

**MULTIAGENT SYSTEM, ONTOLOGIES AND BUSINESS PROCESSES
INTEGRATION AS TECHNOLOGY FRAMEWORK FOR “THE
GOVERNMENT ONLINE” STRATEGY**

**INTEGRACIÓN DE SISTEMA MULTI-AGENTE, ONTOLOGÍAS Y PROCESOS
DE NEGOCIOS COMO MARCO TECNOLÓGICO DE LA ESTRATEGIA
“GOBIERNO EN LÍNEA”**

Esp. María Claudia Bonfante*, PhD. Andrés Castillo**

* **Corporación Universitaria Rafael Núñez**, Cartagena, Colombia.
E-mail: mariaclaudia.bonfante@curn.edu.co.

** **Universidad Pontificia de Salamanca**, Departamento de Lenguajes, Sistemas,
Informáticos e Ingeniería de Software, Madrid, España.
E-mail: andres.castillo@upsam.es.

Abstract: This work presents the justification of the Integration of three (3) technologies: Multi-Agent System, Ontology, and Business Process to support the Governmental Online Strategy in Colombia. It is described in detail the components of the proposed architecture, its methodological focus on design and tools that will allow its development.

Keywords: Government online, multi-agent system, ontology, business processes.

Resumen: Este trabajo presenta la justificación de la integración de tres (3) tecnologías: Sistema Multi-Agente, Ontologías, y Procesos de Negocios para el soporte de la Estrategia “Gobierno en Línea” de Colombia. Se describen en detalle los componentes de la arquitectura propuesta, su enfoque metodológico de diseño y las herramientas que permiten su desarrollo.

Palabras clave: Gobierno en línea, sistema multiagente, ontología, procesos de negocios.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia se hace necesario un marco de integración de tecnologías para posibilitar la intención del gobierno nacional de convertir las entidades en digitales y abiertas, esto es, que incorporen las TIC de forma transversal en su operación tradicional, transformando su funcionamiento interno y la relación con sus usuarios. Para ello, las entidades deberán disponer de sedes electrónicas, en donde se disponga de acceso a toda la información, así como a la gestión en línea de trámites y servicios, observando permanentemente las condiciones de accesibilidad,

usabilidad, calidad, seguridad, reserva y privacidad¹.

De esta forma, las entidades públicas podrán mantener la información de sus procesos relacionados con trámites y servicios, espacios de interacción, ejecución presupuestal, funcionamiento, inversión, estructura organizacional, contacto, normatividad relacionada, novedades y contratación, y compartir sus datos con los usuarios e investigadores.

Para posibilitar el desarrollo de aplicaciones bajo la estrategia de “Gobierno en Línea”, se propone en

¹ MinTIC. *Estrategia Gobierno en Línea Manual 3.0*

este trabajo un marco tecnológico que, en primer lugar, garantice la preservación del conocimiento de procesos y la normatividad del Gobierno; en segundo lugar, que mantenga la interoperabilidad entre entidades a través de un lenguaje común; y, por último que utilice la tecnología de Sistemas Multi-Agente SMA para que integre las funciones anteriores, colabore en validaciones de los procesos de negocios y reconozca las necesidades de los usuarios de la estrategia.

Este artículo se estructura de la siguiente forma: en la primera parte, se hace una revisión de los trabajos que han integrado las tres tecnologías: Sistemas Multi-Agente, Ontologías y Procesos de Negocios; en la sección 2 se describe el enfoque y arquitectura del sistema y sus componentes; en la sección 3 se explica la implementación de la plataforma; y, finalmente, en la cuarta sección se dan las conclusiones y algunas perspectivas futuras.

2. SISTEMAS MULTI-AGENTES, ONTOLOGÍAS Y PROCESOS DE NEGOCIOS

Un agente de software es considerado como una entidad con objetivos, que es capaz de realizar acciones dotadas de conocimiento del dominio y situado en un entorno. Por su parte, un Sistema Multi-Agente es un conjunto de agentes que aportan inteligencia y capacidades cognitivas, las cuales permitan mostrar comportamientos proactivos orientados; además, pueden establecer procesos de interacción, competitivos y cooperativos con otros para satisfacer sus objetivos. Un agente se desarrolla en un entorno y es capaz de percibir lo que le rodea para comunicarse con los otros agentes. En últimas, tiene un comportamiento autónomo en el propósito de satisfacer sus objetivos.

Las arquitecturas de agentes se han aplicado al e-learning, como se relaciona en los trabajos de (Jiménez *et al.*, 2009) y (Castillo *et al.*, 2004); en el contexto de la música, como se menciona en el trabajo de (Wulfhorst *et al.*, 2003); en el sector de la automatización industrial (Bravo *et al.*, 2004); y en los sistemas para controlar el tráfico (Vicente y García, 2005). Se han aplicado en el monitoreo de recaudo en sistemas de transporte público como señala (Paz, 2013). También se han aplicado en tareas de alta complejidad como los sistemas de recuperación en Internet, así puede verse en el trabajo de (Cesarno *et al.*, 2003). Además (Parra y

Herrera, 2013) planean el uso de sistemas multi-agentes para el monitorio inteligente de redes de datos. Otro escenario donde se han aplicado es la supervisión distribuida de procesos industriales (Ramírez, 2010).

Por lo cual, se puede afirmar que los SMA se aplican para solucionar los problemas de diferentes contextos del mundo real.

Un concepto que toma importancia en nuestro trabajo es Ontología; y que para (Ramos y Núñez, 2009) constituye una taxonomía de conceptos con atributos y relaciones, la cual proporciona un vocabulario consensuado para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas. Existe alrededor de este concepto un gran avance y actualmente se habla de Ingeniería Ontológica.

La integración de las tecnologías de SMA y el uso de Ontologías permite el desarrollo de aplicaciones complejas que se beneficien de las propiedades de autonomía, proactividad y dinamismo, proporcionados por las tecnologías de agentes y la interoperabilidad de datos y procesos que las ontologías promulgan.

El uso de SMA y Ontologías está ya relacionado en trabajos como el de (Beydoun *et al.*, 2009). Según éste un SMA es adecuado para los dominios que involucran interacciones entre diferentes personas u organizaciones con diferentes objetivos.

Hay varias maneras de utilizar el SMA y la ontología. Por ejemplo, las ontologías se utilizan para representar el conocimiento de un agente. Cada agente captura conocimiento acerca de su propio esquema (conocimiento local) y también el conocimiento acerca de otros esquemas.

Por otra parte, según (Ribeiro *et al.*, 2008) los procesos de negocios incrementan el nivel de automatización dentro su ciclo de vida y además prestan apoyo a los usuarios de negocios, así como a los desarrolladores.

La semántica también puede ser aplicada en las fases de modelamiento, implementación, ejecución y análisis de procesos de negocios. (Rojas *et al.*, 2009) propone una integración Ontologías y los procesos de negocios, a través de un metodología que permita conceptualizar los objetos que intervienen o conforman el dominio de la aplicación y establecer las relaciones entre ellos.

El componente semántico ya ha sido propuesto dentro de trabajos de (Pedrinaci *et al.*, 2008) y de (Damjanoci, 2009), donde proponen arquitecturas para el monitoreo y administración de procesos utilizando un motor de ejecución semántico.

Nuestra propuesta consiste en integrar tres componentes: un SMA que aporte inteligencia y capacidades cognitivas y que permita mostrar comportamientos proactivos orientados.

Otro componente está relacionado por el modelado de conocimiento que posibilite un lenguaje común de intercambio de información, lo cual solo es posible haciendo uso de un conjunto de Ontologías donde se vinculen los conceptos, sus propiedades y relaciones entre los mismos, para que todas las entidades del estado se comuniquen adecuadamente y se compartan información.

Y, por último, en vista de la importancia que tiene el modelado del negocio, y con el objeto de reutilizar el conocimiento previamente adquirido para el desarrollo de aplicaciones de software que desplieguen esos procesos, lo cual reduce el tiempo en análisis y desarrollo de proyectos de software, se incluye un tercer componente conformado por un repositorio de procesos de negocios, que contienen los procesos estandarizados por las entidades gubernamentales y que serán validados y recomendados por otros usuarios. Lo anterior permitirá construir aplicaciones con el enfoque hacia procesos.

3. ARQUITECTURA PROPUESTA PARA “GOBIERNO EN LÍNEA”

La arquitectura propuesta para dar soporte a la estrategia de “Gobierno en Línea”, se muestra en la figura 1. En el diagrama conceptual se observan tres componentes: Modelado del Conocimiento, el Sistema Multi-Agente y el componente de repositorios de procesos.

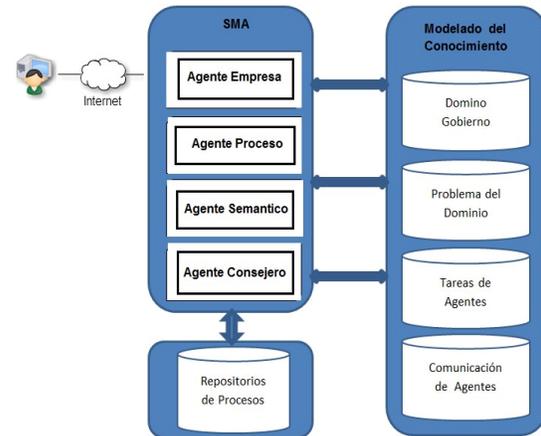


Fig. 1. Arquitectura de integración de Tecnologías SMA, Ontologías y Procesos de Negocios

A) Modelado del Conocimiento: lo constituye un conjunto de ontologías que operan como vocabularios universales del Dominio; estos son: el problema, tareas de agentes y comunicación entre agentes. La jerarquía de ontologías para el tratamiento de problemas de alta complejidad ya ha sido propuesta por (Chamekh y Talens, 2013), quienes conforman una estructura jerárquica de la siguiente forma:

- Ontología de Dominio: describe el dominio del conocimiento del problema y los requerimientos de solución que, en nuestro caso de estudio, serán las entidades gubernamentales de Colombia: como ejemplo se tomarán los conceptos relacionados con la Alcaldía. (Ver Figura 2). La alcaldía es una entidad pública compuesta por secretarías de gobierno; la administración responde a un Plan de Desarrollo que, a su vez, tiene unos objetivos y proyectos. La alcaldía está compuesta por leyes que pueden ser decretos o normas que regulan su actividad, tiene como aliadas a las empresas privadas, y además se prestan servicios a la comunidad.

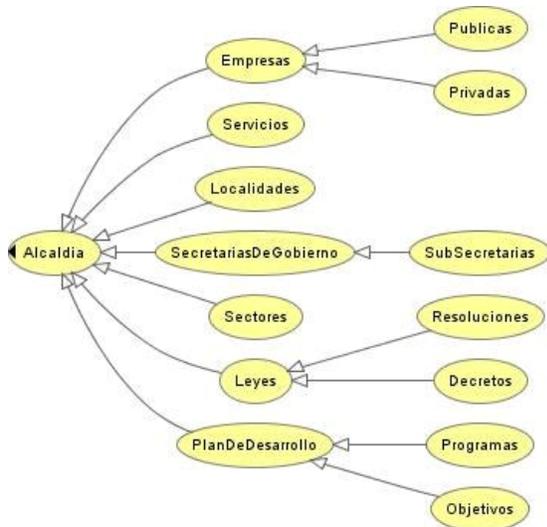


Fig. 2 Taxonomía de Conceptos de la Alcaldía

- Ontologías de Problemas de Dominio: ayudará a describir tipos de problemas de ese dominio, es decir, describirá el proceso de racionamiento empleado para resolver un problema en particular; por ejemplo, el problema de trámites y servicios o el problema de peticiones, quejas y reclamos en una entidad gubernamental. La ontología de la figura 3 muestra cómo se relacionan los conceptos de un trámite que se realiza en una secretaría de gobierno; estos trámites son de un tipo, exigen requisitos y deben presentar documentos como el diligenciamiento de un formulario.

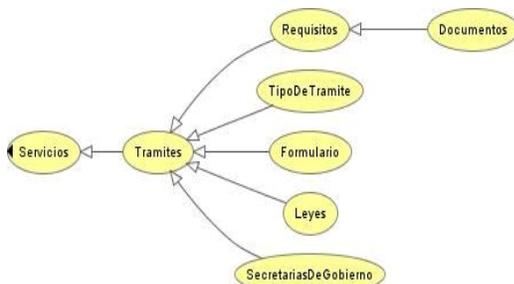


Fig. 3 Taxonomía de Conceptos del Problema "Servicio de Trámites"

- Ontologías de Agentes: describe el conocimiento requerido para las tareas de los agentes de software. Una ontología para el conocimiento local de agentes contiene información del entorno de cada agente y las tareas encomendadas, al igual que los mecanismos y recursos de que dispone para satisfacer la tarea. En esta Ontología, propuesta también por (García, 2009), se modela la información de los Agentes sobre el entorno de Procesos de Negocios, esto es, se modelan las características que presentan los Procesos de

Negocios. Estas características están descritas a través del archivo BPEL por ejemplo: procesos, actividades atómicas, decisiones, participantes etc.



Fig. 4 Ontología de Negocios

- Ontología de Comunicación: se utiliza para la Comunicación entre agentes, y también fue propuesta por (Bhavna *et al.*, 2009). Ésta describe un lenguaje común de comunicación entre agentes para que puedan interactuar, cooperar, negociar y competir. Son ejemplos del vocabulario: remitente, destinatario, enviar, recibir, aceptar, reusar, confirmar, desconfirmar, etc.

B) SMA: Este componente está integrado por un grupo de cuatro agentes. Los Agentes Inteligentes, validarán y compartirán el conocimiento de los procesos (actividades atómicas y participantes) para lograr la optimización de los mismos. El modelo de Agentes es el siguiente:

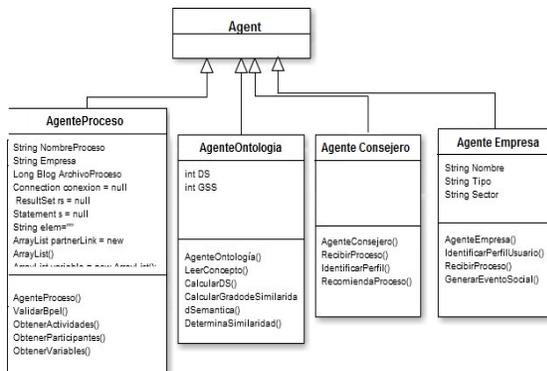


Fig. 5 Diagrama de Agentes

Las tareas de los agentes serán las que se muestra a continuación:

El Agente Empresa (Agent-E): este agente identificará el perfil de cada usuario que ingresa a la plataforma, el cual puede ser una entidad del gobierno o una empresa del sector TIC.

El Agente Proceso (Agent-P): se encarga de obtener conocimiento de un archivo BPEL (actividades atómicas y participantes) y validar la sintáctica de un proceso contra el DTD de proceso. Además depositará el proceso en un repositorio una vez validado.

El Agente Consejero (Agent-C): se encarga de recomendar los procesos de negocios validados a los usuarios de la plataforma después de identificar su perfil, para que la empresa ejecute un evento social (recomendar a otra o calificar).

El Agente Semántico (Agent-Se): se encarga de determinar la distancia semántica de cada concepto identificado en el archivo BPEL contra la Ontología de Procesos de Negocio y calcula el grado de similitud semántica del proceso.

C) Repositorio de Procesos: Según (Caetano, 2005), un modelo de proceso de negocio capta las relaciones que son significativas para el negocio entre los diferentes conceptos de organización, como las actividades, los recursos utilizados por las actividades y los actores humanos o automatizados que llevan a cabo las actividades. Por otra parte (Ramos, 2010) enuncia que el análisis de una problemática planteada se vuelve tedioso al no tener acceso eficiente al conocimiento previamente adquirido a través del desarrollo de proyectos similares. El acceso y reutilización de modelos de procesos de negocios representan funcionalidades útiles que resuelven una problemática en particular.

Lo anterior, justifica incluir el tercer componente de esta arquitectura, el cual representará la lógica de los procesos de las entidades públicas, y es coherente con el dinamismo cambiante de las organizaciones. Este repositorio tendrá archivos BPEL validados.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA

Quien desee utilizar la plataforma deberá crear un usuario; éste se convertirá en un perfil (Entidad Pública, Sector TIC, ciudadano). Algunos usuarios estarán interesados en colgar los procesos de negocios de entidades gubernamentales, otros en consultarlos para el desarrollo de aplicaciones y otros más, como los ciudadanos, en enterarse del proceso que sigue un servicio respectivo. El usuario puede observar qué procesos han sido recomendados por el sistema con el propósito de poder evaluar su desempeño.

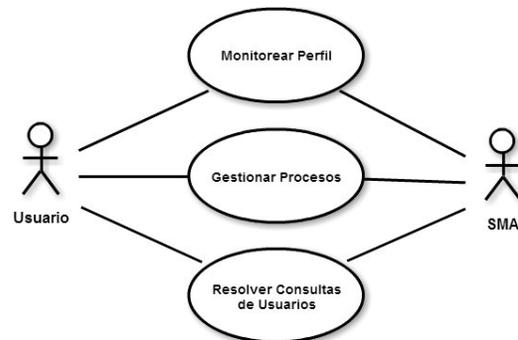


Fig. 6 Caso de uso de Plataforma

La intervención del SMA en el caso de uso Gestionar Procesos se describe en el siguiente figura.

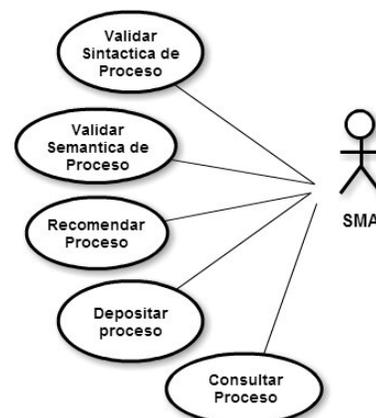


Fig. 7 Caso de uso del SMA

Los casos de uso ejecutados por el SMA para Gestionar Procesos son:

Validar Sintáctica de Proceso: El SMA recibirá peticiones para ingresar procesos al repositorio, por lo cual deberán ser validados sintácticamente para verificar su construcción contra el DTD de proceso. Se aceptarán archivos BPEL.

Validar Semántica de Proceso: El SMA deberá validar la semántica de un proceso recorriendo las ontologías de dominio, problema y tareas de agentes.

Recomendar Proceso: El SMA podrá recomendar los procesos validados, tanto sintáctica como semánticamente, a los usuarios que pueden estar interesados en los mismos.

Depositar Proceso: Los procesos validados serán mantenidos en un repositorio de procesos para su consulta.

Consultar proceso: Una vez recibida la petición de un usuario e identificado su perfil, el SMA deberá buscar los procesos en el repositorio y, además, desplegar el resultado de su búsqueda.

Los agentes que intervienen el caso de uso Gestionar Procesos y sus tareas son las siguientes:

Agente Empresa: captura los datos del usuario de la plataforma, el cual puede ser Sector TIC, Entidad del Gobierno o puede ser un ciudadano. El mismo identificará el perfil del usuario y su interés de consultar, colgar, comentar y recomendar un proceso de negocio.

Agente Sintáctico: revisará la construcción del archivo BPEL contra el DTD. Se utiliza JDOM para tratar el archivo.

Agente Semántico (Agent-S): para determinar la similitud semántica de los procesos tendrá que convertir las Ontologías descritas, el componente modelado del conocimiento, en un grafo ampliado y representar cada valor de las etiquetas de RDF y RDFS (Clases, Propiedades, Instancias) en una red semántica, respetando las relaciones entre ellas. En primer lugar, se localizan todas las etiquetas (rdfs:Class) y (rdfs:subClassOf) para establecer que una clase hereda de otra.

El grafo resultante tiene como nodos los conceptos de la Ontología de negocios propuestos por (Gunwoo y Yongmoo, 2010). También Ordoñez et

al. (2012) proponen el cálculo de la medida de similitud semántica entre dos conceptos, para lo cual se calcula la distancia semántica entre dos conceptos c_1 y c_2 , la cual está dada por la expresión: $Distacia\ Semantica = \sum Dsalto$

Donde $Dsalto$ es la distancia por salto que se debe calcular en cada uno de los niveles de la ontología que separan los conceptos comparados y está dada por la ecuación.

$$Dsalto = 1 + \frac{1}{2^{depth}}$$

Donde $depth$ es el número de saltos en la ontología que hay desde el concepto raíz hasta el concepto objetivo. El grado de similitud depende de la relación entre los conceptos de la ontología, y generalmente se reduce a la mínima distancia entre los nodos en el árbol taxonómico. El grado de similitud entre conceptos, será tomando como base del conjunto de relaciones entre ellos. Los conceptos a distancias mayores o iguales a 3 niveles no tienen prácticamente relación semántica, debido al modo en que se construyen las jerarquías de conceptos. Por ello se ha decidido fijar la profundidad máxima en dos niveles.

Agente Consejero: también deberá buscar los Procesos de Negocios que mejor satisfagan a un usuario específico. Así mismo, recomienda a un usuario registrado en la plataforma un proceso de negocio relacionado con su actividad.

Los agentes correrán sobre una plataforma JADE (*Java Agent Development Framework*), el cual es el *framework* para el desarrollo de agentes más utilizados por los investigadores. La figura 8 muestra el diagrama de interacción con el paso de mensajes ACL entre agentes.

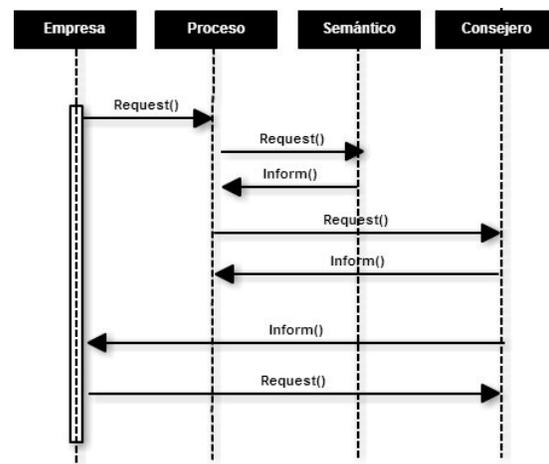


Fig. 8 Diagrama de Comunicación de Agentes

El Agente Proceso realiza la validación sintáctica, y si está conforme con el DTD del archivo BPEL, envía un mensaje al Agente Semántico, quien calcula la Distancia Semántica y el grado de similitud semántica del proceso contra la jerarquía de ontologías; para ello utiliza el api JENA para consultar el RDF de la Ontología, luego envía al Agente Empresa quien informa su Evento social sobre el proceso. Por último, el Agente Consejero verifica qué procesos están en estado de validado y determina recomendar el proceso a los usuarios dependiendo de sus intereses.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo justificó la integración de tres tecnologías maduras para dar soporte a la estrategia de “Gobierno en Línea”; sin embargo, este entorno puede ser aplicado al sector salud, educación y de justicia. La jerarquía de ontología propuesta permitirá mantener el conocimiento del contexto propuesto.

El repositorio de negocios garantiza la reutilización de procesos de negocios en proyectos de desarrollo de software similares. Y el SMA garantiza la validación semántica de los procesos y los recomienda de acuerdo con el perfil de los usuarios. Lo anterior contribuirá también a solucionar los conflictos causados por diferencias del diseño de procesos de negocios de distintas organizaciones, las cuales utilizan diferentes términos, notaciones y diferentes representaciones del mismo proceso de negocio, aspecto que dificulta el desarrollo de aplicaciones y la interoperabilidad de las mismas.

REFERENCIAS

- Beydoun, C.; Henderson, B.; Shen, J. and Low, G. (2009). “Reflecting On Ontologies: Towards Ontology-based Agent-Oriented Software engineering”. Australian Computer Society, Firth Australasian Ontology Workshop AOW.
- Bhavna, O.; Mark, D., Steve, C. and Abhay, N. (2005). DASMAS – Dialogue bases automation of semantic interoperability in Multi Agent Systems, Australasian Ontology Workshop
- Bravo, C.; Aguilar, J. y Rivas, F. (2004) “Diseño De Una Arquitectura De Automatización Industrial Basado En Sistemas Multi-Agentes”. Revista Ciencia e Ingeniería Vol. 25, No. 2.
- Caetano, A.; Rito, A. and Trobolet, J. (2005). “Using Roles and Business Objects to Model and Understand Bussiness Processes”. Symposium on Applied Computing.
- Cesarno, C.; d’Acierno, A. and Picariello, A. (2003). “An Intelligent Search Agent System for Semantic Information Retrieval on the Internet”. WIDM .
- Chamekh, F.; Talens, G. and Boulanger, D. (2013) “Corporative Semantic Web Evolution: an approach based on multi-agent system”. MEDES’13.
- Damjanoci, V. (2009). “Ontology Design Patterns For the Semantic Business Processes”. Proceedings of the 4th International Workshop on Semantic Business Process Management.
- García, F. (2009). “Sistema basado en Tecnologías del conocimiento para entornos de servicios web semánticos. Revista Inteligencia Artificial.
- Gunwoo, K. and Yongmoo, S. (2010). “Ontology-Based Semantic Matching for Business Process Management. The Date Base for advances in information System. Vol. 41, No. 4.
<http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/1821/33-44-1-PB.pdf?sequence=1>
- Ordóñez, L.; Bastidas, A. y Corrales, J. (2012). “Estimación De Similitud Semántica De Tareas Entre Procesos De Negocios De Telecomunicaciones”. Ingeniería y Ciencia, Ing. Ciencia.
- Parra, C. y Herrera, J. (2013). “Aplicación de los Sistemas de Detección de Intrusos y la Tecnología de Agentes en el Monitoreo Inteligente de Redes de Datos”. Revista Colombia de Tecnología de Avanzada, Vol. 2, No. 22.
- Paz, J. y Castillo, A. (2013). “A Test Driven Development of MAS”. European Workshop on Multi-Agent Systems, Vol-1113.
- Pedrinaci, C.; Lambert, D.; Wetzstein, B.; van Lessen, T.; Cekow, L. and Dimitrov, M. (2008) “Sentinel: A semantic Business Process Monitoring Tool”. Proceedings Of The First International Workshop On Ontology-Supported Business Intelligence.
- Ramírez, M. (2010). Sistemas Multiagentes Aplicados A La Supervisión Distribuida De Procesos de Petróleos. Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. Vol. 1, No. 15.

- Ramos, E. y Núñez, H. (2007). Ontologías: componentes, metodologías, lenguajes, herramientas y aplicaciones. <http://dircompucv.ciens.ucv.ve/Documentos/RT-2007-12.pdf>
- Ramos, M. (2010). “Una Arquitectura para la Reutilización de la Información de Procesos de Software en un ambiente multi-agente”. Euro American Conference on Telematics and Information Systems.
- Ribeiro, R.; Cardoso, S. and Almedia, M. (2008), “Coresec: An Ontology Of Security Applied To The Business Process Of Management”. Proceedings of the 2008 Euro American Conference on Telematics and Information Systems.
- Rojas, M.; Montilva, J. y Barrios, J. (2009). “Ontomn: Un Método Para Hacer Ontologías Durante el Modelado de Negocio”. Revista Colombia de Tecnología de Avanzada, Vol. 1, No. 13.
- Tomás, V. and García, L. (2005). “A Cooperative Multiagent System For Traffic Management And Control”, AAMAS Utrecht, Netherlands.
- Wulfhorst, R.; Nakayama, L. and Vicari, R. (2003). “A Multiagent Approach for Musical Interactive Systems”, AAMAS’03 Melbourne Australia.