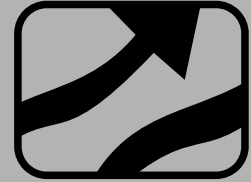


ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA INTEGRACIÓN EN EMPRESAS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISTRIBUIDA



AUTOR

César Bravo Bravo
Ing. M.Sc.
PDVSA
bravocn@pdvsa.com
VENEZUELA

AUTOR

José Aguilar Castro
Ing. M.Sc. Ph.D
Universidad de los Andes
aguilar@ula.ve
VENEZUELA

AUTOR

Addison Ríos Bolívar
Ing. M.Sc. Ph.D
Universidad de los Andes
ilich@ula.ve
VENEZUELA

AUTOR

Joseph Aguilar Martin
Ing. M.Sc. Ph.D
LAAS-CNRS
aguilar@laas.fr
FRANCIA

AUTOR

Francklin Rivas Echeverría
Ing. M.Sc. Ph.D
Universidad de los Andes
rivas@ula.ve
VENEZUELA

Fecha de Recepción del Artículo: 12 de Junio de 2007 Fecha de Aceptación del Artículo: 11 de Agosto de 2007

RESUMEN.

En este trabajo se propone una arquitectura de referencia para la integración de empresas de producción industrial basada en inteligencia artificial distribuida. Esta arquitectura aborda la complejidad de este tipo de empresas, proponiendo una alternativa para la interoperabilidad de sus componentes y la supervisión de las operaciones con una visibilidad global de los procesos de la empresa. La arquitectura propuesta consta de tres capas: una capa de integración, en donde se establecen los mecanismos de acceso a las fuentes de datos y aplicaciones de la empresa, un modelo de datos, en donde se describen los objetos de negocio de la empresa, y una capa de gestión, en la cual, a través de sistemas multiagentes, se ejecutan y supervisan sus procesos de negocio.

PALABRAS CLAVE

Arquitecturas de Empresas
Interoperabilidad de Sistemas
Holones
Sistemas Multiagentes

ABSTRACT

This contribution proposes a reference architecture for the integration of industrial production companies, based on distributed artificial intelligence. This architecture aims to deal with the complexity of this kind of companies proposing a way to allow the interoperability between their components, with a

global visibility of the company business processes. The proposed architecture is composed by three layers: an integration layer, which establish the data sources and applications access mechanisms; a data meta-model, which describe the company business objects; and a management layer, where, through multi-agent systems, is developed the business process execution and supervision.

KEYWORDS

Enterprises Architecture
Systems Interoperability
Holons
Multiagent Systems

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la integración entre los sistemas de operación y gestión de las empresas es uno de los focos de atención de la comunidad de investigación y de las empresas proveedoras de tecnología de información. Esta área representa un problema complejo, debido a la diversidad en la naturaleza de las aplicaciones y sistemas presentes en las empresas, lo cual delimita su interoperabilidad.

La interoperabilidad implica, además de permitir el intercambio de datos entre diversos sistemas, automatizar los flujos de trabajo de la empresa y definir esquemas de supervisión sobre los mismos [8]. Para tal fin, es necesario, en primer lugar, definir un modelo de datos en donde se plasme la descripción de todos los objetos de negocio de la empresa de manera clara y coherente. Luego, se debe disponer de los mecanismos de adquisición, procesamiento e interpretación de los datos generados en la operación de la empresa. Finalmente, se debe construir una capa de supervisión donde se pueda interpretar el modelo de datos de la empresa y supervisar la ejecución de los procesos. Todos estos elementos permiten disponer de la visibilidad total sobre los procesos de la empresa y habilitan la gerencia integrada de la producción.

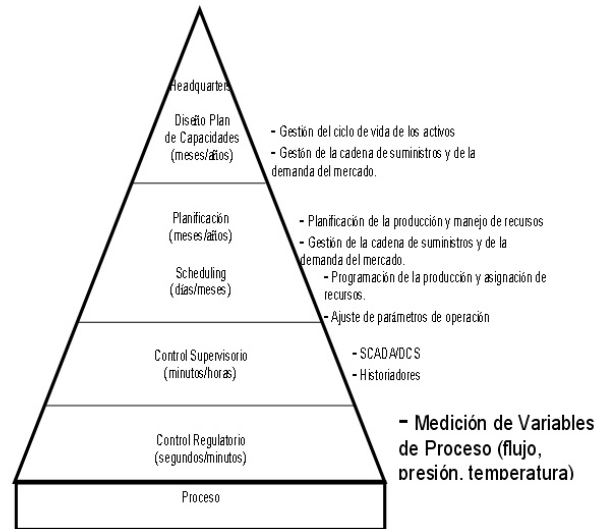
Este trabajo presenta una arquitectura de referencia para la integración de empresas de producción industrial, basada en inteligencia artificial distribuida, inspirada en modelos holónicos y sistemas multiagentes. El planteamiento es construir una meta capa de integración para la plataforma de TI de la empresa, que se base sobre la arquitectura antes mencionada, con el objetivo de garantizar la interoperabilidad de los elementos componentes de dicha plataforma.

1. BASES CONCEPTUALES

1.1 ARQUITECTURAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Se han propuesto varios enfoques para modelar la empresa desde el punto de vista de automatización y abordar el problema de la complejidad de sus procesos, entre los cuales, el mayormente implantado es el modelo jerárquico piramidal propuesto por la ISO/OSI [10] y que se muestra en la Fig. 1.

Figura 1. Pirámide de automatización



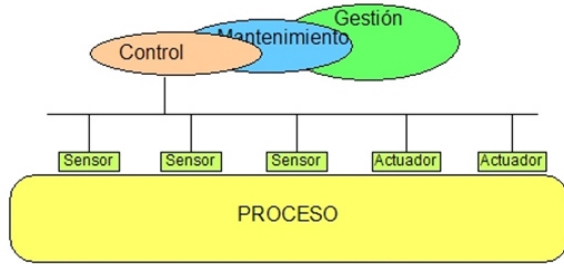
Este tipo de arquitecturas plantea una jerarquía en donde la información de proceso va desde los niveles más bajos a los más altos, y las órdenes y consignas de operación van desde los niveles más altos a los más bajos. Este enfoque provee control sobre los sistemas de la empresa, ya que los subsistemas de los niveles altos definen el comportamiento de los subsistemas en los niveles de proceso (más bajos). Sin embargo, este tipo de arquitecturas pueden ser extremadamente rígidas y hasta inflexibles, a medida que aumenta la complejidad de los procesos a automatizar [3][4].

Esta restricción presente en los modelos jerárquicos ha generado la proposición de arquitecturas alternativas, que buscan aportar mayor flexibilidad y un mejor manejo de la información en las Empresas de Producción.

Uno de estos enfoques son los modelos heterárquicos, que proponen otorgar autonomía a las unidades de producción, llevando a cabo el control y la planificación de la producción mediante de la negociación entre las mismas, basados en los objetivos individuales de cada unidad y en los objetivos comunes entre las unidades. La arquitectura de un modelo heterárquico se presenta

en la Fig. 2.

Figura 2. Modelo Heterárquico



En general, la implementación de este tipo de modelos se ha realizado a través de Sistemas Multiagentes y la incorporación de dispositivos de control local inteligentes. Sin embargo, la implantación en ambientes industriales de los modelos heterárquicos todavía es incipiente, siendo los procesos de manufactura donde mayormente se ha incursionado [2][5][7][9][11][13].

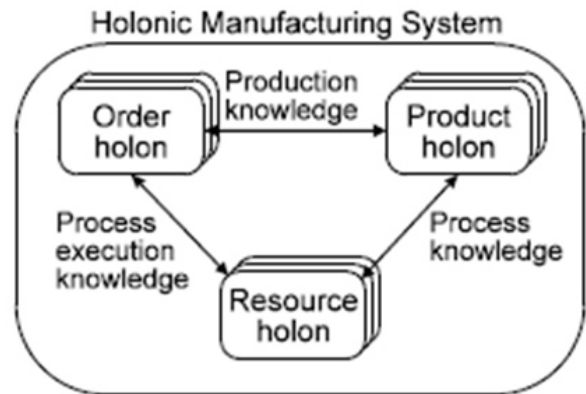
La principal ventaja de la heterarquía es la flexibilidad del sistema para reaccionar y reconfigurarse antes cambios en el proceso productivo. Una de las principales limitantes para la adopción de modelos heterárquicos para procesos de producción es que, en este tipo de procesos, la ejecución de las actividades debe realizarse con restricciones de tiempo rígidas, ya que si no se actúa de manera oportuna puede perderse el control del proceso; es por esto que la implementación de modelos de negociación para toma de decisiones entre las unidades de producción debe ser hecha, tal que se evite caer en situaciones que pongan en riesgo el proceso productivo. En los últimos años se han desarrollado estrategias de coordinación desde la teoría de agentes que apuntan a resolver este problema [2][5][7][9][11].

Otro enfoque para el modelado de empresas es el enfoque holónico, el cual propone modelar las unidades de producción mediante un esquema común composicional, definiendo a una unidad de producción como un elemento autónomo, pero a la vez como parte de una unidad de producción superior. Así, una planta es unidad de producción, la cual es parte de un complejo, que también es una unidad de producción, y a su vez el complejo es parte de una empresa, también modelada como una unidad de producción [1][16].

El enfoque holónico ha sido utilizado mayormente para procesos de manufactura, siendo la propuesta más relevante el modelo PROSA (Product Resource Order Staff Architecture) [16]. Dicho modelo consiste en una Sistema Holónico de Manufactura (HMS, por sus siglas en inglés), comprendido por tres holones básicos: Holón Orden, Holón Producto y Holón Recurso. Por medio de la especialización, cualquier componente dentro de un

HMS es visto como uno de los tres holones básicos, inclusive un HMS puede ser visto como un recurso, orden o producto al formar parte de una instancia superior. Un cuarto tipo de holón se prevé dentro de la arquitectura, denominado "Staff", el cual asiste a los holones básicos en la realización de sus tareas. De esta manera, se simplifica la representación de los elementos de la empresa, ya que su arquitectura en cualquiera de sus niveles estará compuesta por los holones básicos. Entre los holones básicos se transmite información sobre el proceso, tal y como se describe en la Fig. 3.

Figura 3. Sistema Holónico de Manufactura



Este modelo se puede considerar como un modelo heterárquico supervisado, ya que aunque busca la distribución de la planificación y toma de decisiones entre las unidades de producción (holones), se mantiene una relación de jerarquía de las unidades más complejas a las más simples.

Las arquitecturas holónicas se han implantado principalmente en procesos de manufactura, ya que su diseño está asociado con la generación de productos de forma discreta. Este hecho ha limitado su uso en procesos de producción continua.

Para la implantación de las arquitecturas de empresas de producción industrial se requiere de la definición de una ontología de empresa que permita describir los objetos de negocio. En ese sentido se han desarrollado varias especificaciones que buscan definir una meta capa de integración en la cual se describan los objetos de negocio de la empresa mediante un lenguaje común. En la siguiente sección se describen algunas de dichas especificaciones.

1.2 ESPECIFICACIONES PARA DESCRIPCIÓN DE OBJETOS DE NEGOCIO

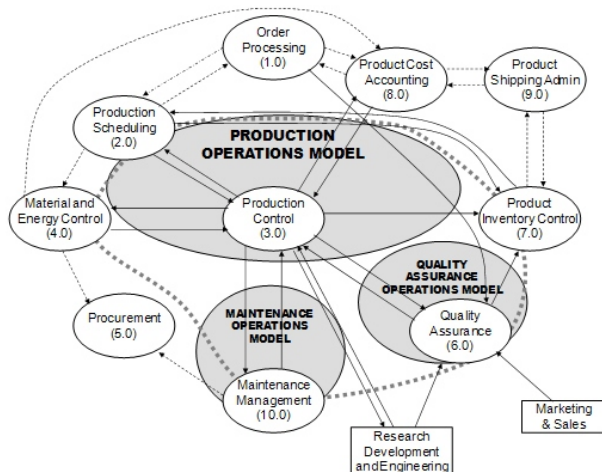
Existen diversas especificaciones para habilitar la interoperabilidad entre aplicaciones y sistemas en empresa de producción industrial. En general lo que se busca es representar los objetos de negocio de la empresa en un lenguaje común, y así facilitar el intercambio de información entre sistemas de naturaleza diversa. El lenguaje más utilizado para definir estas especificaciones es el lenguaje de enmarcado extendido (XML). Entre las especificaciones más importantes, basadas en XML, para la definición de modelos de datos para integración se encuentran B2MML [17], para el área de manufactura y WITSML [15] y PRODML [16] para la industria del petróleo.

A continuación se realizará una descripción de estas especificaciones.

B2MML

El B2MML (Business to Manufacturing Markup Language) es una implementación en XML de la familia de estándares ANSI/ISA 95. B2MML consiste en un conjunto de esquemas XML escritos usando el WWW Consortium Schema Language (XSD), que implementa modelos de datos del ISA 95 [6]. B2MML es usado por las empresas que quieren implementar el ISA 95 e integrar sistemas de negocio tales como ERP y sistemas de gestión de la cadena de suministros, con sistemas de ejecución de manufactura y de control de procesos. La especificación define elementos con personal, equipos, materiales, mantenimiento, capacidades, definición de producción, programación de producción y esquemas de desempeño de la producción. El modelo general utilizado por B2MML (original del ISA 95) se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Esquema general ISA 95/B2MML



WITSML

El WITSML (Wellsite Information Transfer Standard Markup Language) es un estándar para enviar información desde el pozo en formato XML hacia las aplicaciones de negocio. El esquema de datos de WITSML consiste en un conjunto de objetos de datos independientes pero integrables. Un esquema de objeto de datos define un conjunto de datos que pueden ser transmitidos en un documento XML simple y que representan un conjunto (por ejemplo: pozo, cabezal de pozo, etc.) de un esquema lógico global de un determinado dominio (pozo). Los esquemas de objetos de datos contienen atributos y elementos e incluyen sub-esquemas.

WITSML es una especificación que se utiliza ampliamente en las empresas petroleras para transmitir datos desde los taladros de perforación hacia las bases de datos y sistemas de producción.

PRODML

El estándar PRODML (Production XML) [12] es una iniciativa de Energistics¹ (asociación dedicada a la definición de estándares para la industria de energía), y un conjunto de empresas de producción de petróleo y de empresas de servicios para la industria petrolera, orientada a soportar el intercambio de datos entre aplicaciones y almacenes de datos utilizados en ambiente de oficina en empresas de producción de petróleo. El estándar hace énfasis en las operaciones de tiempo real, esto es, se enfoca principalmente en los sistemas de adquisición y almacenamiento de variables de producción y en las aplicaciones de optimización.

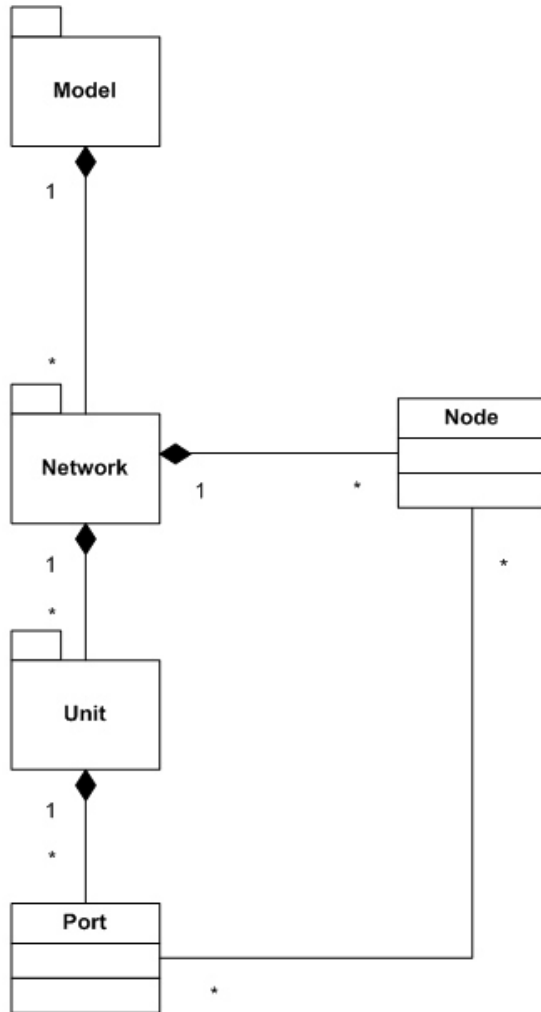
PRODML se enfoca en flujos de trabajo de producción desde el cabezal de pozo hasta el punto de transferencia de custodia y en la toma de decisiones de optimización de producción que se toman con frecuencia diaria. Este estándar es una extensión de WITSML, el cual es un estándar propuesto por POSC (Petrotechnical Open Standard Consortium), ampliamente utilizado para transferir información captada durante la perforación.

PRODML define en primer lugar una jerarquía para describir los objetos de negocio de la empresa. La jerarquía se compone de tres elementos fundamentales: la unidad, la red y el modelo. La unidad se define como cualquier elemento del objeto a modelar que capte o derive información. Para la recepción y entrega de información cada unidad contiene puertos que representan los elementos de medición dentro de los objetos modelados. La red es una colección de unidades interconectadas; cuando existen conexiones "muchos a

1. Energistics. www.energistics.org. Antigua POSC.

muchos" entre unidades se definen nodos en los cuales confluyen varios puertos. Finalmente el modelo es la representación del objeto de negocio, el cual está compuesto por una o más redes.

Figura 5. Jerarquía PRODML



PRODML define también flujos de trabajo que representan el comportamiento del flujo de información y productos entre diversos objetos de negocio. Estos flujos de trabajo típicamente están asociados a:

- Uso de almacenes de datos históricos por las aplicaciones de optimización.
- Uso de modelos para inferir si los datos no han sido medidos o son "no medibles"

- Uso de series de datos para análisis y modelado, incluyendo predicción.
- Manejo de alarmas de producción basadas en objetivos y atadas al manejo de excepciones.
- Integración de programación de trabajos a pozos, pruebas de pozos y niveles de tanques.

En PRODML se han diseñado progresivamente objetos de negocio y flujos de trabajo correspondientes a la optimización en la producción de crudo, entre los que destacan pozos, estaciones de flujo, múltiples de gas lift, válvulas, separadores, como objetos de negocio, y pruebas de pozo, separación, inyección de gas lift, como flujos de trabajo. Los mismos han sido descritos en XML (eXtended Markup Language), el cual ha sido el lenguaje estándar de facto para la integración entre aplicaciones.

Aun cuando PRODML es una especificación desarrollada para la industria de producción de petróleo, sus principios básicos pueden ser extendidos a otros tipos de empresas de producción. Es por esto que este trabajo toma la especificación PRODML como base para la definición del modelo de datos desarrollado.

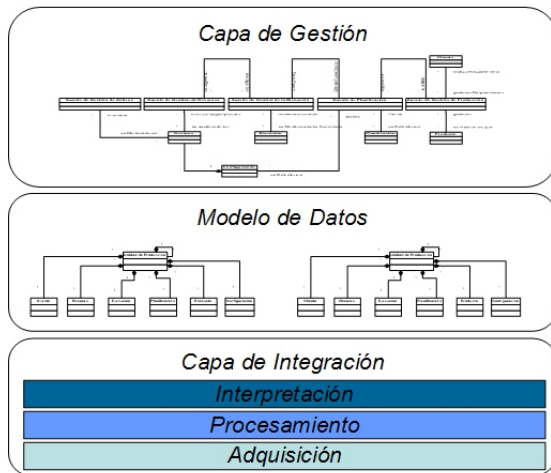
Cada una de las especificaciones anteriormente descritas, a pesar de ser muy completas, se orientan a un área específica de la producción industrial, lo que limita su generalización. En ese sentido, se requiere de la definición de un meta modelo que permita su aplicación genérica para empresas de producción industrial, de forma de proveer un marco ontológico que habilite la interoperabilidad entre aplicaciones y sistemas. La definición de dicho meta modelo es parte de la propuesta presentada en este trabajo y que se describe en la próxima sección.

2. ARQUITECTURA PROPUESTA

En este trabajo se aborda el modelado de las Empresas de Producción mediante la definición de una arquitectura de referencia que permite representar los objetos y procesos de negocio de la empresa sobre su plataforma de tecnología de información, implementando mecanismos de supervisión inteligentes a través de técnicas de inteligencia artificial distribuida.

La arquitectura planteada consta de tres capas: la primera capa se denomina "capa de integración", en la cual se definen los mecanismos de adquisición, procesamiento e interpretación de los datos; la segunda capa se trata del modelo de datos, en el cual se realiza la descripción de los objetos de negocio de la empresa; y la tercera capa, denominada "capa de gestión" es la que establece los mecanismos de supervisión de los procesos de negocio de la empresa.

Figura 6. Arquitectura Propuesta



2.1 CAPA DE INTEGRACIÓN

El objetivo de la capa de integración es “envolver” las aplicaciones y sistemas disponibles en la empresa mediante adaptadores de software que permitan acceder a sus datos y funciones y exponerlos en una capa común de conectividad. Además, en dicha capa se deben resolver los problemas de balance de carga, enrutamiento de mensajes, persistencia, etc., que son necesarios para la integración entre las aplicaciones de la empresa y que deben formar parte de los servicios de infraestructura de su plataforma de tecnología de información. La idea de esta capa es aprovechar al máximo la infraestructura instalada de la empresa, incorporándola en la arquitectura propuesta a través de los adaptadores antes mencionados, para potenciar las aplicaciones existentes con los conceptos planteados en la arquitectura, pero tratando de minimizar el impacto al momento de su implantación. Además, dicha capa permite incorporar sistemas y aplicaciones de terceros a la arquitectura de manera transparente. Este problema ha sido ampliamente estudiado en la literatura y existen múltiples soluciones en el mercado entre los cuales destacan los Buses de Servicios Empresariales y los Sistemas Nerviosos Empresariales [14], por lo que no se abordará como foco del estudio. Sin embargo, es importante resaltar que la Capa de Gestión de Información debe implementarse en concordancia con el modelo de datos definido en la sección 2.2, para garantizar la coherencia en la transferencia de información entre aplicaciones.

Para efectos de este trabajo se considerará a la capa de Gestión de Información implementada en función de las

soluciones disponibles en el mercado.

2.2 DEFINICIÓN DEL MODELO DE DATOS

El modelo de datos presentado en este trabajo define la ontología que permite describir los objetos de negocio de la empresa sobre su plataforma de Tecnología de Información (TI). El mismo, permitirá realizar la interpretación de manera coherente de todos los elementos de la empresa sobre la plataforma de TI, estableciendo una ontología común a utilizar para la integración de los diversos sistemas y aplicaciones disponibles en la misma.

El modelo de datos presentado es en realidad un “meta modelo”, que permitirá disponer de una estructura común para describir cada uno de los objetos de negocio de la empresa. Este meta modelo se basa en dos propuestas: la primera la descrita en [12] correspondiente al estándar PRODML, y la segunda correspondiente al modelo PROSA, descrita en [16].

El esquema propuesto se compone en primer lugar de una jerarquía de componentes, descrita en [12], que permite modelar los objetos de negocio de la empresa. Esta jerarquía se compone de los siguientes elementos:

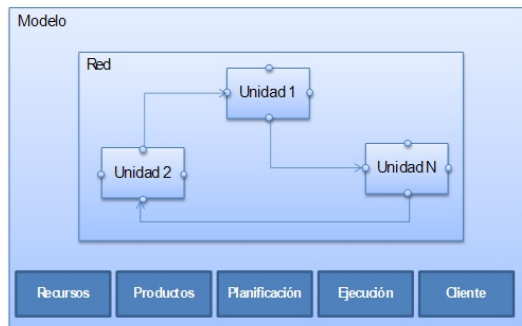
- **Unidad:** es el bloque básico de la jerarquía el cual es usado para definir el comportamiento del flujo de productos e información en una facilidad de producción (donde el término facilidad representa cualquier equipo que desempeña una función). Una unidad es vista como una caja negra que recibe y entrega productos e información.
- **Red:** es una colección de unidades interconectadas. Una red sólo representa cómo las unidades están conectadas para habilitar el flujo de información y productos entre ellas, más no describe el comportamiento interno de las unidades.
- **Puerto:** representa los puntos de medición en la red. Un puerto es un elemento de la unidad que permite la entrada o salida de información o productos de la misma.
- **Nodo:** define la interconexión “muchos a muchos” entre varias unidades.
- **Modelo:** es la representación de una unidad de producción de la empresa, la cual se constituye de unidades y del flujo de información y productos entre las mismas. La configuración de una red define un modelo.

Se propone enriquecer esta jerarquía, asociando al modelo elementos de la arquitectura PROSA, de forma de enriquecer la arquitectura con información primordial para la gestión de la unidad de producción. Así pues, se asocian los siguientes elementos al modelo:

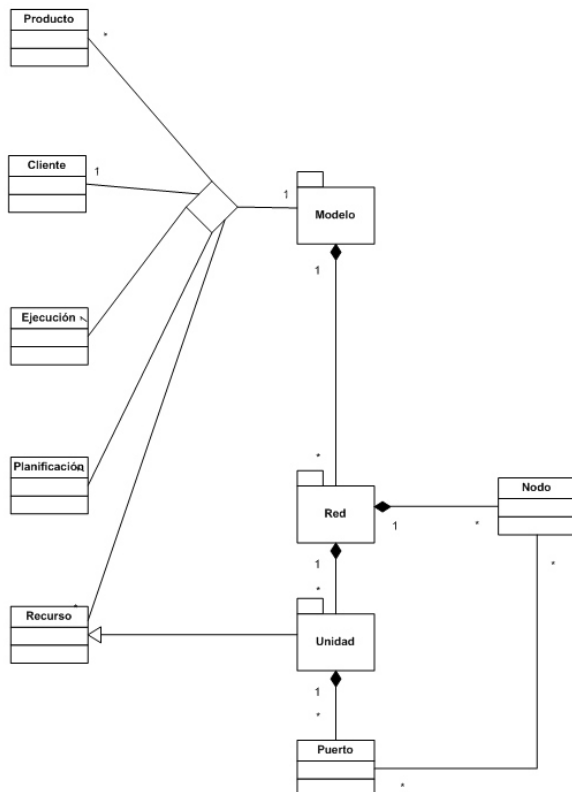
1. Recursos
2. Ejecución
3. Planificación
4. Productos
5. Clientes

La configuración del modelo está definida por la Red, y los recursos son representados por las unidades (recursos físicos) y los puertos (recursos de información). Una visión esquemática del modelo descrito se presenta en la siguiente figura.

Figura 7 . Meta Modelo propuesto



En la figura 8 se presenta el modelo antes descrito en notación UML.



En las siguientes secciones se realizará una descripción detallada de los elementos asociados al modelo.

2.2.1 Recursos

Los Recursos son todos aquellos elementos necesarios para que la UP alcance sus metas y genere sus productos. Los recursos pueden ser de distinta índole, es por esto que se categorizan de la siguiente manera:

1. Insumos: son todos los materiales o servicios requeridos para la generación de los productos del objeto de negocio. Entre los mismos se cuentan la materia prima, los productos intermedios y los servicios (electricidad, agua, gas, etc.).
2. Facilidades: son los equipos y facilidades de producción que forman parte del objeto de negocio o que apoyan a la misma para la generación de sus productos. Las facilidades son representadas por las unidades en el modelo propuesto.
3. RR.HH.: conforman el equipo humano que labora en la UP o que está relacionado con la ejecución de los procesos de la misma.
4. Información: corresponden a toda la información disponible sobre el proceso productivo. Dentro de esta categoría se encuentran las bases de datos, las bases de conocimiento y la información no estructurada (documentos, hojas de cálculo, presentaciones, etc.).
5. Lógicos: son aquellos recursos que sirven para interpretar, analizar y transformar los recursos de información. Incluyen los modelos de los procesos de la empresa, los estados posibles del objeto modelado, las aplicaciones que transforman los recursos de información y los recursos de conocimiento no tangibles, tales como la experticia.

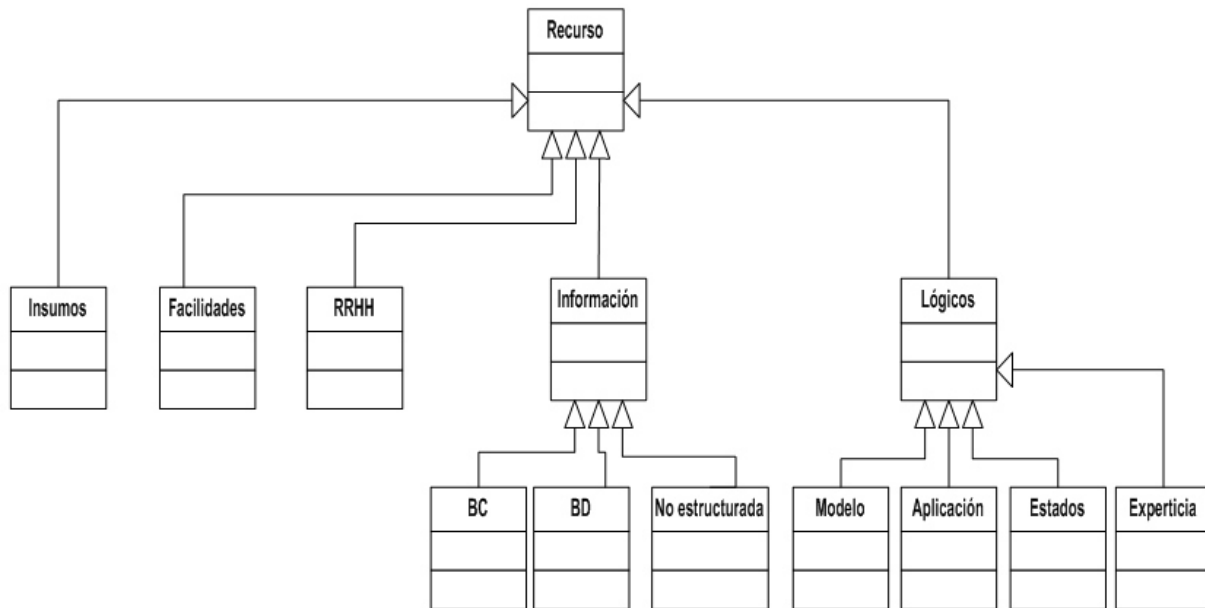
2.2.2 Ejecución

La ejecución es la que contiene la dinámica del modelo. Es mediante la misma que el objeto de negocio puede cumplir sus metas y generar los productos que le están asociados. La ejecución tiene dos componentes fundamentales: el estado actual y el flujo de operación.

El estado actual representa en cuál de los estados posibles se encuentra el objeto de negocio.

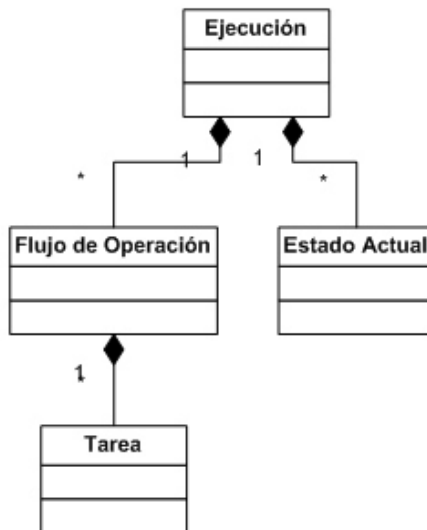
El flujo de operación representa la serie de actividades que se deben llevar a cabo para cumplir con los objetivos del objeto de negocio. La definición del flujo de operación se logra mediante programación en el tiempo de las tareas requeridas a ejecutar para cumplir con los objetivos de producción, en combinación con la asignación oportuna de los recursos requeridos en dichas tareas. Las tareas pueden ser algoritmos de

Figura 9 Tipos de Recursos



control, recetas, flujos de trabajo, reglas o cualquier otro mecanismo que permita utilizar los recursos de manera coherente y estructurada para cumplir con las metas del objeto de negocio.

Figura 10. Ejecución



2.2.3 Planificación

La Planificación es el proceso de diseñar los planes de

producción y sus estrategias de ejecución, en función de los escenarios posibles de operación. La planificación está compuesta por dos elementos: el escenario y el plan.

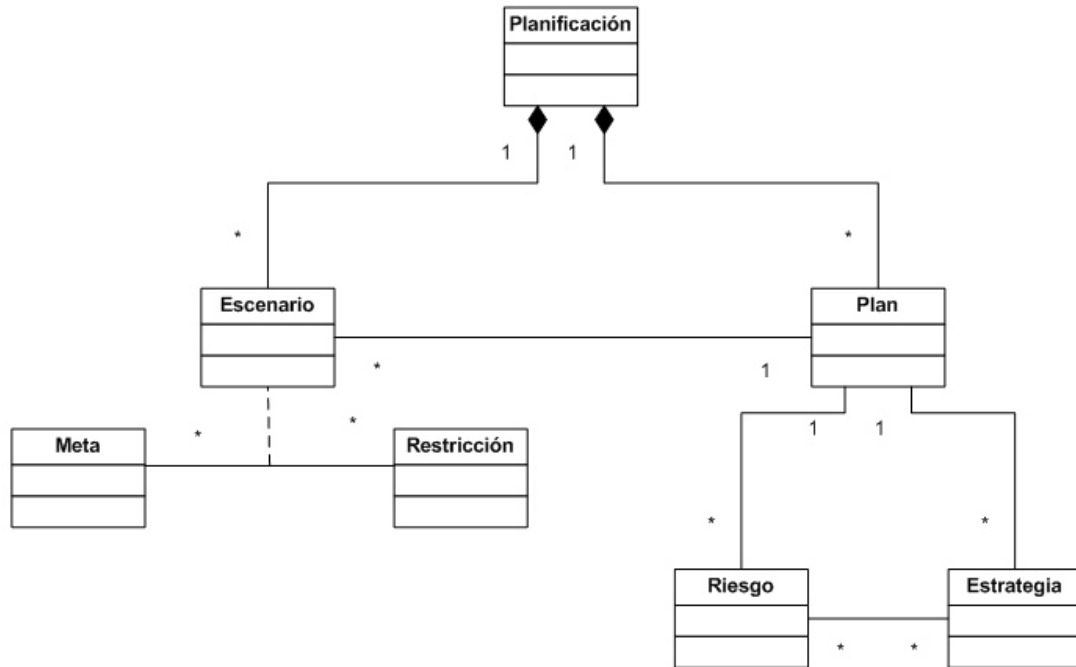
El escenario está definido por las metas del objeto de negocio y por las restricciones existentes. Un escenario contempla además las condiciones actuales de operación. Para cada escenario se asocia un plan de producción. Para cada plan se deben identificar sus riesgos y establecer las estrategias para minimizar dichos riesgos y garantizar la consecución del plan. Una vez elaborado el plan para un escenario determinado y definida la estrategia para la implementación de dicho plan, estos serán los insumos para la ejecución y definir el flujo de operación.

2.2.4 Productos

Los productos son el resultado de la operación del objeto de negocio. El producto tiene asociados los siguientes elementos: orden, especificación, componentes, stock y requerimientos de calidad.

La orden es el requerimiento por parte de un cliente de una determinada cantidad del producto. La especificación es la definición de las características del producto, mediante la cual se puede identificar si un producto satisface un determinado requerimiento. El stock define la cantidad disponible del producto y su localización. Los requerimientos de calidad son las

Figura 11. Planificación



condiciones mínimas con las que debe cumplir un producto para satisfacer el objetivo para el cual fue diseñado.

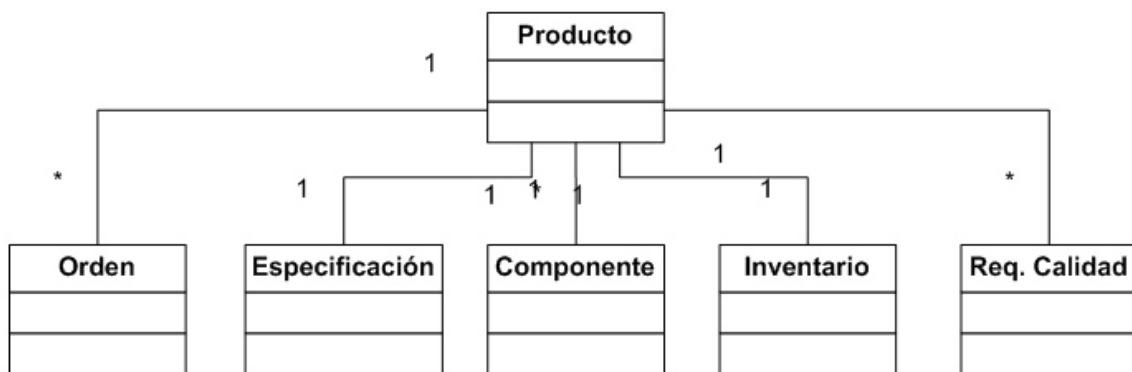
2.2.5 Cliente

El cliente es cualquier elemento de la cadena de producción o de la cadena de suministros que puede hacer un requerimiento de productos al objeto de negocio.

2.3 . CAPA DE GESTIÓN

Una vez plasmadas los objetos de negocio en el modelo de datos, se define una capa en donde se planifica, ejecuta, controla y optimiza la lógica de negocio de la empresa. A esta capa se le denomina "capa de gestión". La idea de esta capa es la automatización de los flujos de trabajo de la empresa por medio de técnicas de inteligencia artificial distribuida, implantadas sobre la

Figura 12. Producto



infraestructura de TI de la empresa. Esta capa puede implantarse en el nivel de abstracción que se desee, dependiendo de las capacidades de la plataforma de tecnología de información de la empresa y de la complejidad de sus procesos de negocio. De hecho, se pueden implantar capas de supervisión en uno, varios o todos los niveles de abstracción de la empresa.

Para la conformación de la capa de gestión se propone un SMA que desarrolle las tareas de monitoreo, control, planificación, gestión de recursos y gestión de la producción. Dicho SMA está compuesto por cinco agentes: Agente de Gestión de Recursos, Agente de Gestión de Activos, Agente de Control de la Ejecución, Agente de Gestión de la Producción y Agente de Planificación.

La descripción de los agentes se desarrolla a continuación:

Agente de Control de Recursos: este agente es el responsable de la gestión de todos los recursos requeridos por el objeto de negocio para su funcionamiento. Este agente es el responsable de acceder a las fuentes de datos que almacenan los

inventarios de los recursos, de forma de localizar los recursos requeridos, verificar su disponibilidad y de asegurar la asignación de los mismos a los procesos de negocio que los requieren. Este agente está compuesto por un "Broker" que se encarga de la localización y asignación de los recursos requeridos por el flujo de operación del objeto de negocio, y un "Proveedor" que se encarga de garantizar la disponibilidad de los recursos necesarios para la configuración del objeto de negocio.

Figura 14 Agente de Gestión de Recursos

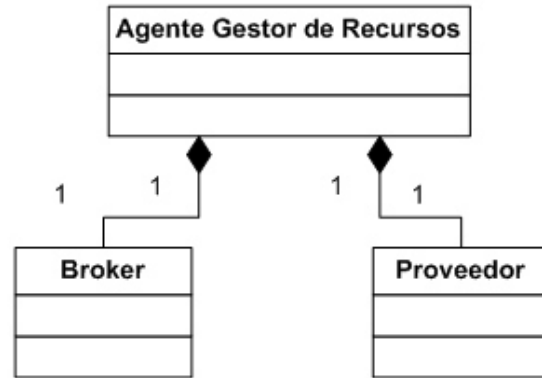
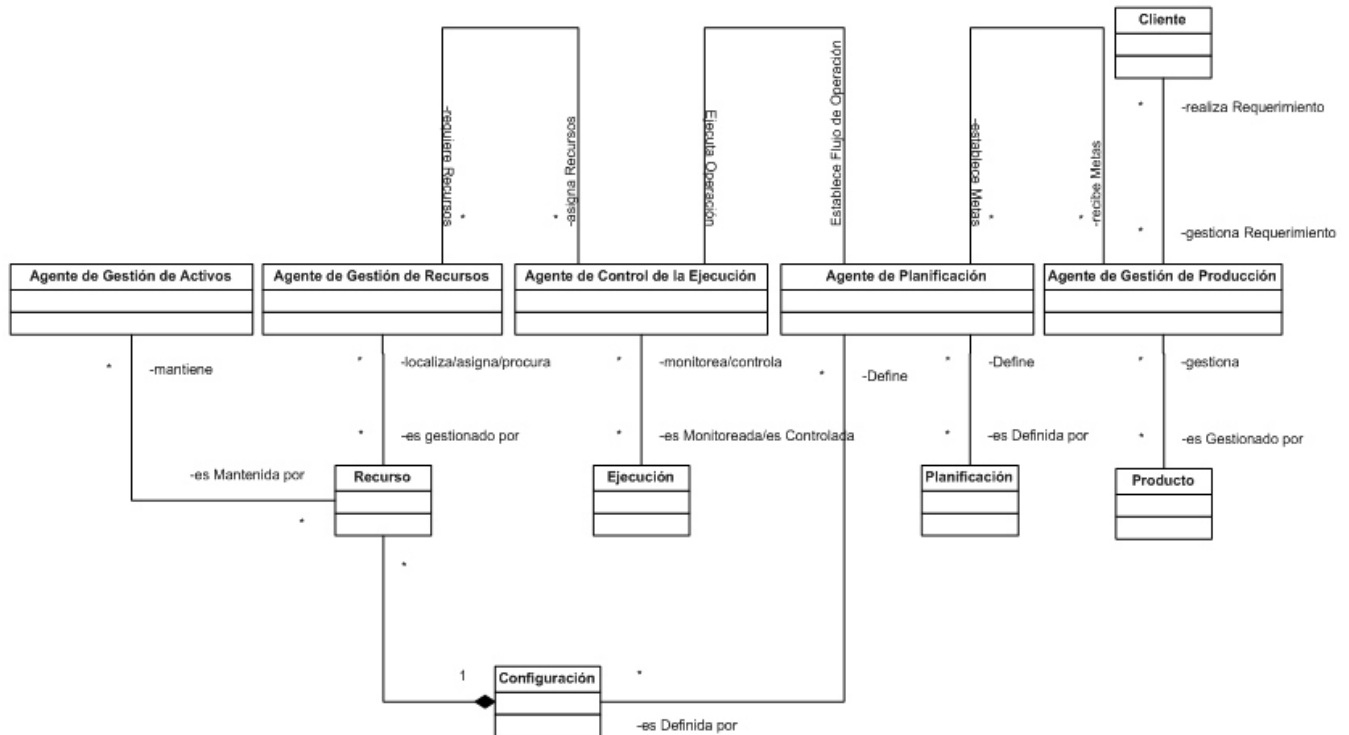


Figura 13 SMA Capa de Supervisión

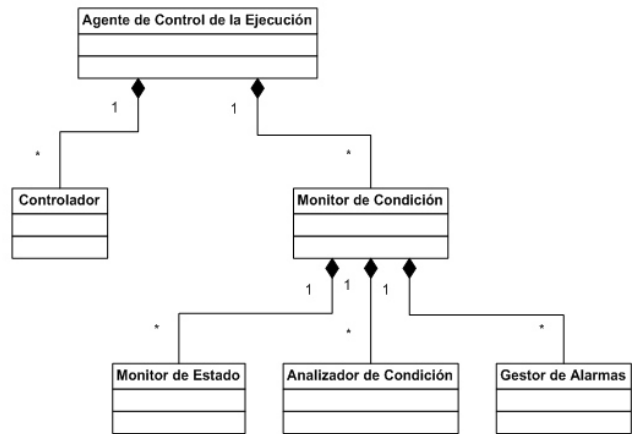


Agente Gestor de Activos: este agente se encarga de acceder a los sistemas de mantenimiento y de gestionar el ciclo de vida de los recursos del objeto de negocio, llevando las estadísticas de funcionamiento, monitoreando los planes de mantenimiento y calculando los índices de confiabilidad de cada recurso.

Agente de Control de la Ejecución: este agente se encarga del monitoreo de la ejecución del objeto de negocio, esto es el monitoreo del estado del objeto de negocio, el análisis de las condiciones de operación y la generación de alarmas ante la ocurrencia de situaciones anormales, a través del acceso a los sistemas de control de la producción y de la interpretación de la información provista por estos sistemas. Además, realiza análisis del estado del objeto de negocio y análisis de trayectorias, de forma de inferir futuros comportamientos y de detectar fallas de manera incipiente. Por otro lado, este agente se encarga de la definición de los mecanismos de operación requeridos para el cumplimiento de las metas del objeto de negocio, su supervisión y control. Este agente está compuesto por dos elementos: monitor de condición, que se encarga del monitoreo de la ejecución del objeto de negocio, y el controlador, el cual una vez definido el flujo de operación, se encarga de

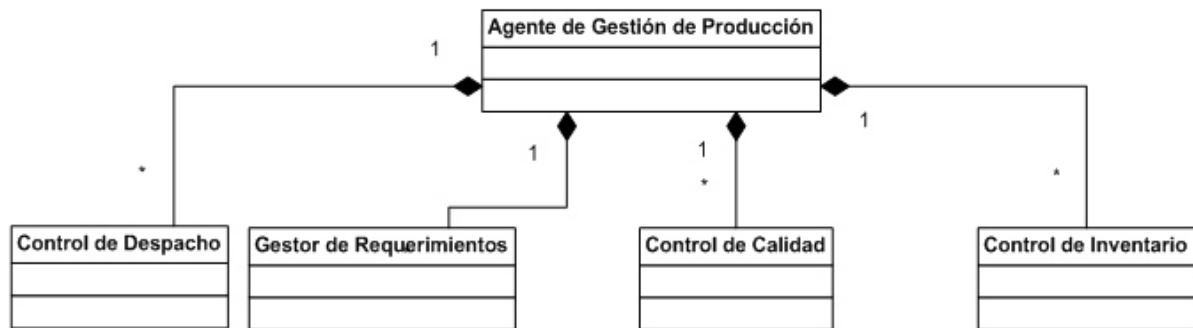
mantenerlo en los niveles deseados.

Figura 15. Agente de Control de la Ejecución



Agente de Gestión de Producción: este agente se encarga de gestionar todos los requerimientos de productos realizados al objeto de negocio, gestionar las órdenes de productos, manejar el inventario de productos y realizar el control de calidad de los mismos, a partir de la información almacenada en los sistemas

Figura 16 Agente de Gestión de Producción



de gestión de producción de la empresa.

Este agente puede cambiar las metas del objeto de negocio en función de la demanda o puede cambiar parámetros de operación en caso de que no se esté cumpliendo con los parámetros de calidad exigidos. Este agente se compone de los siguientes elementos: Gestor de Requerimientos, Control de Despacho, Control de Inventario y Control de Calidad.

Agente de Planificación: este agente es el encargado de generar el plan de producción del objeto de negocio. Así mismo, identifica los riesgos asociados

al plan de producción y genera las estrategias necesarias para mitigarlos. El Agente Planificador consta de cuatro elementos: el "Evaluador de Escenarios", el cual en función de la información sobre la condición del objeto de negocio, las metas establecidas, y las restricciones de recursos, identifica y evalúa los escenarios del objeto de negocio; el "Optimizador" el cual se encarga de generar el plan producción del objeto de negocio de acuerdo al escenario planteado y de generar las estrategias para la ejecución de dicho plan; el "Analizador de Riesgos", el cual identifica los riesgos asociados a los planes del

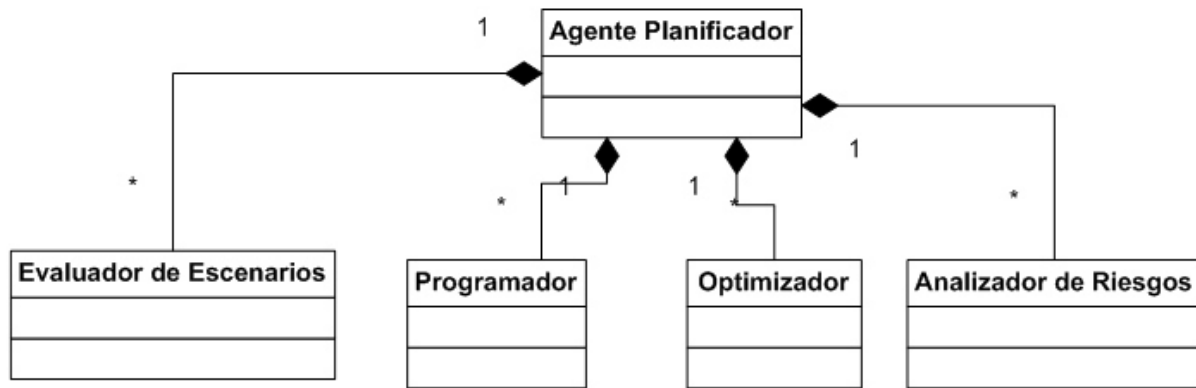
objeto de negocio y define mecanismos para mitigarlos; y el "Programador", el cual en función del plan de producción define el flujo de operación a ejecutar, mediante la asignación de recursos en base a la programación en el tiempo de tareas y funciones. El agente planificador sirve como integrador de la información requerida para la planificación en la empresa, generalmente distribuida en diversas fuentes de datos, identifica los escenarios posibles para la planificación, provee apoyo al decisor y, de ser posible, elabora automáticamente planes de producción; de lo contrario se sirve de los sistemas existentes en la

empresa para la elaboración y optimización de los planes de producción.

3. CONCLUSIONES

La integración de los diversos sistemas de las Empresas de Producción debe pasar por la definición de una arquitectura de la empresa, en donde estén bien definidos los objetos y procesos de negocio que la componen y los mecanismos de supervisión sobre los mismos. Para disminuir la complejidad al momento de la agregación de modelos entre los diversos niveles de la empresa, se requiere que dicha arquitectura

Figura 17. Agente de Planificación



disponga de una estructura común para cada nivel.

En este trabajo se ha presentado una arquitectura de referencia basada en Inteligencia Artificial Distribuida, que plantea tres capas: una capa de integración, un modelo de datos y una capa de gestión. La capa de integración contiene los mecanismos de acceso a las diferentes fuentes de datos y aplicaciones de la empresa, mediante el uso de servicios de conectividad.

Con el meta modelo de datos se representan los objetos de negocios y sus flujos de información y productos. El modelo está basado en las especificaciones PRODML y PROSA, las cuales son ampliamente aceptadas en la industria y en la comunidad de investigación. El modelo planteado utiliza la jerarquía de componentes propuesta en PRODML y la complementa con los elementos contemplados en PROSA dentro de la unidad holónica de manufactura, de forma de introducir componentes de información para la gestión de producción. Además se agregan algunos componentes adicionales para completar el modelo.

El modelo planteado permite:

- Representar los objetos de negocio mediante una estructura común que simplifica su modelado.
- Representar diversos niveles de la empresa mediante de forma composicional y recursiva.
- Representar los flujos de transferencia de productos e información entre las facilidades de la empresa

La capa de gestión propone un sistema multiagentes para realizar la planificación, ejecución y supervisión de los procesos de negocio, utilizando agentes para automatizar la ejecución de la lógica de negocio de la empresa mediante la implantación de agentes para control de recursos, gestión de activos, control de la ejecución, gestión de producción y planificación.

La definición de esta arquitectura es la base para la construcción de una meta capa de integración que permita la interoperabilidad entre los diversos sistemas de la empresa y el establecimiento de mecanismos de supervisión con una visibilidad total sobre sus procesos.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo fue financiado en parte por el proyecto No. 2005000170 del FONACIT, por el proyecto No I-820-05-02-AA del CDCHT-ULA, y por el programa de cooperación Francia-Venezuela: "PCP Automatización Integrada en Procesos de Producción" No. 200500380.

1999.

17. WBF. World Batch Forum. (www.wbf.org).

4. REFERENCIAS

1. Babicenu, Radu y Frank Chen. Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17, 111–131, 2006.
2. Bravo C., J. Aguilar, F. Rivas, M. Cerrada. "Design of an Architecture for Industrial Automation based on Multi-agents Systems", *Proceeding of the 16th IFAC World Congress*, 5 páginas (CD), Praga, Republica Checa, Julio 2005
3. Chacón, Edgar, Besembel, Isabel & Jean Claude Henet. *Coordination and Optimization in Oil & Gas Production Complexes*. ULA-LAAS. 2003.
4. Chacón, Edgar. *Nuevas Técnicas y Tecnologías en la Supervisión de Sistemas*. Universidad de los Andes. 2005.
5. Hidrobo, F. A. Ríos-Bolívar, J. Aguilar L. León An Architecture for Industrial Automation Based on Intelligent Agents. *WSEAS Transaction on Computers*, Issue 12, Volume 4, pp 1808-1815, December 2005
6. ISA. SP-95 Enterprise Control System Integration Part 1: Models and Terminology. ISA. 2002.
7. Jennings, N. y S. Bussmann. Agent Based Control Systems. *IEEE Control Systems Magazine*. Junio, 2003.
8. Linthicum, David. *Next Generation Application Integration. From Simple Information to Web Services*. Addison Wesley Information Technology Series. 2004.
9. Marik, Vladimir & Pavel Vrba. Simulation in Agent Based Control Systems: a MAST Case Study. *16th IFAC World Congress*. Praha. 2005.
10. OSI. Open Systems Interconnection Reference Model. International Organization for Standardization. www.iso.org
11. PABADIS. Plant Automation based on Distributed Systems. *Revolutionising Plant Automation – The PABADIS Approach*. White Paper. (www.pabadis.org). 2002
12. PRODML. Reference Architecture PRODML 1.0. www.prodml.org. Nov. 2006.
13. Ríos-Bolívar, A. F. Hidrobo, M. Cerrada, J. Aguilar. Control and Supervision System Development with Intelligent Agents. *WSEAS Transactions on Systems*, Issue 1, Vol. 6, pp 141-148, January 2007.
14. Schulte, Roy et al. Magic Quadrant for Integration Backbone Software 1H05. Gartner Group. 2005.
15. WITSML. WITSML Data Schema Overview. POSC. 2006. www.witsml.org
16. Wyns J. Architecture for Holonic Manufacturing Systems: The Key to Support Evolution and Reconfiguration. PhD thesis, K.U.Leuven, PMA Division.