MILP-RI-FHP. Cuando se produzca una situación que requiera la reasignación del inventario actual, el modelo tomará como entrada los pedidos ya comprometidos que tienen reservado inventario actual cuya fecha de entrega esté dentro de un periodo de tiempo determinado, denominado *horizonte de planificación*. Cuanto mayor sea el horizonte de planificación considerado por el decisor, mayor número de pedidos se utilizarán en el modelo. Lógicamente, los

primeros días del horizonte de planificación contendrán los pedidos con fecha de entrega más cercana o urgente. Estos primeros días, cuyo número exacto definirá el decisor, determinan el *horizonte de entrega*. Dentro del horizonte de entrega están los pedidos que la empresa debe entregar de manera inmediata y, por lo tanto, los pedidos para los que hay que tratar de localizar inventario de manera prioritaria.

Una de las aportaciones principales del modelo MILP-RI-FHP respecto a otros modelos consultados en la literatura es que se considera, por una parte, la existencia de sublotes de diferentes tonos y calibres de un mismo producto, y por otra, la obligatoriedad de que una misma línea de pedido se sirva con producto de un único sublote.

La descripción del modelo incluye, en primer lugar, los índices (Tabla I), conjuntos (Tabla II), parámetros (Tabla III) y variables de decisión (Tabla IV) y, en segundo lugar, su modelado con la función objetivo (1) y las restricciones (2-8).

Índices	
i	pedido
l	línea de pedido
k	producto
b	sublote (cada combinación concreta de un tono y calibre).

Tabla I. Índices del modelo matemático

Conjuntos	
I	Conjunto de pedidos que están dentro del horizonte de planificación h .
$I(h_e)$	Conjunto de pedidos cuya fecha de entrega está dentro del horizonte de entrega h_e .
$L(i)$	Conjunto de líneas de pedido l , que pertenecen al pedido i .
$B(k)$	Conjunto de sublotes del producto k

Tabla II. Conjuntos del modelo matemático

Parámetros	
p_1	Peso relativo que se le otorga en la función objetivo a la maximización de los ingresos por ventas de los pedidos servidos
p_2	Peso relativo que se le otorga a maximizar el número de pedidos servidos con fecha de entrega más cercana
b_i	Importe total de venta del pedido i .
h	Horizonte de planificación
h_e	Horizonte de entrega de pedidos
f_{e_i}	Fecha de entrega del pedido i , calculada como los días que quedan desde el momento de ejecución del modelo hasta la fecha de entrega acordada.
$n_{I(h_e)}$	Número de pedidos cuya fecha de entrega está dentro del horizonte de entrega (h_e).
n_{l_i}	Número de líneas de pedido que tiene el pedido i .
d_{kil}	Cantidad solicitada del producto k , en la línea l del pedido i .
q_{kb}	Cantidad de producto k y sublote b existente en almacén (inventario actual).
b_{max}	Importe máximo de todos los pedidos (Máximo de los b_i).
b_{min}	Importe mínimo de todos los pedidos (Mínimo de los b_i).
ε	Valor positivo, pequeño y menor que la unidad (por ejemplo 0,001), para evitar que algún término de la función objetivo tenga un valor igual a cero.

Tabla III. Parámetros del modelo matemático

Variables de decisión	
Y_i	Variable Binaria con un valor de uno, si el pedido i está completamente reservado (todas sus líneas $L(i)$ están reservadas) y de cero, en caso contrario.
U_{kilb}	Variable Binaria con un valor de uno si la línea (l) del pedido (i) tiene una reserva de producto (k) y sublote (b) y de cero, en caso contrario.
$ATPO_{kb}$	Cantidad de inventario físico del producto (k) y sublote (b) que queda sin reservar tras finalizar la reasignación que queda, disponible para comprometer.

Tabla IV. Variables de decisión del modelo matemático

Función Objetivo:

$$Max[z] = p_1 \sum_i \left(\frac{b_i - b_{\min} + \varepsilon}{b_{\max} - b_{\min}} \right) \cdot Y_i + p_2 \sum_i \left(\frac{h - fe_i + \varepsilon}{h} \right) \cdot Y_i \quad (1)$$

Restricciones:

$$\sum_{i \in I(h_e)} Y_i = n_{I(h_e)} \quad (2)$$

$$\left(n_{l_i} - \sum_{k \in K(i)} \sum_{l \in L(i)} \sum_{b \in B(k)} U_{kilb} \right) \leq (1 - Y_i) \cdot n_{l_i} \quad \forall i \quad (3)$$

$$U_{kilb} \leq Y_i \quad \forall k \in K(i), l \in L(i), b \in B(k) \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_{l \in L(i)} d_{kil} \cdot U_{kilb} + ATP0_{kb} = q_{kb} \quad \forall k, b \in B(k) \quad (5)$$

$$\sum_{b \in B(k)} U_{kilb} \leq 1 \quad \forall i, k \in K(i), l \in L(i) \quad (6)$$

$$U_{kilb}, Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i, k \in K(i), l \in L(i), b \in B(k) \quad (7)$$

$$ATPO_{kb} \geq 0 \quad \forall k, b \quad (8)$$

El modelo presentado es un modelo multiobjetivo compuesto por dos objetivos: maximizar el importe de los pedidos servidos, en el primer sumando de la función objetivo, y maximizar el número de pedidos servidos cuya fecha de entrega esté más cerca del momento actual (fecha de entrega menor), en el segundo sumando de la función objetivo. Es decir, el segundo sumando de la función objetivo, maximiza el número de pedidos servidos cuya diferencia entre el horizonte de planificación y su

fecha de entrega sea mayor. Al priorizar la entrega de pedidos con fechas de entrega más cercanas, el modelo podrá tomar el inventario asignado previamente a otros pedidos con fecha de entrega más tardía para los cuales existe más capacidad de reacción.

A través de los valores definidos para los pesos (p_1 y p_2), el decisor reflejará la importancia otorgada a cada objetivo. El decisor podrá probar con diferentes valores según la importancia que conceda a uno u otro objetivo en el momento de ejecutar el modelo, pero siempre cumpliendo que $p_1+p_2=1$.

Puesto que cada uno de los objetivos de la función objetivo son de un orden de magnitud diferente, ha sido necesario escalarlos entre 0 y 1 para poder tener ambos factores en un rango comparable.

A través de la restricción (2) el modelo da prioridad absoluta a los pedidos cuya fecha de entrega se encuentra dentro del horizonte de entrega, obligando a que se reserve inventario para todas sus líneas de pedido.

La restricción (3) asegura que sólo los pedidos completos, es decir, aquellos que tienen reserva de producto para todas y cada una de sus líneas, se van a poder servir y, por lo tanto, se van a tener en cuenta en la función objetivo.

La restricción (4) fuerza a que una determinada línea de pedido de un producto sólo se reserve del inventario actual de un sub lote de dicho producto si el pedido está completamente reservado, es decir, si todas sus líneas están reservadas. De esta manera, se evita reservar inventario actual para líneas que forman parte de pedidos que no van a poder servirse, por no poder servirse otra de sus líneas.

La restricción (5) establece que el inventario actual será igual a la suma de las cantidades asignadas una vez ejecutado el modelo, más la cantidad que quede sin asignar y por tanto, disponible a prometer para futuros compromisos ($ATP0_{kb}$). Puesto

que la variable $ATP0_{kb}$, se define como no negativa, la cantidad asignada no podrá superar nunca a la realmente disponible.

A través de la restricción (6) se obliga al modelo a servir una línea de pedido completamente de un determinado subtipo. De esta forma se asegura la homogeneidad del producto que se le entrega al cliente evitando posibles reclamaciones por el efecto de la FHP.

Las restricciones (7) y (8) declaran binarias las variables de decisión U_{kilb} e Y_i , y no negativa la variable $ATP0_{kb}$.

Puede ocurrir que el modelo no encuentre una solución factible por incumplimiento de la restricción (2). Esto sucedería en el caso de que no hubiera suficiente producto en el inventario como para poder servir completamente todos los pedidos cuya fecha de entrega está dentro del horizonte de entrega. En ese caso, sería necesario relajar la restricción (2) modificando la igualdad a una desigualdad del tipo menor o igual y volver a ejecutar el modelo, con el objetivo de obtener la mejor reasignación posible con los objetivos planteados, asumiendo que no se completarán todos los pedidos dentro del horizonte de entrega.

3 CASO DE ESTUDIO

3.1 Descripción del caso de estudio

En este apartado se presenta un caso de estudio basado en una empresa real de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos. Se ha estudiado la evolución de la cartera de pedidos de dicha empresa a lo largo del tiempo y se ha escogido, para el presente estudio, la cartera existente en un momento determinado. La cartera de pedidos escogida podría ser considerada como una cartera representativa de la actividad

comercial de la empresa. A los pedidos que componen la cartera de pedidos escogida se les ha ido asignando el ATP según la política FCFS. En total 2.274 pedidos, con un total de 9.347 líneas, lo cual supone una media de 4,12 líneas por pedido, con un máximo y mínimo de 108 y 1 líneas por pedido, respectivamente.

En la siguiente tabla (Tabla V) se puede observar, mes a mes, la cantidad de pedidos y el importe de venta que suponen dichos pedidos. En la primera columna de la tabla, se presenta el mes en el que debe entregarse el pedido. Las siguientes dos columnas incluyen la cantidad total de pedidos y el importe total de los pedidos de cada uno de los meses de entrega, respectivamente. Como se puede observar, en la última fila de la tabla están los datos de la cartera de pedidos completa, con un total de 2.274 pedidos, que suponen 8.648.346,05 € en cuanto a importe de facturación.

Mes de entrega del pedido	Cantidad de pedidos	Importe total de los pedidos
Enero	675	3.144.263,9 €
Febrero	832	1.776.157,8 €
Marzo	161	665.338,4 €
Abril	252	1.388.964,2 €
Mayo	98	323.178,6 €
Junio	92	469.778,1 €
Julio	41	160.857,5 €
Agosto	14	73.872,9 €
Septiembre	24	118.655,2 €
Octubre	24	133.571,7 €
Noviembre	32	236.457,8 €
Diciembre	29	157.250,1 €
Total	2.274	8.648.346,1 €

Tabla V. Cartera de pedidos

En la empresa hay un total de 6.378 códigos de producto diferentes de los cuales 2.871 están presentes en la cartera de pedidos escogida. De dichos productos, existen 18.138 sublotos (combinaciones de tono-calibre) diferentes, por lo que hay una media de 2,85 sublotos por producto, con un máximo y un mínimo de 92 y 1 sublotos por producto.

Dentro del horizonte de entrega de 15 días considerado para el estudio existen 186 pedidos, con un total de 942 líneas. De éstas, hay un total de 72 líneas que no tienen asignado el ATP necesario (líneas incompletas), lo cual provoca que haya 49 pedidos que no pueden ser servidos. Estas líneas incompletas no se pueden completar debido, fundamentalmente, a la FHP característica en el sector cerámico, que provoca que las cantidades planificadas de producto homogéneo en base a las que, inicialmente se comprometieron los pedidos, no coincidan con las que finalmente se obtienen de fabricación, más reducidas y atomizadas por las diferencias de tono y calibre.

El importe total de la cartera de pedidos es de 8.648.346,05 €, de los cuales 4.756.786,71 € (55%) corresponde a pedidos que pueden servirse y 3.891.559,34 € (45%) corresponden a los pedidos que no pueden servirse por falta de producto en una o más líneas.

Algunas de las líneas de pedido que no se pueden servir necesitan productos que ya están asignados a otras líneas de pedido las cuales, aunque tienen una fecha de entrega posterior a los 15 días considerados en el horizonte de entrega, han llegado antes a la empresa y, por lo tanto, debido a la política FCFS, han reservado antes ATP del producto. Esta situación está explicada con más detalle en el trabajo de Alarcón et al. (10).

Una de las posibles vías de actuación para resolver esta situación es la reasignación del inventario. La reasignación permitirá desasignar el inventario actual asignado inicialmente a líneas de pedido menos prioritarias para asignarlo a líneas de pedido más prioritarias, es decir, a líneas de pedido que pertenecen a pedidos dentro del horizonte de entrega y que son los que primero se tendrán que entregar al cliente para cumplir los compromisos de fecha de entrega adquiridos.

Esta labor, realizada actualmente por un decisor (responsable de gestión de la cartera pedidos y expediciones), exige consultar de forma secuencial, para cada una de las 72 líneas incompletas: si hay otras líneas de pedido que tengan reservado el producto necesario para completarlas y qué ocurre al efectuar el cambio de unas asignaciones por otras. Para esto último es fundamental tener claros los objetivos que se pretenden alcanzar con la gestión de la cartera de pedidos, ya que ello permitirá evaluar cuándo una posibilidad de asignación será más interesante para la empresa que otra. En este caso, los objetivos a alcanzar por la empresa con la reasignación son: 1º cumplir con la fecha de entrega de los pedidos que están dentro del horizonte de entrega, lo cual implica que haya inventario para todas y cada una de las líneas que lo componen, y 2º en caso de no haber disponibilidad para todos los pedidos, poder servir a tiempo aquellos de mayor importe de venta para la empresa. Esto último requiere evaluar de qué línea de pedido es más interesante tomar el producto teniendo en cuenta que esta acción debe intentar dejar incompletos, bien aquellos pedidos que ya estuvieran incompletos o bien aquellos cuyo importe sea el menor. Lógicamente, en todo este proceso habrá que tener en cuenta también el impacto de la FHP es decir, las diferentes cantidades de cada tono y calibre para cada tipo de producto.

Aunque el gestor de la cartera de pedidos cuenta con la ayuda de herramientas informáticas de consulta para localizar rápidamente las líneas que tienen el producto necesario para completar una línea incompleta, encontrar una solución factible consume mucho tiempo, y más aún cuando ésta se busca y no existe. Pero todavía resulta más difícil encontrar la solución óptima con respecto a los objetivos planteados cuando surgen varias posibilidades y cuando hay que hacerlo para muchas líneas de pedido. Por todo ello, se ha considerado interesante el desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones basada en programación matemática que permita, manejando un

gran volumen de información, averiguar rápidamente si existe o no solución factible y, si existe, determinar la solución óptima en cada caso. Esta herramienta ayudará al gestor de la cartera de pedidos a completar los pedidos que deben expedirse semanalmente de manera inmediata para cumplir la fecha de entrega pactada con el cliente.

3.2 Aplicación del Modelo MILP-RI-FHP al caso de estudio

Para la aplicación del modelo, la empresa objeto de estudio ha extraído los datos necesarios de su sistema de gestión mediante una conexión ODBC (Open DataBase Connectivity), y los ha exportado a una base de datos de MS Access que se compone, básicamente, de dos tablas. La primera de ellas se ha llamado CARTERA DE PEDIDOS y recoge toda la información referente a los pedidos y sus líneas: nº de pedido, nombre del cliente, número de línea, código de producto, cantidad de producto reservada de cada producto, código de los sublotes (combinación de tono y calibre) reservados, importes, pesos, etc. En la segunda tabla, llamada SITUACIÓN DE INVENTARIO, aparece la información sobre las cantidades del inventario actualmente disponible en almacén de cada artículo, detallado o separado según cada uno de los sublotes (combinaciones de tonos, calibres). Esta información ha sido depurada y formateada para su utilización por el modelo matemático mediante las herramientas MS Access, MS Excel y Visual Basic.

El modelo MILP-RI-FHP se ha implementado en el programa MPL Modeling System, en su versión 4.2K. Cabe destacar que ha sido necesario utilizar la versión de 64 bits, debido al gran número de variables y restricciones que se generan al resolver el modelo con los datos reales facilitados por la empresa. El solver utilizado para resolver el modelo desarrollado en MPL ha sido el programa Gurobi en su versión 4.0.1, también

de 64 bits. El PC utilizado para ejecutar el modelo es un HP con un procesador Intel Core Duo de 1.80 GHz, 2.00 Gb de memoria RAM y sistema operativo Windows 7 de 64 bits.

Para el caso de estudio que se presenta, el valor utilizado para los parámetros p_1 y p_2 es de 0,5. Con este valor para ambos parámetros los dos sumandos principales de la función objetivo se ponderan de igual manera es decir, se otorga la misma importancia a maximizar los ingresos totales de los pedidos servidos que a maximizar el número de pedidos en la fecha acordada.

El horizonte de entrega de pedidos es de 15 días y el horizonte de planificación es todo un año (365 días). Hay que añadir que se ha tomado un $\varepsilon = (0,001)$. Este valor es suficientemente pequeño para no alterar los valores del resultado, manteniendo su función, que es evitar que ninguno de los términos de la función objetivo pueda resultar cero.

El resto de parámetros, así como los datos necesarios para la ejecución del modelo, se han obtenido directamente de los datos existentes en la cartera de pedidos del experimento. Para ello, se ha utilizado la función del MPL que permite leer directamente datos de una Base de datos de MS Access, en la que se hallan los datos depurados de la cartera de pedidos y situación de inventario, facilitados por la empresa objeto de estudio.

Al ejecutar el modelo con los datos citados se ha obtenido el resultado de “solución infactible”, lo cual quiere decir que no hay cantidad suficiente de producto homogéneo disponible actualmente en almacén para servir completamente los pedidos del horizonte de entrega (en total 186 pedidos), y por tanto, no se puede cumplir la restricción (2) del modelo matemático.

Dado que es imposible servir los 186 pedidos del horizonte de entrega, se procede a una segunda ejecución del modelo matemático relajando la restricción (2), de manera que se puedan encontrar soluciones. Tras la relajación de la restricción (2), la segunda ejecución del modelo matemático ha permitido encontrar una solución óptima, que se analiza en el apartado siguiente.

3.3 Análisis de los resultados

Tomando como punto de partida la situación inicial resultante en la cartera de pedidos, después de una asignación de ATP a pedidos según una política de FCFS y los posteriores efectos de la FHP, a continuación se presenta una comparativa de los resultados obtenidos mediante una reasignación manual del inventario y mediante una reasignación con el modelo MILP-RI-FHP. Esta comparativa se ha organizado en tres tablas: la primera (Tabla VI) contiene los datos de la cartera de pedidos después de hacer una reasignación manual, la segunda (Tabla VII) contiene los datos de la cartera de pedidos después de hacer una reasignación con el modelo y, la tercera, presenta la comparativa, tanto en valores absolutos como porcentuales, de las dos anteriores.

De esta forma, en la siguiente tabla (Tabla VI), se presenta la situación de la cartera de pedidos mes a mes, resultante tras una reasignación manual de la primera asignación de ATP a pedidos según una política de FCFS y los efectos de la FHP. Para poder evaluar las mejoras que se consiguen con el uso del modelo, se han separado los pedidos de la cartera en pedidos que pueden ser servidos (pedidos completos) y pedidos que no pueden ser servidos porque falta por completar, al menos, una línea (pedidos incompletos).

Mes de entrega del pedido	TODOS LOS PEDIDOS DE LA CARTERA		Pedidos Incompletos				Pedidos Completos			
	Cantidad de pedidos	Importe total de los pedidos	Cantidad de pedidos	%	Importe total de los pedidos	%	Cantidad de pedidos	%	Importe total de los pedidos	%
Enero	675	3.144.263,9 €	274	41%	2.056.893,4 €	65%	401	59%	1.087.370,5 €	35%
Febrero	832	1.776.157,8 €	251	30%	879.094,4 €	49%	581	70%	897.063,4 €	51%
Marzo	161	665.338,4 €	22	14%	125.053,6 €	19%	139	86%	540.284,7 €	81%
Abril	252	1.388.964,2 €	42	17%	380.776,6 €	27%	210	83%	1.008.187,6 €	73%
Mayo	98	323.178,6 €	10	10%	170.218,7 €	53%	88	90%	152.959,8 €	47%
Junio	92	469.778,1 €	5	5%	10.273,4 €	2%	87	95%	459.504,7 €	98%
Julio	41	160.857,5 €	6	15%	54.505,4 €	34%	35	85%	106.352,1 €	66%
Agosto	14	73.872,9 €	6	43%	33.781,3 €	46%	8	57%	40.091,6 €	54%
Septiembre	24	118.655,2 €	6	25%	53.670,5 €	45%	18	75%	64.984,7 €	55%
Octubre	24	133.571,7 €	6	25%	55.878,4 €	42%	18	75%	77.693,2 €	58%
Noviembre	32	236.457,8 €	6	19%	37.835,7 €	16%	26	81%	198.622,1 €	84%
Diciembre	29	157.250,1 €	6	21%	33.577,9 €	21%	23	79%	123.672,2 €	79%
Total	2.274	8.648.346,1 €	640	28%	3.891.559,3 €	45%	1.634	72%	4.756.786,7 €	55%

Tabla VI. Situación de los pedidos tras una reasignación de inventario manual.

Así, se puede observar en la Tabla VI que, para el mes de enero, deberían entregarse un total de 675 pedidos, los cuales suponen una facturación de 3.144.263,9 €. De éstos, hay 274 pedidos incompletos que no podrán servirse (41% del total de pedidos), lo cual impide que se puedan facturar 2.056.893,4 € (65% del total del importe de los pedidos). Por otra parte, existen 401 pedidos completos (59% del total) que sí pueden servirse, y que por lo tanto permitirán facturar 1.087.370,5 € (35% del total del importe).

En el conjunto de la cartera de pedidos (fila de total) hay 640 pedidos incompletos (28% de 2.274) y 1.634 completos (el otro 72%). Esto significa que, en esta situación, de un total de 8.648.346,1 €, sólo existe posibilidad de facturar 4.756.786,7 € (45%), quedando 3.891.559,3 € (55%) pendientes de facturar para cuando se completen los pedidos correspondientes.

Por otra parte, en la Tabla VII se recogen los datos obtenidos tras la reasignación de inventario con el modelo MILP-RI-FHP. Se ha utilizado la misma estructura en esta tabla VII que la empleada en la tabla anterior para facilitar su lectura y entendimiento.

Como se puede apreciar en esta Tabla VII, en el conjunto de la cartera de pedidos hay 505 pedidos incompletos (22%) y 1.769 completos (el otro 78%). Esto significa que, en

esta situación, de un total de 8.648.346,1 €, existe posibilidad de facturar 5.546.146,3 € (64%), quedando 3.102.199,8 € (36%) pendientes de facturar para cuando se completen los pedidos correspondientes.

Atendiendo a las entregas inminentes de los pedidos es decir, aquellas cuya fecha de entrega están dentro del horizonte de entrega (mes de enero), el modelo matemático proporciona una solución con la que se pueden servir 468 pedidos (69%) que suponen un total de 1.400.073,4 € (45%), quedando 207 (31%) pendientes por un importe de 1.744.190,4 €.

Mes de entrega del pedido	TODOS LOS PEDIDOS DE LA CARTERA		Pedidos Incompletos				Pedidos Completos			
	Cantidad de pedidos	Importe total de los pedidos	Cantidad de pedidos	%	Importe total de los pedidos	%	Cantidad de pedidos	%	Importe total de los pedidos	%
Enero	675	3.144.263,9 €	207	31%	1.744.190,4 €	55%	468	69%	1.400.073,4 €	45%
Febrero	832	1.776.157,8 €	160	19%	699.067,4 €	39%	672	81%	1.077.090,5 €	61%
Marzo	161	665.338,4 €	31	19%	108.796,1 €	16%	130	81%	556.542,3 €	84%
Abril	252	1.388.964,2 €	38	15%	319.350,6 €	23%	214	85%	1.069.613,6 €	77%
Mayo	98	323.178,6 €	12	12%	46.700,4 €	14%	86	88%	276.478,1 €	86%
Junio	92	469.778,1 €	10	11%	12.719,2 €	3%	82	89%	457.058,9 €	97%
Julio	41	160.857,5 €	6	15%	6.155,6 €	4%	35	85%	154.701,9 €	96%
Agosto	14	73.872,9 €	6	43%	33.781,3 €	46%	8	57%	40.091,6 €	54%
Septiembre	24	118.655,2 €	8	33%	53.542,8 €	45%	16	67%	65.112,4 €	55%
Octubre	24	133.571,7 €	4	17%	15.788,1 €	12%	20	83%	117.783,6 €	88%
Noviembre	32	236.457,8 €	14	44%	37.835,7 €	16%	18	56%	198.622,1 €	84%
Diciembre	29	157.250,1 €	9	31%	24.272,2 €	15%	20	69%	132.977,9 €	85%
Total	2.274	8.648.346,1 €	505	22%	3.102.199,8 €	36%	1.769	78%	5.546.146,3 €	64%

Tabla VII. Situación de los pedidos tras una reasignación de inventario con el modelo MILP-RI-FHP.

En la siguiente tabla (Tabla VIII) se muestran las diferencias porcentuales, mes a mes, entre los datos obtenidos mediante la reasignación manual y los obtenidos tras la reasignación de inventario con el modelo matemático propuesto. En ella se puede apreciar claramente, tanto una mejoría global de los pedidos completados de + 8% (1.769 pedidos frente a 1.634), como una mejora en la cifra de facturación de + 17% (5.546.146,3 € frente a 4.756.786,7 €) en el conjunto de la cartera.

	Comparativa del Nº Pedidos Completos			Comparativa de Importes de los pedidos Completos		
	Cantidad de pedidos completos con FCFS	Cantidad de pedidos completos con Modelo Matemático	Diferencia porcentual	Importe de venta de los pedidos completos con FCFS	Importe de venta de los pedidos completos con Modelo Matemático	Diferencia porcentual
Enero	401	468	17%	1.087.370,5 €	1.400.073,4 €	29%
Febrero	581	672	16%	897.063,4 €	1.077.090,5 €	20%
Marzo	139	130	-6%	540.284,7 €	556.542,3 €	3%
Abril	210	214	2%	1.008.187,6 €	1.069.613,6 €	6%
Mayo	88	86	-2%	152.959,8 €	276.478,1 €	81%
Junio	87	82	-6%	459.504,7 €	457.058,9 €	-1%
Julio	35	35	0%	106.352,1 €	154.701,9 €	45%
Agosto	8	8	0%	40.091,6 €	40.091,6 €	0%
Septiembre	18	16	-11%	64.984,7 €	65.112,4 €	0%
Octubre	18	20	11%	77.693,2 €	117.783,6 €	52%
Noviembre	26	18	-31%	198.622,1 €	198.622,1 €	0%
Diciembre	23	20	-13%	123.672,2 €	132.977,9 €	8%
Total	1.634	1.769	8%	4.756.786,7 €	5.546.146,3 €	17%

Tabla VIII. Diferencias porcentuales mes a mes entre el escenario de reasignación manual y el de reasignación con el modelo MILP-RI-FHP.

Cabe destacar las mejoras obtenidas por el modelo matemático en el corto plazo. Concretamente en los dos primeros meses (Enero y Febrero), en los que hay un aumento del 17% y del 16% respectivamente en el número de pedidos que pueden ser servidos (468 y 672 frente a 401 y 581), lo cual supone un aumento de la facturación del 29% y 20% (1.400.073,4 € y 1.077.090,5 € frente a 1.087.370,5 € y 897.063,4 €). Esto es debido a que el modelo tiende a sustituir asignaciones iniciales de inventario desde pedidos con fecha de entrega tardía, a pedidos con fecha de entrega temprana. Para resolver el problema de pedidos con fecha de entrega más tardía que no se pueden servir, se supone que la empresa puede encontrar otras soluciones que no se basan en la reasignación del inventario actual, sino, por ejemplo, en la modificación del plan maestro. En definitiva, el uso del modelo permite obtener reasignaciones óptimas del inventario a los pedidos que componen la cartera, en base a diferentes ponderaciones de los objetivos definidos en el modelo matemático, permitiendo al decisor, además, simular y estudiar diferentes escenarios de una forma rápida y sencilla.

La magnitud de las mejoras obtenidas con el modelo puede apreciarse claramente en los siguientes gráficos (1 y 2). En el gráfico 1 se observa el número de pedidos completos en cada mes del horizonte de planificación, tanto mediante la reasignación manual, como mediante la reasignación del modelo matemático.

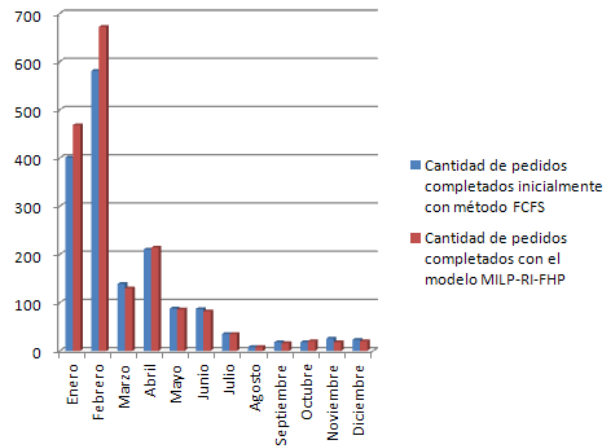


Gráfico 1. Comparativa entre la cantidad de pedidos mensuales completados mediante la reasignación manual y la cantidad completada con el modelo MILP-RI-FHP.

Por otra parte, en el gráfico 2, se compara mes a mes el importe que suponen los pedidos completados mediante la reasignación manual respecto al obtenido con la reasignación del modelo matemático.

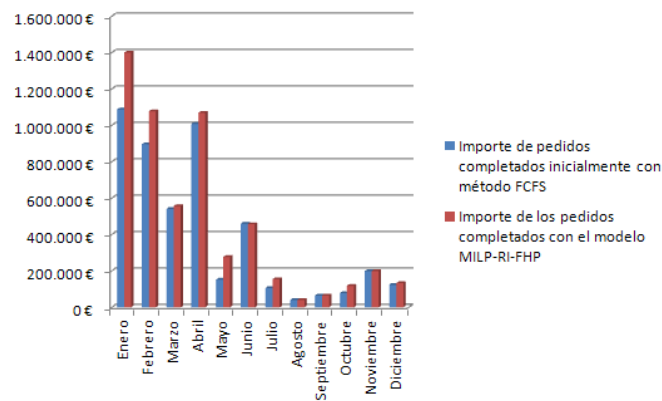


Gráfico 2. Importe de venta que suponen los pedidos completos mensualmente mediante la reasignación manual y mediante la reasignación con el modelo matemático.

4 CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se ha propuesto un modelo de programación matemática multiobjetivo para la asignación del inventario en empresas que fabrican MTS caracterizadas por la FHP. La incertidumbre provocada por la FHP en las cantidades homogéneas que estarán disponibles, una vez los lotes planificados se hayan fabricado, provoca constantes discrepancias entre lo planificado y la realidad. Esto conlleva la necesidad de reasignar el inventario si se desea cumplir con los compromisos de fecha de entrega adquiridos. Además, la FHP introduce varios aspectos novedosos, de cuyo tratamiento anterior no se tiene constancia: la existencia de múltiples referencias de un mismo producto final, la necesidad de servir el pedido de un cliente a partir de unidades homogéneas, es decir, de una única referencia y la existencia de pedidos con múltiples líneas de pedido.

El modelo MILP-RI-FHP se ha utilizado para optimizar una determinada reasignación de inventario a pedidos en una empresa cerámica afectada por la FHP. La primera conclusión que se extrae del uso de modelo matemático es que éste supone un ahorro importante de tiempo y de esfuerzo para el decisor o gestor de la cartera de pedidos, que necesita varias horas para encontrar una solución (sin certeza de que sea la óptima) con el método manual o tradicional (sin herramientas de ayuda a la toma de decisiones), frente a los pocos minutos (5'53 minutos para el caso de estudio) que se requieren utilizando el modelo matemático propuesto. Si en la ejecución del modelo se obtiene el resultado de “solución infactible”, el decisor sabrá automáticamente que no va a ser posible servir todos los pedidos, sin necesidad de pasar horas intentando encontrar una reasignación del inventario para servir todos los pedidos de entrega inmediata. Pero además del ahorro de tiempo y esfuerzo, el modelo MILP-RI-FHP es capaz de encontrar

soluciones óptimas que permiten mejorar, tanto los ingresos por venta, como el ratio de cumplimentación de pedidos respecto de la situación de reasignación manual.

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo muestran mejoras significativas respecto a la reasignación manual, tanto en el número de pedidos completados como en el importe de venta o facturación de los pedidos completados. Estas mejoras son especialmente significativas en los primeros periodos del horizonte de planificación, en los que hay menor capacidad de reacción para planificar nuevos lotes con objeto de completar pedidos por la cercanía de su fecha de entrega.

Como líneas de trabajo futuro se contemplan, básicamente: a) considerar otras políticas, criterios u objetivos en la reasignación (relacionados, por ejemplo, con el número y tamaño de los restos de sublotes que se generan en el almacén), b) estudiar los efectos del tamaño de las líneas de pedido y de los sublotes en la eficiencia de la reasignación y c) estudiar y documentar la problemática de la FHP y la reasignación en otro tipo de empresas (incluyendo empresas de servicios).

5 AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado parcialmente, tanto en el marco del proyecto de investigación titulado “Personalización en Masa y Cadenas de Suministro Inteligentes, con Productos y Procesos Complejos” (DPI 2008-06788-C02-01), como en el proyecto de investigación titulado “Métodos y modelos para la planificación y gestión de pedidos en cadenas de suministro caracterizadas por la incertidumbre en la producción debido a la Falta de Homogeneidad en el Producto” (DPI2011-23597), ambos financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación español, dentro de los cuales se ha tenido oportunidad de validar el funcionamiento del modelo propuesto aplicándolo a una empresa líder en el sector cerámico.

6 REFERENCIAS

- (1) T. E. Vollmann, W. L. Berry y D. C. Whybark, "Sistemas de Planificación y control de la fabricación.", Irwin / McGraw-Hill., (1995).
- (2) M. M. E. Alemany, F. Alarcón, A. Ortiz, F. C. Lario y M. A. Bengochea, "El proceso de comprometer pedidos de un paquete de productos integrado por productos del sector cerámico y productos complementarios: Parte I Descripción y caracterización de la problemática.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 46 [1], págs. 21-28, (2007).
- (3) Kilger, C. and Schneeweiss, L., "Demand fulfilment and ATP." In Stadler, H. and Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer, págs. 79-95, (2000).
- (4) M. O. Ball, C. Y. Chen y Z. Y. Zhao, "Available to Promise.", Kluwer Academic Publishers, págs. 447-483, (2004).
- (5) S. Benjaafar, M. ElHafsi y F. d. Véricourt, "Demand Allocation in Multiple-Product, Multiple-Facility, Make-to-Stock Systems.", *Manage. Sci.*, vol. 50 [10], págs. 1431-1448, (2004).
- (6) R. Pibernik y P. Yadav, "Inventory reservation and real-time order promising in a Make-to-Stock system.", *OR Spectrum*, vol. 31 [1], págs. 281-307, (2009).
- (7) D. M. Topkis, "Optimal Ordering and Rationing Policies in a Nonstationary Dynamic Inventory Model with n Demand Classes.", *Manage. Sci.*, vol. 15 [3], págs. 160-176, (1968).
- (8) F. d. Vericourt, F. Karaesmen y Y. Dallery, "Assessing the Benefits of Different Stock-Allocation Policies for a Make-to-Stock Production System 11.", *Manuf. Serv. Oper. Manag.*, vol. 3 [2], págs. 105-121, (1-1-2001).
- (9) J. Xu, S. Chen, B. Lin y R. Bhatnagar, "Optimal production and rationing policies of a make-to-stock production system with batch demand and backordering 10.", *Operations Research Letters*, vol. 38 [3], págs. 231-235, (2010).
- (10) F. Alarcón, M. M. Alemany, F. C. Lario y R. F. Oltra, "La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación de inventario.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 50 [1], págs. 49-58, (2011).
- (11) F. Alarcón, M. M. Alemany, F. C. Lario y R. F. Oltra, "La falta de homogeneidad en el producto (FHP): análisis de la problemática, casos y posibles líneas de actuación.", *IV International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, San Sebastián, 8-10 sept., (2010).
- (12) C. Y. Chen, Z. Y. Zhao y M. O. Ball, "Quantity and Due Date Quoting Available to Promise.", *Inform. Syst. Front.*, vol. 3 [4], págs. 477-488, (2001).
- (13) C. Y. Chen, Z. Zhao y M. O. Ball, "A Model for Batch Advanced Available-To-Promise.", *Prod. Oper. Manag.*, vol. 11 [4], págs. 424-440, (2002).
- (14) P. Keskinocak y S. Tayour, "Due Date Management Policies.", *Modeling in the E-business Era*, págs. 485-554, (2004).
- (15) R. Pibernik, "Advanced available-to-promise: Classification, selected methods and requirements for operations and inventory management.", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 93-94 [1], págs. 239-252, (2005).
- (16) P. J. Xu, R. Allgor y S. C. Graves, "Benefits of reevaluating real-time order fulfillment decisions.", *Manuf. Serv. Oper. Manag.*, vol. 11 [2], págs. 340-355, (2009).
- (17) A. Poyatos, R. Bonaque, G. Mallol y J. Boix, "Nuevo sistema y metodología para la eliminación de los calibres en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas.", *Bol. Soc. Esp. Ceram.*, vol. 49 [2], págs. 147-151, (2010).



Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
C° VALDELATAS, S/N- CANTOBLANCO
28049 Madrid
Nif: G28200327
VAT ESP. G 28200327

MARIA DEL MAR E. ALEMANY

25/11/2011

Estimado Sr./Sra.:

Tengo el placer de comunicarle que el trabajo:

Reasignación óptima del inventario a pedidos en empresas cerámicas caracterizadas por la falta de homogeneidad en el producto (FHP)

M.M.E. Alemany1, F. Alarcón1, R.F. Oltra2, F.C. Lario1

Referencia: 44-11

recibido en esta Redacción, esta en proceso de evaluación por dos supervisores.

Según las normas de esta revista, procedemos a enviar copia del mismo a dos supervisores para la evaluación y análisis de su adecuación, a las normas de publicación del Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.

Por favor, en futuras comunicaciones utilice el nº de referencia con el objeto de facilitar la búsqueda

Agradeciéndole su colaboración, reciba un cordial saludo.

Emilio Criado
Editor del Boletín SECV
e-mail: secv@icv.csic.es

Capítulo 6

Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico.

Capítulo 6

Resumen del Artículo 5: “Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico”

Los sistemas de información (SI) utilizados por las empresas del sector cerámico se limitan, en la mayoría de los casos, al uso de hojas de cálculo y bases de datos. Dichas soluciones no proporcionan a las empresas la integración de procesos, y por tanto la información fundamental para lograr una gestión eficaz y eficiente. Con el objetivo de conseguir dicha integración de procesos, y así conseguir la eficacia y eficiencia en su gestión, las empresas líderes en el sector han implantado sistemas ERP. Es de suponer que, para mantener su competitividad, esta tendencia iniciada por las empresas líderes, será seguida en breve por el resto de empresas del sector.

Sin embargo, la implantación de sistemas ERP en el sector cerámico no resulta sencilla, ya que los ERP estándar deben ser modificados para satisfacer los requerimientos específicos, entre los que destaca por su importancia la problemática de la diversificación y diferenciación de productos. Dicha problemática surge debido a la falta de homogeneidad del producto (FHP).

La FHP es una característica que se presenta en las empresas de fabricación de productos cerámicos, donde existen factores externos imprevisibles e incontrolables que provocan pequeñas diferencias en el color de los azulejos (diversidad de tonos), la textura y en los tamaños (diversidad de calibres)”. Sin embargo, a pesar de que en un mismo producto existan diferencias, es importante que al aplicar los azulejos en un revestimiento o pavimento, todos los productos sean de aspecto similar (mismo tono, calibre y calidad).

Sin embargo, es necesario servir cada pedido de cliente con productos de un único tono, calibre y calidad. Esta circunstancia fuerza la necesidad de clasificar y almacenar toda la producción en función de los valores de las tres características del producto: Tono, Calibre y Calidad (TCC).

Para dar soporte a dicha clasificación y almacenamiento, es fundamental la existencia de un SI capaz de recoger y gestionar la información necesaria para el manejo de los diversos TCC de cada producto. Este SI además, deberá ser capaz de gestionar los diferentes procesos básicos de la empresa, como son la gestión de pedidos, la gestión de inventario, la planificación, la gestión de la producción o la previsión de la demanda, entre otros y dar

soporte a la toma de decisiones. Evidentemente, el SI, para la gestión de estos procesos, debe tener en cuenta la clasificación de los productos y sus valores en cuanto a TCC.

Así pues, serán necesarios SI, y en concreto ERP, adecuados al sector cerámico, que resuelvan entre otros, el problema que supone la FHP. Este tipo de ERP adaptados a un sector concreto se denomina ERP vertical. Sin embargo, tras analizar la literatura existente y las soluciones ofrecidas por los fabricantes más importantes a nivel mundial, se observa que los verticales existentes hasta el momento, no cubren la problemática específicos del sector cerámico, lo cual deja patente una importante oportunidad de negocio que debería ser cubierta.

Con el objetivo de servir de soporte al desarrollo de soluciones verticales para el sector cerámico, se analizan los requerimientos funcionales que un sistema ERP vertical para dicho sector debería implementar.

La existencia de la FHP en el sector cerámico, provoca que, para el desarrollo de un ERP vertical, sea imprescindible el desarrollo de un modelo de datos que permita identificar de forma adecuada los productos, incluyendo las características derivadas de la FHP.

En el presente artículo se justifica la necesidad de desarrollar soluciones ERP verticales adaptadas al sector cerámico y se analizan los requerimientos que dicho sector presenta en cuanto a la identificación de los productos fabricados, derivados de la problemática generada por la FHP.

En base a dichos requerimientos, se diseña un modelo de datos para solucionar los problemas de identificación de producto que la FHP genera en el sector cerámico. Dicho modelo de datos debería ser incorporado en los sistemas ERP verticales para el sector cerámico, y es imprescindible para la integración de herramientas de ayuda a la toma de decisiones como el modelo matemático MILP-RI-FHP, que se ha presentado en el artículo 4 de la presente tesis.

Queda pendiente la integración del modelo de datos propuesto a través de todos los procesos de la empresa, tarea que deberá ser realizada por los desarrolladores, y que depende de la plataforma de desarrollo que utiliza cada ERP.

Sin embargo, sí que es posible, y necesario, ofrecer a los desarrolladores una guía para la adaptación del modelo de datos en los diferentes sistemas ERP. En este artículo se presenta a modo de ejemplo la integración del modelo de datos propuesto con las tablas del pedido de venta y del inventario. Este ejemplo, muestra a los desarrolladores de sistemas ERP, cómo

deberían incorporar el modelo de datos de identificación del artículo propuesto para el sector cerámico, a través de todos los procesos de la empresa, y por tanto, de todas las tablas, formularios y consultas del ERP, con el objetivo de desarrollar en una solución vertical para el sector cerámico. Para ello, se ha desarrollado el modelo entidad-relación (ER) y una pequeña base de datos en Access.

Como continuación de este trabajo, cabe destacar que una vez el modelo de datos haya sido incorporado en el ERP, ya se puede disponer de la información necesaria, y se pueden diseñar e incorporar herramientas de ayuda a la toma de decisiones que optimicen los diferentes procesos de la empresa en los que influye la FHP, de forma similar a como se ha hecho con el modelo matemático MILP-RI-FHP para la asignación de inventario a pedidos. Esto, hasta ahora, sin la identificación adecuada de los productos no era posible.

De esta forma, tras este trabajo, surgen diferentes líneas de investigación, como son el desarrollo de herramientas de optimización y de ayuda a la toma de decisiones. Por ejemplo, un modelo matemático que optimice la asignación de inventario a pedidos de venta, modelos de cálculo de previsiones que tengan en cuenta las calidades, tono y calibres, o el diseño de un modelo de datos que sea capaz de gestionar órdenes de producción en los que un input dé lugar a diferentes outputs.

Artículo 5: Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico”

Los autores de este artículo son: Raúl Francisco Oltra Badenes Hermenegildo Gil Gómez, Rosana Bellver López y Sabina Asensio Cuesta.



Publicación: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
Editor: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
ISSN: 0366-3175
2173-0431
Fecha:
Volumen-Nº:
Páginas:

La revista Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio publica originales inéditos en forma de artículos de revisión, artículos y notas técnicas, de contenido científico o técnico, relacionados con la cerámica y el vidrio en diferentes áreas, entre la cuales está la de ingeniería industrial y de organización.

La revista aparece indizada desde 1998 en las bases de datos ISI-WoS (Science Citation Index, SCI y Journal Citation Reports Science Edition, JCR) entre otras, como única revista en castellano en esta área, y desde 2007 en Scopus-Elsevier. Los índices de impacto principales, referidos al año 2010, que es el último que está disponible, son los siguientes:

Factor de Impacto 2010 (2 años): **0,204**

Factor de Impacto 2010 (5 años): **0,318**

Posición: 20/25 (Q4, Ciencia de Materiales: Cerámica)

SJR 2010: **0,033**

Posición 2010: **64/134** (Q2, Ingeniería Industrial y Manufacturas)

Posición 2010: **70/98** (Q3, Ingeniería: Mecánica de Materiales)

Posición 2010: **36/52** (Q3, Ingeniería: Cerámicas y Materiales Compuestos)

Fuente: ©2010 [Scimago Research Group](#), Data Source: [Scopus](#)®

Este es el quinto artículo dentro de la secuencia de investigación. En él se hace un análisis de requerimientos funcionales para el desarrollo de un ERP vertical adaptado al sector cerámico, y se propone un modelo de datos que sea capaz de dar soporte a la problemática generada por la FHP en cuanto a la identificación de producto y su asignación a los pedidos de venta. Se muestra además un ejemplo de la integración de dicho modelo de datos con la gestión de pedidos de venta e inventario, como guía y metodología de aplicación, que puede ser seguida por los desarrolladores de sistemas ERP verticales para el sector cerámico en la integración del modelo de datos presentado con el resto de proceso de la empresa.

Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico

Requirements analysis and data model design for the development of vertical ERP solutions for the ceramic industry

R.F. OLTRA-BADENES¹, H. GIL-GÓMEZ¹, R. BELLVER-LÓPEZ², S. ASENSIO-CUESTA³

¹ Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España

² Dpto. de Informática de Sistemas y Computadores. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España

³ Dpto. de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España

Resumen: En la actualidad, los sistemas de información existentes, y en concreto los ERP, no pueden dar un soporte adecuado a la gestión de las empresas de fabricación de baldosa cerámica, debido, entre otros motivos, a que no contemplan la existencia del tono, calibre y calidad dentro de un mismo producto. Esta particularidad, ocasionada por la falta de homogeneidad del producto (FHP), genera diversas problemáticas en la gestión del producto a través de los diferentes procesos de la empresa, como por ejemplo; la gestión de stocks, la gestión de pedidos de venta, la gestión de producción, etc. Así pues, se hace necesario el desarrollo de una solución ERP que sea capaz de gestionar el producto cerámico de forma adecuada, incluyendo tono, calibre y calidad. En este trabajo se analizan los requerimientos del sector cerámico, en cuanto a la identificación de los productos, y se propone un modelo de datos para dar respuesta a dichos requerimientos. El modelo se plantea como una guía básica para el desarrollo de soluciones ERP verticales adaptadas al sector cerámico.

Palabras clave: falta de homogeneidad en el producto, ERP, solución sectorial, solución vertical, sector cerámico

Abstract: Currently, the existing information systems, and specifically the ERP, cannot give adequate support to the management of manufacturing companies of ceramic tile, because, among other reasons, not to contemplate the existence of tone, size and quality within the same product.

This feature, caused by the lack of homogeneity of the product (LHP), generates various problems in managing the product through the different business processes, such as, stocks management, order management, the production management, etc. Thus, it is necessary to develop an ERP solution that is able to manage adequately the ceramic product, including tone, size and quality. In this paper we analyze the requirements of the ceramic sector, in terms of product identification, and propose a data model to meet these requirements. The model arises as a basic guide for the development of vertical ERP solutions tailored to the ceramic industry.

Keywords: lack of de homogeneity in the product, ERP, industry solution, vertical solution, ceramic industry.

1. Introducción

En el entorno empresarial actual, los Sistemas de Información (SI) juegan un papel muy importante a la hora de optimizar y mejorar la gestión de las empresas (1). Dentro de los SI, en los últimos años, los Enterprise Resources Planning (ERP) son las soluciones de referencia para empresas de todo el mundo (2). Los ERP permiten alcanzar la eficiencia corporativa y proporcionan beneficios en la coordinación, la comunicación y la gestión de procesos de la organización. Además, este tipo de SI permiten adaptar los entornos de trabajo, así como apoyar a la toma de decisiones en tiempo real (3), gestionar de forma adecuada su cadena de suministro (Supply Chain Management (SCM)), las relaciones con los clientes (Customer Relationship Management (CRM)), las relaciones con los proveedores (Supply Relationship Management (SRM)), y el e-business (4). La gestión adecuada de dichas relaciones de las empresas con su entorno resulta sumamente importante, hasta el punto de ser estratégicas y precibirse como un activo de estas (5), (6). Los ERP se presentan como sistemas capaces de realizar dicha gestión de forma adecuada (4).

Sin embargo, los ERP implantados en el sector cerámico español, no satisfacen adecuadamente los requerimientos específicos de dicho sector (7), (8), por lo que resultan ineficaces e ineficientes para gestionar los procesos de la empresa de forma adecuada (8). Esto es debido a que se trata de ERP genéricos, que no se adaptan a las características particulares del sector cerámico para resolver problemáticas importantes como la “Falta de Homogeneidad del Producto” (FHP). La FHP se define como “la carencia de la homogeneidad requerida por el cliente en los productos” y se debe a la imposibilidad de fabricar productos homogéneos, bien en un mismo lote o entre los distintos lotes obtenidos de un proceso (9). Esta particularidad del sector cerámico es un problema que tiene un gran impacto en el ámbito de la Dirección de Operaciones, sobre todo en las áreas de fabricación, planificación, gestión de pedidos y gestión de inventario, en las que surgen requerimientos adicionales y específicos de gestión del producto (9).

Para reducir el impacto de la FHP en la Dirección de Operaciones, se pueden proponer mejoras en la gestión de los procesos, así como herramientas de ayuda a la toma de decisiones para mejorar y agilizar las decisiones que se deben tomar en los procesos de gestión, teniendo en cuenta la existencia de FHP. Sin embargo, esto no es posible sin un SI adecuado para el sector cerámico, capaz de soportar y recoger perfectamente los

requisitos necesarios para la gestión óptima de los procesos en situaciones de FHP. Ante dicha necesidad, las soluciones sectoriales basadas en ERP estándar adecuadamente adaptadas a los requerimientos del sector se plantean como posibles soluciones.

La adaptación de un sistema ERP a un sector concreto, mediante el desarrollo de sus requerimientos particulares, se denomina solución “ERP vertical” o “sectorial”, y en la actualidad, este tipo de soluciones lideran las tendencias de futuro en el desarrollo de SI para la gestión empresarial (10). Para desarrollar dichas soluciones son fundamentales los conocimientos específicos del sector y su problemática (11).

En el presente artículo, se analizan los requerimientos particulares del sector de fabricación de baldosa cerámica en cuanto a la identificación de producto con FHP. En base a dicho análisis se propone una metodología y un modelo de datos para el desarrollo de un SI adaptado al sector cerámico. El modelo planteado será válido tanto para el desarrollo de soluciones verticales basadas en ERP estándar, como para el desarrollo de software de gestión a medida.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar se justifica la necesidad de un SI específico para el sector cerámico. A continuación se presentan las soluciones ERP verticales, como posible solución de dicha necesidad. Seguidamente se describen los requerimientos funcionales que genera la FHP en cuanto a la identificación de productos. Posteriormente se diseña un modelo de datos, para el desarrollo de una solución vertical a partir de ERP estándar. Finalmente, se extraen y presentan las conclusiones del trabajo realizado.

2. Necesidad de un sistema de información adaptado a los requerimientos de las empresas de fabricación de baldosas cerámicas.

Los SI utilizados por las empresas del sector cerámico se limitan, en la mayoría de los casos, al uso de hojas de cálculo y bases de datos (12). Dichas soluciones no proporcionan a las empresas la integración de procesos, y por tanto la información fundamental para lograr una gestión eficaz y eficiente. Con el objetivo de conseguir dicha integración de procesos, y así conseguir la eficacia y eficiencia en su gestión, las empresas líderes en el sector han implantado sistemas ERP. Esta tendencia iniciada por las empresas líderes, será seguida en breve por el resto de empresas del sector (13).

Sin embargo, la implantación de sistemas ERP en el sector cerámico no resulta sencilla, ya que los ERP estándar deben ser modificados para satisfacer los requerimientos

específicos (7), (8), entre los que destaca por su importancia la problemática de la diversificación y diferenciación de productos (8).

El problema de la diversificación y diferenciación de productos surge debido a la FHP. La FHP es una característica que se presenta en las empresas de fabricación de productos cerámicos, donde existen factores externos que afectan a la producción, tales como la humedad, la temperatura y el origen de las arcillas y los pigmentos. Las variaciones de estos factores imprevisibles e incontrolables provocan pequeñas diferencias en el color de los azulejos (diversidad de tonos) (7), la textura (14) y en los tamaños (diversidad de calibres)” (7). Sin embargo, a pesar de que en un mismo producto existan diferencias, es importante que al aplicar los azulejos en un revestimiento o pavimento, todos los productos sean de aspecto similar (mismo tono, calibre y calidad) (15).

Como consecuencia, la gestión adecuada de los distintos tonos, calibres y calidades existentes en un mismo producto, será decisiva para la satisfacción del cliente. Lo importante en este sentido será servir cada pedido de cliente con productos de un único tono, calibre y calidad, evitando de este modo posible problemas estéticos y funcionales en su aplicación: azulejos de un mismo color, pero con distintos tonos, que empeoran el acabado del conjunto de la pared o suelo, o diferentes calibres, que provocan desniveles o “escalones” en un mismo suelo o pared (9).

Esta circunstancia fuerza la necesidad de clasificar toda la producción en función de los valores de las tres características del producto: Tono, Calibre y Calidad (TCC). Por ello, en el proceso de fabricación resulta fundamental la fase de clasificación (7), (8), (16–18) donde todos los azulejos, uno por uno, son inspeccionados, de forma que los productos se clasifican y agrupan en función de su TCC, para su posterior embalado y paletizado. A partir dicha clasificación, los productos deben quedar identificados y dispuestos en el almacén con sus TCC perfectamente definidos, de manera que puedan gestionarse dichos productos en base a estas variables. Para soportar dicho proceso de clasificación y almacenamiento, se considera fundamental la existencia de un SI capaz de recoger y gestionar la información necesaria para el manejo de los diversos TCC de cada producto. Este SI además, deberá ser capaz de gestionar los diferentes procesos básicos de la empresa, como son la gestión de pedidos, la gestión de inventario, la planificación, la gestión de la producción o la previsión de la demanda, entre otros y dar

soporte a la toma de decisiones. Evidentemente, el SI, para la gestión de estos procesos, debe tener en cuenta la clasificación de los productos y sus valores en cuanto a TCC.

Cabe añadir que, en el sector cerámico, la familia y el formato del artículo son también datos fundamentales, que deben estar presentes en el SI para una correcta gestión de los productos.

Así pues, serán necesarios SI adecuados al sector cerámico, que resuelvan el problema que supone la FHP. Las empresas de dicho sector podrán optar por desarrollar SI a medida, o bien optar por la implantación de ERP estándar debidamente adaptados, también denominados ERP verticales o sectoriales. En ambos casos, será necesaria la definición de un modelo de datos que resuelva la problemática descrita.

3. Los ERP verticales o sectoriales

Los ERP son aplicaciones informáticas genéricas concebidas para soportar la gestión de los diferentes procesos de cualquier tipo de organización (19). Sin embargo, si se analizan en detalle, organizaciones de sectores industriales distintos, tienen procesos de negocio diferentes, que les son propios (11). Debido a ello, dependiendo del tipo de organización, los requerimientos del SI que deben utilizar pueden variar, bien sea debido a los productos, procesos, mercados o al tipo de gestión del sector en concreto. De este modo, la idea de SI genéricos con una filosofía horizontal o “*one to fit all*” (“uno que sirva para todos”) (19), con la capacidad de acoplarse con éxito y servir para cualquier organización, presenta problemas en el momento de aplicarse y cubrir las necesidades de las organizaciones (20).

Para hacer frente a esta circunstancia, los fabricantes de ERP han adoptado una estrategia de “verticalización”, en lo que parece ser una de las más evidentes tendencias estratégicas en los mercados de SI de empresa (1). Ésta puede definirse como “el ajuste, modificación o ampliación de una solución ERP en base a los procesos específicos de negocio de determinados sectores empresariales (21)”.

Las soluciones ERP verticales proporcionan a las organizaciones SI más adecuados a su negocio, con un coste de implantación mucho menor que el de los desarrollos a medida (22). Como consecuencia, en los últimos años, los mayores fabricantes de ERP, se han dedicado al desarrollo de soluciones verticales, especializadas en diferentes sectores. Tal es el caso de los mayores fabricantes de software empresarial como IBM, Oracle, SAP o Microsoft (23). En la actualidad, los 60 mayores fabricantes de ERP, con sus soluciones verticales, cubren un total de 70 sectores empresariales (21), (23), como

pueden ser, la industria de la moda (24), el sector de cerramientos de madera (25), el sector de los semiconductores (26), el entorno sanitario (27) o el de la Universidad (28). Sin embargo, tras analizar la literatura existente y las soluciones ofrecidas por los fabricantes más importantes a nivel mundial, se observa que los verticales existentes hasta el momento, no cubren la problemática específicos del sector cerámico (21), (23), lo cual deja patente una importante oportunidad de negocio que debería ser cubierta. Con el objetivo de servir de soporte al desarrollo de soluciones verticales para el sector cerámico, se analizan los requerimientos funcionales que un sistema ERP vertical para dicho sector debería implementar.

4. Requerimientos funcionales de una empresa de fabricación de baldosas cerámicas.

El primer paso para desarrollar un ERP sectorial es hacer un análisis de requerimientos (29). Como ya se ha comentado anteriormente, uno de los principales problemas en los SI del sector cerámico es la falta de herramientas que permitan resolver adecuadamente los problemas actuales de diversificación y diferenciación de productos (8). Estos problemas están ocasionados por la FHP, que genera problemáticas que afectan, en mayor o menor medida, a la gestión en diversas áreas y procesos de la empresa, como son la planificación de la producción, la previsión de ventas, la gestión de la producción, la gestión de costes, la gestión de pedidos de venta o la gestión de almacén. Por ejemplo, en la planificación de la producción, a la hora de calcular las cantidades a fabricar de cada artículo hay que tener en cuenta que una misma orden de producción, de un artículo concreto y con un color determinado, puede dar lugar a distintos productos, debido a las variaciones en TCC. Por tanto, lo que se planifica, no es realmente lo que se obtiene, y puede variar sensiblemente, de forma que el producto fabricado puede no ser el requerido en la planificación, e incluso no ser adecuado para el destino que tenía inicialmente asignado. Por ello, es necesario tener estadísticas de las salidas reales de producción, y tener en cuenta estos datos (TCC) para la planificación de producción, de forma que la planificación se adecúe a las salidas de producción reales, con sus diferentes TCC.

Siguiendo con la gestión de la producción, hay que destacar que es necesario clasificar toda la producción en función del TCC obtenidos. Esto da lugar a que de una misma orden de producción pueden salir diferentes productos, dado que se obtienen diferentes cantidades de un artículo, con TCC distintos. Este hecho, que en principio parece trivial,

ocasiona un grave problema, de gran complejidad de resolución en los SI. Ello es debido a que los SI para la gestión de la producción se basan en las Listas de Materiales, en las que diferentes inputs (materiales, manos de obra, maquinaria, etc.), generan un output (el producto fabricado). Sin embargo, en este caso, el proceso es al revés, y en la fase de clasificación de la producción, un input (el artículo planificado en la orden de producción) genera diferentes outputs (los diferentes productos que se obtiene finalmente de la orden de producción, con sus diferentes TCC). Esto rompe el concepto de producción que existe en los ERP, y en consecuencia se hace necesario cambiar este concepto, de forma que puedan adaptarse a esta problemática del proceso de producción cerámico.

Por otra parte, las cantidades de producto producidas, con sus correspondientes TCC debidamente clasificadas, deben entrar en almacén perfectamente definidas e identificadas, por lo que es necesario que dicha información esté presente en los procesos de gestión de stocks. De esta forma, cuando se reciba un pedido de venta de un cliente, se seleccionará la cantidad adecuada del artículo existente en stock, con el TCC requeridos en ese momento y por ese cliente en concreto, realizándose esta asignación de stock a pedido de forma óptima, tanto para el cliente como para la empresa fabricante de baldosa cerámica. Sin embargo, esta asignación de inventario a pedido es muy compleja en situaciones de FHP, como la que se presenta en el sector cerámico, y en muchas ocasiones, la asignación dista mucho de ser óptima, tal y como se recoge en (9). Las circunstancias que se han descrito derivadas de la FHP provocan que, para el desarrollo de ERP verticales para el sector cerámico, sea imprescindible el desarrollo de un modelo de datos que permita identificar de forma adecuada los productos, incluyendo las características derivadas de la FHP.

5. Desarrollo de un modelo de datos para la correcta identificación de productos en el sector cerámico.

Para solucionar los problemas que la FHP genera en los procesos de gestión de empresas, en primer lugar es necesario analizar las características particulares de los productos, para poder así proponer soluciones concretas.

En el sector cerámico, además de las variables TCC mencionadas a lo largo de este trabajo, hay otras características identificativas del producto (azulejo o baldosa cerámica), que deberían considerarse a la hora de desarrollar un ERP vertical, ya que son necesarias para la gestión de diferentes procesos. A continuación se presentan las

características específicas necesarias para identificar correctamente un producto cerámico:

- Familia: esta característica define qué cometido va a tener el azulejo (suelo, pared, decoración de pared, etc.). Algunas de las familias más habituales suelen ser: pavimento, revestimiento, rodapié o cenefas.
- Formato: el formato define las dimensiones de longitud y anchura del azulejo. Se suele utilizar una nomenclatura del tipo “*anchura x longitud*”.
- Modelo: es el diseño determinado que distingue a ese azulejo de los que son de su misma familia y con el mismo formato.
- Color: diferencia entre azulejos que, partiendo del mismo diseño, se han decorado con diferentes colores; es decir, podemos tener dos azulejos de la misma *familia*, con el mismo *formato* y que sean el mismo *modelo*, pero diferente *color*.
- Calidad: calidades según haya quedado el diseño impreso en el azulejo, la presencia de posibles deficiencias, etc.
- Calibre: el calibre permite distinguir entre azulejos que tienen exactamente las mismas características, pero que tienen un grosor distinto.
- Tono: el tono permite distinguir entre azulejos que tienen exactamente las mismas características, pero que tienen distinto tono del mismo color (más claro o más oscuro).

Dichas características deberán estar disponibles en una solución ERP vertical para el sector cerámico, de modo que permitan identificar correctamente cada uno de los productos, con el objetivo de realizar una gestión adecuada de los diferentes procesos empresariales en el ERP.

Sin embargo, es importante destacar que no en todos los procesos de la empresa es necesario identificar todas las características. Dependiendo del proceso empresarial, el artículo deberá identificarse con mayor o menor detalle.

Por ejemplo, en el momento en que se crea una orden de producción, aún no se sabe qué TCC se van a obtener como resultado del proceso de fabricación, por lo que es imposible identificar dichos valores en el momento de crear la orden de producción. Por ello, en el proceso de la creación de la orden de producción, los campos “Tono”, “Calibre” y “Calidad” son innecesarios, y no deben aparecer. Pero en el momento en que se finaliza la producción, tras la fase de clasificación, cuando los productos

acabados (baldosa cerámica) entran en el almacén, sí están perfectamente identificados, y los campos de “Calidad”, “Tono” y “Calibre”, son campos Obligatorios.

Otro ejemplo se puede ver en el caso de la gestión de los pedidos de venta. En el momento de la creación del pedido, cuando se recibe del cliente, éste puede especificar un tono y calibre concreto (por ejemplo para que el producto sea igual al que recibió en una entrega anterior) o puede no especificarlos, porque le es indiferente el tono y el calibre. En este caso, los campos de Tono y Calibre, son opcionales. Posteriormente, cuando el pedido se entregue al cliente, sí debe quedar registrados los valores del tono y calibre entregados, por lo que dichos campos son obligatorios.

Por tanto, en cada proceso, e incluso dentro de un mismo proceso, los campos, Familia, Formato, Modelo, Color, Calidad, Tono y Calibre, pueden ser obligatorios, opcionales o innecesarios. A continuación se presenta una tabla en la que aparecen en las filas diferentes procesos de empresa y en las columnas los campos mencionados. En la intersección de fila y columna, se indica si el campo es obligatorio (x), opcional (o) o innecesario (i), en el proceso correspondiente:

	Familia	Formato	Modelo	Color	Tono	Calibre	Calidad
Gestión comercial							
Gestión de Tarifas	o	o	o	o	i	i	X
Gestión de descuentos	o	o	o	o	i	i	X
Campañas promocionales	o	o	o	o	i	i	X
Gestión de Pedidos							
Recepción, registro y Creación del pedido	o	X	X	X	o	o	o
Cumplimentación del pedido	o	X	X	X	X	X	X
Preparación, expedición y entrega	o	X	X	X	X	X	X
Devoluciones	o	X	X	X	X	X	X
Planificación de la demanda	X	X	X	X	o	o	X
Planificación de la producción	X	X	X	X	o	o	X
Gestión de Producción							
Creación de la orden de producción	o	X	X	X	i	i	i
Finalización y cierre de la orden de producción	o	X	X	X	X	X	X
Listas de Materiales, Rutas de producción, etc	o	X	X	X	i	i	i
Gestión de almacén							
Movimientos de almacén	o	X	X	X	X	X	X
Recuentos de almacén	o	X	X	X	X	X	X
Gestión Financiera	o	X	X	X	i	i	i
Gestión de costes	X	X	X	X	i	i	X
Diseño del producto	X	X	X	X	i	i	i

Tabla 1. Campos necesarios para identificar los productos según los procesos

La tabla 1 servirá de guía a analistas, diseñadores y desarrolladores de soluciones de software verticales para el sector cerámico. Como se puede observar, no se han incluido todas las áreas y procesos de la empresa, sino sólo los necesarios a tener en cuenta en el desarrollo de una solución vertical para el sector cerámico, en relación con la identificación de los productos. Por ello, no tiene sentido incluir, por ejemplo, el área de Recursos Humanos, ya que no tiene necesidades específicas en relación a la identificación de producto. Lo mismo sucede, por ejemplo, con el área de compras, que pese a estar relacionada con los productos, no tiene necesidades específicas de identificación de producto, ya que los requerimientos expuestos en este artículo surgen en la gestión del producto final, pero no en la gestión de las materias primas.

En el desarrollo de un ERP vertical, un factor clave es la definición de la base de datos y su estructura (29). El objetivo del diseño de base de datos es trasladar una situación,

estructura o proceso del mundo real a un modelo de datos formal para ser implementado en un sistema de gestión de bases de datos determinado.

El diseño de una base de datos puede dividirse en los siguientes pasos (29):

1. **Análisis de requerimientos:** En este primer paso, se debe extraer, recoger y analizar toda la información necesaria para modelar correctamente la aplicación. Es necesario extraer la información del entorno real, de los futuros usuarios del sistema.
2. **El diseño conceptual:** se traducen los requerimientos funcionales del entorno real en un modelo conceptual (por ejemplo, el modelo entidad-relación (ER)) que se utiliza para describir el esquema conceptual.
3. **El diseño lógico:** se traduce el diseño conceptual en el modelo de datos (por ejemplo, el modelo relacional), apoyado por el sistema de gestión de base de datos en el que se va a implementar.
4. **El diseño físico:** se transforma el esquema lógico en un esquema físico adecuado para una configuración específica.

La fase de análisis de requerimientos, ha sido realizada en los apartados 4 y 5. Por tanto, en el proceso de desarrollo de la Base de Datos para el desarrollo de un ERP vertical, la siguiente fase a abordar será el diseño conceptual.

5.1. Diseño conceptual

En el modelo conceptual se traducen los requerimientos funcionales del entorno real en un modelo conceptual (por ejemplo, el modelo ER). En este trabajo, se adopta una versión de la técnica de modelado Extended Entity Relation (EER), debido a su uso generalizado en el diseño de bases de datos relacionales (29).

La nomenclatura utilizada para definir el modelo ER se muestra en la siguiente figura:

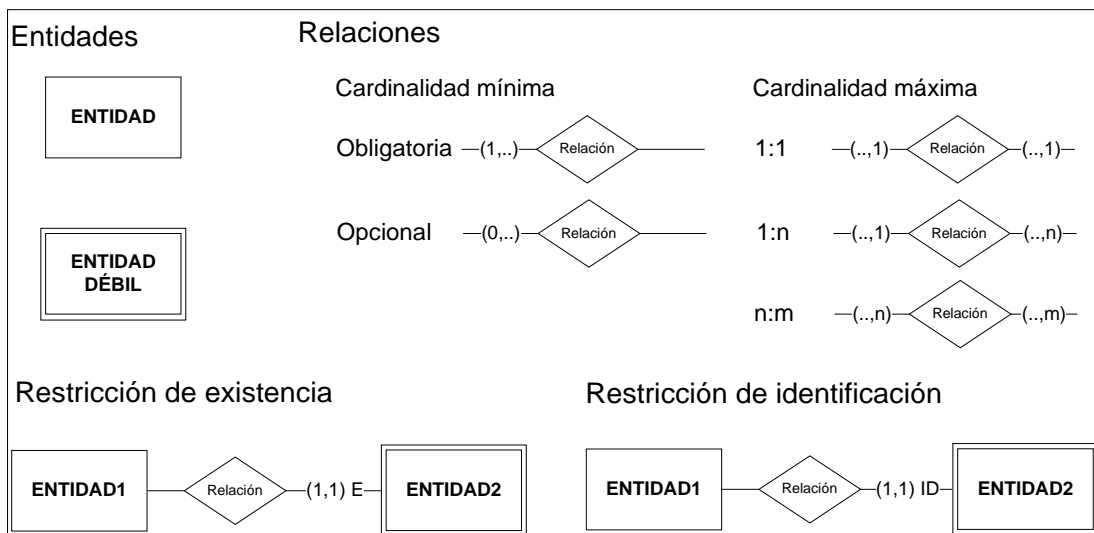


Figura 1. Nomenclatura utilizada en el diagrama Entidad-Relación

Utilizando esta nomenclatura, se realiza un diagrama ER de la Base de Datos. Es importante destacar que, para simplificar el modelo conceptual con el objetivo de conseguir una fácil comprensión del mismo, no se desarrolla todo el modelo conceptual completo. Únicamente se desarrolla y explica la parte correspondiente a la identificación del producto, y su relación con la gestión de stocks y los pedidos de venta, como ejemplo de cómo obtener la solución deseada. De esta forma se presenta una metodología a seguir por parte de los desarrolladores de ERP para obtener un modelo conceptual completo. Así, los desarrolladores de ERP deberán desarrollar los modelos ER que incluyan el resto de procesos, de forma similar a la presentada en este artículo.

A continuación se muestra el diagrama ER propuesto:

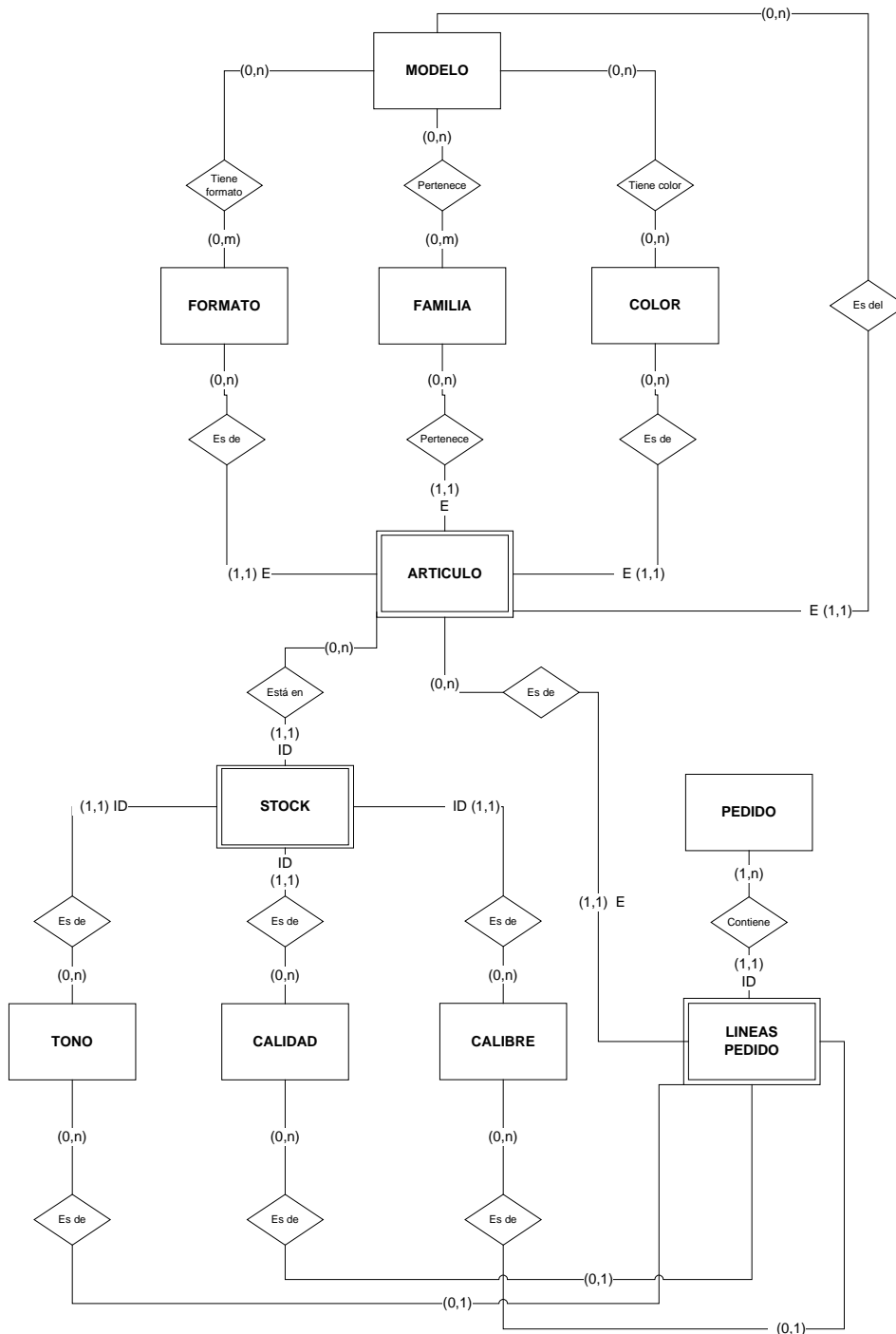


Figura 2. Diagrama Entidad-Relación para la Gestión de Stocks y Pedidos de Venta

Como puede observarse en el diagrama, un artículo se compondrá de los atributos estándar de cualquier ERP (código, nombre, descripción, etc.), más los atributos característicos del sector cerámico, como son formato, familia, color y modelo, siendo todos ellos obligatorios (restricción de existencia). Por tanto, cuando un artículo sea dado de alta en la base de datos, por ejemplo cuando aparece un nuevo diseño de

azulejo, será necesaria la introducción de todos estos valores en el ERP, que irán relacionados con el artículo, y por tanto, estarán disponibles en el resto de procesos del SI.

Por otra parte, según el diagrama ER descrito, un artículo disponible en stock, siempre deberá estar identificado por su código, calidad, tono y calibre (restricciones de identificación). Además, dado un artículo, se conocerá su familia, formato, color y modelo, y por tanto, en todo momento estarán identificados todos los campos necesarios para la identificación del artículo detallados en el apartado de requerimientos (apartado 4).

En cuanto a la gestión de pedidos, se observa que la línea de pedido debe incluir al artículo, y sus atributos de calidad, tono y calibre.

5.2. Diseño lógico

El siguiente paso en el desarrollo de la Base de Datos es definir la lógica de diseño, en la que se traduce el diseño conceptual en un modelo de datos concreto, para el sistema de gestión de base de datos en el que se decida realizar la implementación.

En el ejemplo propuesto, el modelo ER es implementado en el sistema de gestión de bases de datos “Microsoft Access”. Evidentemente, en el desarrollo del ERP vertical los desarrolladores de la solución, deberán trasladar el modelo conceptual a la base de datos que utilice el ERP que se esté adaptando (Oracle, SQL, etc.)

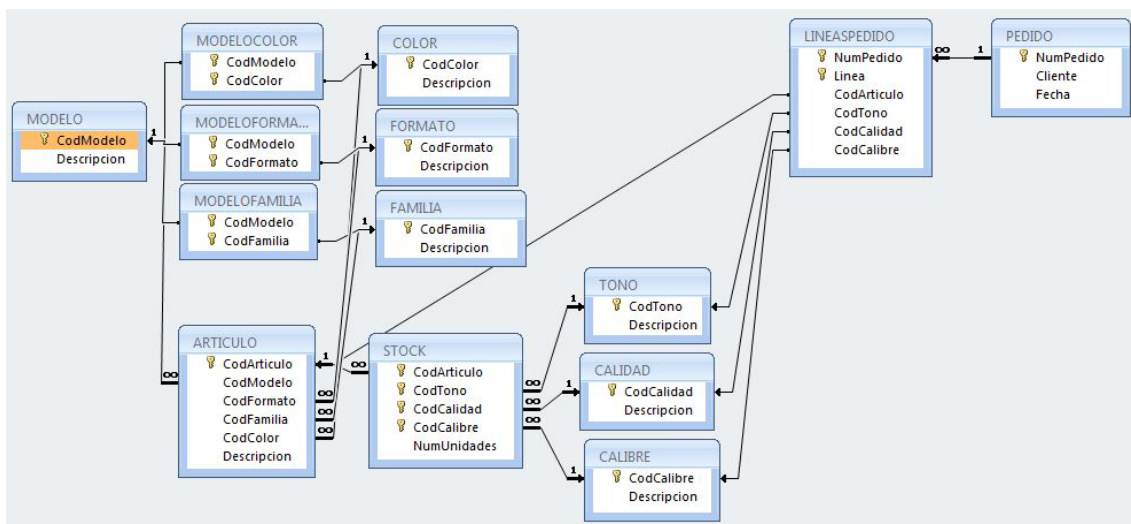


Figura 3. Diseño Lógico de la Base de Datos del ERP vertical en Microsoft Access

En la figura 3, se muestran las tablas y su relación, definidas a partir del diagrama ER desarrollado anteriormente. Es importante destacar que sólo se han incluido algunos

campos de las diferentes tablas. Evidentemente, la tabla de artículos, o de pedidos, deben tener más campos que los mostrados, tales como el peso del artículo, su precio, etc., todos ellos existentes en los ERP estándar. La figura 3 presenta únicamente los campos necesarios para la correcta identificación de los productos en el sector cerámico en base a los requerimientos descritos, si bien también se presentan algunos campos básicos de cada una de las tablas, necesarios para establecer las relaciones entre ellas. De nuevo cabe señalar que los desarrolladores de ERP deberán tener en cuenta tanto los campos propios de la problemática del sector cerámico como aquellos definidos en el ERP estándar, así como sus relaciones, al desarrollar la solución vertical

La estructura de tablas definida, deberá ser implementada en el ERP vertical, obteniéndose una base de datos adaptada a la gestión de los productos en el sector cerámico.

Finalmente, a partir de la base de datos obtenida, se deberá realizar el diseño físico de la aplicación. Sin embargo, esta fase del desarrollo de la base de datos es totalmente dependiente del sistema a utilizar, de su lenguaje de desarrollo y del entorno de programación. Dicho diseño físico queda fuera del alcance del trabajo que se presenta.

6. Conclusiones

En el presente artículo se justifica la necesidad de desarrollar soluciones ERP verticales adaptadas al sector cerámico. Se han analizado los requerimientos que dicho sector presenta en cuanto a la identificación de los productos fabricados, derivados de la problemática generada por la FHP.

En base a dichos requerimientos, se ha diseñado un modelo de datos para solucionar los problemas de identificación de producto que la FHP genera en el sector cerámico. Dicho modelo de datos debería ser incorporado en los sistemas ERP verticales para el sector cerámico. Queda pendiente la integración del modelo de datos propuesto a través de todos los procesos de la empresa, tarea que deberá ser realizada por los desarrolladores, y que depende de la plataforma de desarrollo que utiliza cada ERP.

Sin embargo, sí que es posible, y necesario, ofrecer a los desarrolladores una guía para la adaptación del modelo de datos en los diferentes sistemas ERP. En este artículo se ha presentado a modo de ejemplo la integración del modelo de datos propuesto con las tablas del pedido de venta y del inventario. Este ejemplo, muestra a los desarrolladores de sistemas ERP, cómo deberían incorporar el modelo de datos de identificación del artículo propuesto para el sector cerámico, a través de todos los procesos de la empresa,

y por tanto, de todas las tablas, formularios y consultas del ERP, con el objetivo de desarrollar en una solución vertical para el sector cerámico. Para ello, se ha desarrollado el modelo ER y una pequeña base de datos en Access.

Como continuación de este trabajo, cabe destacar que una vez el modelo de datos haya sido incorporado en el ERP, ya se puede disponer de la información necesaria, y se pueden diseñar e incorporar herramientas de ayuda a la toma de decisiones que optimicen los procesos de la empresa en los que influye la FHP. Esto, hasta ahora, sin la identificación adecuada de los productos no era posible.

De esta forma, tras este trabajo, surgen diferentes líneas de investigación, como son el desarrollo de herramientas de optimización y de ayuda a la toma de decisiones. Por ejemplo, un modelo matemático que optimice la asignación de inventario a pedidos de venta, modelos de cálculo de previsiones que tengan en cuenta las calidades, tono y calibres, o el diseño de un modelo de datos que sea capaz de gestionar órdenes de producción en los que un input de lugar a diferentes outputs.

7. BIBLIOGRAFÍA

- (1) M. D. Arango, H. Gil, y R. F. Oltra, «Evolutions and Trends of Information Systems for Business Management: the M-Business. A Review», *Dyna*, vol. 77, n.º. 163, págs. 110 - 125, (2010).
- (2) B. Grabot y V. Botta-Genoulaz, «Special issue on Enterprise Resource Planning (ERP) systems», *Comput. Ind.*, vol. 56, n.º. 6, págs. 507-509, (2005).
- (3) S. Trimi, S. M. Lee, D. L. Olson, y J. Erickson, «Alternative means to implement ERP: Internal and ASP», *Ind. Manage. Data. Syst.*, vol. 105, n.º. 2, págs. 184 - 192, (2005).
- (4) L. T. Ho, G. Lin, y S. Nagalingam, «A risk mitigation framework for integrated-enterprise systems implementation for the manufacturing environment», *Int. J. Bus. Inform. Syst.*, vol. 4, págs. 290-310, (2009).
- (5) J. Albors, P. Márquez, y J. L. Hervás, «Las relaciones fabricante distribuidor como elementos básicos de un modelo competitivo en el caso del cluster cerámico español: .Análisis empírico de los factores moderadores», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 47, n.º. 6, págs. 339 -344, (2008).
- (6) J. Albors, P. Márquez, y M. Segarra, «Internet como herramienta de creación de valor en sectores maduros. El caso de los productores y distribuidores cerámicos en España», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 48, n.º. 6, págs. 279-288, (2009).
- (7) E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz, y B. Segura, «Problemas de programación de la producción en el sector cerámico español», presented at the 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, Lleida - España, págs. 638-676, (2003).

- (8) E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz, y B. Segura, «Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 44, n.º. 1, págs. 39 - 44, (2005).
- (9) F. Alarcón, M. del M. E. Alemany, F. C. Lario, y R. F. Oltra, «La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 50, n.º. 1, págs. 49-58, (2011).
- (10) R. F. Oltra, H. Gil, y J. V. Oltra, «Evolución y tendencias de los sistemas de información para la gestión en la empresa: el m-commerce», presented at the VI CONGRESO SOCOTE-I Congreso Iberoamericano SOCOTE, Valencia, págs. 212 - 230, (2009).
- (11) R. Kohavi, N. J. Rothleder, y E. Simoudis, «Emerging trends in business analytics», *Commun. ACM*, vol. 45, n.º. 8, págs. 45-48, (2002).
- (12) J. Albors, J. L. Hervas, y P. Marquez, «Adopción contingente de tecnología de producción en el sector cerámico español. Un estudio empírico.», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 45, n.º. 5, págs. 338 - 345, (2006).
- (13) J. Albors y J. L. Hervas, «La Industria cerámica europea en el siglo XXI. Retos tecnológicos y desafíos de la próxima década», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 45, n.º. 1, págs. 13 - 21, (2006).
- (14) R. Baldrich, M. Vanrell, y J. J. Villanueva, «Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection», presented at the Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection, Munich, Germany, vol. 3826, págs. 124-135, (1999).
- (15) S. Kukkonen, H. Kalviainen, y J. Parkkinen, «Color features for quality control in ceramic tile industry», *Opt. Eng.*, vol. 40, n.º. 2, págs. 170-177, (2001).
- (16) R. Ruiz y C. Maroto, «A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility», *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 169, n.º. 3, págs. 781-800, (2006).
- (17) I. Tortajada, G. Peris-Fajarnes, M. Aguilar, y P. Latorre, «Análisis del proceso de clasificación cerámica», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 45, n.º. 1, págs. 22 - 27, (2006).
- (18) J. A. Heredia y M. Gras, «Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas cerámicas», *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 48, n.º. 6, págs. 289-296, (2009).
- (19) L. Fink y S. Markovich, «Generic verticalization strategies in enterprise system markets: An exploratory framework», *J. Inform. Tech.*, vol. 23, págs. 281-296, (2008).
- (20) T. F. Gattiker y D. L. Goodhue, «Understanding the local-level costs and benefits of ERP through organizational information processing theory», *Inform. Manage.*, vol. 41, n.º. 4, págs. 431-443, (2004).
- (21) A. Jakupović, M. Pavlic, y P. Poscic, «Business sectors and ERP solutions», in *Information Technology Interfaces (ITI), 2010 32nd International*, Cavtat/Dubrovnik, págs. 477-482, (2010).

- (22) C. Ferran y R. Salim, *Enterprise Resource Planning for Global Economies: Managerial Issues and Challenges* NetLibrary, Inc Premier Reference Source. Idea Group Inc (IGI), (2008).
- (23) A. Jakupović, M. Pavlic, y M. Asenbrener, «Measuring the Size and Contribution of ERP Solutions through Covered Business Sectors», in *ISAS Information Systems Analysis Synthesis*, Orlando, Florida, (2010).
- (24) M. Bertolini, M. Bevilacqua, E. Bottani, y A. Rizzi, «Requirements of an ERP enterprise modeller for optimally managing the fashion industry supply chain», *J. Enterp. Inform. Manage.*, vol. 17, págs. 180-190, (2004).
- (25) M. Bergström y L. Stehn, «Matching industrialised timber frame housing needs and enterprise resource planning: A change process», *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 97, nº. 2, págs. 172-184, (2005).
- (26) C.C. Yang, W.T. Lin, M.Y. Lin, y J.T. Huang, «A study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan», *Int. J. Qual. Reliab. Manage.*, vol. 23, págs. 298-322, (2006).
- (27) C. J. Stefanou y A. Revanoglou, «ERP integration in a healthcare environment: a case study», *J. Enterp. Inform. Manage.*, vol. 19, págs. 115-130, (2006).
- (28) N. Pollock y J. Cornford, «ERP systems and the university as a “unique” organisation», *Inform. Tech. People*, vol. 17, págs. 31-52, (2004).
- (29) B. Zhou, S. Wang, y L. Xi, «Data model design for manufacturing execution system», *J. Manuf. Tech. Manage.*, vol. 16, págs. 909-935, (2005).



Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
C° VALDELATAS, S/N- CANTOBLANCO
28049 Madrid
Nif: G28200327
VAT ESP. G 28200327

RAUL F.OLTRA BADENES

16/12/2011

Estimado Sr./Sra.:

Tengo el placer de comunicarle que el trabajo:

Análisis de requerimientos y diseño de modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical adaptada al sector cerámico

RAÚL FRANCISCO OLTRA BADENES

Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia,

Referencia: 48-11

recibido en esta Redacción, esta en proceso de evaluación por dos supervisores.

Según las normas de esta revista, procedemos a enviar copia del mismo a dos supervisores para la evaluación y análisis de su adecuación, a las normas de publicación del Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.

Por favor, en futuras comunicaciones utilice el nº de referencia con el objeto de facilitar la búsqueda

Agradeciéndole su colaboración, reciba un cordial saludo.

Emilio Criado

Editor del Boletín SECV

e-mail: secv@icv.csic.es

Capítulo 7
Conclusiones.

1. Conclusiones

En este capítulo de conclusiones finales que cierra la tesis doctoral, se recopilan las conclusiones alcanzadas, se exponen las aportaciones más relevantes del trabajo, tanto desde un punto de vista empresarial como desde un punto de vista académico-científico, y finalmente se proponen líneas futuras de investigación.

Tras realizar una revisión de la evolución de los SI's para la gestión de empresa, desde su aparición hasta el momento actual, incluyendo los últimos avances incorporados en los ERP, la primera conclusión que se obtiene, es la identificación de las siguientes tendencias:

- Desarrollo de funcionalidades dentro de los ERP, o integración con sistemas especializados en:
 - SCM Supply Chain Management
 - CRM Customer Relationship Management
 - PLM Product Lifecycle Management
 - DW Data Warehouse
 - SRM Supplier Relationship Management
 - CMI Cuadro de Mandos Integral
 - KMS (Knowledge Management System)
 - BI Business Intelligence
 - POS (TPV) Point of Sale o Terminal Punto de Venta
- Desarrollo del m-business y funcionalidades relacionadas dentro de los ERP
- Desarrollo de ERP's de software libre (FSw ERP)
- Hosting de aplicaciones ERP's, que actualmente ha evolucionado al denominado "Cloud Computing"
- Verticalización o desarrollo de soluciones sectoriales

En cuanto a la tendencia del desarrollo del m-business, y funcionalidades relacionadas dentro de los sistemas ERP, se puede concluir que el m-business es una de las

tendencias más incipientes, pero que pueden tener un mayor impacto en los procesos de gestión de empresa. Mediante este canal de comunicación, las aplicaciones de gestión de empresa, pueden encontrarse disponibles para el usuario en cualquier fecha, hora y lugar, con todo lo que ello puede suponer. Pero para que esto sea posible, es necesario que los sistemas de información se adapten a las necesidades de los dispositivos móviles, para lo que hay que tener en cuenta una serie de factores, entre ellos, la interacción de dichos dispositivos con las personas.

Así, el interface de la aplicación con el usuario debe adaptarse. No es lo mismo utilizar una aplicación mediante una pantalla de PC de 17 pulgadas que con un teléfono móvil de 4 pulgadas. Sin embargo, una vez salvados este y otros pequeños escollos, se puede decir que actualmente la tecnología ha llegado a un nivel, que permite por fin el arranque de este nuevo canal de comunicación, y todo lo que ello puede suponer.

Por tanto, las empresas deben ir preparándose para adaptarse y explotar esta nueva herramienta, y optimizar sus recursos y procesos a través de ella.

En cuanto a la tendencia existente de desarrollar sistemas ERP's bajo el paradigma de los sistemas de software libre, tras el análisis realizado en el capítulo 3 de la presente tesis, se puede concluir con que hay una serie de factores principales que diferencian los FSw ERP's de los ERP's propietarios. Estos principales factores diferenciales se pueden resumir en cinco, que son el coste, la adaptabilidad y capacidad de desarrollo, la dependencia del proveedor, la modularidad y la calidad. Cada uno de ellos diferencia de una u otra forma los FSw ERP de los ERP propietarios.

Otra de las tendencias claramente identificadas como tendencia de futuro en los SI's en general, y en los ERP's en particular, es la adaptación a sectores industriales concretos, también conocida como "verticalización" de soluciones. En este caso, en la presente tesis doctoral se estudia la posible adaptación o verticalización en un sector clave en la Comunidad Valenciana, como es el sector cerámico. Tras este estudio, una de las conclusiones que se obtiene es la influencia que la FHP tiene en los procesos de gestión en dicho sector.

La FHP genera diferentes problemáticas en la gestión de operaciones del sector cerámico, y en concreto en la gestión de inventario de producto final y su asignación a los pedidos de venta de forma óptima. La existencia de FHP en el sector cerámico

conlleva la necesidad de reasignar el inventario a los pedidos, si se desea cumplir con los compromisos de fecha de entrega adquiridos. Además, la FHP introduce varios aspectos novedosos, de cuyo tratamiento anterior no se tiene constancia: la existencia de múltiples referencias de un mismo producto final, la necesidad de servir el pedido de un cliente a partir de unidades homogéneas, es decir, de una única referencia y la existencia de pedidos con múltiples líneas de pedido. Esta circunstancia se estudia en profundidad, con el objetivo de conocer y analizar los requerimientos en cuanto a sistemas de información que surgen derivados de la existencia de la FHP. Una vez conocida la problemática concreta y sus efectos, se podrá diseñar y desarrollar una solución vertical que soporte sus procesos de negocio característicos.

En relación con esta problemática, se propone un modelo de programación matemática multiobjetivo para la asignación del inventario a pedidos de venta, en empresas que fabrican contra pedido (Make to Stock, MTS) caracterizadas por la FHP, como es el caso de las empresas de fabricación cerámica. El modelo propuesto, denominado MILP-RI-FHP, se ha utilizado para optimizar una determinada reasignación de inventario a pedidos en una empresa cerámica afectada por la FHP. La primera conclusión que se extrae del uso de un modelo matemático es que éste supone un ahorro importante de tiempo y de esfuerzo para el decisor o gestor de la cartera de pedidos, que necesita varias horas para encontrar una solución (sin certeza de que sea la óptima) con el método manual o tradicional (sin herramientas de ayuda a la toma de decisiones), frente a los pocos minutos que se requieren utilizando el modelo matemático propuesto. Si en la ejecución del modelo se obtiene el resultado de “solución infactible”, el decisor sabrá automáticamente que no va a ser posible servir todos los pedidos, sin necesidad de pasar horas intentando encontrar una reasignación del inventario para servir todos los pedidos de entrega inmediata. Pero además del ahorro de tiempo y esfuerzo, el modelo MILP-RI-FHP es capaz de encontrar soluciones óptimas que permiten mejorar, tanto los ingresos por venta, como el ratio de cumplimentación de pedidos respecto de la situación de reasignación manual.

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo muestran mejoras significativas respecto a la reasignación manual, tanto en el número de pedidos completados como en el importe de venta o facturación de los pedidos completados. Estas mejoras son especialmente significativas en los primeros periodos del horizonte de planificación, en

los que hay menor capacidad de reacción para planificar nuevos lotes con objeto de completar pedidos por la cercanía de su fecha de entrega.

Además del modelo matemático MILP-RI-FHP, se presenta el análisis funcional y el diseño de un modelo de datos para el desarrollo de una solución ERP vertical que contemple los problemas de identificación del producto generados por la FHP en el sector cerámico. Dicho modelo de datos ofrece a los desarrolladores una guía para la adaptación del modelo de datos en los diferentes sistemas ERP's. Se ha presentado un ejemplo de la integración del modelo de datos propuesto con los pedidos de venta y el inventario. Este ejemplo, muestra a los desarrolladores de sistemas ERP's, cómo deberían incorporar el modelo de datos de identificación del artículo propuesto para el sector cerámico, a través de todos los procesos de la empresa, y por tanto, de todas las tablas, formularios y consultas del ERP, con el objetivo de desarrollar en una solución vertical para el sector cerámico. Para ello, se ha desarrollado el modelo entidad relación (ER) y una pequeña base de datos en Access. Una vez el modelo de datos haya sido incorporado en el ERP, ya se puede disponer de la información necesaria, y se pueden diseñar e incorporar herramientas de ayuda a la toma de decisiones que optimicen los procesos de la empresa en los que influye la FHP, como el modelo MILP-RI-FHP propuesto. Esto, hasta ahora, sin la identificación adecuada de los productos no era posible.

Es importante destacar que las reflexiones y conclusiones que se presentan en este trabajo son de interés tanto para los desarrolladores de ERP (propietarios y de FS_w), como para las PYMES. Por una parte, presentan líneas a tener en cuenta en el desarrollo futuro de los ERP's, que deben ser tenidas en cuenta por los fabricantes de estos sistemas e incluidas en sus planes estratégicos. Por otra parte, presentan una serie de características que las empresas deben tener en cuenta al seleccionar, implantar y utilizar un ERP, o un sistema de información para la gestión de la empresa.

Por ello, algunas de las conclusiones de este trabajo se pueden catalogar como aportaciones de interés empresarial, mientras que otras pueden considerarse más bien como aportaciones de interés científico. A continuación se presentan las conclusiones desde cada uno de esos dos puntos de vista.

1.1. Aportaciones de interés empresarial

Las conclusiones derivadas de este estudio pueden servir a los principales actores existentes en el ciclo de vida de los ERP's (principalmente fabricantes y usuarios) para conocer cuál es la evolución prevista en estos sistemas para un futuro cercano. Así, en base a ello, podrán plantear sus estrategias y tomar decisiones en cuanto a los SI's que van a utilizar o desarrollar.

La necesidad de adaptación de los sistemas ERP's a las nuevas tendencias, como son el m-business o el software libre, son de interés desde el punto de vista de los fabricantes de ERP's, así como desde el punto de vista de las empresas cliente, que compran estos sistemas con una perspectiva de uso de varios años, y por tanto deben asegurarse de que están preparados y adaptados a los cambios previstos.

En cuanto a la verticalización de soluciones, y en concreto a la solución propuesta para el sector cerámico, puede ser de gran interés para fabricantes de sistemas ERP's, ya que desarrollando las soluciones (el modelo matemático y el modelo de datos) propuestas en el presente trabajo, pueden acercarse al sector cerámico, ofreciendo un sistema ERP particularizado a dicho sector, capaz de optimizar su asignación de inventario a pedidos, y como consecuencia, mejorar sus resultados. Evidentemente, esto es también de gran interés para las empresas del sector cerámico, que mediante estas soluciones pueden disponer de herramientas de ayuda a la toma de decisiones que actualmente no tienen.

1.2. Aportaciones de interés académico-científico:

Algunas de las conclusiones del presente trabajo pueden considerarse de interés desde un punto de vista científico. Un ejemplo es la identificación de las tendencias que van a seguir los SI's en los próximos años y cuál será su desarrollo futuro.

También se puede considerar de relevancia desde un punto científico la identificación y análisis de los factores que diferencian los ERP's de software libre de los sistemas ERP's propietarios. El artículo que se presenta en esta tesis doctoral en relación con esta temática es un primer paso, que puede dar lugar a diferentes líneas de investigación en esta área.

De especial relevancia puede ser considerado el análisis realizado de un fenómeno existente como es la FHP. Este fenómeno, se encuentra presente en diferentes sectores

industriales, pero no se tiene constancia de estudios que lo identifiquen ni de estudios que analicen la problemática que dicha situación genera en el ámbito de la Dirección de Operaciones.

Además, la FHP introduce varios aspectos novedosos, de cuyo tratamiento anterior tampoco se tiene constancia: la existencia de múltiples referencias de un mismo producto final, la necesidad de servir el pedido de un cliente a partir de unidades homogéneas, es decir, de una única referencia y la existencia de pedidos con múltiples líneas de pedido.

2. Líneas futuras de investigación

Tras este trabajo, surgen diferentes líneas de investigación futuras entre las que se pueden destacar:

- a) Identificación y análisis de los procesos concretos de la empresa en los que el m-business pueda utilizarse, y mejoras que puede suponer su uso.
- b) Análisis detallado de los beneficios del FSw en la gestión de empresas y sus implicaciones en el caso particular de los ERP.
- c) Estudio de las ventajas y desventajas de los FSw ERP y los ERP propietarios en diferentes casos y en base a diferentes criterios.
- d) Estudio de mercado de los FSw ERP actuales, su implantación y comparativas entre ellos, así como con los ERP propietarios más característicos.
- e) Estudio de las dificultades en los procesos de adopción de los ERP propietarios y los FSw ERP
- f) Estudiar y documentar la problemática de la FHP y la reasignación de inventarios en otro tipo de empresas para la posterior adaptación y aplicación del modelo matemático MILP-RI-FHP a otros sectores caracterizados por una problemática de FHP, como el sector del mueble, hortofrutícola, maderero, peletero, etc.
- g) Considerar otras políticas, criterios u objetivos en la reasignación (relacionados, por ejemplo, con el número y tamaño de los restos de sublotes que se generan en el almacén) en el modelo matemático MILP-RI-FHP
- h) Estudiar los efectos del tamaño de las líneas de pedido y de los sublotes en la eficiencia de la reasignación en relación con el modelo matemático MILP-RI-FHP
- i) Estudio y análisis de la implantación y uso de sistemas ERP en formato Cloud Computing, en relación con la tendencia identificada de Hosting de ERP.

Precisamente, en esta última línea de investigación, la utilización del Cloud Computing, cabe destacar la investigación que se está llevando a cabo en el proyecto “Real Cloud

Computing Services for SMB's", en el cuál el doctorando es el investigador principal y que se corresponde con el paquete de trabajo 5 del proyecto "Real Data Center Cloud Services and Environment" con N° de Expediente IPT-2011-1232-430000 del Programa INNPACTO, que será realizado en cooperación entre TISSAT, Tecnología Ingeniería Sistemas y Servicios Avanzados de Telecomunicaciones, S.A. (Coordinador), Fundación URV, Corex Soluciones Informáticas, S.L., AIMME, Asoc. de Investigación de la Industria Metalmeccánica, Afines y Conexas, Universitat Jaume I de Castelló. Dicho proyecto se centra en investigar el grado de adopción del modelo de uso de sistemas de información mediante Cloud Computing, los beneficios e inconvenientes que puede aportar a las empresas, así como identificar las necesidades que las PYME tienen actualmente y tendrán en los próximos años. Todo ello va en línea, y está totalmente relacionado, con otra de las tendencias identificadas en el primer artículo de la presente tesis doctoral.

También es importante señalar que a lo largo del desarrollo de este trabajo, se han detectado otras líneas posibles de investigación, y se han realizado comunicaciones y publicaciones relacionadas con ellas, como es el caso de la comunicación realizada en el congreso internacional "International Conference on Value Chain Sustainability" de 2010, que lleva por título "ERP solution for the management of reverse logistics", y el artículo "Análisis de requerimientos funcionales para el desarrollo de un ERP adaptado a la gestión de la logística inversa" presentado en la revista "Dirección y Organización" (indexada en Scopus) que actualmente está en proceso de revisión, en el que se analizan las necesidades específicas que tiene un sistema ERP para poder gestionar la logística inversa y sus particularidades específicas.

A todo lo anterior, añadir también que, en relación con esta investigación, se ha escrito el artículo "Conceptual model for the development of mathematical programming models for supporting decision making in the collaborative order promising process", en relación con el proceso de generación del modelo MILP-RI-FHP. Este artículo se encuentra actualmente en proceso de evaluación en la revista "International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice", que está indexada en Thomson Reuters Science Citation Index, en las categorías "Engineering, Industrial" y "Engineering, Manufacturing".

Capítulo 8

Bibliografía.

Bibliografía

1. Aberdeen Group, Inc., 2004. The ABCs of ERP An Executive Primer. Aberdeen Group, Inc.
2. Abramovich, G., 2008. Polo Ralph Lauren goes mobile - Mobile Marketer - Commerce [WWW Document]. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/commerce/1545.html>.
3. Aguado, A., 2008. La banda ancha móvil, un mercado masivo. Bit 168, 82 – 83.
4. Alarcón, F., Alemany, M.M.E., Lario, F.C., Oltra Badenes, R.F., 2010. La falta de homogeneidad en el producto (FHP): análisis de la problemática y posibles líneas de actuación. Presented at the 4th International Conference On Industrial Engineering and Industrial Management, Donostia - San Sebastián, pp. 1277–1287.
5. Alarcón, F., Alemany, M.M.E., Lario, F.C., Oltra, R.F., 2011. La falta de homogeneidad del producto (FHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario. Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio 50, 49–58.
6. Alarcón, F., Alemany, M.M.E., Ortiz, A., Lario, F.C., 2005. “Order promising” y conceptos asociados: revisión de significados e interpretaciones y propuesta para su clasificación. Presented at the IX Congreso de Ingeniería de Organización, Gijón.
7. Albors, J., Hervas, J.L., 2006. La Industria cerámica europea en el siglo XXI. Retos tecnológicos y desafíos de la próxima década. Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio 45, 13 – 21.
8. Albors, J., Hervas, J.L., Marquez, P., 2006. Adopción contingente de tecnología de producción en el sector cerámico español. Un estudio empírico. Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio 45, 338 – 345.
9. Albors, J., Márquez, P., Hervás, J.L., 2008. Las relaciones fabricante distribuidor como elementos básicos de un modelo competitivo en el caso del cluster cerámico español: .Análisis empírico de los factores moderadores. Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio 47, 339 –344.
10. Albors, J., Márquez, P., Segarra, M., 2009. Internet como herramienta de

- creación de valor en sectores maduros. El caso de los productores y distribuidores cerámicos en España. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 48, 279–288.
11. Alemany, M.M.E., Alarcon, F., Ortiz, A., Lario, F.C., Bengochea, M., 2007. El proceso de comprometer pedidos de un paquete de productos integrado por productos del sector cerámico y productos complementarios: Parte I Descripción y caracterización de la problemática. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 46, 21 – 28.
 12. Amorós, J.L., Bagán, V., Orts, M.J., Escardino, A., 1988. La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I: influencia de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 27, 273 – 282.
 13. Amorós, J.L., Blasco, A., Beltrán, V., Negre, F., 1984. Pastas de gres de monococción. Influencia de las variables del proceso en la calidad del producto acabado. *Técnica Cerámica* 120, 1368–1384.
 14. Amorós, J.L., Blasco, A., Enrique, J.E., Beltrán, V., Escardino, A., 1982. Variables en la compactación de soportes cerámicos. *Técnica Cerámica* 105, 792–812.
 15. Andonegi, J.M., Casadesús, M., Zamanillo, I., 2005. Evolución Histórica de los Sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. *Revista de Dirección y Administración de Empresas* 12, 61–72.
 16. Andreu, R., Ricart, J., Valor, J., 1991. *Estrategia y sistemas de información*. McGraw-Hill.
 17. Arango, M.D., Gil, H., Oltra, R.F., 2010. Evolutions and Trends of Information Systems for Business Management: the M-Business. A Review. *Dyna* 77, 110 – 125.
 18. Arango, M.D., Pastor, A., 2005. El Control Del Coste En Proyectos Complejos. Utilización De Herramientas ERPS, in: IX Congreso Internacional De Ingeniería De Proyectos. Publicaciones Escuela Superior Ingeniería, Malaga, pp. 195 – 205.
 19. Baldrich, R., Vanrell, M., Villanueva, J.J., 1999. Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection. Presented at the Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection, SPIE, Munich, Germany, pp. 124–135.
 20. Ball, M.O., Chen, C.-Y., Zhao, Z.Y., 2004. Available to Promise, in: Simchi-

- Levi, D., David, S., Shen, Z.M. (Eds.), Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling the E-business Era, Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis. Kluwer Academic Publishers, pp. 447–483.
21. Barahona, J.G., Pascual, J.S., Robles, G., 2003. Introducción al software libre. Eureka Media, Barcelona.
 22. Beatty, R.C., Williams, C.D., 2006. ERP II: Best Practices for successfully implementing an ERP Upgrade. *Communications of the ACM* 49, 105 – 109.
 23. Benjaafar, S., ElHafsi, M., Véricourt, F. de, 2004. Demand Allocation in Multiple-Product, Multiple-Facility, Make-to-Stock Systems. *Management Science* 50, 1431–1448.
 24. Bennis, W.G., Nanus, B., 2001. Líderes: estrategias para un liderazgo eficaz. Paidós Ibérica, 2001.
 25. Bergström, M., Stehn, L., 2005. Matching industrialised timber frame housing needs and enterprise resource planning: A change process. *International Journal of Production Economics* 97, 172–184.
 26. Bertolini, M., Bevilacqua, M., Bottani, E., Rizzi, A., 2004. Requirements of an ERP enterprise modeller for optimally managing the fashion industry supply chain. *Journal of Enterprise Information Management* 17, 180–190.
 27. Bond, B., Genovese, Y., Miklovic, D., Wood, N., Zrimsek, B., Rayner, N., 2000. ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II. New York: Gartner Group.
 28. Bonet, S., 2007. Problemas detectados en la difusión del software libre en las empresas. *Mundo Linux* 33.
 29. Bose, I., Pal, R., Ye, A., 2008. ERP and SCM systems integration: The case of a valve manufacturer in China. *Information & Management* 45, 233–241.
 30. Botta-Genoulaz, V., Millet, P.-A., Grabot, B., 2005a. A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry* 56, 510–522.
 31. Botta-Genoulaz, V., Millet, P.-A., Grabot, B., 2005b. A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry* 56, 510–522.
 32. Boukouvalas, C., Kittler, J., Marik, R., Mirmehdi, M., Petrou, M., 1995. Ceramic tile inspection for colour and structural defects (No. CS-EXT-1995-052). University of Bristol.
 33. Boulanger, A., 2005. Open-source versus proprietary software: is one more reliable and secure than the other? *IBM Systems Journal* 44, 239–248.

34. Bruce, G., Robson, P., Spaven, R., 2006. OSS opportunities in open source software — CRM and OSS standards. *BT Technology Journal* 24, 127–140.
35. Butcher, D., 2009a. Microsoft, Accenture, Avanade launch multi-channel retail initiative - Mobile Marketer - Software and technology [WWW Document]. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/software-technology/2453.html>.
36. Butcher, D., 2009b. Retail giants use TradeStone mobile app to communicate with suppliers - Mobile Marketer - Software and technology [WWW Document]. <http://www.mobilemarketer.com/cms/news/software-technology/2441.html>.
37. Castells, M., 2004. *The network society: a cross-cultural perspective*. Edward Elgar Pub.
38. Cegarra, S., 2004. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos.
39. Chae, M., Kim, J., 2004. Size and Structure Matter to Mobile Users: An Empirical Study of the Effects of Screen Size, Information Structure, and Task Complexity on UserActivities with Standard Web Phones. *Behaviour & Information Technology*.
40. Chen, C.-Y., Zhao, Z., Ball, M.O., 2002. A Model for Batch Advanced Available-To-Promise. *Production and Operations management* 11, 424 – 440.
41. Chen, C.-Y., Zhao, Z.-Y., Ball, M.O., 2001. Quantity and Due Date Quoting Available to Promise. *Information Systems Frontiers* 3, 477–488.
42. Chittaro, L., 2006. Visualizing information on mobile devices. *Computer* 39, 40–45.
43. Cuenca, L., Boza, A., 2006. Estudio comparativo de paquetes ERP. Presented at the X Congreso de Ingeniería de Organización, Valencia.
44. Delgado, J., Marin, F., 2000. Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP. *Economía Industrial* 331, 51 – 58.
45. Economides, N., Katsamakas, E., 2006. Two-Sided Competition of Proprietary vs. Open Source Technology Platforms and the Implications for the Software Industry. *Management Science* 52, 1057–1071.
46. Esteves, J., Carvalho, J., Santos, A., 2001. Towards an ERP Life-cycle Costs Model, in: *Managing Information Technology in a Global Economy*. Idea Group Inc (IGI).

47. Expandit Spain, 2009. Expandit Spain [WWW Document]. <http://www.expandit.es/>.
48. Ferran, C., Salim, R., 2008. Enterprise Resource Planning for Global Economies: Managerial Issues and Challenges NetLibrary, Inc Premier Reference Source. Idea Group Inc (IGI), 2008.
49. Ferrer, C., Llorens, D., Mallol, G., Monfort, E., Moreno, A., 1994. Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato. III Medida de gradientes transversales de temperatura. *Técnica Cerámica* 227, 653–662.
50. Fink, L., Markovich, S., 2008. Generic verticalization strategies in enterprise system markets: An exploratory framework. *Journal of Information Technology* 23, 281–296.
51. Fleischmann, B., Meyr, H., 2004. Customer orientation in advanced planning systems, in: *Supply Chain Management and Reverse Logistics*. Springer, pp. 298 – 322.
52. Fui-Hoon Nah, F., 2004. A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? *HCI studies in management information systems. Behaviour & Information Technology* 23, 153 – 163.
53. Gattiker, T.F., Goodhue, D.L., 2004. Understanding the local-level costs and benefits of ERP through organizational information processing theory. *Information & Management* 41, 431–443.
54. Gil Gómez, H., Arango, M.D., 2007. Hacia un Nuevo Marketing en el marco de la Sociedad de la Información. *Revista Mercatura* 2, 11–23.
55. González Ramírez, M.R., 2009. ¿Tiene éxito el outsourcing de sistemas de información? *Dirección y organización: Revista de dirección, organización y administración de empresas* 38, 5 – 15.
56. Grabot, B., Botta-Genoulaz, V., 2005. Special issue on Enterprise Resource Planning (ERP) systems. *Computers in Industry* 56, 507–509.
57. Gunasekaran, A., 2009. *Global Implications of Modern Enterprise Information Systems Technologies and Applications*. Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
58. Gutiérrez, J., Rodríguez, A.I., 1999. La investigación científica, in: *Metodología Para La Investigación En Marketing y Dirección De Empresas*. Ediciones Pirámide S.A., Madrid. España.

59. Hall, R., Hanna, P., 2004. The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. *Behaviour & Information Technology* 23, 183 – 195.
60. Hars, A., Ou, S., 2002. Working for Free? Motivations for Participating in Open-Source Projects. *Int. J. Electron. Commerce* 6, 25–39.
61. Helo, P., Anussornnitisarn, P., Phusavat, K., 2008. Expectation and reality in ERP implementation: Consultant and solution provider perspective. *Industrial Management and Data Systems* 108, 1045–1059.
62. Helo, P., Szekely, B., 2005. Logistics information systems: An analysis of software solutions for supply chain co-ordination. *Industrial Management & Data Systems* 105, 5–18.
63. Heredia, J.A., Gras, M., 2009. Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas cerámicas. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 48, 289–296.
64. Hernandez, J.E., Valencia, E., Villar, E., 2001. Influencia de la humedad en el comportamiento de la resistencia a la compresión en mezclas de moldeo. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 40, 107 – 113.
65. Ho, L.T., Lin, G., Nagalingam, S., 2009. A risk mitigation framework for integrated-enterprise systems implementation for the manufacturing environment. *International Journal of Business Information Systems* 4, 290–310.
66. Hong, K.-K., Kim, Y.-G., 2002. The critical success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective. *Information & Management* 40, 25–40.
67. Iglesias Pradas, S., Pascual Miguel, F.J., Chaparro Peláez, J.J., Hernández García, A., 2009. Influencia de las características del puesto de trabajo en la implantación de TIC móviles en la organización.
68. Jakupović, A., Pavlic, M., Asenbrener, M., 2010. Measuring the Size and Contribution of ERP Solutions through Covered Business Sectors, in: *ISAS Information Systems Analysis Synthesis*. Orlando, Florida.
69. Jakupović, A., Pavlic, M., Poscic, P., 2010. Business sectors and ERP solutions, in: *Information Technology Interfaces (ITI), 2010 32nd International. Cavtat/Dubrovnik*, pp. 477–482.
70. Jeong, B., Sim, S.-B., Jeong, H.-S., Kim, S.-W., 2002. An available-to-promise

- system for TFT LCD manufacturing in supply chain. *Computers & Industrial Engineering* 43, 191–212.
71. Johansson, B., de Carvalho, R.A., 2009. Management of requirements in ERP development: a comparison between proprietary and open source ERP, in: *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '09*. ACM, New York, NY, USA, pp. 1605–1609.
 72. Johansson, B., Sudzina, F., 2008. ERP systems and open source: an initial review and some implications for SMEs. *Journal of Enterprise Information Management* 21, 649–658.
 73. Keskinocak, P., Tayour, S., 2004. Due Date Management Policies, in: *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling the E-business Era*. pp. 485 – 554.
 74. Kilger, C., Meyr, H., 2008. Demand Fulfilment and ATP, in: *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 181–198.
 75. Kirche, E.T., Kadipasaoglu, S.N., Khumawala, B.M., 2005. Maximizing supply chain profits with effective order management: integration of activity-based costing and theory of constraints with mixed-integer modelling. *International Journal of Production Research* 43, 1297–1311.
 76. Kohavi, R., Rothleder, N.J., Simoudis, E., 2002. Emerging trends in business analytics. *Commun. ACM* 45, 45–48.
 77. Kukkonen, S., Kalviainen, H., Parkkinen, J., 2001. Color features for quality control in ceramic tile industry. *Opt. Eng.* 40, 170–177.
 78. Laudon, K., Laudon, J., 2004. *Sistemas de información gerencial: administración de la empresa digital*, 8th ed. Pearson Educacion, México.
 79. Lee, J., Siau, K., Hong, S., 2003. Enterprise Integration with ERP and EAI. *Communications of the ACM* 46, 54 – 60.
 80. MacCormack, A., Rusnak, J., Baldwin, C.Y., 2006. Exploring the Structure of Complex Software Designs: An Empirical Study of Open Source and Proprietary Code. *Management Science* 52, 1015–1030.
 81. Mallol, G., Llorens, D., Feliu, C., Castro, F., 2002. Medida en continuo de la humedad de los soportes cerámicos prensados. *Cerámica Información* 189, 81–90.
 82. Massen, R., 2000. Clasificación óptica automática de azulejos porcelanados.

- Cerámica Información 252, 29–32.
83. Massen, R., 2004. Aumento de la producción cerámica con sistemas de visión bivalentes: inspección y seguimiento del proceso automático con la misma tecnología. QUALICER 2004 3–6.
84. McGaughey, R.E., Gunasekaran, A., 2009. Selected Readings on Strategic Information Systems. Chapter XXIII Enterprise Resource Planning (ERP): Past, Present and Future. Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
85. Meléndez, E., 2003. Soluciones de Proceso SCM (Supply Chain Management) frente a Soluciones de Negocio ERP (Enterprise Resource Planning). Anales de mecánica y electricidad 17 – 22.
86. Meyr, H., 2009. Customer segmentation, allocation planning and order promising in make-to-stock production. OR Spectrum 31, 229–256.
87. Microsoft Corporation, 2009. Microsoft Dynamics: soluciones de software para contabilidad y finanzas, administración de empresas (ERP, administración de recursos empresariales). [WWW Document]. <http://www.microsoft.com/spain/dynamics/default.aspx>.
88. Møller, C., 2005. ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems? Journal of Enterprise Information Management 18, 483–497.
89. Motwani, J., Subramanian, R., Gopalakrishna, P., 2005. Critical factors for successful ERP implementation: Exploratory findings from four case studies. Computers in Industry 56, 529–544.
90. Moya, H., 2009. Código QR. Bit 172, 47 – 49.
91. Muñoz, J., Menezes, P.A. da C., Adam, M.R., González Ladrón de Guevara, F., Ilse Moncaleano, G., 2004. Implantación de los Sistemas ERP (Planeamiento De Los Recursos Empresariales) en las PYMES textiles españolas. La fase crítica del proyecto. Presented at the 2o Congreso SOCOTE. Soporte del Conocimiento con la Tecnología, Santander, pp. 151 – 173.
92. Olson, D., 2010. Evolution of and Research in Enterprise Information Systems. Global Journal of Enterprise Information System 1.
93. Olson, D.L., 2007. Evaluation of ERP outsourcing. Computers & Operations Research 34, 3715–3724.
94. Olson, G., Olson, J., 2003. Human-Computer Interaction: Psychological Aspects of the Human Use of Computing. Annual Review of Psychology 54, 491 – 516.

95. Oltra, R.F., Gil, H., Oltra_, J.V., 2009. Evolución y tendencias de los sistemas de información para la gestión en la empresa: el m-commerce. Presented at the VI CONGRESO SOCOTE-I Congreso Iberoamericano SOCOTE, Universiad Politecnica de Valencia, Valencia, pp. 212 – 230.
96. Pibernik, R., 2005. Advanced available-to-promise: Classification, selected methods and requirements for operations and inventory management. *International Journal of Production Economics* 93-94, 239–252.
97. Pibernik, R., 2006. Managing stock-outs effectively with order fulfilment systems. *Journal of Manufacturing Technology Management* 17, 721 – 736.
98. Pibernik, R., Yadav, P., 2009. Inventory reservation and real-time order promising in a Make-to-Stock system. *OR Spectrum* 31, 281–307.
99. Pollock, N., Cornford, J., 2004. ERP systems and the university as a “unique” organisation. *Information Technology & People* 17, 31–52.
100. Poyatos, A., Bonaque, R., Mallol, G., Boix, J., 2010. Nuevo sistema y metodología para la eliminación de los calibres en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 49, 147–151.
101. Quiescenti, M., Bruccoleri, M., La Commare, U., Noto La Diega, S., Perrone, G., 2006. Business process-oriented design of Enterprise Resource Planning (ERP) systems for small and medium enterprises. *International Journal of Production Research* 44, 3797 – 3811.
102. Roma, A.M., Castan, J.M., 2009. La cadena de suministro para empresas que en su proceso de producción incorporan materias primas directamente de la naturaleza. Presented at the 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, Barcelona - Terrassa, pp. 1692 – 1700.
103. Ruiz, R., Maroto, C., 2006. A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility. *European Journal of Operational Research* 169, 781–800.
104. Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, P.B., 2007. Fundamentos de metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana.
105. Sarabia, J.F. (Ed.), 1999. Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas. Ediciones Pirámide S.A., Madrid. España.

106. Serrano, N., Sarriei, J.M., 2006. Open source software ERPs: a new alternative for an old need. *IEEE Software* 23, 94–97.
107. Shehab, E.M., Sharp, M.W., Supramaniam, L., Spedding, T.A., 2004. Enterprise resource planning: An integrative review. *Business Process Management Journal* 10, 359–386.
108. Smets-Solanes, J.-P., Carvalho, R.A. de, 2003. ERP5: A Next-Generation, Open-Source ERP Architecture. *IT Professional* 5, 38–44.
109. Soh, C., Kien, S.S., Tay-Yap, J., 2000. Enterprise resource planning: cultural fits and misfits: is ERP a universal solution? *Communications of the ACM* 43, 47–51.
110. Stallman, R.M., 2002. *Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman*. Gnu Press.
111. Stefanou, C.J., Revanoglou, A., 2006. ERP integration in a healthcare environment: a case study. *Journal of Enterprise Information Management* 19, 115–130.
112. Topkis, D.M., 1968. Optimal Ordering and Rationing Policies in a Nonstationary Dynamic Inventory Model with n Demand Classes. *Management Science* 15, 160–176.
113. Tortajada, I., Peris-Fajarnes, G., Aguilar, M., Latorre, P., 2006. Análisis del proceso de clasificación cerámica. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 45, 22 – 27.
114. Trimi, S., Lee, S.M., Olson, D.L., Erickson, J., 2005. Alternative means to implement ERP: Internal and ASP. *Industrial Management & Data Systems* 105, 184 – 192.
115. Umble, E.J., Haft, R.R., Umble, M.M., 2003. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research* 146, 241–257.
116. Vallada, E., Maroto, C., Ruiz, R., Segura, B., 2003. Problemas de programación de la producción en el sector cerámico español. Presented at the 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, Lleida - España, pp. 638–676.
117. Vallada, E., Maroto, C., Ruiz, R., Segura, B., 2005. Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 44, 39 – 44.

118. Vericourt, F. de, Karaesmen, F., Dallery, Y., 2001. Assessing the Benefits of Different Stock-Allocation Policies for a Make-to-Stock Production System. *MANUFACTURING SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT* 3, 105–121.
119. Vollmann, T.E., Berry, W.L., Whybark, D.C., 1995. *Sistemas de Planificación y control de la fabricación*. Irwin / McGraw-Hill.
120. Watanapa, B., Techanitisawad, A., 2005. Simultaneous price and due date settings for multiple customer classes. *European Journal of Operational Research* 166, 351–368.
121. Weston Jr., F.C.T., 2003. ERP II: The extended enterprise system. *Business Horizons*, *Business Horizons* 46, 49–55.
122. Xu, J., Chen, S., Lin, B., Bhatnagar, R., 2010. Optimal production and rationing policies of a make-to-stock production system with batch demand and backordering. *Operations Research Letters* 38, 231–235.
123. Xu, P.J., Allgor, R., Graves, S.C., 2009. Benefits of Reevaluating Real-Time Order Fulfillment Decisions. *Manufacturing & Service Operations Management* 11, 340–355.
124. Yang, C.-C., Lin, W.-T., Lin, M.-Y., Huang, J.-T., 2006. A study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan. *International Journal of Quality & Reliability Management* 23, 298–322.
125. Zhang, P., Nah, F.F.-H., Preece, J., 2004. HCI studies in management information systems. *Behaviour & Information Technology* 23, 147 – 151.
126. Zhou, B., Wang, S., Xi, L., 2005. Data model design for manufacturing execution system. *Journal of Manufacturing Technology Management* 16, 909–935.

Anexo

Índice de figuras

Índice de figuras

	Figura	Página
<hr/> Capítulo 1: Introducción <hr/>		
Tabla 1. Correspondencia entre los artículos y el tipo de investigación llevada a cabo en ellos. (Elaboración propia).....		8
Tabla 2. Correspondencia entre las fases de investigación según Cegarra (2004) y los apartados de los artículos que componen la Tesis Doctoral.....		9
Tabla 3. Relación entre los objetivos y los capítulos/artículos de la tesis doctoral. (Elaboración propia).....		13
Figura 1. Evolución de la investigación y artículos desarrollados. (Elaboración propia).....		15
<hr/> Capítulo 2: Artículo 1 <hr/>		
Figure 1: The ERP in the Back Office Source: AMR Research, 2009.....		26
Figure 2: Integration of a company through a integrated information systems for company management Source: own sourced.....		26
Figure 3: The 6 basic differences between ERP y ERP II. Source: Gartner Group.....		27
Figure 4: Back Office Connectivity with external systems.Source: Own Elaboration.....		28
Figure 5: Connection of several companies through information. Source: own source.....		28
Figure 6: Integrated management systems evolution. Source: own source.....		28

Figura	Página
<hr/> Capítulo 3: Artículo 2 <hr/>	
Tabla 1 Distribución de los Costes de Instalación de un ERP. Adaptada de (Olson 2009).....	44
<hr/> Capítulo 4: Artículo 3 <hr/>	
Tabla I. Asignación del ATP real y planificado a las cinco propuestas de pedido consideradas.....	59
Tabla II. Actualización del ATP al finalizar la fabricación del lote L50 y su impacto en las asignaciones realizadas previamente.....	59
Tabla III. Asignación de ATP real según política FCFS.....	60
Tabla IV. Asignación de ATP real según política FCFS.....	60
Tabla V. Reasignación del inventario para solucionar el problema de P8' surgido al aumentar la cantidad solicitada previamente en P8.....	61
<hr/> Capítulo 5: Artículo 4 <hr/>	
Tabla I. Índices del modelo matemático.....	76
Tabla II. Conjuntos del modelo matemático	76
Tabla III. Parámetros del modelo matemático	76
Tabla IV. Variables de decisión del modelo matemático.....	77
Tabla V. Cartera de pedidos.....	80
Tabla VI. Situación de los pedidos tras una reasignación de inventario manual.....	86
Tabla VII. Situación de los pedidos tras una reasignación de inventario con el modelo MILP-RIFHP.....	87

Figura	Página
Tabla VIII. Diferencias porcentuales mes a mes entre el escenario de reasignación manual y el de reasignación con el modelo MILP-RI-FHP.....	88
Gráfico 1. Comparativa entre la cantidad de pedidos mensuales completados mediante la reasignación manual y la cantidad completada con el modelo MILP-RI-FHP.....	89
Gráfico 2. Importe de venta que suponen los pedidos completos mensualmente mediante la reasignación manual y mediante la reasignación con el modelo matemático.....	89

Capítulo 6: Artículo 5

Tabla 1. Campos necesarios para identificar los productos según los procesos.....	108
Figura 1. Nomenclatura utilizada en el diagrama Entidad-Relación.....	110
Figura 2. Diagrama Entidad-Relación para la Gestión de Stocks y Pedidos de Venta..	111
Figura 3. Diseño Lógico de la Base de Datos del ERP vertical en Microsoft Access...	112