

Modelando la Maquinaria Industrial como Servicios: Orientando los Procesos de Fabricación hacia el BPM

Virgilio Gilart Iglesias, Francisco Maciá Pérez, Jose Vicente Berná Martínez,
Jorge Gea Martínez, Jorge Selva Soler

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

Resumen. En los últimos años, la madurez alcanzada por las Tecnologías de la Información (TI) junto con algunas de las teorías modernas de gestión de procesos de negocio como el *Business Process Management* (BPM) ha propiciado un escenario adecuado para afrontar los requerimientos de los nuevos modelos de negocio. Estos nuevos modelos requieren ser dinámicos flexibles para adaptarse, de forma ágil, a los cambios introducidos en el entorno de la organización impulsados por la demanda del mercado. Sin embargo, en los niveles inferiores de las organizaciones manufactureras el aprovechamiento de las TI en los elementos de producción ha sido bajo y es difícil o imposible, debido a su rigidez, alcanzar los requerimientos de estos nuevos modelos. En este artículo, se propone un nuevo método de integración de los procesos de fabricación en el modelo de negocio, fundamentado en los principios del modelo BPM y que permita mostrar la maquinaria industrial desde un punto de vista funcional como parte de un sistema de gestión de procesos de negocio (BPMS) eliminando las restricciones físicas, tecnológicas y conceptuales que impiden lograr los objetivos de los nuevos modelos de negocio en las organizaciones manufactureras.

1 Introducción

La capacidad que Internet otorga a los usuarios para seleccionar los artículos de consumo que más les convienen en cada momento y a los precios más ajustados está forzando al sector empresarial a evolucionar desde los tradicionales paradigmas de negocio orientados a la *producción masiva*, hacia modelos que faciliten la *personalización masiva* [1] [2] manteniendo los costes de producción.

En los nuevos modelos de negocio, el cliente ya no puede ser considerado una mera entidad externa a los procesos de negocio de la organización, sino que forma parte del sistema como un elemento activo, determinando las características específicas que debe poseer el producto deseado.

Estos nuevos enfoques de paradigmas de negocio exigen a las organizaciones modelos dinámicos y flexibles para adaptarse de forma ágil a los cambios producidos en el entorno debido a la demanda del mercado [3] [4].

Las Tecnologías de la Información (TI) se presentan como una herramienta valiosa para alcanzar los objetivos de los nuevos modelos de negocio. Éstas ya fueron contempladas en la formulación de teorías modernas de gestión de procesos, como el *Business Process Reengineering* (BPR), como un elemento clave en la gestión de la organización y que se han visto plasmados con gran éxito en sistemas como los *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), etc. [3] [2] [4] [5]. Sin embargo, estas teorías adolecen de las características necesarias para afrontar dichos requerimientos. Se trata de modelos rígidos, centrados en la consecución de los procesos óptimos de la organización que no contemplan, entre sus fundamentos, los cambios en el entorno del negocio y, por tanto, no asumen que los procesos óptimos definidos en un momento dado no sean los adecuados en un estado posterior [4].

Para dar respuesta a las exigencias de los nuevos modelos, ha surgido un movimiento denominado *Business Process Management* (BPM), que contempla el cambio como uno de sus principales fundamentos y la adecuación de forma ágil de los procesos de negocio a dichos cambios. Además, de la misma forma que *BPR*, establece una estrecha relación entre las teorías para la gestión de procesos y las TI que permitan un rápido alineamiento entre los objetivos estratégicos del negocio y los operacionales. Por este motivo, el BPM se ha convertido en uno de los enfoques más adecuados para afrontar los requisitos de los nuevos modelos de negocio [2] [4].

No obstante, es en las organizaciones manufactureras donde la viabilidad de los nuevos modelos de negocio se hace compleja puesto que es necesario alcanzar una plena integración de los procesos de fabricación dentro del mapa global de la organización, dificultado por las restricciones físicas, tecnológicas y conceptuales y por la falta de estandarización en los elementos de producción ubicados en los niveles inferiores (PLC, CNC, maquinaria industrial, etc.). Es en este ámbito en el que todavía quedan muchos problemas por resolver pues, si bien las nuevas tecnologías pueden ayudar notablemente a subsanarlos, las infraestructuras empleadas en los niveles inferiores de fabricación son demasiado rígidas y no están preparadas para aprovechar toda la capacidad que éstas pueden ofrecer [6].

En este artículo se propone llevar los conceptos del BPM a los niveles inferiores de las organizaciones manufactureras para lograr la viabilidad de los nuevos modelos de negocio. Para ello se propone un modelo que permite visualizar la maquinaria industrial como una parte de un *Business Process Management System* (BPMS), permitiendo una rápida adaptación de los indicadores de más bajo nivel a los objetivos estratégicos de la organización y, por tanto, la consecución de los objetivos de los nuevos modelos de negocio. Este modelo se ha concebido como un patrón de diseño basado en la arquitectura SOA en el que se detallan, clasifican y organizan los elementos que cada máquina industrial debe poseer junto con las infraestructuras tecnológicas que le darán soporte. Estos servicios facilitan la autogestión y la gestión proactiva de la lógica de negocio de la cual es responsable la máquina, y le permiten comunicarse y cooperar con otras máquinas o elementos de fabricación así como con el resto de los procesos de negocio de la organización.

Por razones de espacio, el presente artículo se centra en detallar la propuesta hasta la consecución de la arquitectura que muestra la maquinaria industrial como servicios (arquitectura IMaaS) y permite validar el modelo planteado, dejando para un

posterior artículo el desarrollo de la implementación que valide la hipótesis de partida en un entorno real. Para ello, se presenta una revisión del estado del arte en los aspectos relacionados (apartado 2), el método creado para la normalización conceptual de la maquinaria industrial junto con el modelo conceptual resultante (apartado 3), el método creado para la normalización tecnológica de la maquinaria industrial que permita sustentar el modelo anterior y que provea como resultado una propuesta de arquitectura que haga viable el modelo planteado (apartado 4) y, por último, las principales conclusiones que se desprenden del trabajo, así como las líneas futuras de trabajo (apartado 5).

2 Background

El estado del arte realizado se ha centrado, en primer lugar, en el estudio y análisis de propuestas realizadas en el entorno industrial para facilitar la comunicación e integración entre los elementos de más bajo nivel y las TI características de los niveles de empresa. En segundo lugar, en el análisis de estudios que proponen los requisitos que deberían contemplar los nuevos y futuros modelos de producción.

Internet ha influido notablemente en la adopción de nuevas estrategias por parte de las organizaciones actuales para adaptar sus procesos (reingeniería de procesos) [7] así como la incorporación de paradigmas empresariales basados en servicios y componentes software distribuidos desplegados sobre arquitecturas de n-niveles que las ayuden a implantar nuevos modelos de negocio y a obtener provecho del nuevo modelo de competencia creado [8]. Sin embargo, debido a limitaciones físicas y tecnológicas, los procesos de fabricación no han alcanzado el nivel de integración y automatización deseable, teniendo que ser, en la mayor parte de los casos, considerados como sistemas heredados.

Las primeras propuestas de integración se centraban en modelos tradicionales de automatismos, basados en protocolos propietarios, situados en el nivel de recursos del modelo eBusiness, como sistemas externos a los procesos de negocio (Modbus, Profibus, AS-I, FIPIO, DeviceNET, Interbus o Ethernet industrial). Estas propuestas constituyen los primeros intentos por facilitar su integración con los componentes de negocio mediante adaptadores ad-hoc [9]. En otros casos, como el propuesto por Schneider [10], se opta por la incorporación de dispositivos embebidos (con conexión Ethernet, soporte TCP/IP e incluso servidor web integrado) bajo conceptos como *transparent factory*. Otros fabricantes, como ABB, van un poco más lejos, elevando la comunicación a los niveles superiores de la organización, empleando el protocolo SOAP, e incorporando inteligencia, autogestión y proactividad a sus dispositivos embebidos [11]. Siguiendo esta misma línea, en [12] se propone el uso de WebServices como medio normalizado para acceder a las funcionalidades de los dispositivos y para que éstos se integren con los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP). También en el marco de proyectos europeos de investigación se encuentran importantes iniciativas que avalan el interés de esta línea, con importantes resultados que avanzan hacia SOA y dispositivos embebidos en la maquinaria industrial como tecnologías válidas [13] [14].

Los cambios en los futuros métodos de fabricación tienden a paradigmas distribuidos, con acoplamiento débil y autónomo e implican un incremento de la complejidad y la necesidad de responder al continuo cambio bajo una paulatina disminución de los costes. Para afrontar estos cambios se requiere funcionalidades adicionales como: robustez, escalabilidad o reconfiguración, mientras se mantienen procesos simples y transparentes [15] [16].

Algunos de los enfoques descritos anteriormente realizan propuestas que permiten eliminar las restricciones físicas y tecnológicas, sin embargo, no contemplan las restricciones conceptuales que permiten satisfacer los requerimientos de los nuevos modelos de negocio y no incluyen los requerimientos de los nuevos y futuros modelos de producción.

La gestión de la producción en entornos físicamente distribuidos implica la necesidad de tomar decisiones a nivel local [16], por lo que es necesario trasladar parte de la lógica de control y supervisión a la maquinaria industrial [15]. Además, la gestión debería ser auto-organizativa, estableciendo un comportamiento reactivo y proactivo [16] para responder tanto a perturbaciones e inesperados cambios a corto plazo como para ser capaz de anticiparse y prepararse para situaciones críticas, estableciendo políticas de mantenimiento de la maquinaria [17] [18] o de control de la calidad del proceso [19] [21].

3 Normalización Conceptual de la Maquinaria Industrial

El objetivo principal del proceso de normalización conceptual de la maquinaria industrial es establecer un modelo que elimine las restricciones conceptuales que existe entre los procesos de fabricación y los procesos de negocio, incorporando en la maquinaria industrial los elementos necesarios para visualizarla como un sistema basado en el ciclo de vida del modelo BPM y, a partir de éste, establecer un modelo que exponga la funcionalidad de dichos elementos como servicios al resto de la organización. El objetivo final es obtener un modelo o patrón BPM de la maquinaria industrial orientado a un modelo de servicios (Modelo Conceptual de Servicios de la Maquinaria Industrial) que posteriormente sirva de guía y controle el *proceso de normalización tecnológica de la maquinaria industrial* que se expone en el apartado 4. La normalización conceptual previa pretende evitar que la posterior normalización tecnológica pueda desviarse de la visión y objetivos de negocio definidos en los niveles superiores de la organización. Para lograr este objetivo el proceso se ha dividido en dos fases: el proceso de normalización conceptual de procesos de negocio de la maquinaria industrial y el proceso de normalización conceptual de servicios de la maquinaria industrial (fig. 1). A diferencia de las propuestas mencionadas en el estado del arte, como se puede ver en la figura 1, el proceso será controlado por los requerimientos de los nuevos modelos de producción, que establecen elementos de producción distribuidos con una mayor capacidad de autogestión y que trasladan a nivel local aspectos como la capacidad de decisión, de control y supervisión.

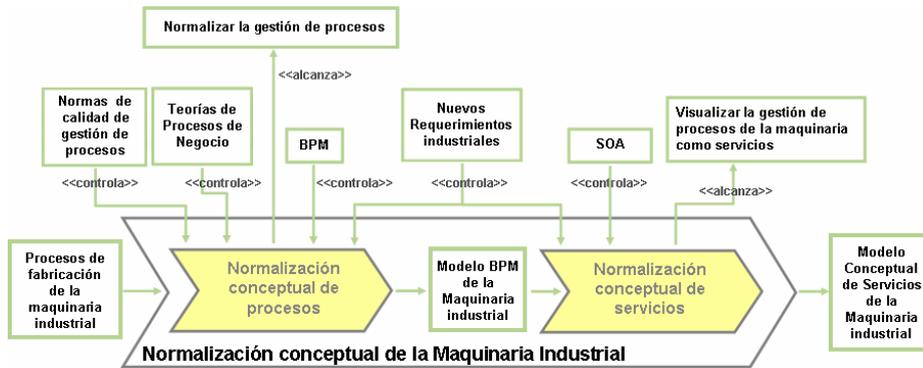


Fig. 1. Proceso de normalización conceptual de la maquinaria industrial.

3.1 Normalización Conceptual de Procesos de la Maquinaria Industrial

El proceso de normalización conceptual de procesos de la maquinaria industrial proporcionará un modelo basado en el ciclo de vida de paradigma BPM. Para ello es necesario definir los elementos necesarios y sus relaciones para convertir a nivel conceptual la maquinaria industrial en parte de un sistema de gestión de procesos centrado en BPM (BPMS).

La definición de los elementos que componen el modelo se divide en dos fases. Una primera fase que define los elementos necesarios que permiten visualizar la maquinaria industrial como un conjunto de procesos de negocio, el cual hemos denominado *mapa de procesos de la maquinaria industrial* (fig. 2). Una segunda fase, relacionada directamente con la anterior, en la que se incorporan los elementos y componentes necesarios para satisfacer los principios fundamentales del BPM que hemos denominado *gestión de los procesos de negocio de la maquinaria industrial*. En la primera fase (fig. 2) se ha realizado una categorización de los procesos de negocio que se han incluido en la maquinaria industrial basada en las propuestas descritas en [5] [3] y en [21] adecuándolas a las características intrínsecas de estos elementos de producción. Para ello se ha establecido un modelo el cual se ha organizado en 3 niveles.

En el nivel 1 se han contemplado aquellos procesos de negocio que ejecutan las actividades de mayor nivel de abstracción de la maquinaria industrial. Éstos serán utilizados, junto con otros procesos y subprocesos del mapa global de la organización, para conformar procesos de negocio de un nivel superior. La configuración de los parámetros (objetivos, indicadores, variables de control, etc.) de los procesos de nivel 1 vendrá definida en función de los parámetros del proceso de la cadena de valor o proceso de soporte en el que esté incluido y, por tanto, estará alineado directamente con los objetivos del mismo. Existen dos tipos de procesos de nivel 1: *procesos principales* y *procesos de soporte*.

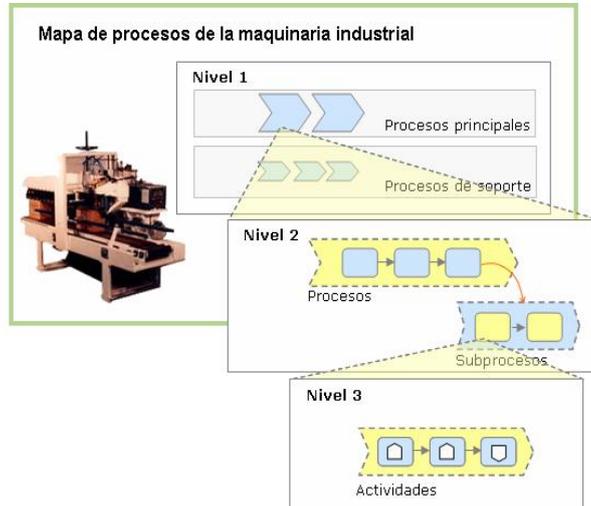


Fig. 2. Modelo del mapa de procesos de la maquinaria industrial.

Los *procesos principales* encapsulan la funcionalidad principal de la maquinaria industrial transformándola en procesos de negocio. Éstos serán incluidos en la jerarquía de subprocesos de los procesos de la cadena o cadenas de valor con los que tiene relación (por ejemplo, el proceso de logística puede incluir un proceso de negocio llamado *almacenar materia prima*, expuesto por un almacén inteligente, cuyo objetivo, indicadores, variables de control, etc., serán determinados por el ingeniero de procesos en virtud de los parámetros asociados al proceso de logística).

Los *procesos de soporte* permiten desarrollar las operaciones de los procesos principales (por ejemplo, dentro del mapa global de procesos de la organización se podría definir un proceso de mantenimiento de recursos de la organización que incluyera el control del funcionamiento y mantenimiento de los componentes mecánicos del almacén inteligente, como motores, sensores, etc.).

El *nivel 2* está formado por los procesos de negocio que conforman los procesos definidos en el nivel 1. Éstos, a su vez, y en función de su complejidad, pueden subdividirse en otros procesos del nivel 2 de forma reiterativa (subprocesos).

En el último nivel, *nivel 3*, se encuentran las actividades o procesos básicos que reflejan el comportamiento de más bajo nivel de la maquinaria industrial, y por tanto, más cercano a la funcionalidad mecánica de la máquina y a las operaciones elementales que ésta es capaz de realizar y que son independientes del proceso que se le asigne. Éstas son utilizadas para componer procesos de los niveles superiores anteriormente nombrados (en el caso del almacén inteligente podría tener actividades de lectura de sensores, movimiento de motores, etc.).

Una vez definido el *mapa de procesos de la maquinaria industrial* se han determinado los elementos que sobre dicho mapa, permitan abordar los principios necesarios del paradigma BPM con el fin de lograr una gestión integral junto al resto de procesos de la organización (fig. 3).

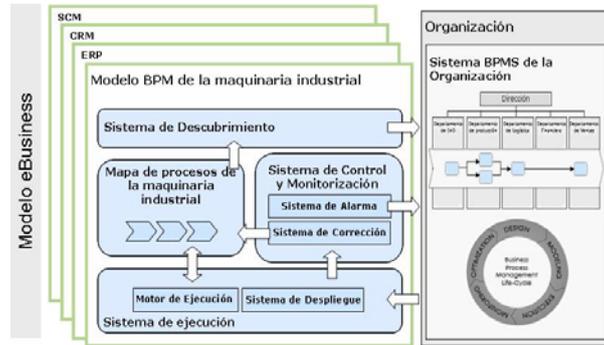


Fig. 3. Modelo BPM de la maquinaria industrial.

En [2] se describen las características fundamentales del BPM a partir del cual se ha definido los elementos necesarios para la maquinaria industrial: *el sistema de descubrimiento, el sistema de ejecución de los procesos y el sistema de monitorización y control de los procesos.*

El sistema de descubrimiento tiene como objetivo describir y dar a conocer al resto de procesos de la organización los procesos de negocio de la maquinaria industrial y sus características. Éste sirve de enlace entre el mapa de procesos de la organización y el *mapa de procesos de la maquinaria industrial*. De esta forma, se podrá, en primer lugar, diseñar nuevos procesos de negocio de mayor nivel de abstracción en la maquinaria industrial a partir de los existentes. En segundo lugar, se podrá incluir tanto los nuevos procesos conformados como los ya existentes de la maquinaria industrial en el mapa de procesos global de la organización.

El sistema de ejecución tiene como objetivo asegurar la ejecución de los procesos de negocio, tanto los incluidos de forma nativa en la maquinaria como los desplegados posteriormente sobre la misma. Este sistema incluye un mecanismo que permite el despliegue en la máquina industrial de nuevos procesos o procesos existentes que han sido modificados.

El sistema de monitorización y control se encarga de la supervisión y el control de los procesos que se están ejecutando en la maquinaria industrial para asegurar que dicha ejecución se realiza de acuerdo con los objetivos establecidos para cada proceso, subproceso o actividad. Establece los mecanismos necesarios que permiten corregir las desviaciones de los objetivos, bien de forma inmediata e interna, modificando las variables de control asociadas a los indicadores del proceso (sistema de corrección), o bien mediante la interacción con procesos externos a la maquinaria que supongan operaciones más complejas para la corrección (sistema de alerta). El sistema de monitorización también se encarga de la detección de errores o problemas inesperados en la ejecución de los procesos y de su resolución. El sistema incorpora un mecanismo de alerta que permita comunicar los errores o las desviaciones detectadas. Estos avisos permitirán establecer mejoras en el diseño de los procesos y en su ejecución a los responsables de la organización.

3.2 Normalización Conceptual de Servicios de la Maquinaria Industrial

Aunque tradicionalmente el modelo BPM y la arquitectura orientada a servicios (SOA) han crecido como dos iniciativas independientes, orientadas a resolver problemas diferentes, en los últimos tiempos se ha demostrado el beneficio de la convergencia de ambos modelos [22]. Este enfoque ha permitido la alineación de los procesos de negocio y las TI, obteniendo una propuesta en consonancia con los requisitos fundamentales en los nuevos modelos de negocio, como la agilidad, flexibilidad, reducción de costes y eficiencia [22] [23]. Otro aspecto importante que aporta SOA como infraestructuras tecnológica de BPM, es la posibilidad de automatización de procesos [3] entre todos los participantes del negocio, incluyendo los niveles inferiores de producción y sus elementos, de forma más eficiente.

En este apartado se presenta una propuesta de adaptación del modelo descrito en el apartado anterior introduciendo los principios de la arquitectura SOA como controlador del proceso (fig. 2) y visualizando las funcionalidades y elementos descritos en el modelo anterior como servicios (fig. 4).

El enfoque propuesto distingue tres tipos diferentes de servicios en la capa de aplicación de una máquina industrial: *servicios de proceso*, *servicios de aplicación* y *servicios de gestión*.

Los *servicios de proceso* son servicios que exponen la lógica de proceso o funcionalidades de alto nivel que ofrece la maquinaria industrial. Dichos servicios son divididos en dos tipos de servicios: *servicios de producción* y *servicios de soporte*. Estos servicios son utilizados y orquestados junto con otros servicios de la organización para conformar y automatizar procesos de negocio de mayor nivel de abstracción. Los *servicios de producción* y *de soporte* están basados en el patrón de orquestación con un comportamiento similar al descrito en [14].

Los *servicios de producción* son servicios que exponen la lógica de proceso o funcionalidades que ofrece la máquina industrial. Representan los procesos principales de la maquinaria industrial establecidos en el modelo del apartado anterior. Establecen un comportamiento pasivo a la espera de peticiones provenientes de componentes externos mediante paradigmas orientados a servicios (patrones de mensaje petición-respuesta o de único sentido).

Los *servicios de soporte* exponen la lógica de los procesos de soporte descritos en el patrón BPM de la maquinaria industrial. Estos servicios encapsulan la lógica necesaria para que los servicios de producción puedan ser ejecutados (un ejemplo de estos servicios es el servicio de mantenimiento que se encarga de comprobar el correcto funcionamiento de los componentes mecánicos de la maquinaria. De esta forma se comprobaría que los servicios de producción pueden ser ejecutados de manera correcta). Los servicios de soporte serán invocados en el momento en el que un servicio de producción sea, también, invocado. Si detectan alguna anomalía que impidiese la ejecución de algún servicios de producción en curso, mediante un comportamiento proactivo, podría actuar invocando al servicio para modificar algún parámetro que permitiera continuar con la ejecución de dicho servicio (por ejemplo, si el servicio de mantenimiento detectase el calentamiento de un motor fuera de los rangos normales puede indicar que el servicio de producción se llevase a cabo a una velocidad menor hasta que se revise físicamente el componente mecánico).

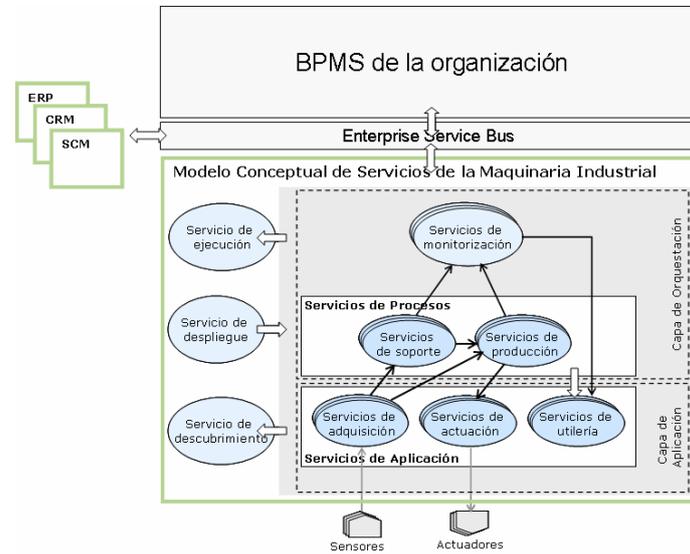


Fig. 4. Modelo conceptual de servicios de la maquinaria industrial.

Los servicios ubicados en la capa de aplicación, *servicios de aplicación*, exponen la funcionalidad básica que es reutilizada por otros servicios de las capas superiores. En el modelo propuesto los principales servicios de aplicación son: *los servicios de adquisición*, *los servicios de ejecución* y *los servicios de utilería*. Los servicios de aplicación establecen el patrón de intercambio de mensajes petición-respuesta.

Los *servicios de adquisición* se encargan de exponer la funcionalidad necesaria para la lectura de información procedente de los sensores de la máquina industrial.

Los *servicios de actuación* exponen la funcionalidad de la máquina, orientada a tareas básicas, sobre los componentes mecánicos (control y gestión de los actuadores). Estos dos tipos de servicios son definidos como servicios de envoltura [24], que establece la fachada de acceso a dichos componentes y abstraen las peculiaridades mecánicas y electrónicas de los mismos.

Ambos servicios representan la funcionalidad básica de la maquinaria industrial a partir de los cuales se compondrán los servicios de mayor nivel de abstracción y cercanos a los procesos de negocio.

Los *servicios de utilería* son servicios reusables y de carácter general que son consumidos por los servicios de la capa superior. Podría ser el caso de servicios que encapsulasen el acceso a la información de parametrización de los servicios de procesos persistente de la maquinaria industrial que es compartida por los servicios de la capa de orquestación.

Los *servicios de gestión* exponen la lógica necesaria para llevar a cabo la gestión de los procesos definidos anteriormente desde el punto de vista de los objetivos de negocio planteados. Éstos se dividen en tres tipos de servicios: *servicio de descubrimiento*, *servicios de monitorización* y *servicio de despliegue*.

El servicio de descubrimiento expone la funcionalidad a los sistemas BPMS de la organización para obtener la información que describe los servicios incluidos en la maquinaria industrial. Esta información incluye: descripción abstracta del servicio (operaciones, parámetros, etc.), ubicación del servicio, flujo de proceso de los servicios (servicios de proceso, etc.), parámetros asociados a los servicios que representan a los procesos de negocio (indicadores, variables de control, etc.), reglas de negocio asociadas a cada servicio, etc. La información obtenida permitiría representar en un sistema BPMS los procesos de negocio, subprocesos y actividades de la maquinaria industrial, utilizar dichos procesos en el modelado del mapa global de procesos de la organización y modificar el comportamiento de estos últimos en función de los objetivos globales de dicha organización.

El servicio de descubrimiento es un servicio proactivo que establece un patrón de intercambio de mensajes de tipo *patrón de mensaje notificación* [24], el cual es enviado en el momento que la máquina industrial es conectada a la red de comunicaciones y autoconfiguradas sus propiedades de red. La información podría enviarse a un registro centralizado, al cual accederá el BPMS, o al propio BPMS, si este cuenta con las funcionalidades de descubrimiento apropiadas.

Los servicios de monitorización exponen la funcionalidad de control y supervisión de los objetivos asociados a los procesos de negocio representados por los servicios de procesos. Los servicios de procesos incluyen funcionalidades que exponen la lectura de los indicadores que representan los objetivos de negocio a conseguir y las variables de control cuya modificación puede afectar al resultado de dichos indicadores. El servicio de monitorización invocará al servicio que le proporcione el indicador del proceso a monitorizar, invocará al servicio de reglas para obtener el proceso a realizar en función del indicador (proceso de corrección interna o de alerta externa). Si la regla indica invocar al proceso de corrección interno, esta acción se verá plasmada en la invocación del servicio de utilidad que exponga la variable de control que debe ser modificada. Si la regla indica que se realice un proceso de alerta, se invocará al servicio externo adecuado para enviar una notificación sobre la desviación del objetivo planteado.

Los servicios de producción y de soporte están basados en el patrón de orquestación con un comportamiento similar al descrito en [14].

El servicio de monitorización se invocará en el momento que se invoque cualquiera de los servicios de proceso. Además, establece un comportamiento proactivo en el momento que detecte una desviación del indicador asociado a un proceso, definiendo un patrón de intercambio de mensajes con patrón notificación, [24] en caso de establecer una alerta o solicitud-respuesta [24] en el caso de establecer un proceso de corrección interna.

El servicio de despliegue expone la funcionalidad que permite desplegar sobre la maquinaria industrial la orquestación de servicios modelada en el sistema BPMS de la organización y la configuración de parámetros de cada servicio con el fin de alinear la ejecución de dichos procesos con los objetivos de negocio de la organización.

Este servicio establece un patrón de intercambio de mensaje petición-respuesta [24] recibiendo la información de despliegue invocando a dicho servicio y adaptando el sistema completo o parcial a la configuración enviada.

4 Normalización Tecnológica de la Maquinaria Industrial

El objetivo del proceso de normalización tecnológica de la maquinaria industrial [25] es establecer la arquitectura (arquitectura IMaaS) que permita sustentar el modelo conceptual de servicios presentado en el apartado anterior eliminando las restricciones tecnológicas existentes y aportando flexibilidad y dinamismo a la maquinaria.

Para alcanzar este objetivo se ha dividido el proceso en tres fases: normalización hardware de la maquinaria industrial, normalización middleware de la maquinaria industrial y normalización de servicios de la maquinaria industrial.

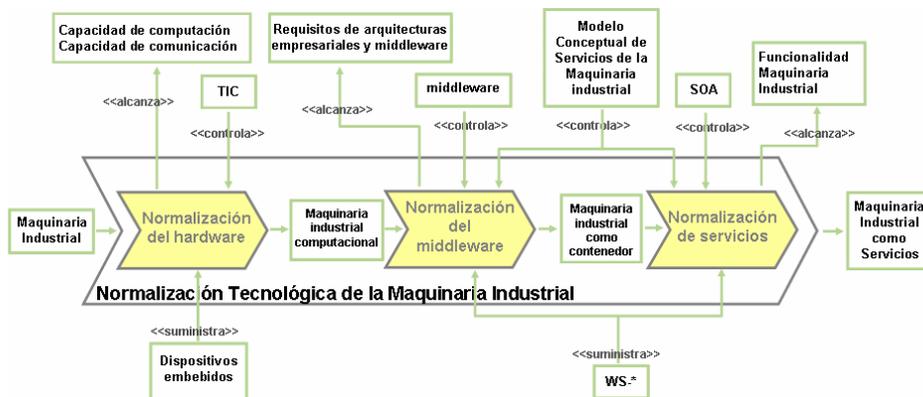


Fig. 5. Proceso de normalización tecnológica de la maquinaria industrial.

4.1 Proceso de Normalización del Hardware

En la primera fase, denominada normalización física (figura 6.a), el objetivo es dotar a los dispositivos de producción (maquinaria industrial) de la capacidad de computación y de comunicación que permita sustentar e introducir paradigmas de computación distribuida ampliamente difundidos con la evolución de Internet

Con los avances que se han producido en los últimos años en la electrónica y las comunicaciones, ha aparecido una nueva categoría de computadores de pequeñas dimensiones, denominados dispositivos embebidos, con un bajo coste, que permiten la integración dentro de otros sistemas proveyéndoles de características adicionales que propicien la consecución de los requerimientos definidos, obteniendo lo que se comienza denominar dispositivos inteligentes [26] [27].

El resultado de esta fase es lo que se ha denominado *Maquinaria Industrial Computacional*.

Esta fase asienta las bases para eliminar las restricciones físicas y tecnológicas características de la maquinaria industrial, centrada básicamente en la mecánica y la electrónica.

4.2 Proceso de Normalización del Middleware

El segundo paso, denominado *normalización del middleware*, tiene como objetivo introducir sobre el resultado obtenido en el proceso anterior las infraestructuras necesarias que le doten de las características típicas de los modelos middleware y arquitecturas empresariales: flexibilidad, escalabilidad, interoperatividad, reusabilidad, seguridad, transacciones, etc. Como resultado del proceso se obtiene la maquinaria industrial vista como un contenedor de servicios y componentes embebidos (*Maquinaria Industrial como Contenedor*) que proporciona la infraestructura adecuada, en términos de servicios middleware, a los componentes que encapsularán la funcionalidad del dispositivo y los procesos de negocio asociados. De esta forma la funcionalidad del sistema vendrá determinada por el software y no por el hardware, contribuyendo a la eliminación de las restricciones tecnológicas y sentando las bases que permitan contemplar los requerimientos derivados de los nuevos modelos de producción (decisión, control y supervisión a nivel local, flexibilidad,...) junto con los requerimientos típicos de este entorno (seguridad, tiempo real, etc.).

Con el objetivo de no desviar el proceso de los objetivos globales de la propuesta la consecución del resultado del proceso de normalización del middleware será guiada por el *Modelo Conceptual de Servicios de la Maquinaria Industrial*. Al igual que se ha demostrado la idoneidad de la sinergia entre el modelo BPM y el modelo SOA, existe un paralelismo entre el paradigma SOA y el de Servicios Web de segunda generación que en [24] se define como *el modelo SOA contemporáneo*. De esta forma la obtención de los elementos necesarios en la arquitectura (figura 6.b) desde el *Modelo Conceptual de Servicios de la Maquinaria Industrial* es prácticamente inmediata, teniendo que añadir algún módulo no contemplado como es *el servicio de despliegue*.

4.3 Proceso de Normalización de Servicios

La última fase corresponde a la definición en la arquitectura de los elementos que expongan la funcionalidad de la maquinaria industrial (procesos de negocio) como servicios. Estos elementos serán definidos a partir del *Modelo Conceptual de Servicios de la Maquinaria Industrial* mediante el paradigma de Servicios Web y de esta forma visualizarla como parte de un sistema BPMS orientado a SOA (figura 6.c).

Como resultado final del proceso se obtiene la arquitectura IMaaS, *Maquinaria industrial como un Servicio*, que permite eliminar las restricciones conceptuales y tecnológicas visualizando la maquinaria industrial como un conjunto de procesos de negocio que puedan ser modificados de una forma ágil y flexible, alineándolos con los cambios que se produzcan en los objetivos estratégicos del negocio originados por el dinamismo del entorno (figura 6).

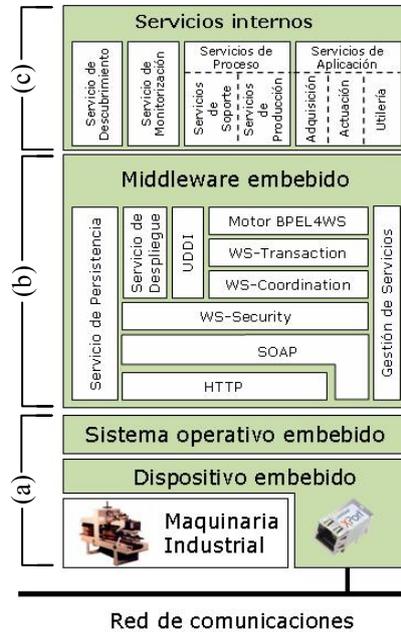


Fig. 6. Arquitectura IMAaS de la maquinaria industrial.

5 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un método para obtener de forma sistemática una arquitectura que permita integrar los elementos de producción (principalmente, la maquinaria industrial) como procesos de negocio dentro del mapa global de procesos de la organización, eliminando las barreras y restricciones físicas, tecnológicas y conceptuales tradicionales de dicha maquinaria.

El método propuesto se basa en el concepto que hemos denominado proceso de normalización de la maquinaria industrial, tanto a nivel conceptual como tecnológico. Este método permite mostrar los elementos de producción desde un punto de vista funcional y su contribución a la gestión de procesos de negocio. Una vez normalizados, dichos elementos pueden ser integrados de forma natural dentro del mapa de procesos de negocio de la organización, alcanzando los requerimientos de los nuevos modelos de negocio mediante el paradigma BPM.

Actualmente, estamos trabajando en una nueva fase para implementar la propuesta descrita en el artículo en dispositivos embebidos y plataforma *System on Chip* (SoC).

En el futuro se pretende integrar ontologías en la propuesta para lograr una mayor automatización y completar el proceso de normalización.

Referencias

1. C. Younghwan, K. Kwangsoo, K. Cheolhan. "A design chain collaboration framework using reference models," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 26 (1) pp. 183-190. July, 2005.
2. J. Jeston and J. Neils. *Business Process Management. Practical guide to successful implementations*. Elsevier, 2006.
3. H. Smith and P. Fingar. *Business Process Management. The Third Wave*. Meghan-Kiffer, 2002.
4. J.F. Chang. *Business Process Management Systems. Strategy and Implementation*. Auerbach Publications, 2005.
5. P. Harmon. *Business Process Change. A Manager's guide to improving, redesigning and automating processes*. Morgan Kaufmann, 2003.
6. S.L.S. Worthington, W. Boyes. *E-Business in Manufacturing: Putting the Internet to work in the industrial enterprise*. ISA Press, 2002.
7. P. Harmon, M. Rosen, M. Guttman. *Developing E-business Systems and Architectures: A Manager's Guide*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA. 2001.
8. V. Gilart-Iglesias, F. Maciá-Pérez, J.M. García-Chamizo, A. Hernández-Sáez, D. Marcos-Jorquera. "A model for developing J2EE applications based on design patterns," *Proceedings of IADIS International Conferences on Applied Computing, IADIS-AC'05*. IADIS Press, 2005.
9. R.P. Moreno. *Ingeniería de la automatización industrial*. Ra-Ma, Madrid, Spain, 2004.
10. Transparent Factory. *Manual de usuario y planificación*. [Online] Available: <http://www.modicon.com>, 2001.
11. U. Topp, P. Müller. "Web based service for embedded devices," *International Workshop on Web Service: Research, Standardization and Deployment (WS-RSD'02)*. Lecture notes in computer science. Web, Web Service and Database Systems, pp. 141-153, 2002.
12. A.P. Kalogeras, J.V. Gialelis, C.E. Alexakos, M.J. Georgoudakis, S.A. Koubias. "Vertical integration of enterprise industrial systems utilizing Web Service," *Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Factory Communication System (WFCS 2004)*, Technical University of Vienna, Vienna, Austria, 22-24 September 2004.
13. F. Jammes, H. Smit. "Service-Oriented paradigms in industrial automation," *IEEE Transaction on industrial informatics*. VOL I. n° 1, pp. 62-70. 2005.
14. F. Jammes, H. Smit, J.L. Martinez-Lastra, I.M. Delamer. "Orchestration of Service-Oriented Manufacturing Processes," *Proc. of the 10th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2005*, Catania, Italy, September 19-22, 2005.
15. S-M. Lee et al. "A component-based distributed control system for assembly automation". *Proceedings of 2nd International Conference on Industrial Informatics*. INDIN 2004.
16. D.C. McFarlane and S. Bussmann. "Developments in Holonic Production Planning and Control." *Intenational Journal of Production Planning and Control, Vol. 11, No. 6, pp. 522 -- 536, 2000*.
17. M.C. Carnero. "An evaluation system of the setting up of predictive maintenance programmes". *Reliability Engineering and System Safety*, vol.91, pp.945-963, 2005.

18. M.C. García-Fernández et al. "Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en el mantenimiento predictivo de aerogeneradores". *Proceedings of IV Jornadas de Fiabilidad: Confiabilidad*. 2002.
19. C. A. Cianfrani and J.E. West. *ISO 9001:2000 aplicada a la fabricación*. AENOR. 2004.
20. F. Gómez-Fraile et al. *Como hacer el manual de calidad según la nueva ISO 9001:2000*. Fundación Confemetal. 2005.
21. O. Barros. "Business process architecture and design". *Business Process Trend*, 1 May, 2007.
22. F. Kamoun. "A roadmap towards the convergence of Business Process Management and Service Oriented Architecture." *Ubiquity*, Volumen 8, 2007.
23. P. Harmon. "Service Oriented Architectures and BPM". *Business Process Trend*, 22 February, 2005.
24. T. Erl. *Service-Oriented Architecture. Concepts, technologies and design*. Prentice Hall. 2005.
25. V. Gilart-Iglesias, F. Maciá-Pérez, J.A. Gil-Martínez-Abarca and A. Capella-D'alton. "Industrial Machines as a Service: A model based on embedded devices and Web Services". *Proceedings of 4th International IEEE Conference on Industrial Informatics (INDIN'06)*. Singapore, 2006.
26. D. Gill, J. Hobday. *Internet embedded devices for industrial applications*. ERA Technology, UK. 1999.
27. V. Gilart-Iglesias, F. Maciá-Pérez, D. Marcos-Jorquera and F. J.Mora-Gimeno. "Industrial Machines as a Service: Modelling industrial machinery processes". *Proceedings of 5th International IEEE Conference on Industrial Informatics (INDIN'07)*. Vienna, 2007.