

Metodología para la definición de sistemas de gestión de procesos estratégicos

Virgilio Gilart-Iglesias, Francisco Maciá-Pérez

Departamento de Tecnología Informática y Computación
Universidad de Alicante
{vgilart, pmacia}@dtic.ua.es
<http://www.dtic.ua.es>

Resumen. Los sistemas de gestión de procesos de negocio basados en las tecnologías de la información (TI) se han convertido en una de las principales soluciones para llevar a cabo los procesos de la organización y obtener beneficios que posicionen a una organización en una situación privilegiada frente a la competencia. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha visto como muchas de estas propuestas se han alejado de los principios de las teorías de gestión de procesos que pretendían contemplar y de las necesidades y requerimientos sobre los que se fundamentaban las mismas, como el caso de la reingeniería de procesos y los sistemas ERP, lo que ha provocado que dichas soluciones no sólo no proveyesen a las organizaciones de los beneficios adecuados sino que han supuesto grandes pérdidas económicas. En este artículo se propone una metodología que permite, de forma sistemática, definir un sistema de gestión de procesos basado en las TI que asegure la alineación con las teorías de negocio que representan, los requerimientos del mercado y las necesidades del entorno donde serán implantados. A partir de la visión general, se propone una instancia de la metodología para abordar la gestión de procesos en las organizaciones manufactureras, contemplando la problemática actual en este ámbito y demostrando la validez de la metodología para obtener SGP estratégicos.

1 Introducción

Durante las dos últimas décadas las organizaciones empresariales han tomado conciencia de forma general de la importancia de los enfoques centrados en la gestión de procesos frente a otro tipo de modelos de gestión. Aunque esta postura es relativamente reciente, desde la aparición de las teorías modernas de gestión de la calidad o la reingeniería de procesos, el origen de la gestión de procesos data de propuestas como la realizada por Smith en 1776 o las de Taylor y Ford a principios del siglo XX [1].

La esencia de dichas propuestas se centra en el estudio y análisis de las actividades de la organización de forma que se obtenga un profundo conocimiento y comprensión de su funcionamiento y, a partir de esta información, establecer mejoras continuas

para alcanzar los objetivos estratégicos y lograr una mayor eficiencia en la forma de realizar el negocio.

Los sistemas de gestión de procesos (SGP) establecen las metodologías y mecanismos necesarios para alcanzar los objetivos estratégicos, ofreciendo múltiples beneficios a la organización:

- Mejorar la coordinación departamental.
- Reforzar la organización.
- Minimizar errores.
- Reducir costes.
- Optimizar procesos.
- Sistematizar la forma de trabajo.
- Mejorar la eficiencia.
- Posicionamiento estratégico frente a la competencia.

Las tecnologías de la información se han presentado como el mejor aliado para los sistemas de gestión de procesos [2] [3] [4] [5]. Con la introducción de las TI, los sistemas de gestión de procesos han logrado aumentar de forma considerablemente los beneficios de los enfoques de gestión de procesos [1] [6]:

- Aumentar la eficiencia.
- Mejorar las ganancias en la coordinación.
- Información de los procesos en tiempo real en aspectos como la medición, monitorización, el control y el análisis de los procesos.
- Automatizar la ejecución de los procesos.
- Continuidad en el negocio y en la ejecución de los procesos.
- Mayor integración con clientes, proveedores y recursos internos.

En este sentido, las teorías modernas de gestión de procesos de negocio tratan de resolver la problemática surgida para la gestión de los nuevos modelos de negocio contemplando las TI como una herramienta indispensable [4].

Sin embargo, en los últimos tiempos se ha visto como muchas de estas propuestas se han alejado de los principios de las teorías de gestión de procesos que pretendían contemplar y de las necesidades y requerimientos sobre los que se fundamentaban las mismas, como el caso de la reingeniería de procesos y los sistemas ERP, lo que ha provocado que dichas soluciones no sólo no proveyesen a las organizaciones de los beneficios adecuados sino que han supuesto grandes pérdidas económicas.

Para solucionar esta problemática, en el presente artículo se propone una metodología que permite, de forma sistemática, definir un sistema de gestión de procesos basado en las TI que asegure la alineación con las teorías de negocio que representan, los requerimientos del mercado y las necesidades del entorno donde serán implantados. A partir de la visión general, se propone una instancia de la metodología para abordar la gestión de procesos en las organizaciones manufactureras, contemplando la problemática actual en este ámbito y demostrando la validez de la metodología para obtener SGP estratégicos. Con este objetivo, en el siguiente apartado se presenta un modelo que describe los principales factores que influyen en la definición de un SGP. Posteriormente se presenta la metodología que permite de forma sistemática la consecución de un SGP estratégico a partir del modelo de factores de influencia. A continuación, se presenta una instancia de la metodología aplicada al entorno de la manufactura comprobando la viabilidad de la

propuesta para obtener SGP estratégicos y que en el punto anterior se centra en una de las mejoras para lograr dicho objetivo. Finalmente, se presentan las principales conclusiones del trabajo junto con los trabajos futuros.

2 Modelo de factores de influencia de un SGP

La metodología que se presenta en este trabajo se centra en establecer un mecanismo que permita de forma sistemática definir y diseñar sistemas de gestión de procesos basados en las TI, y que posicione a la organización en un lugar estratégico frente a sus competidores. Para ello se han identificado aquellos factores que influyen de forma determinante en la especificación de un sistema de gestión de procesos y se ha propuesto un modelo simplificado (fig. 1).



Fig. 1. Modelo de factores de influencia determinantes en la definición del SGP.

El elemento central de este modelo es el propio sistema de gestión que conceptualmente representa por un lado, los sistemas de gestión de procesos vigentes en las organizaciones, de los cuales se podrían partir y que influyen de forma directa en la especificación del nuevo sistema, y por otro lado, el propio sistema que se obtendrá como resultado. Este factor implica una retroalimentación en la definición del sistema de gestión de procesos.

Los continuos cambios que surgen en el entorno y los requerimientos del mercado afectan de forma directa a los objetivos estratégicos de las organizaciones [7] [8] e influyen directamente en los objetivos que deben ser alcanzados por el sistema de

gestión [5]. Cualquier cambio en la forma de comportarse de los clientes o en el entorno de competencia implica cambios en los objetivos estratégicos y en cómo gestionar los mismos.

Los requerimientos de los modelos de producción y negocio influyen directamente en los objetivos estratégicos de la organización [4] [9] [10]. Los SGP definen cómo llevar a cabo los procesos de negocio para alcanzar los objetivos estratégicos definidos en la organización [11], por lo que el modelo elegido repercute en la forma de gestionar las organizaciones y, por tanto, en sus sistemas de gestión de procesos [4] [1] [5]. Por lo tanto, este factor de influencia afectará a los objetivos del SGP y también servirá de guía durante su diseño, evitando posibles desviaciones de los fundamentos de los modelos utilizados.

Un factor muy importante en la especificación de un sistema de gestión son las teorías de gestión de procesos [5] [4] [12]. Dichas teorías se sustentan sobre los mismos principios pero tienen también objetivos y fundamentos muy distintos determinados en función de los requerimientos del entorno y de la demanda del mercado. Habrá una serie de teorías de gestión de procesos más adecuadas en cada momento para la definición del sistema y obviamente el sistema deberá contemplar sus metodologías, etapas y demás características.

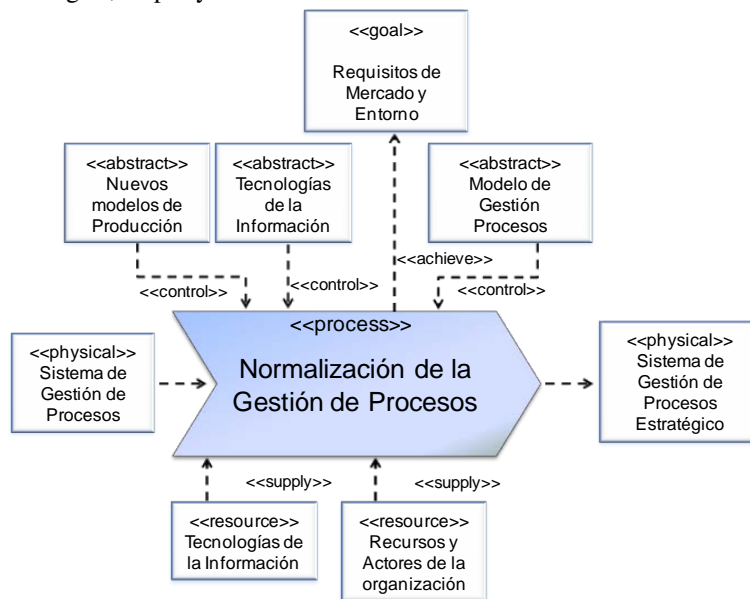


Fig. 2. Proceso de especificación y diseño de un SGP estratégico.

Las tecnologías de la información son otro de los factores fundamentales en la definición del SGP [4] [13]. Como soporte de los SGP para alcanzar todos los beneficios que se comentaron anteriormente. Una buena decisión en la elección de las tecnologías, las que mejor se adapten a los fundamentos de las teorías de gestión de procesos, puede hacer que el SGP sea un factor determinante en el posicionamiento de la organización en el mercado con respecto a la competencia [13].

Los procesos serán gestionados por el SGP pero éstos pueden llevarse a cabo por diferentes actores y recursos en una determinada organización. Un factor clave que influye en la definición de un SGP es la forma en que interactuará con dichos elementos y como éstos se integran con el SGP.

Los continuos cambios en el entorno y el mercado hacen que los objetivos estratégicos de las organizaciones y la forma de llevar a cabo sus negocios se encuentren en continua evolución. Esto implica la necesidad de modificar y adaptar constantemente los sistemas de gestión de procesos para alinear su forma de gestionar el negocio con dichos objetivos estratégicos [5] [10] [9]. El *proceso de normalización de la gestión de procesos* tiene como objetivo adaptar los SGPs a los cambios introducidos mediante la información obtenida de los factores de influencia descritos anteriormente (fig. 2).

3 Metodología para la creación de un SGP estratégico

A partir del análisis de los factores de influencia descritos anteriormente y cómo éstos impactan en la especificación y en el diseño de un SGP, se ha definido una metodología que permita de forma sistemática abordar el *proceso de normalización de la gestión de procesos*. La metodología se compone de 4 fases (fig. 3): la fase de identificación de objetivos, la fase de análisis del sector empresarial e industrial, la fase de análisis de los conductores del proceso y la fase de normalización de la gestión de procesos.

En la primera fase, la fase de identificación de objetivos, se realiza un análisis del entorno de competencia actual, las necesidades del mercado, incluyendo las impulsadas por los clientes y por las tendencias de la industria, la forma de relacionarse con los proveedores y los fundamentos y base de los modelos de producción y negocio emergentes. El objetivo final de esta fase es obtener los objetivos sobre los cuales se fundamentará el SGP. Para lograrlo, esta fase se centra en dos de los factores de influencia definidos anteriormente: mercado y entorno y modelos de producción.

Durante la segunda fase se debe estudiar los diversos sectores empresariales e industriales para analizar las actuales propuestas de los SGP que se están utilizando, comparar sus objetivos iniciales con los obtenidos en la fase anterior, qué recursos y actores participan en la ejecución de los procesos y cómo estos se integran e interactúan con los SPG. En esta fase es fundamental el impacto del factor de influencia recursos y actores y el factor central, sistemas de gestión de procesos.

En la tercera fase se analizan los factores de influencia: modelos de producción, teorías de gestión de procesos y tecnologías de la información. De este análisis se obtiene tanto los controladores del proceso, cuya misión es la de guiar el proceso de normalización evitando desviarse de los objetivos definidos, como los suministradores del proceso, los cuales permiten llevar a cabo las etapas de la cuarta fase.

Finalmente, en la cuarta fase, el análisis de los modelos de negocio y producción permite obtener los modelos que mejor se adaptan a los objetivos establecidos y que guiarán el proceso. En esta fase es muy importante la elección de las tecnologías de la

información adecuadas para sustentar el SGP, los paradigmas y metodologías que mejor se adapten a los objetivos y guíen el proceso sin desviarse de éstos.

Las etapas necesarias de implementación e integración se llevan a cabo en la última fase a partir de los datos obtenidos en las tres fases anteriores.

El resultado obtenido a partir de la aplicación de la metodología se puede observar en el proceso general mostrado anteriormente en la fig. 3. El proceso refleja la cuarta fase de la metodología. Los objetivos a alcanzar por el proceso son obtenidos tras la aplicación de la primera fase de la metodología. El proceso recibe como entrada uno de los SGP vigentes en los sectores analizados en la segunda fase, el proceso por medio de los controladores y de los elementos suministradores devuelve como resultado el SGP estratégico alineado con los objetivos definidos. Los controladores del proceso son obtenidos a través de la aplicación de la tercera fase.



Fig. 3. Metodología de especificación y diseño de un SGP.

4 Aplicación de la metodología al entorno de fabricación

En la sección anterior se ha descrito el marco general de la propuesta obteniendo una metodología que permita llevar a cabo lo que se ha denominado como *proceso de normalización de la gestión de procesos* y de esta forma obtener un SGP estratégico. Como se mencionó en la introducción, el ámbito del trabajo en el que se ubica esta sección, se centra en las organizaciones manufactureras, concretamente, en los sistemas de gestión de procesos aplicados a la manufacturación y la problemática subyacente. En esta sección se lleva a cabo la aplicación de la metodología expuesta anteriormente al sector manufacturero (fig. 4).

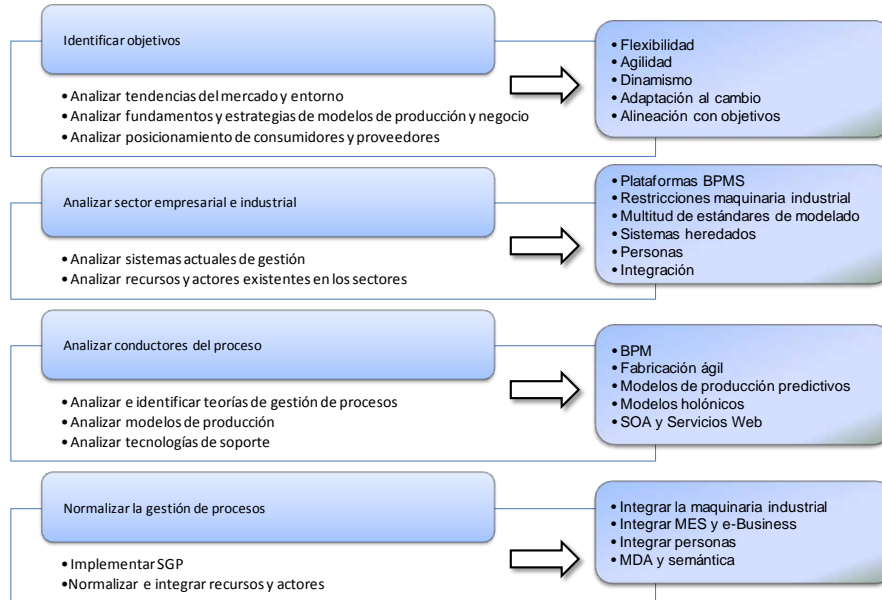


Fig. 4. Instanciación de la metodología para la definición de un SGP aplicada al entorno manufacturero.

En la primera fase se deben identificar los objetivos que debe alcanzar el SGP estratégico conforme a los requerimientos del mercado y su entorno. Como se describió en el primer capítulo del presente trabajo, los nuevos modelos de negocio y producción están fundamentados en el cambio continuo del entorno y esto repercute en los objetivos estratégicos de la organización y en el aumento de complejidad de la gestión del negocio. Estos nuevos enfoques de paradigmas de negocio exigen a las organizaciones modelos de gestión ágil, dinámica y flexible que permitan alinear de manera casi inmediata los cambios que se han producido en los objetivos estratégicos con los procesos de negocio y la tecnología que sustenta dichos procesos [4] [1].

El objetivo de la fase 2 consiste en localizar las carencias y necesidades de los SGP actuales en comparación con los requisitos demandados en el entorno para los SGP ágiles. Para ello se puede partir de aquellos SGP que mejor se adaptan a los requerimientos propuestos para la obtención del SGP estratégico resultante del proceso e identificar aquellos cambios necesarios para adecuarlo a los nuevos objetivos. En este sentido, los sistemas de gestión que mejor se adaptan actualmente a los requerimientos obtenidos en el análisis llevado a cabo en la fase uno son los sistemas de gestión de procesos de negocio (BPMS) [4] [1]. Estos sistemas podrían tomarse como partida en el proceso de normalización de gestión de procesos (elemento de entrada de la fig. 2).

Del análisis de los factores se observa que existe un desaprovechamiento de las TIC en las organizaciones manufactureras que dificulta la consecución de sistemas de gestión de negocio conforme a los requerimientos de los nuevos modelos de negocio

en general y de producción en particular. Las restricciones físicas y tecnológicas existentes entre el nivel de gestión y los elementos ubicados en los niveles inferiores de producción hace que sea imposible cumplir los requerimientos definidos por los nuevos modelos de negocio a partir de los BPMS. Como resultado se hace patente la necesidad de integrar la maquinaria industrial en el SGP para lograr una continuidad en el negocio [14] [15].

Del análisis se identifican características que deben tener los SGP ágiles más generales y comunes a todos los entornos, como la necesidad de una mayor automatización en el modelado de procesos para aliviar la carga de trabajo de los ingenieros de procesos o como la unificación de los numerosos estándares de modelado existentes que son utilizados en los SGP y que dificultan la interoperabilidad y el entendimiento entre los diferentes SGP [16] [17] [18].

La fase tres se corresponde con la identificación de los elementos o recursos que serán utilizados como controladores durante el *proceso de normalización de gestión de procesos* con el fin de evitar desviarse de los objetivos anteriormente mencionados.

El modelo BPM ha surgido como respuesta de gestión a los requerimientos de los nuevos modelos de negocio [4]. BPM contempla el cambio como una de sus principales características y la adecuación de forma ágil de los procesos de negocio permitiendo un rápido alineamiento entre los objetivos estratégicos del negocio y los operacionales [1] [12]. Por este motivo, el modelo BPM se ha considerado el más adecuado en el análisis y será usado como conductor del *proceso de normalización de la gestión de procesos* en el entorno manufacturero. Durante el proceso se debe garantizar que el SGP ágil cumpla los ciclos de vida y los fundamentos asociados a la teoría de gestión de procesos BPM.

Los modelos de producción son otro de los elementos conductores que se deben tener en cuenta para guiar el proceso de normalización. Muchas de las características de los modelos de producción emergentes tienen una enorme repercusión en la consecución de los objetivos definidos en el proceso. Principalmente, la fabricación ágil parte de los mismos fundamentos que dichos objetivos. Además, los modelos de producción orientados hacia modelos predictivos y proactivos o teorías holónicas [19] son fundamentales para la consecución de un SGP ágil [20].

Como se comentó anteriormente, las TI se contemplan en las teorías modernas de gestión de procesos como uno de sus pilares básicos, incrementando los beneficios ofrecidos por los SGP. Sin embargo, es necesario identificar los modelos, paradigmas y tecnologías más adecuados para garantizar el éxito del proceso de normalización en consonancia con los objetivos definidos y con el resto de conductores. En este sentido, el paradigma de arquitectura orientada a servicio (SOA) se presenta como la opción idónea para llevar a cabo los requisitos del proceso [13] [21] [12]. Cabe destacar que paradigmas como la orientación a servicios tiene su mayor repercusión en la actualidad y sin embargo existe desde hace años y además parte de fundamentos similares que el modelo BPM. Este éxito se debe en parte a su orientación hacia enfoques de arquitecturas TI orientadas a procesos y a la aparición de tecnologías como la de los Servicios Web que facilitan todas las características sobre las que se fundamentan tanto el BPM como SOA. El resultado de los objetos de control y de suministro de esta fase se recoge en la instancia mostrada en la fig. 5.

En la fase 4 de la metodología, a partir de la información obtenida en las fases anteriores se definen las transformaciones necesarias que permitan convertir al SGP

actual en un SGP ágil conforme a los objetivos definidos y las particularidades del entorno analizado, el de la manufacturación.

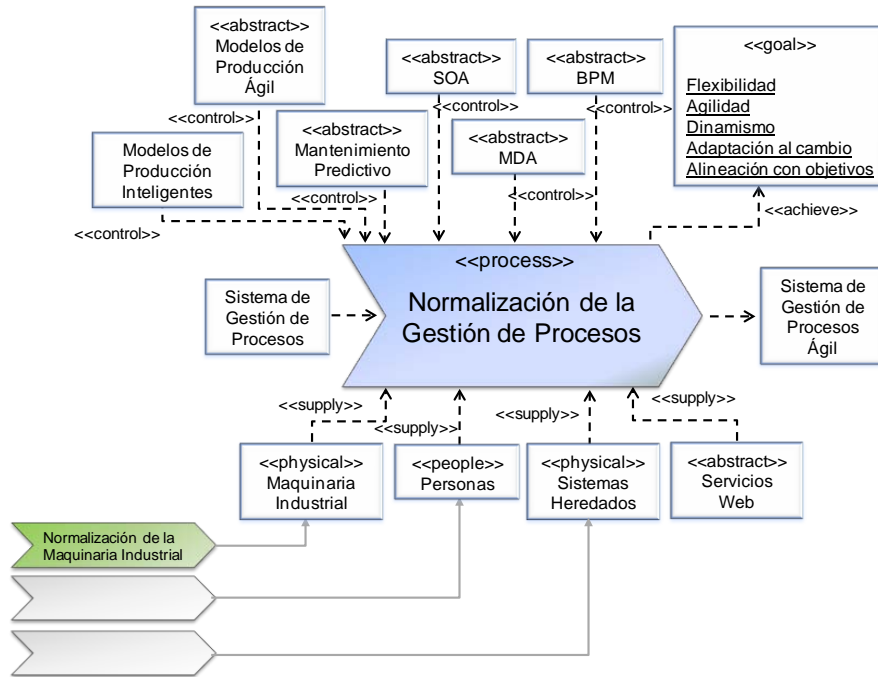


Fig. 5. Instancia del Proceso de especificación y diseño de un SGP ágil para el sector manufacturero.

Un aspecto importante en esta fase es cómo el sistema contemplará a los recursos que participan en la ejecución de los procesos de negocio en las organizaciones manufactureras como la maquinaria industrial, el personal, los proveedores o los sistemas TI existentes en la organización (sistemas heredados) pero siempre alineando dicha relación con los objetivos definidos.

Una de los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología al entorno manufacturero consiste en la integración de la maquinaria industrial en el sistema de gestión de procesos ágil de forma transparente y conforme a los requisitos del mismo eliminando las restricciones físicas, tecnológicas y conceptuales entre la maquinaria y el nivel de gestión. Este objetivo que ha permitido demostrar la validez de la propuesta es descrito en profundidad en [25] y se menciona de forma resumida en el siguiente apartado. Dicho objetivo se alcanza desarrollando una metodología que permita sistematizar el proceso. Según esto, tomando como referencia el marco global sintetizado gráficamente en la figura 5, *el proceso de normalización de la maquinaria industrial* ha sido marcado en color verde de forma que se puede apreciar con claridad su ubicación dentro del modelo general y el impacto que tiene sobre el mismo.

Otros aspectos a tener en cuenta en esta fase, y que parten del análisis de la fase dos, es el problema de la existencia de un elevado número de estándares de modelado

de procesos de negocio [16] [18] [17] [22]. En esta fase se debe proponer algún enfoque que permita la unificación de los estándares de modelado de procesos. En este sentido, a partir de esta investigación, se ha planteado como posible línea futura la incorporación del paradigma MDA en el *proceso de normalización de gestión de procesos*.

Algo parecido sucede con la necesidad de automatización en el modelado de procesos en los SGP [18] [23] [22] [24]. La segunda línea abierta a partir de este trabajo radica en el uso de ontologías para minimizar la carga del ingeniero de procesos en el modelado.

5 Normalización de la maquinaria industrial

Como se comentó en el apartado anterior, en [25] se ha llevado a cabo la integración de la maquinaria industrial para lograr integrar los procesos de fabricación en el sistema de gestión de procesos de la organización mediante una metodología de integración denominada *proceso de normalización de la maquinaria industrial* y que permite la consecución de un SGP estratégico para el campo de la fabricación.

Según esto, el proceso de normalización de una maquinaria industrial en función de estos objetivos, transforma la maquinaria industrial, tal como se concibe en la actualidad, para mostrarla desde un punto de vista funcional, exponiéndola como servicios y logrando una integración natural en los sistemas de gestión de procesos global de la empresa.

Para ello, este proceso se divide, a su vez, en el *proceso de normalización conceptual de la maquinaria industrial* y el *proceso de normalización tecnológica de la maquinaria industrial*. Dicho proceso es guiado por los mismos objetivos globales planteados para el método definido para el marco general. En la figura 6 se puede ver con más detalle los dos principales procesos mencionados.

El primer proceso, el *proceso de normalización conceptual*, tiene como objetivo general eliminar las restricciones conceptuales tomando como entrada los procesos de fabricación de dicha maquinaria y generando un modelo conceptual de servicios conforme a los requerimientos de los paradigmas de gestión de procesos que hagan viable los requerimientos de los nuevos modelos de negocio. Este proceso se divide, a su vez, en dos subprocesos: el *proceso de normalización conceptual de los procesos de fabricación* y el *proceso de normalización conceptual de la gestión de los procesos*.

El segundo proceso, el *proceso de normalización tecnológica* de la maquinaria industrial, tiene como objetivo establecer la arquitectura tecnológica (arquitectura IMaaS) que permita sustentar el modelo de servicios resultante del *proceso de normalización conceptual* eliminando las restricciones tecnológicas existentes y aportando flexibilidad y dinamismo a la maquinaria. El proceso transforma el elemento de entrada, la maquinaria industrial, en la arquitectura IMaaS mencionada a través de tres subprocesos: *normalización hardware de la maquinaria industrial*, *normalización middleware de la maquinaria industrial* y *normalización de servicios de la maquinaria industrial*.

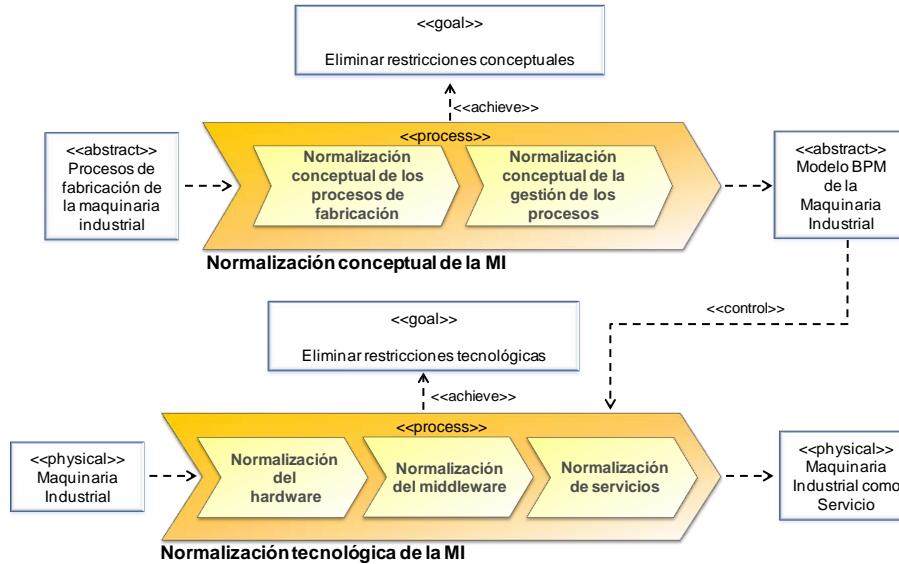


Fig. 6. Procesos de Normalización de la Maquinaria Industrial junto con su relación.

6 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una metodología para la definición sistemática de sistemas de gestión de procesos basados en las TI que permitan a las organizaciones posicionarse en una situación estratégica frente a los competidores.

Además, se ha realizado una instancia en el entorno manufacturero que ha permitido ver las fortalezas y las debilidades de los SGP utilizados en la actualidad en este ámbito y las modificaciones necesarias que se deberían realizar para obtener un sistema de gestión ágil, probando de esta forma la validez de la metodología propuesta.

En la actualidad, se está realizando diversos trabajos de investigación orientados a lograr las mejoras obtenidas de la aplicación de la metodología en el entorno manufacturero.

Referencias

1. Chang, J.F. *Business Process Management Systems. Strategy and Implementation*. Auerbach Publications, 2005.
2. Hammer, M. & Champy, J. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Harper Business, 1993.
3. Davenport, T. *Process Innovation*. Harvard Business School Press, USA, 1993.
4. Smith, H. & Fingar, P. *Business Process Management. The Third Wave*. Meghan-Kiffer, 2002.

5. Harmon, P. *Business Process Change. A Manager's guide to improving, redesigning and automating processes.* Morgan Kaufmann, 2003.
6. Burlton, R.T. *Business Process Management. Profiting from process.* SAMS Publishing, 2001.
7. Porter, M.E. *What is strategy?* Harvard Business Review, pp. 61-78, November-December, 1996.
8. Harmon, P., Rosen, M. & Guttman, M. *Developing E-business Systems and Architectures: A Manager's Guide.* Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA. 2001.
9. Younghwan, C. Kwangsoo, K. & Cheolhan, K. *A design chain collaboration framework using reference models.* International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 26 (1) pp. 183-190. July, 2005.
10. Avella, L. and Vázquez, D. *Is Agile Manufacturing a New Production Paradigm.* Universia Business Review, ISSN 1698-5117, N° 6, pp. 94-107, 2005.
11. Rinderle, S., Kreher, U., Lauer, M. & Dada, P. *On Representing Instance Changes in Adaptive Process Management Systems.* In Proceedings of the 15th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE'2006. pp 297-304, 2006.
12. Jeston, J. & Neils, J. *Business Process Management. Practical guide to successful implementations.* Elsevier, 2006.
13. Harmon, P. *Service Oriented Architectures and BPM.* Bussiness Process Trend, 22 February, 2005. (Online) Available at: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/bptemailadvisor022205.pdf> (Noviembre, 2009).
14. The SIRENA project. (Online) Available at: <http://www.sirena-itea.org> (Enero, 2010).
15. SOCRADES project. (Online) Available at: <http://www.socrades.eu/Home/default.html> (Enero, 2010).
16. Giaglis, G.M. *A Taxonomy of Business Process Modeling and Information Systems Modeling Techniques.* International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Volume 13, Number 2, April 2001, pp. 209-228(20), Springer.
17. Lippe, S., Greiner, U. & Barros, A. *A survey on state of the art to facilitate modelling of cross-organisational.* In Proceedings of the 2nd GI-WorkShop XML4BPM, Karlsruhe (Germany), 2005.
18. Mendling, J., Neumann, G. & Nüttgens, M. *A Comparison of XML Interchange Formats for Business Process Modelling.* In Proceedings of the Information Systems in E-Business and E-Government, LNI, Vol. 56, pp. 129-140, 2004.
19. Koestler, A. *Janus: Summing Up.* Vintage, 1978. ISBN: 978-0394728865.
20. McFarlane, D.C. & Bussmann, S. *Developments in Holonic Production Planning and Control.* Intenational Journal of Production Planning and Control, Vol. 11, No. 6, pp. 522 -- 536, 2000.
21. Erl, T. *Service-Oriented Architecture. Concepts, technologies and design.* Prentice Hall, 2005.
22. Höfferer, P. *Achieving Business Process Model Interoperability Using Metamodels and Ontologies.* Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems (ECIS2007), pp.1620-1631, 2007.
23. Lastra, J. L. & Delamer, I. M. *Semantic Web Services in Factory Automation: Fundamental Insight and Research Roadmap.* IEEE Transactions On Industrial Informatics. vol 2. n°1. Febrero, 2006.
24. Al-Safi, Y. and Vyatkin, V. *An Ontology-Based Reconfiguration Agent for Intelligent Mechatronic Systems.* Proceedings of the 3rd international conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems: Holonic and Multi-Agent

- Systems for Manufacturing. LNAI 4659, pp. 114–126, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
25. Gilart-Iglesias, V. Maciá-Pérez, F. Marcos-Jorquera D. and J.Mora-Gimeno. F. *Industrial Machines as a Service: Modelling industrial machinery processes*. Proc. of 5th International IEEE Conference on Industrial Informatics (INDIN'07).Vienna, 2007.