

SOPORTE A PROCESOS DE FABRICACIÓN EXTENDIDOS

UNA APROXIMACIÓN BASADA EN ENTIDADES DE SERVICIOS

RUBÉN DARÍO FRANCO

ÁNGEL ORTIZ BAS

FRANCISCO LARIO ESTEBAN

CIGIP-UPV

Universidad Politécnica de Valencia.

De la mano de las redes interorganizativas, las empresas comienzan a percibir los beneficios derivados de un proceso de desintegración vertical que les permita concentrarse en sus capacidades distintivas, al tiempo que identifican y desarrollan mecanismos para potenciar la configuración rápida de estructuras operativas ágilmente reconfigurables y adaptables a entornos altamente cambiantes (Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005).

En los entornos industriales, las Redes de Suministro y Fabricación suelen ser identificadas como manifestaciones complejas de este tipo de sistemas y habitualmente se describen como escenarios en los que la puesta en marcha de iniciativas innovadoras, al tiempo que pragmáticas, puede generar beneficios directos, generalmente cuantificables, a un conjunto de actores pero también beneficios indirectos e intangibles a muchos otros.

Uno de los aspectos fundamentales para el adecuado funcionamiento de las Redes es la capacidad de interoperar entre los distintos nodos (entendiendo por ellos las distintas entidades, empresas, administraciones, etc. que forman parte de la Red).

En este trabajo se describe la aplicación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) disponibles en el ámbito de Internet, concretamente las Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA), para facilitar la interoperabilidad de una red de fabricación al

realizar la planificación de su producción. En el primer apartado se hace una introducción y se caracterizan las redes interorganizativas. En el segundo apartado se describen los requerimientos de interoperabilidad que se presentan en estos tipos de escenarios. En el tercero se revisa cómo las Arquitecturas Orientadas a Servicios permiten apoyar la definición y despliegue de Procesos Extendidos. La cuarta sección introduce los conceptos de Entidades de Servicios Abstractas y Concretas para la representación y soporte de la ejecución de ese tipo de procesos. Finalmente, la quinta sección presenta la aplicación de esos desarrollos al ámbito de la definición de la estructura y los procesos de una red de fabricación/suministro de una empresa del sector del automóvil.

LAS REDES ORGANIZATIVAS. SU CARACTERIZACIÓN

A lo largo de su ciclo de vida, cada organización establece un conjunto de vínculos formales o informa-

les con otras organizaciones. Estos vínculos interorganizativos irán conformando un entramado de relaciones, tanto directas como indirectas, que darán lugar a la aparición de la noción de red organizativa (Provan, Fish y Sydow 2007; Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005; Hudson 2004; Grandori y Soda 1995; Powell 1990; Jarillo 1988; Thorelli 1986).

De los distintos aspectos de las redes, dos interesan especialmente para abordar la interoperabilidad y su soporte mediante Tecnologías de Servicios Web, la estructura y la forma de gobierno.

Los aspectos estructurales se analizarán desde la perspectiva de los nodos que componen la red interorganizacional y los vínculos que establecen entre ellos, así como las características de las relaciones que se establecen respecto a su duración, variabilidad o composición. La forma de gestión, desde la planificación de la actividad conjunta, intentando identificar qué elementos pueden influir en una definición centralizada, conjunta o independiente de los procesos que gobiernan la red y que mecanismos y herramientas se utilizan para apoyar ese proceso.

Desde el punto de vista estructural se pueden distinguir dos modelos fundamentales, redes compuestas por un conjunto de nodos federados, que acceden a ella en igualdad de condiciones (Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005; Brass *et al.* 2004; van Alstyne 1997; Ramu 1997; Boyle 1994; Miles y Snow 1986), y redes con un nodo predominante que posee el control sobre el funcionamiento de la red (Gulati, Nohria y Zaheer 2000; Borch y Arthur 1995; Miles y Snow 1995; Robbins 1990; Jarillo, 1988).

La mayoría de ellos considera que en ambos casos las relaciones que vinculan esos nodos se establecen formalmente mediante Contratos (Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005; Doz, Olk y Ring 2000; Johanson y Mattsson 1991; Powell 1990) y que los patrones que rigen esas relaciones pueden ser tanto estáticos como dinámicos.

Respecto a los aspectos de gestión de las redes, si bien existen redes cuya gestión se orienta a eventos (control descentralizado), en general se considera que existe un mecanismo de coordinación centralizado (Brass *et al.* 2004; Tsai 2000; Gulati, Nohria y Zaheer 2000; Kogut 2000; Boyle 1994) que sirve para gestionar relaciones perdurables (Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005; Brass *et al.* 2004; van Alstyne 1997) de un conjunto estable de participantes.

Los Procesos Extendidos que gobiernan la red, pueden definirse de dos formas: centralizada, bajo la supervisión de una organización dominante, conjunta, por los nodos que componen la red, o individual-

mente, definiendo los mecanismos de interconexión entre procesos.

La necesidad de contar con una infraestructura tecnológica que facilite la gestión de los flujos de información y soporte los procesos de negocio comunes también es reconocida en algunos trabajos más recientes (Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2005; Brass *et al.* 2004; Camarinha-Matos y Afsarmanesh 2001)

En el ámbito de este trabajo se considerará una red como el resultado de aplicar una forma específica de gestionar las interrelaciones que una estructura de nodos lleva a cabo para acometer una misión y que el desarrollo de las actividades se apoya de modo casi decisivo en el uso de las TIC.

El interés se centra en un tipo particular de redes: aquellas redes cuyos aspectos estructurales se caracterizan por poseer patrones de relaciones dinámicos, en las que se permite el acceso de nuevo nodos, de forma puntual o recurrente, y cuyos vínculos suelen estar basados en contratos y que, desde un punto de vista de la gestión, permiten la reconfiguración ágil de los procesos extendidos, ya sea alterando el modelo para adaptar su funcionamiento, o bien, buscando y seleccionando los actores más adecuados para llevar a cabo las tareas del proceso.

En cualquier caso, el tipo de redes que aquí se considera requiere la puesta en marcha de iniciativas que permitan concretar esos objetivos de forma eficiente.

La propuesta que se presenta en este artículo pretende dar respuesta a los aspectos planteados en el párrafo anterior, poniendo de manifiesto cómo, el patrón estructural de las arquitecturas orientadas a servicios (implementada sobre servicios web) puede asistir a una red organizativa en la consecución de los objetivos antes mencionados dado que permiten representar (o embeber) aspectos de negocio ligados a la planificación y control de actividades y, al mismo tiempo, facilitan la interacción con los sistemas de información que soportan dichos procesos.

Como primer paso en ese camino, en el siguiente apartado se analizará que para alcanzar este cometido, será necesario salvar distintas barreras que limitan la interoperabilidad de la Red.

INTEROPERABILIDAD EN REDES INTERORGANIZATIVAS

Si bien surgió como un concepto tecnológico, en los últimos años la interoperabilidad se considera como una combinación de estos aspectos con los de negocio. Su alcance se ha extendido hasta dar lugar a la aparición del término Interoperabilidad Empresarial

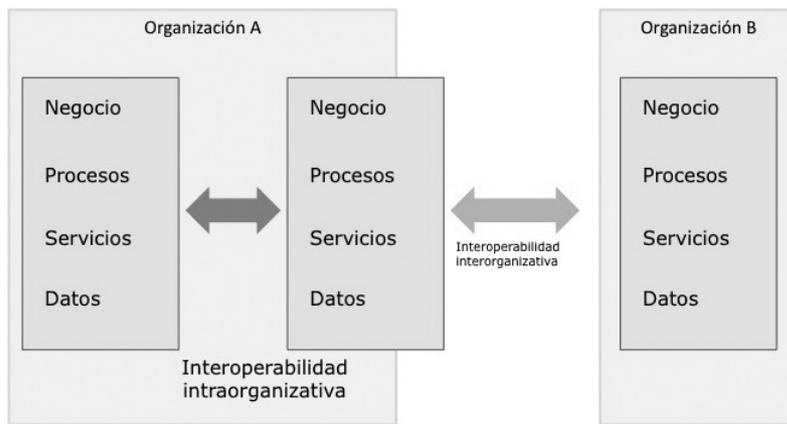


FIGURA 1
NIVELES DE INTEROPERABILIDAD

FUENTE:
Adaptado de Athena, 2006.

que puede ser entendida como «la capacidad que tiene un sistema para intercambiar información y servicios en un medio organizacional y tecnológicamente heterogéneo» (Chen y Doumeingts 2003)

De modo similar, el Proyecto Europeo ATHENA (ATHENA 2006) es una iniciativa reciente que ha abordado la problemática de la interoperabilidad, aunque desde un punto de vista más orientado a las soluciones tecnológicas. Para el propio consorcio, la interoperabilidad se define como «la habilidad organizativa y operacional de una empresa para cooperar con sus socios comerciales para establecer, llevar a cabo y potenciar relaciones comerciales fuertemente apoyadas en TICs con el objetivo de crear valor.

Niveles de interoperabilidad ↓

De acuerdo con el consorcio ATHENA, existen varias perspectivas bajo las cuales puede analizarse el concepto interoperabilidad (ver figura 1). La siguiente clasificación está basada en el marco técnico que proponen:

Interoperabilidad a nivel de comunicación: Está relacionado principalmente con la interconexión de sistemas y equipos así como con los medios de comunicación. En términos generales, se considera que ya se ha conseguido.

Interoperabilidad de datos: Se refiere a hacer trabajar conjuntamente diferentes modelos de datos alojados en diferentes fuentes y diferentes lenguajes.

Interoperabilidad de servicios: Tiene que ver con la identificación, estructuración y puesta en funcionamiento de varias aplicaciones en forma conjunta (diseñadas e implementadas independientemente), resolviendo de esta manera las diferencias sintácticas y semánticas y logrando interconectar aplicaciones he-

terogéneas. El término «servicio» no está limitado solo a aplicaciones informáticas, sino también a las funciones de la compañía o de la red de empresas.

Interoperabilidad de procesos: Su objetivo es lograr que varios procesos trabajen juntos: un proceso define la secuencia de servicios (funciones) de acuerdo una necesidad específica de la compañía. En una compañía por lo general, se llevan a cabo múltiples procesos los cuales interactúan entre sí (en serie o paralelo). En el caso de la red de empresas, también es necesario estudiar cómo conectar los procesos internos de dos compañías para crear un proceso común.

Interoperabilidad de negocio: Se refiere a trabajar en una forma armonizada en todos los niveles de la organización a pesar de que existan diferentes procesos de toma de decisión, métodos de trabajo, legislaciones, cultura de la compañía y enfoques comerciales etc. De este modo, el negocio puede desarrollarse y compartirse por compañías.

En consecuencia, uno de los elementos fundamentales para poder alcanzar el grado de cumplimiento de metas que establece, una red interorganizativa, consistirá en la puesta en marcha de estructuras operativas interoperables, que faciliten el tránsito de los eventos y flujos de información a nivel de procesos, de servicios y/o de datos.

ARQUITECTURAS ORIENTADAS A SERVICIOS (SOA) COMO SOPORTE A LA INTEROPERABILIDAD EN PROCESOS, SERVICIOS Y DATOS ↓

El modelo de orientación a servicios se basa en la existencia de un proveedor de servicios electrónicos (o de red), un consumidor, opcionalmente, una tercera entidad que permite poner en contacto a unos con otros, asumiendo el rol de intermediarios.

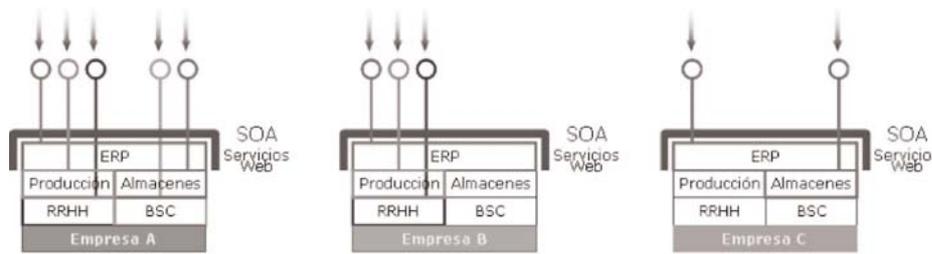


FIGURA 2
CADA SERVICIO REPRESENTA UN PUNTO DE ACCESO A UNA FUNCIONALIDAD DE UN SI

FUENTE:
Elaboración propia.

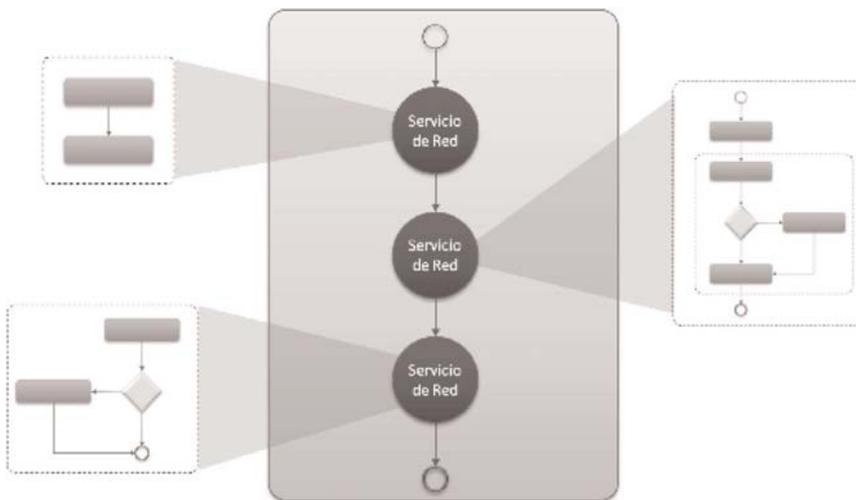


FIGURA 3
EJEMPLO DE UN SERVICIO DE RED COMPUESTO POR OTROS SRI

FUENTE:
Elaboración propia.

Desplegar una arquitectura SOA sobre un conjunto de sistemas existentes en una organización implica generar un conjunto de puntos de acceso (las interfaces de los servicios de red) a su funcionalidad, para posteriormente solicitar su ejecución (figura 2).

La implementación de una arquitectura SOA tiene dos facetas bien diferenciadas. Por una parte, y desde una perspectiva netamente tecnológica, una implementación con servicios Web puede entenderse como (W3C, 2001): «un sistema de software identificado por una URI (1), cuyas interfaces públicas y enlaces se definen y describen usando XML (2). Su definición puede ser descubierta por otros sistemas de software. Éstos sistemas pueden interactuar con el servicio Web de una forma prescrita por su definición, utilizando mensajes basados en XML a través de protocolos estándares de Internet».

Por otra parte, en un contexto más cercano al negocio, los servicios web también son considerados como piezas de funcionalidad de negocio, que las or-

ganizaciones / empresas proveen a terceros utilizando las tecnologías vinculadas a Internet. Desde esta perspectiva, en una arquitectura SOA existirán servicios de distinta granularidad y tipo:

Servicios de datos: destinados simplemente al intercambio de datos entre el proveedor y el consumidor del servicio. Habitualmente este intercambio se basa en la utilización de mensajes en lenguaje XML, cuya estructura debe ser conocida tanto por el emisor como por el receptor del mensaje. En este ámbito, la interoperabilidad se consigue cuando se da a conocer la estructura de los mensajes intercambiados. Es decir, para poder participar en la red, un nuevo nodo sólo necesita conocer la información que cada servicio de datos provee (suministra).

Servicios funcionales: este tipo de servicios permiten que sus consumidores puedan acceder, recuerdese bajo la modalidad de provisión de servicios, a funcionalidad cuya ejecución es encargada al proveedor. En este caso, la interoperabilidad de servicios se con-

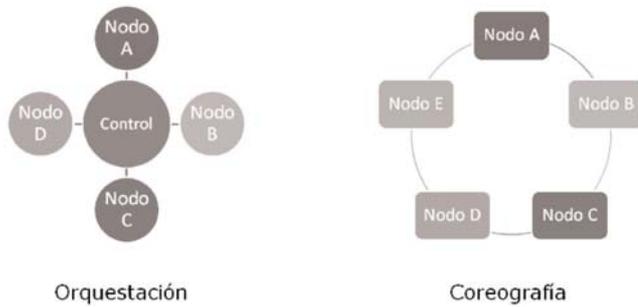


FIGURA 4
MODELOS DE COMPOSICIÓN DE SERVICIOS

FUENTE:
Elaboración propia.

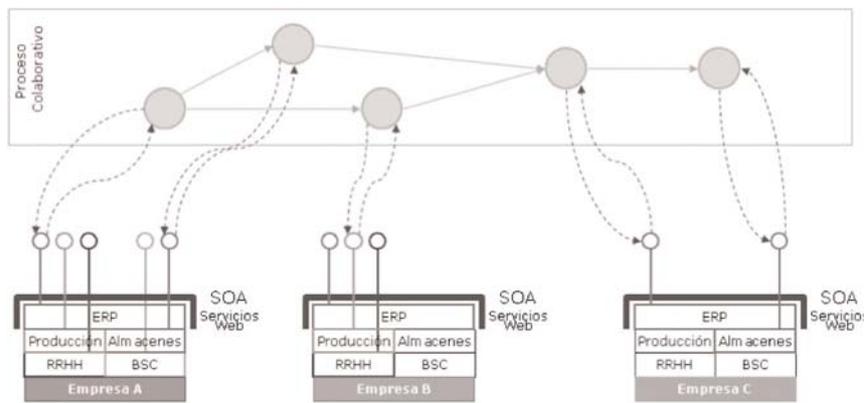


FIGURA 5
COMPOSICIÓN DE PROCESOS EXTENDIDOS A PARTIR DE SERVICIOS DE NEGOCIO

FUENTE:
Elaboración propia.

sigue cuando los nodos de la red conocen las interfaces y la funcionalidad de cada servicio ofertado.

Servicios de procesos: los servicios de procesos representan el nivel más alto de abstracción, ya que cuando se invoca un servicio de este tipo se lanza una instancia de proceso de negocio que combina tanto aspectos de datos, funcionales y de comportamiento basado en reglas de negocio,

Los servicios de red se diseñan teniendo en cuenta su orientación para dar soporte a la interoperabilidad. Una cualidad básica de un elemento interoperable es que pueda ser utilizado (y reutilizado) por otros elementos sin alterar su estructura interna (comportamiento o funcionalidad) ni interfaz. Una consecuencia de este postulado es que cada servicio puede ser utilizado para componer servicios de lógica más compleja. La funcionalidad de este servicio de mayor nivel de abstracción se construye mediante la aplicación de reglas de negocio a partir de un conjunto de servicios disponibles (figura 3).

De este modo, para componer la funcionalidad global de un proceso de negocio a partir de las espe-

cificaciones de servicios es necesario utilizar un mecanismo que permita definir la secuencia en la que se han de invocar (o activarse) esos servicios.

Existen dos mecanismos que permiten esa composición: la orquestación y la coreografía. Intentando establecer una metáfora, la orquestación se representa como un director de orquesta que, de un modo centralizado, va delegando el control del proceso a los distintos servicios que lo componen, de un modo secuencial y ordenado. En todo momento el director conoce el estado actual del proceso y cuáles son los próximos pasos. Por el contrario, la coreografía adopta un modelo descentralizado, carente de controlador único. En este caso, cada actor del proceso conoce el momento en el que debe comenzar a jugar su papel y generalmente se basa en el tratamiento de un evento externo. En este caso, las transacciones ya no adoptan un modelo de estrella sino que se asemejan a un modelo de comunicación en red o entre pares (figura 4).

En consecuencia, es posible establecer una correspondencia entre la ejecución de un modelo de un proceso de negocio extendido de una red interorga-

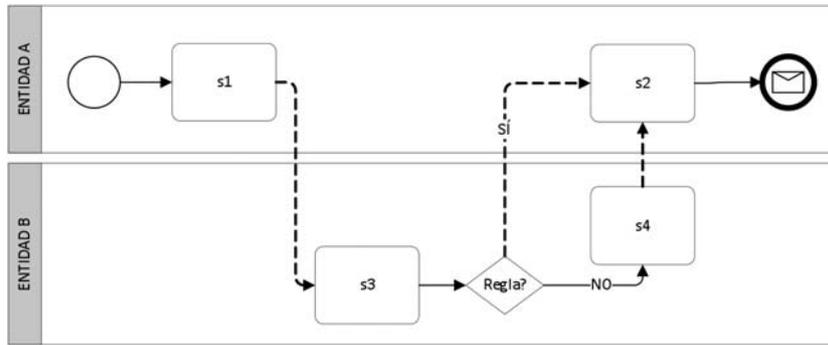


FIGURA 6
REPRESENTACIÓN DE UN PROCESO EXTENDIDO CON ENTIDADES DE SERVICIOS

FUENTE:
 Elaboración propia.

nizativa, y el proceso de orquestar una secuencia de invocaciones a servicios Web localizables en Internet.

Los lenguajes basados en la composición de servicios web para dar soporte a la ejecución de procesos de negocio como BPEL4WS (3) o WS-BPEL 2.0, han sido diseñados para permitir, específicamente, la integración de servicios en las definiciones de procesos de negocio.

Bajo esta filosofía, un nuevo tipo de aplicaciones basadas en Internet, promueven la orquestación de invocaciones a estos servicios con el objeto de proveer una funcionalidad específica a un dominio de problema concreto. En este tipo de arquitecturas, el elemento básico es el servicio Web, entendido como uno que puede ser localizado y consumido por una aplicación de software, usando generalmente utilizando a Internet como medio de transporte (figura 5, en página anterior)).

DISEÑO DE ENTIDADES DE SERVICIOS PARA LA INTEROPERABILIDAD DE PROCESOS EXTENDIDOS EN REDES DE EMPRESAS

Una Entidad de Servicios (ES) es el resultado de agrupar lógicamente a un conjunto finito de servicios Web que, por su funcionalidad y comportamiento, permiten interactuar (realizar solicitudes) con una determinada entidad conceptual (p.e. un banco, un proveedor, una fábrica, etc.) de una red interorganizativa o un equipo de trabajo (Franco, et al, 2007). Adicionalmente, su definición proveerá un conjunto de atributos que permitan distinguir inequívocamente dos entidades del mismo tipo. Definidas de esta forma, las entidades de servicios:

- ✓ Proveen mecanismos para interoperar con el sistema de información (o de decisión) al que representa, mediante las implementaciones de los servicios.

- ✓ Proveen una interfaz para que otras entidades o aplicaciones puedan acceder a la información que almacena respecto al dominio del problema.

- ✓ Gestionan la lógica interna que requiera cada uno de sus servicios desde el punto de vista de funcionalidad o de la transformación de datos.

Una entidad de servicios estará caracterizada por una lista de servicios de red y un conjunto de atributos que la identifican

De este modo, los servicios de red definidos para cada tipo de entidad, representarán la funcionalidad que cada una de ellas podrá ofrecer a otras entidades para facilitar la interoperabilidad a nivel de procesos, funciones o datos.

Así las entidades y los servicios definidos, en el momento tiempo de diseño de la solución interoperable, se utilizarán como elementos constructivos que apoyan la definición de procesos extendidos de forma análoga a la representada en la figura 6.

En la figura pueden verse dos Entidades de Servicios (A y B) a las que se les han definido los servicios $ES_A = \{s_1, s_2\}$ y $ES_B = \{s_3, s_4, s_5\}$, respectivamente.

Para representar un determinado proceso extendido entre esas dos entidades, se puede recurrir a la utilización de los servicios S_A y S_B , según el caso (ver figura anterior).

De este modo, se establecerá una correspondencia entre el servicio utilizado en el modelo del proceso y los potenciales nodos que pueden prestarlo. Por ejemplo, el proceso podría requerir una ES_x , del tipo que se considere, que provea un s_3 .

En un ejemplo válido, se podría considerar como ES_B , a un almacén y los $S_B = \{\text{«registrarMovimiento»}, \text{«consultarExistencias»}, \text{«anularMovimiento»}\}$. En tiem-

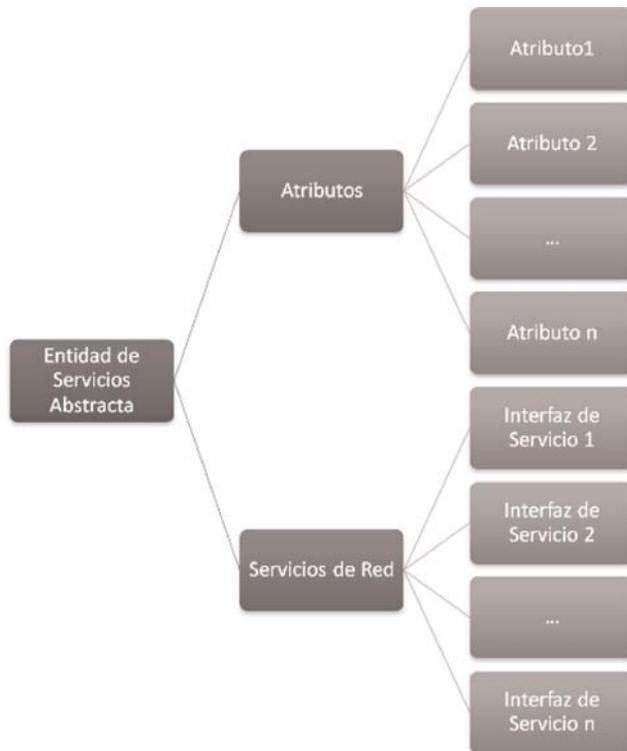


FIGURA 7

MODELADO DE LOS ATRIBUTOS Y SERVICIOS DE UNA ENTIDAD DE SERVICIOS ABSTRACTA

FUENTE:
Elaboración propia.

po de diseño se representaría que en este proceso interviene un almacén al que se debe consultar respecto a las existencias de un determinado producto.

Tal y como se han definido, las ES se convierten en bloques constructivos de un tipo particular de sistemas, contribuyendo: como Entidades, a la definición estructural de la solución y, mediante su comportamiento, representado por servicios, a la definición de procesos de negocio que facilitan la gestión de la Red.

Llegados a este punto, interesa introducir un elemento adicional de análisis: si bien desde un punto de vista arquitectónico, las Entidades de Servicios se asemejan a los agentes, se podría decir que desde el punto de vista de la implementación existen diferencias importantes, fundamentalmente de misión.

Durante la fase de ejecución los agentes muestran proactividad, autonomía, razonamiento e intenciones en sus acciones. Sin embargo, las ES sólo responden a solicitudes, siendo exclusivamente de naturaleza reactiva.

Este criterio de diseño se basa en que las ES son elementos constructivos, destinados a facilitar la interoperabilidad de un nodo dentro de una red organizativa, en la que los objetivos globales priman por encima de los individuales y por tanto las decisiones

autónomas y la proactividad dejan paso a decisiones previamente acordadas.

En los siguientes apartados, a fin de interpretar su adecuación al modelado de sistemas interoperables, se introduce la noción de Entidades de Servicios Abstractas y Concretas para modelar y dar soporte a la ejecución de procesos extendidos en redes de empresas.

Las Entidades de Servicios Abstractas (ESA) ↓

Las Entidades de Servicios Abstractas son bloques constructivos genéricos que se utilizan para modelar distintos «tipos» de entidades presentes en el dominio del problema bajo estudio.

En el contexto de una red productiva, por ejemplo, se podrá utilizar el concepto de ESA para definir y representar las características genéricas y servicios de: fábricas, proveedores, plantas, almacenes, subcontratistas, transportes, líneas, secciones o, en general, los distintos tipos de recursos que formarán parte del modelo final.

Las Entidades de Servicios Abstractas no están asociadas a ninguna instancia concreta de la entidad que definen. Representan la definición abstracta del

CUADRO 1
ATRIBUTOS Y SERVICIOS DE UNA ENTIDAD DE SERVICIOS ABSTRACTA

Atributos	Matrícula	Identificador unívoco
	Tipo	Descripción del tipo de camión
	Número de Ejes	Indicación del número de ejes
	Capacidad (m ³)	Indicación de la capacidad de almacenamiento
Servicios	Cargar()	Servicio para registrar una carga en un camión
	Descargar()	Servicio para registrar una descarga
	Mover()	Servicio para ordenar un desplazamiento
	Capacidad_Disponible()	Servicio para informar capacidad disponible

FUENTE: Elaboración propia.

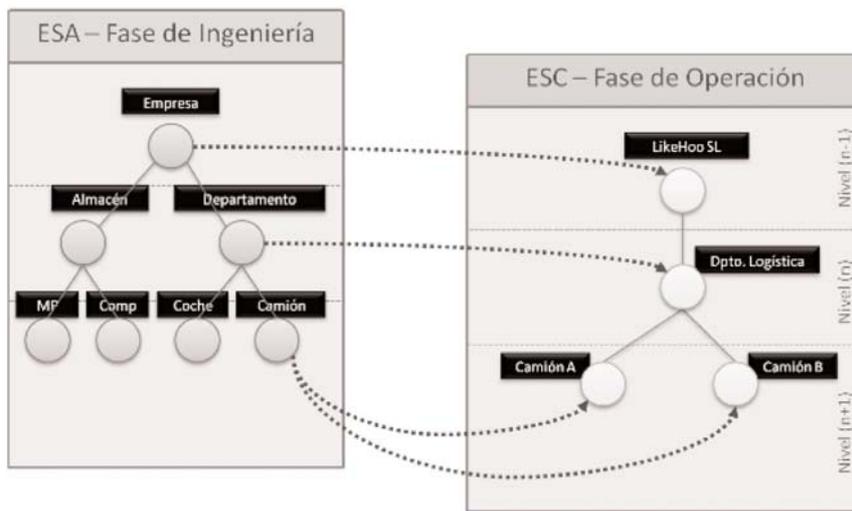


FIGURA 8
PROCESOS DE INSTANCIACIÓN DE ESA EN ESC

FUENTE: Elaboración propia sobre datos de SCI

conjunto de atributos que pueden caracterizar a la Entidad y el conjunto de las especificaciones de las interfaces de los servicios electrónicos que se definen para cada una de ellas (figura 7).

Si dentro del dominio del problema que se quiere modelar se identifica, por ejemplo, que existen entidades de transporte, como camiones, se podría definir una Entidad de Servicios Abstracta, denominada Camión, que contemplase los atributos y servicios necesarios para identificarlos y describir su comportamiento electrónico.

Entidades de Servicios Concretas (ESC) ↓

Las ESA pueden ser utilizadas en la fase de Especificación de Diseño para modelar el problema, pero sin hacer referencias concretas a los recursos utilizados. En cuanto se desea dar soporte a la ejecución, es necesario considerar que las actividades de los procesos son llevadas a cabo por instan-

CUADRO 2
MODO DE INSTANCIACIÓN DE ENTIDADES DE SERVICIOS CONCRETAS

ESA	ESC
Empresa	LikeHoo SL.
Departamento	Departamento de Logística
Camión	Camión A
	Camión B

FUENTE: Elaboración propia.

cias concretas de las distintas ESA que se han modelado. Esas instancias son las Entidades de Servicios Concretas.

El proceso de creación de ESC recibe la denominación de instanciación (figura 8) y da lugar a ocurrencias específicas de una determinada ESA. Esto implica que, de forma explícita, la nueva entidad creada debe ser dotada de los valores que permitan llenar la estructura vacía de la ESA de la que proviene,

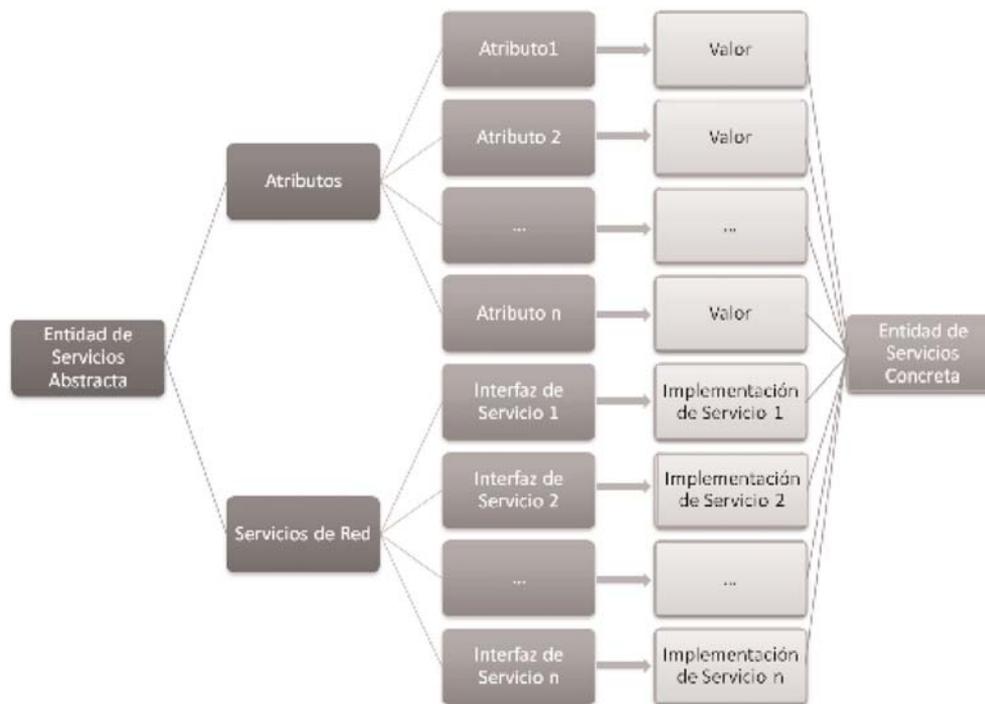


FIGURA 9
CREACIÓN DE UNA ENTIDAD DE SERVICIOS CONCRETA A PARTIR DE UNA ESA

FUENTE:
 Elaboración propia.

esto es, dar valores a los atributos e implementaciones a los servicios de red.

En la figura anterior se puede ver que a partir de tres Entidades de Servicios Abstractas se han instanciado cuatro ESC del modo que se muestra en el cuadro 2.

Por lo tanto, los atributos definidos en la ESA, ahora tendrán valores específicos de esa entidad concreta (un número de máquina, un identificador de almacén, etc.) y los servicios electrónicos correspondientes tendrán una implementación también propia de la entidad y se podrá acceder a ellos a través de una dirección web para solicitar su ejecución (figura 9).

De este modo, una aplicación independiente que utilice las capacidades de las entidades de servicios, abstractas o concretas, verá cómo la estandarización tanto de las estructuras de datos como de las interfaces de los servicios le permitirá salvar barreras de interoperabilidad al nivel que la aplicación intente resolver: procesos, servicios o datos (Franco, *et al*, 2005).

DISEÑO DE ENTIDADES DE SERVICIOS EN UNA RED DE FABRICACIÓN / SUMINISTRO ↓

En los siguientes apartados se presenta una experiencia llevada a cabo con el fin de aplicar los conceptos de ESA y ESC al modelado y coordinación de los pro-

cesos de una red de fabricación. En primer lugar, se describirán la red de fabricación y las principales características del proceso de fabricación. Luego, se muestra cómo se han modelado las ES en este escenario y, finalmente, se describe un componente de la Plataforma Tecnológica que dará soporte a soporte al proceso de planificación de producción de la red: un editor de procesos de fabricación basado en ESA/ESC.

La Red de fabricación ↓

La Red de Fabricación/ Suministro sobre la que se basa este estudio está compuesta por un conjunto amplio de actores del Sector del automóvil que se presentan en la figura. La empresa sobre la cual se desarrolla el caso (fabricante) es, al mismo tiempo, proveedor de primer nivel, ya que suministra directamente al OEM, y de segundo nivel ya que suministra componentes a proveedores de nivel 1. Tanto el OEM, como los proveedores de primer nivel y, en ciertos casos, otros clientes finales, son los que generan demanda al fabricante y, a los fines de este caso, sólo desempeñan ese rol, con lo cual, las referencias a productos finales, semielaborados o materias primas, se referirán a los provenientes del fabricante (Estampación).

El fabricante, a su vez se relaciona con proveedores de materias primas (MP), otros proveedores de segundo (o tercer) nivel y subcontratistas para fabricar

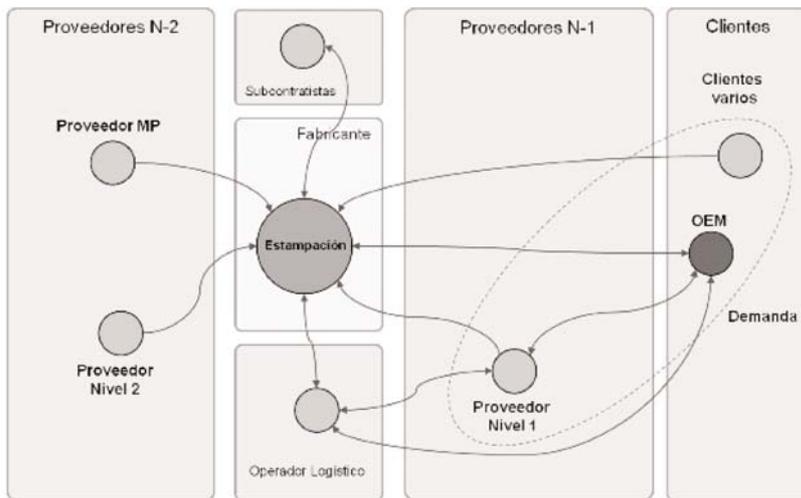


FIGURA 10

ESTRUCTURA DE LA RED DE FABRICACIÓN/SUMINISTRO

FUENTE:
Elaboración propia.

los productos demandados. Finalmente, la red cuenta con distintos operadores logísticos para realizar el movimiento de materias primas, semielaborados o productos acabados (figura 10).

Descripción del general proceso de fabricación

El proceso de fabricación comienza con la recepción de la materia prima (bobinas de acero) en el almacén del fabricante. Según lo previsto en el plan de producción, las bobinas de acero se transportan (internamente) a la sección de estampación donde se les realiza una primera operación. En este momento existen dos posibilidades: o bien que se disponga ya de producto acabado (que se enviaría al cliente, según lo planificado también), o bien que se tratase de semielaborado, en cuyo caso permanecería en el almacén hasta tanto se requiriese,

Nuevamente, de acuerdo al plan de producción, y para esta referencia en concreto, el proceso requiere una operación de soldadura que se subcontrata. El operador logístico es el encargado realizar los movimientos de semielaborados entre el fabricante y el subcontratista.

Una vez que éste ha realizado su parte del proceso, el semielaborado regresa al almacén del fabricante en donde se le realizan otras operaciones (lavado, aceitado, etiquetado, etc.), hasta conseguir el producto acabado que el operador logístico se encarga de transportar a las instalaciones del cliente. De modo esquemático, en la figura 11 se ha representado este proceso.

Desde el punto de vista de la planificación y control de las operaciones del Departamento de Producción del

Fabricante, los procesos internos podían ser monitorizados de forma eficiente pero cuando el proceso de fabricación requiera movilizar semi-elaborados (WIP) a los subcontratistas, la visibilidad y el control de las operaciones presentaba dificultades. Adicionalmente, la empresa estaba comenzando a incrementar su volumen de producción y, en consecuencia, también aumentaba la necesidad de recurrir a la contratación de capacidad productiva adicional.

Modelado de entidades de servicios

La aproximación seguida se ha basado en la utilización de Entidades de Servicios como elementos constructivos que podrían permitir abordar soluciones a esta problemática desde un punto de vista integrado de negocio y tecnología.

Tras un primer análisis de la Red de Fabricación/Suministro se identificaron tres tipos de ESA (figura 12):

Entidades productivas: aquellas encargadas de realizar la transformación, total o parcial, de alguna referencia. En el caso de esta red, se considera que tanto la sección de Estampación como el subcontratista son entidades productivas.

Entidades almacén: destinadas a almacenar tanto referencias finales como semielaborados en el ámbito de la red. En el ejemplo, si bien podrían existir otros, sólo se considera la existencia de un almacén perteneciente al fabricante.

Entidades de transporte: encargadas de realizar el movimiento de materiales entre cualquier combinación posible de las dos anteriores, tanto a nivel interno como externo. En este caso, existen dos entida-

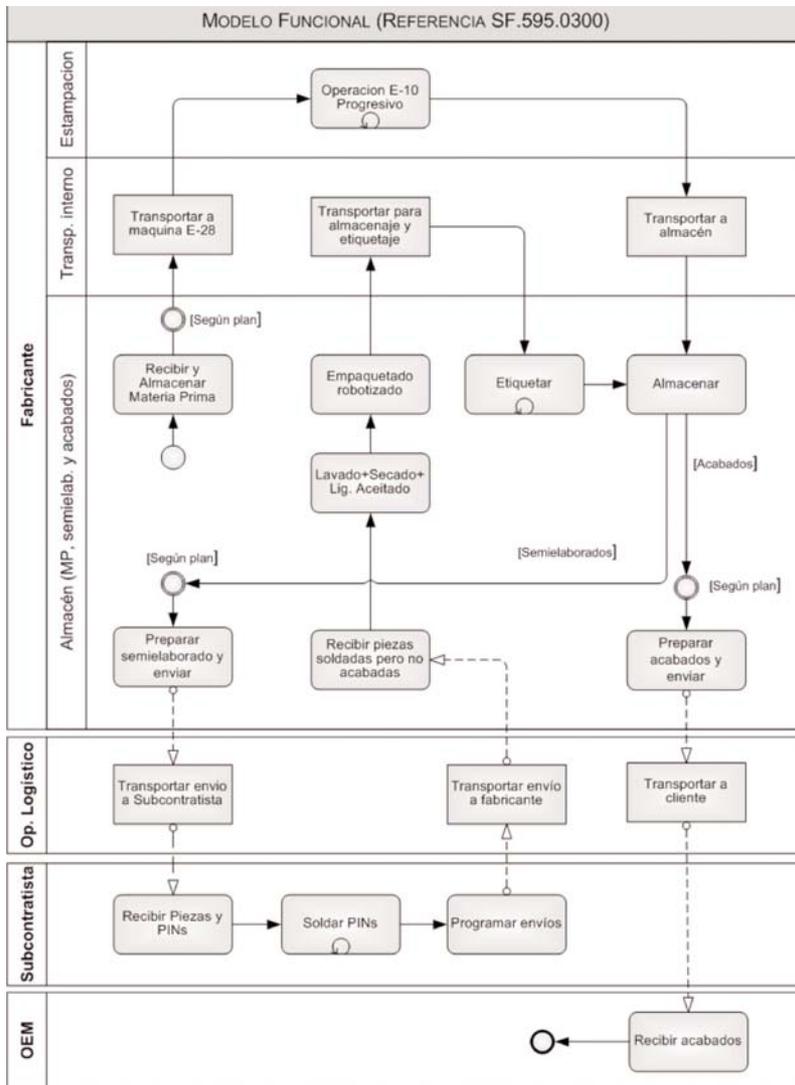


FIGURA 11
REPRESENTACIÓN DE UN PROCESO DE FABRICACIÓN EXTENDIDO

FUENTE:
 Elaboración propia.

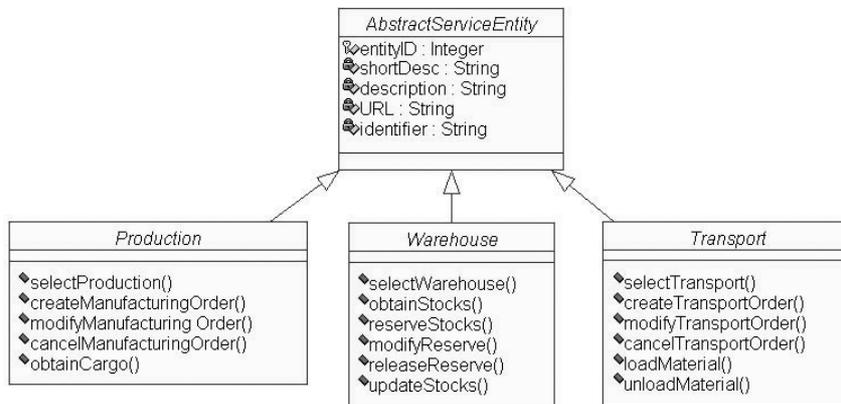


FIGURA 12
PRINCIPALES ESA IDENTIFICADAS EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LA RED

FUENTE:
 Elaboración propia.

```

<wsdl:definitions targetNamespace="http://tempuri.org/">
<wsdl:types>
<s:schema elementFormDefault="qualified" targetNamespace="http://idiere.org/Almacen">
<s:element name="obtenerExistencias">
<s:element name="obtenerExistenciasResponse">
<s:element name="reservarExistencias">
<s:element name="reservarExistenciasResponse">
<s:element name="modificarReserva">
<s:element name="modificarReservaResponse">
<s:element name="liberarReserva">
<s:element name="liberarReservaResponse">
<s:element name="actualizarExistencias">
<s:element name="actualizarExistenciasResponse">
</s:schema>
</wsdl:types>
<wsdl:message name="obtenerExistenciasSoapIn">
<wsdl:message name="obtenerExistenciasSoapOut">
<wsdl:message name="reservarExistenciasSoapIn">
<wsdl:message name="reservarExistenciasSoapOut">
<wsdl:message name="modificarReservaSoapIn">
<wsdl:message name="modificarReservaSoapOut">
<wsdl:message name="liberarReservaSoapIn">
<wsdl:message name="liberarReservaSoapOut">
<wsdl:message name="actualizarExistenciasSoapIn">
<wsdl:message name="actualizarExistenciasSoapOut">
<wsdl:portType name="EntidadServiciosSoap">
<wsdl:binding name="ESASoap" type="tns:EntidadServiciosSoap">
<wsdl:binding name="ESASoap12" type="tns:EntidadServiciosSoap">
<wsdl:service name="Ejecutor">
</wsdl:definitions>

```

FIGURA 13

ARCHIVO WSDL
CORRESPONDIENTE
A LAS DEFINICIONES
DE SERVICIOS DE
UNA ESA ALMACÉN

FUENTE:
Elaboración propia.

des de transporte: el Operador Logístico y el Transporte Interno.

Para cada una de esas entidades, se definieron los atributos principales y se realizó un diseño preliminar de sus servicios:

Partiendo de esta definición de ESA, es posible definir rápidamente la estructura de la red de fabricación/suministro, creando una instancia (*ESC*, *Entidades de Servicio Concretos*) para cada nodo, mediante la asignación de valores a sus atributos, En el ejemplo:

- ✓ $ESA_{\text{Productivo}} = \{\text{«Estampación»}, \text{«Subcontratista»}\}$
- ✓ $ESA_{\text{Almacén}} = \{\text{«AlmacénFabricante»}\}$
- ✓ $ESA_{\text{Transporte}} = \{\text{«OperadorLogístico»}, \text{«Transporte Interno»}\}$

Un beneficio directo de esta aproximación es que posible variar la estructura de la red según sea necesario. Por ejemplo, si se desean incorporar nuevos subcontratistas, proveedores de materias primas u operadores logísticos, sólo se debe utilizar el mismo proceso de instanciación y registro para cada nuevo nodo.

Definidos los aspectos estructurales, ahora se analizará cómo las ESA contribuyen a facilitar la interoperabilidad en el ámbito de los procesos extendidos. Como se ha comentado, cada ESA posee un conjunto «homogeneizado» de interfaces de servicios $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ que pueden englobar distintas actividades (o procesos) de negocio cuando se los invoca. Esas interfaces de servicios se definen de modo genérico para las ESA y se particularizan para cada ESC, según las necesidades de cada nodo.

En el ejemplo, las entidades de transporte «Operador logístico» y «Transporte interno», que son instancias de la misma ESA Transporte, comparten la misma interfaz de un servicio ($s = \text{«creaOrdenTransporte()»}$) destinado a recibir el encargo de realizar un movimiento de materiales determinado. En cada caso, lo que varía es la *implementación* de ese servicio, es decir, la forma en que cada una de ellas lo lleva a cabo. Para una, se tratará de un simple movimiento del Almacén interno a la sección de Estampación y para la otra representa el traslado de semiacabados desde el Fabricante al Subcontratista.

Una vez definidos los servicios de la entidad, las interfaces se implementan y despliegan en un ordenador corporativo (o similar), con capacidades web y desde ahí se realiza el enlace con los sistemas de

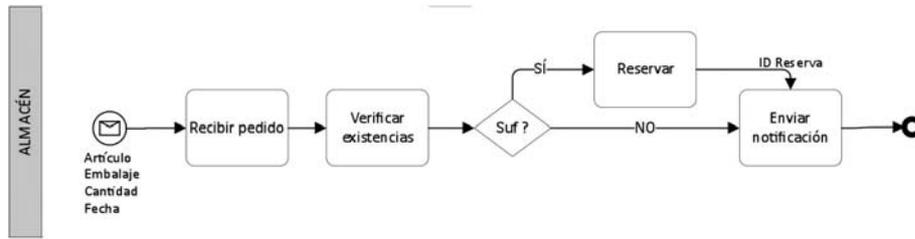


FIGURA 14
REPRESENTACIÓN DE UNA ACTIVIDAD DE RESERVAR EXISTENCIAS DENTRO DE UN PROCESO DE FABRICACIÓN

FUENTE:
 Elaboración propia.

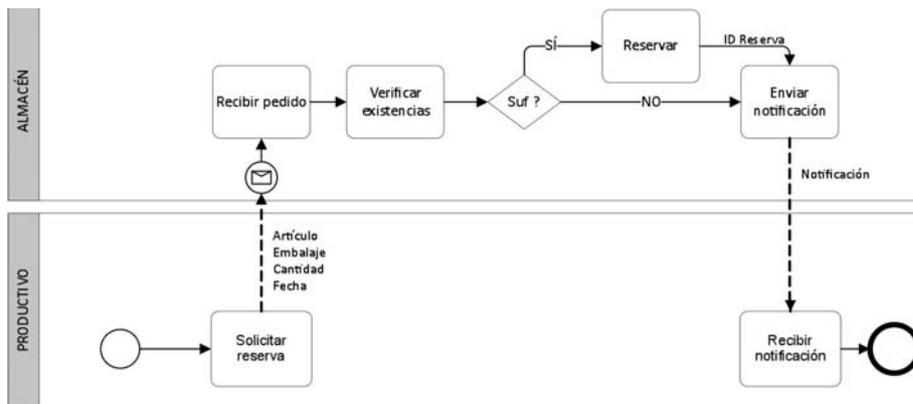


FIGURA 15
CONFORMACIÓN DE PROCESOS EXTENDIDOS A PARTIR DE SERVICIOS ESA

FUENTE:
 Elaboración propia.

información internos de cada nodo desplegado. En la siguiente figura (figura 13) se observan las interfaces estándares de los servicios de una Entidad de Servicios de tipo almacén.

En una instancia posterior, los procesos extendidos se modelan como una *orquestación* de activaciones de los servicios que las distintas ESA/ESC que participan en él pueden proveer. Por ejemplo, en la figura 14 se observa una representación simplificada del servicio *reservarExistencias()* de una entidad de tipo Almacén.

Cuando se crea el modelo de procesos extendidos, se puede utilizar la interfaz para definir, por ejemplo, que una Entidad Productiva solicite a un Almacén, la reserva de existencias de material. De este modo, la representación que se obtendría es la siguiente:

Desde el punto de vista de la gestión de los procesos de una red, segundo aspecto de interés de este trabajo, esta aproximación también resulta de suma utilidad para resolver problemas de interoperabilidad a ese nivel.

Si el proceso se ha modelado con los servicios de una ESA, cualquiera de las instancias concretas de ese tipo (ESC) que estuvieran registradas, podría proveer la ejecución de ese servicio a la red.

El editor de procesos de fabricación

El editor de procesos de fabricación es un componente de una Plataforma Tecnológica que está siendo desarrollada y que apoyará el proceso de Planificación Extendida de la Producción (Franco, et al, 2004). Utilizando la aproximación de ESA y ESC, en este componente se ha trabajado en la construcción de dos funcionalidades integradas.

Por una parte, se ha definido una extensión del concepto tradicional de hoja de ruta (proveniente del ámbito de la Ingeniería Mecánica) para llevarla a un entorno de Red de Suministro / Fabricación en el que se amplían/extienden las tradicionales etapas de fabricación sobre maquinaria, (por ejemplo de estampación, soldadura y herramientas varias) a las actividades operativas del tipo transporte (interno y ex-

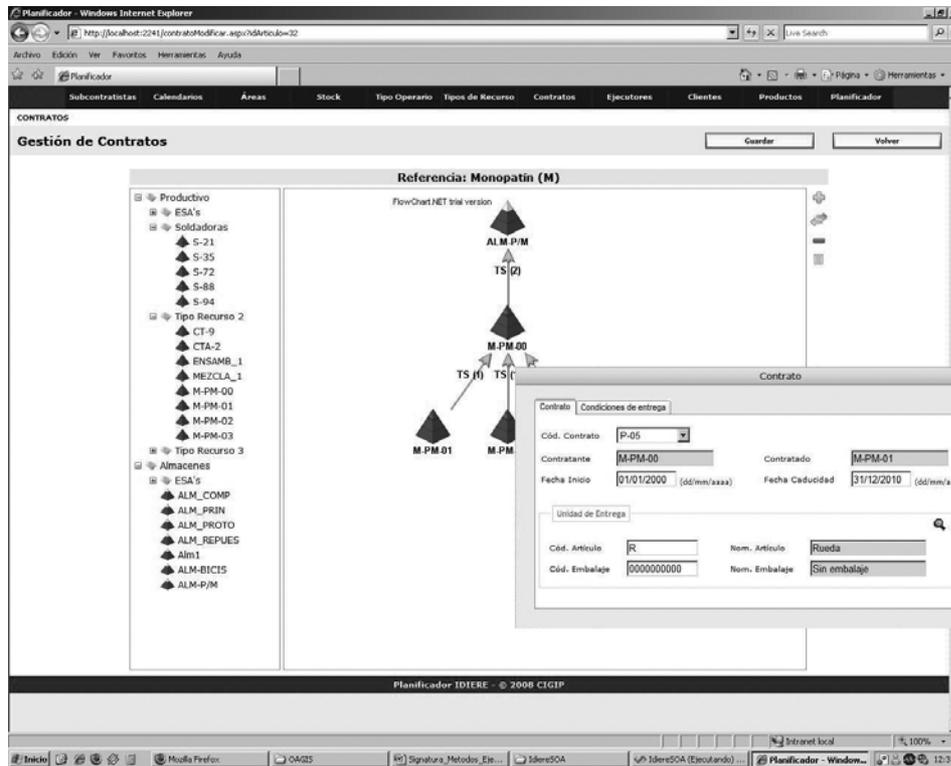


FIGURA 16

EDITOR DE
PROCESOS DE
FABRICACIÓN
BASADO EN ESA

FUENTE:
Elaboración propia.

terno), almacenamiento, expedición etc., permitiendo así definir el flujo de materias primas, semielaborados y terminados a lo largo de toda la Cadena de Suministro/Fabricación.

Esto se consigue creando un diagrama para una determinada referencia (producto final o semielaborado) en el que, a partir de las Entidades de Servicios registradas en el repositorio, se definen los vínculos entre las distintas etapas operativas (productivas, de almacenamiento o de transporte).

En la siguiente captura de pantalla, como aparece en la figura 16, se observa cómo a partir del repositorio de Entidades de Servicios del panel izquierdo, se puede definir una secuencia de interacciones entre Entidades de Servicios, reguladas por una serie de condiciones, que quedan recogidas en ficheros electrónicos (XML), similares a contratos.

De modo complementario, y con la información recogida en la etapa previa, se ha incorporado al Editor de otra funcionalidad complementaria: la de permitir visualizar la estructura de producto.

Finalmente, indicar que esta herramienta, el Editor de Procesos de Fabricación, se integra en una Plataforma Tecnológica para procesos extendidos que utiliza la

Arquitectura de Entidades de Servicios (ESA y ESC) para la implementación de una aplicación específica que dará soporte al proceso de planificación extendida de producción.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha analizado la necesidad de adoptar nuevos enfoques que faciliten el diseño de soluciones tecnológicas interoperables en el ámbito de las redes interorganizativas. También se ha identificado como las Arquitecturas Orientadas a Servicios permiten diseñar e implementar soluciones tecnológicas que pueden salvar las barreras de no interoperabilidad tanto a nivel de procesos, de funciones o de datos.

Se ha introducido aquí una Propuesta para crear bloques constructivos, a partir del modelado de ES, ESA y ESC, que permitan abordar soluciones interoperables en alguno de esos ámbitos y que pueden ser utilizadas para diseñar / implementar aplicaciones. Estas aplicaciones permitirán, mediante la homogeneización de estructuras de datos e interfaces de servicios, diseñar Modelos de Procesos Extendidos basados en los roles que las ESA/ESC pueden adoptar en una instancia del proceso. Estos bloques

constructivos, basados en ES, son básicos para dar soporte a la estructura de las Redes de empresas, así como a los aspectos relacionados con su forma de gobierno.

Finalmente, se ha mostrado cómo se ha utilizado este tipo de modelos para construir una *Plataforma Tecnológica basada en web* en la que se conforman procesos de fabricación, en la Industria del Automóvil, basados en ESAs y ESCs. En el futuro, tanto el repositorio de Entidades como el Modelador de Procesos Extendidos, proveerán la información necesaria para otras aplicaciones verticales a implementar como gestión de pedidos o de producción.

NOTAS ↴

- [1] URI: *Universal Resource Identifier*, es un identificador único que se asigna a un recurso en la red Internet
- [2] *eXtended Markup Language*, el lenguaje de etiquetado de contenidos que ha permitido, entre otras cosas, la estandarización de diversos contenidos y protocolos basados en Internet
- [3] *Business Process Execution Language for Web Services* (luego conocido como WS-BPEL).

BIBLIOGRAFÍA ↴

- ALSTYNE, M. van, (1997): «The State of Network Organization: A Survey in Three Frameworks». *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 7(2/3), 83.
- ATHENA (2006): ATHENA Integrated Project. ATHENA Integrated Project.
- BORCH, O.J. and ARTHUR, M.B., (1995): «Strategic Networks for Small Firms: implications for strategy research methodology». *Journal of Management Studies*, 32(4), 419-441.
- BOYLE, E., (1994): «Managing Organizational Networks in Britain: The Role of the Caretaker». *Journal of General Management*, 19(4), 13-23.
- BRASS, D.J. *et al.*, (2004): «Taking stock of networks and organizations: a multilevel perspective». *Academy of Management Journal*, 47(6), 795-817.
- CAMARINHA-MATOS, L. and AFSARMANESH, H., (2001): «Virtual Enterprise Modeling and Support Infrastructures: Applying Multi-agent System Approaches». In *Multi-Agent Systems and Applications*. págs. 335-364.
- CAMARINHA-MATOS, L.M. and AFSARMANESH, H., (2005): «Collaborative networks: a new scientific discipline». *Journal of Intelligent Manufacturing*, 16(4), 439-452.
- CHEN, D. and DOUMEINGTS, G., (2003): «European initiatives to develop interoperability of enterprise applications—basic con-

cepts, framework and roadmap». *Annual Reviews in Control*, 27(2), 153-162.

DOZ, Y.L., OLK, P.M. and RING, P.S., (2000): «Formation processes of R&D consortia: which path to take? where does it lead? ». *Strategic Management Journal*, 21(3), 239.

FRANCO, R., A. ORTIZ BAS, V. ANAYA, Y F. LARIO.(2004): «IDR: A Proposal for Managing Inter-Organizational Business Processes by Using Web-Services Oriented Architectures». In *Virtual Enterprises and Collaborative Networks*, 89-96.

FRANCO, R., BAS, A. y NAVARRO, R. (2005): «Enhancing Supply Chain Co-Ordination by Means of a Collaborative Platform Based on Service Oriented Architecture». En *Collaborative Networks and Their Breeding Environments*, 447-454.

FRANCO, R., NEYEM, A., OCHOA, S. y NAVARRO (2007): «Supporting Mobile Virtual Team's Coordination With Soa-Based Active Entities». En *Establishing The Foundation Of Collaborative Networks*, 557-564.

GRANDORI, A. and SODA, G., (1995): «Inter-firm Networks: Antecedents, Mechanisms and Forms». *Organization Studies*, 16(2), 183-214.

GULATI, R., NOHRIA, N. and ZAHEER, A., (2000): «Strategic networks». *Strategic Management Journal*, 21(3), 203-215.

HUDSON, R., (2004): «Analysing network partnerships». Available at: <http://dro.dur.ac.uk/2560/> [Accedido Agosto 26, 2008].

JARILLO, J.C., (1988): «On strategic networks». *Strategic Management Journal*, 9(1), 31-41.

JOHANSON, J. and MATSSON, L., (1991): «Interorganizational relations in industrial systems : a network approach compared with the transaction cost approach.» Uppsala University, Department of Business Studies.

KOGUT, B., (2000): «The network as knowledge: Generative rules and the emergence of the structure». *Strategic Management Journal*, 21(3), 405.

MILES, R. and SNOW, C.C., (1986): «Network organizations: new concepts for new forms». *McKinsey Quarterly*, (4), 53-66.

MILES, R.E. and SNOW, C.C., (1995): «The New Network Firm: A Spherical Structure Built on a Human Investment Philosophy». *Organizational Dynamics*, 23(4),

POWELL, W., (1990): «Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organizations». *Research in Organizational Behavior*. JAI Press, pág. 304.

PROVAN, K.G., FISH, A. and SYDOW, J., (2007): «Inter-organizational Networks at the Network Level: A Review of the Empirical Literature on Whole Networks». *Journal of Management*, 33(3), 479-516.

RAMU, S.S., (1997): «Strategic Alliances: Building Network Relationships for Mutual Gain». *Sage Publications Pvt. Ltd.*

ROBBINS, S.P. (1990): «Organization Theory: Structures, Designs, and Applications». 3^o ed., *Prentice Hall*.

THORELLI, H., (1986): «Networks: Between markets and hierarchies». *Strategic Management Journal*, 7(1), 37-51.

TSAI, W., (2000): «Social capital, strategic relatedness and the formation of intraorganizational linkages». *Strategic Management Journal*, 21(9), 925-939.

