

Modelado mediante sistemas multiagentes del ámbito funcional PPC del modelo CIM de Siemens.



**Fernando Cerón Imbachí.
Juan Pablo Torres Vernaza.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
POPAYÁN
2009**

Modelado mediante sistemas multiagentes del ámbito funcional PPC del modelo CIM de Siemens.

Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de
Ingenieros en Automática Industrial

Fernando Cerón Imbachí
Juan Pablo Torres Vernaza

Director
Juan Martín Velasco Mosquera
Magister

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
POPAYÁN
2009**

Nota de Aceptación

Director

Dr. Juan Martín Velasco

Jurado _____

Jurado _____

Fecha de sustentación: 22 de mayo de 2009.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo, manifiestan sus agradecimientos a su director, Dr. Juan Martin Velasco, al grupo de Automatización Industrial, a la Universidad del Cauca, a ingenieros, amigos y compañeros, quienes contribuyeron con el desarrollo de este trabajo.

*A mi familia, a mis amigos, profesores y a la Universidad del Cauca,
pero sobretodo a mis papás el apoyo y la confianza que
siempre han tenido en mi.*

JUAN PABLO

*Por que no hay impedimento para cumplir las metas que uno se propone;
con determinación, perseverancia y amor, llegaremos a ser
Lo que siempre hemos soñado.*

*Agradezco a Dios por acompañarme siempre,
a mis padres, María Elcira y Sixto Enrique, por su orientación y sacrificio,
a mis hermanos, amigos y demás familiares, por creer en mi,
a mis profesores de la universidad del cauca, por compartirme su
conocimiento.*

FERNANDO

CONTENIDO

Pág.

CAPÍTULO 1. PROYECTO DE TESIS.....	15
1.1 MOTIVACION.	15
1.2 POR QUÉ APLICAR M.A.S. PARA C.I.M.?	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	17
1.5 ALCANCE Y/O CONTRIBUCIÓN.....	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	18
2.1 AGENTES.....	18
2.1.1 ¿QUE ES UN AGENTE?	18
2.1.2. SISTEMAS MULTIAGENTE.	19
2.1.3 ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE AGENTES.	20
2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MAS:	21
2.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS MAS.	22
2.2 MODELO CIM DE SIEMENS	23
2.3 ÁMBITO PPC DEL MODELO CIM DE SIEMENS.	26
2.4 CASO DE ESTUDIO.....	29
2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	29
2.4.2 CADENA DE VALOR.....	29
CAPÍTULO 3: ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DEL MODELADO.	31
3.1 METODOLOGIAS PARA EL DESARROLLO DE UN MAS.	31
3.2 METODOLOGÍA DE SOPORTE PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIAGENTE.....	31
3.2.1 LA METODOLOGÍA MAS-CommonKADS.....	31
3.2.2 FASES DE DESARROLLO DE MAS-COMMONKADS.	32
3.2.3 ANÁLISIS CENTRADO EN EL USUARIO.....	33
CAPÍTULO 4: MODELO DE MAS RESULTANTE.....	35
4.1 CONCEPTUALIZACIÓN.....	35
4.1.1 CICLO DE DESARROLLO DE LOS CASOS DE USO.	35
4.2 ANÁLISIS.....	38
4.2.1 MODELO DE AGENTE.....	38
4.2.2 MODELO DE TAREAS.....	42
4.2.3 MODELO DE COORDINACIÓN.....	46
4.2.4 MODELO DE COMUNICACIÓN.....	64
4.2.5 MODELO DE LA ORGANIZACIÓN.....	66
4.2.6 MODELO DE LA EXPERIENCIA O DE CONOCIMIENTO.	73

4.2.7 MODELO DE DISEÑO.....	81
CAPÍTULO 5. DINÁMICA DEL MAS RESULTANTE.....	84
5.1 DESEMPEÑO GENERAL.....	84
5.2 DESEMPEÑO INTERNO.....	88
CAPÍTULO 6. ADAPTACIÓN DEL MODELO AL CASO DE ETUDIO.....	90
6.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES.....	90
6.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS DE USO.....	90
6.2 MODELO DE AGENTE ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.....	91
6.3 MODELO DE TAREAS ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.....	93
6.4 MODELO DE COORDINACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO:.....	94
6.5 MODELO DE COMUNICACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.....	98
6.6 MODELO DE LA ORGANIZACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.....	99
6.7 MODELO DE LA EXPERIENCIA ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.....	100
CAPITULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	108
7.1 METODOLOGÍA OBTENIDA.....	108
7.2 COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS DE MODELADO.....	109
7.3 CONCLUSIONES.....	109
7.4 TRABAJOS FUTUROS.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Arquitectura de árbol fijo.	20
Figura 2. Red de agentes conectados.	20
Figura 3. Colección de grupos de agentes conectados.	21
Figura 4. Niveles de representación basados en abstracción.	21
Figura 5. Arquitectura de pizarra.	21
Figura 6. Modelo CIM de Siemens.	24
Figura 7. Integración total de la empresa.	25
Figura 8. Estructura interna PPC.	26
Figura 9. Cadena de valor del proceso de obtención de café de consumo.	30
Figura 10. Los modelos de MAS-CommonKADS	32
Figura 11. Casos de uso [propia].	36
Figura 12. Dependencia directa de funciones.	48
Figura 13. Conversación entre agentes.	49
Figura 14. Estructura extendida de pizarra [18].	50
Figura 15. Sistema de pizarra.	50
Figura 16. Conversaciones agente 1.	52
Figura 17. Conversaciones agente 2.	52
Figura 18. Conversaciones agente 3.	53
Figura 19. Conversaciones agente 4.	53
Figura 20. Conversaciones agente 5.	54
Figura 21. Conversaciones agente 6.	54
Figura 22. Conversaciones agente 7.	55
Figura 23. Conversaciones agente 8.	55
Figura 24. Conversaciones agente 9.	55
Figura 25. Consulta y cooperación a través de pizarra.	61
Figura 26. Cooperación entre agentes 1 y 2	63
Figura 27. Cooperación entre agentes 3 y 4.	63
Figura 28. Cooperación entre agentes 6 y 7.	63
Figura 29. Conducta de las conversaciones de los agentes con la pizarra.	64
Figura 30. Casos de uso: lanzar orden de trabajo y determinar programa	64

Figura 31. Caso de uso: visualizar herramienta.	65
Figura 32. Caso de uso: modificar datos.	65
Figura 33. Interacciones genéricas para el caso de uso: establecer programa.	66
Figura 34. Interacciones genéricas para el caso de uso supervisión de herramientas.	66
Figura 35. Interacciones genéricas para el caso de uso: modificar datos.	66
Figura 36. Jerarquía de agentes.	67
Figura 37. Agrupación de agentes.	67
Figura 38. Arquitectura agente reactivo [18]	69
Figura 39. Arquitectura de agente deliberativo [18].	69
Figura 40. Arquitectura híbrida	71
Figura 41. Arquitectura híbrida	71
Figura 42. Principales componentes del modelo de la experiencia [14]	73
Figura 43. Descomposición del modelo de diseño fuente [14].	82
Figura 44. Convención de colores para agentes.	84
Figura 45. Dinámica de establecer programa del MAS.	86
Figura 46. Dinámica del MAS para la ejecución de los programas.	87
Figura 47. Validación de requerimiento vs. Capacidad de producción	88
Figura 48. Validación requerimiento vs. Disponibilidad de materia prima.	88
Figura 49. Validación de requerimiento con capacidad de almacenamiento.	89
Figura 50. Caso de uso Jefe de producción.	90
Figura 51. Caso de uso operario	90
Figura 52. Conversación C1.	95
Figura 53. Conversación C2	95
Figura 54. Conversación C3	96
Figura 55. Conversación C4	96
Figura 56. Conversación C5.	97
Figura 57. Conversación C6.	97
Figura 58. Conversación C7	98
Figura 59. Interacciones genéricas para el caso de uso: establecer programa	98
Figura 60. Interacciones genéricas para el caso de uso: supervisión de herramientas	99

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Funciones de Programación y Control de la Producción PPC (parte 1).	27
Tabla 2. Funciones de Programación y Control de la Producción PPC (parte 2).	28
Tabla 3. Flujo de Información interna PPC.	28
Tabla 4. Dependencia de funciones del ámbito PPC	47
Tabla 5. Resumen de interacción entre agentes.	48
Tabla 6. Resumen de cooperación entre agentes.	62
Tabla 7. Variables monitoreadas del sistema.	72
Tabla 8. Resumen de componentes del modelo de la experiencia (parte 1).	77
Tabla 9. Resumen de componentes del modelo de la experiencia (parte 2).	80
Tabla 10. Caracterización de variables.	100
Tabla 11. Pedidos.	101
Tabla 12. Modelo de experiencia del agente 1.	101
Tabla 13. Modelo de experiencia del agente 2.	102
Tabla 14. Modelo de experiencia del agente 3.	102
Tabla 15. Modelo de la experiencia del agente 4.	102
Tabla 16. Modelo de experiencia del agente 5.	103
Tabla 17. Modelo de experiencia del agente 6.	103
Tabla 18. Modelo de experiencia del agente 7.	104
Tabla 19. Modelo de experiencia del agente 8.	104
Tabla 20. Acciones en el modelo de experiencia.	107

ANEXOS

Anexo A. Metodología de trabajo.

Anexo B. Organización del documento.

Anexo C. Descripción del proceso de obtención de café para consumo de forma textual y bajo el estándar ISA 88.

Anexo D. Metodologías para el desarrollo de un MAS.

Anexo E. Tareas de agentes en diagramas de definición integrada

Anexo F. Control de la pizarra.

Anexo G. Sistemas de control basados en agenda y en eventos.

Anexo H. Entrevistas a empresas sobre las funciones propuestas por el CIM de siemens para la planificación y el control de la producción. (PPC).

RESUMEN

El siguiente trabajo contempla una serie de información y actividades que permiten realizar un modelado del ámbito funcional PPC, componente del modelo de integración empresarial desarrollado por ingenieros de la firma alemana Siemens, a través de sistemas multiagente; este documento contiene un proceso analítico para la realización del modelado, además de una aplicación a un caso de estudio de los resultados obtenidos; por último, se realizan las conclusiones del ejercicio para determinar las ventajas del modelo obtenido.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas han llegado a niveles de productividad que hace algunos años serían inalcanzables; esto ha generado un consecuente y elevado nivel de competencia entre las mismas, por lo que día a día las empresas buscan cómo mejorar sus niveles de producción usando diferentes tipos de tecnología que faciliten las operaciones dentro del proceso productivo; desde hace algún tiempo, al crecer las empresas tanto en niveles de producción como físicamente, se ha dificultado el manejo de toda la información entre las diferentes áreas de la mismas; es por ello por lo que ingenieros de la firma alemana Siemens entran a tratar de solucionar este inconveniente presentando su modelo CIM, considerando un concepto de “logística de información”, el cual concientiza de que “es necesario contar con la información correcta, en cantidad y calidad adecuada a las necesidades, en el momento preciso y en el lugar adecuado”.

El objetivo de los sistemas CIM es integrar las distintas áreas funcionales de una organización productora de bienes a través de flujos de materiales e información, mediante la automatización y coordinación de sus distintas actividades, utilizando el soporte de plataformas de “hardware”, “software” y comunicación. El concepto de CIM es introducido por IBM alrededor de los años 70 bajo una filosofía denominada COPICS (communication oriented production information and control system) que involucraba actividades tales como control de datos de ingeniería y de producción, servicio al cliente, pronóstico de demandas, planificación maestra de la producción, gestión de inventarios, lanzamiento de órdenes, monitoreo y control de planta, planificación y control de costos, entre otras; como vemos, el concepto de CIM involucra múltiples actividades, por lo que no se puede ver el concepto CIM como un producto, sino como una estrategia para desarrollar a largo plazo.

Vemos entonces cómo el manejo de información a través de los modelos CIM involucra elevada importancia dentro de las grandes empresas, por lo que se ha propuesto trabajar en ello en el presente documento con el afán de buscar mejoras en su desempeño, para ello se propone modelar el CIM utilizando la tecnología de sistemas multiagente, muy conocida en el medio de la informática y la inteligencia artificial.

La tecnología de agentes/sistemas multiagente (SMA) está realizando importantes aportes en la resolución de problemas en diversos dominios (comercio electrónico, subastas electrónicas, medicina, bolsa, etc.), donde aproximaciones tradicionales no proporcionan soluciones suficientemente satisfactorias. En concreto, la industria de fabricación es uno de los dominios donde la tecnología de agentes/SMA proporciona una forma natural para resolver problemas que son inherentemente distribuidos [9]. Un Agente es una entidad software que recoge, filtra y procesa información contenida en un dominio, realiza inferencias sobre dicha información e interactúa con el entorno sin necesidad de supervisión o control constante por parte del usuario. Estas tareas son realizadas en representación del usuario o de otro agente.

Como es visto, la tecnología en mención presenta diferentes características que se desean aprovechar en este proyecto para la mejora del sistema CIM de Siemens, específicamente el ámbito PPC del mismo; en concreto el presente proyecto pretende realizar un modelado del ámbito PPC del modelo CIM de Siemens a través de

sistemas multiagente, con el objetivo de tratar la información de una forma más inteligente que permita la evolución del concepto aplicado por Siemens, al alcanzar mejoras en el tratamiento, recuperación y disponibilidad de información.

Este documento contiene los resultados del trabajo desarrollado. Inicialmente se introduce al lector en el conocimiento de algunos conceptos teóricos necesarios para la comprensión del proyecto, así como también se muestra en detalle el ámbito PPC del modelo Siemens. Posteriormente, se explica la metodología propuesta para realizar el mapeo del ámbito y los sistemas multiagente; luego, se describe el modelo resultante destacando los aportes realizados a éste. Para validar el modelo se efectúa una aplicación ilustrativa al caso de estudio: "Empresa Café la Palma Ltda.". Finalmente, se plantean trabajos futuros y se destacan algunas conclusiones. Adicionalmente, se presenta una documentación correspondiente a los anexos, que tiene como finalidad mostrar de una manera más detallada el trabajo realizado.

CAPÍTULO 1. PROYECTO DE TESIS.

El presente capítulo tiene como propósito brindar al lector una visión global del trabajo de grado presentando el problema en detalle, los objetivos, metodología empleada (anexo A) y, por último, una visión de la estructura del documento (anexo B).

1.1 MOTIVACION.

La tecnología de inteligencia artificial (IA) que ha avanzado mucho en los últimos años, es una de las disciplinas más nuevas, además de ser uno de los campos en que a la mayoría de los científicos " más les gustaría trabajar". Una de las grandes razones por la cuales se realiza el estudio de la IA es el poder aprender más acerca de nosotros mismos y a diferencia de la psicología y de la filosofía que también centran su estudio en la inteligencia, la IA y sus esfuerzos están encaminados tanto a la construcción de entidades inteligentes como a su comprensión. En este orden de ideas y tratando de continuar con el avance de aplicaciones de la tecnología de multiagente, se busca en el presente documento romper y/o sobrepasar esquemas propios de los modelos de integración empresarial, los cuales se muestran como una herramienta potente para el desarrollo de las industrias ya que sintetizan métodos y formas para presentar, almacenar y comunicar la información y los conocimientos dentro de los procesos productivos.

Teniendo en cuenta la definición de Lugar y Stubblefield en 1993 que afirma que La inteligencia artificial es la rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente y basándose en el enfoque de la inteligencia artificial que la concibe como el intento por desarrollar una tecnología capaz de proveer al ordenador capacidades de razonamiento similares a los de la inteligencia humana, se plantea este trabajo de grado como primer paso para llevar la inteligencia artificial expresada en modelos de integración a la industria, automatizando mejor los procesos que la determinan y buscando a futuro un modelo totalmente inteligente.

1.2 POR QUÉ APLICAR M.A.S. PARA C.I.M.?

Siendo conscientes de la problemática que presenta el manejo de la información en los entornos industriales debido a su inminente distribución física y conceptual, el presente trabajo de grado pretende mostrar a la tecnología MAS (sistemas multiagente) como un elemento interesante que puede llegar a solucionar y/o amortizar dicha problemática, pues esta tecnología está basada en la descentralización de funciones e información, motivando un ambiente colaborativo, además de forjar la autonomía como una de sus cualidades básicas. Encaminados en la búsqueda de soluciones, se plantea partir desde un modelo que integra la información de procesos industriales; se habla, entonces, del modelo Siemens, que es respaldado por aplicaciones verídicas en diferentes empresas; este modelo servirá, entonces, como base en la organización de información donde el MAS desea ejecutarse para mejorar el desempeño del modelo y de las empresas que lo utilicen.

Por otra parte, es importante mencionar que en la última década ha cobrado fuerza la hipótesis de que si los programas que componen los sistemas distribuidos fueran inteligentes, si pudiesen reorganizar sus funciones para corregir o tolerar los fallos y si su coordinación pudiese estructurarse en términos intuitivos, el diseño y el

mantenimiento de dichos sistemas sería más fácil de elaborar, más adaptable y más fiable; éstas serían características excepcionales en una empresa que busca fortalecerse para ser más competitiva partiendo de la mejora de sus procesos.

Bajo el punto de vista de esta tecnología, los sistemas distribuidos pasan a ser Sistemas Multiagente (SMA). Los SMA se desarrollan sobre middleware y proporcionan un nuevo nivel de abstracción más intuitivo [2]. El diseño de SMA, generalmente, se aborda pensando en los agentes como entes con motivación. En lugar de modelar un sistema con componentes que ejecutan métodos, el desarrollador tiene que pensar en los objetivos que los componentes deben alcanzar y en las tareas necesarias para que lo consigan. Al desarrollar los componentes así, se espera que el proceso sea más intuitivo ya que esta forma de modelar y de razonar se halla más cerca del pensamiento humano que los paradigmas de programación tradicionales.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el continuo avance de nuevas tecnologías se pueden encontrar actualmente diversas herramientas para elaborar sistemas de integración empresarial, unas con mayores ventajas que otras, las cuales han sido utilizadas en un sinnúmero de aplicaciones. De todas las herramientas se busca encontrar o desarrollar la más adecuada y que preste realmente mayores alcances en una diversidad de aplicaciones afines con el entorno industrial; en busca de este propósito se plantea desarrollar una aplicación propia, utilizando algunos conceptos tecnológicos de punta como son los sistemas multiagente, ello con el fin de aprovechar el potencial que pueden brindar por las características que presentan, las cuales se enseñarán más adelante. Para el desarrollo del presente proyecto se ha resuelto tomar como referencia un modelo de integración empresarial que cuenta con el respaldo de ingenieros de la firma alemana Siemens [15], el cual permite describir las tareas más relevantes en un proceso productivo, teniendo en cuenta la definición de algunos ámbitos que facilitan la comprensión y ejecución de las tareas que se llevan a cabo a lo largo de la cadena de valor de cualquier proceso productivo; es este modelo la base para el desarrollo de un trabajo con sistemas multiagente buscando el mejor desempeño del sistema de integración que dispone ahora de nuevas tecnologías.

En esencia el problema radica en la representación o mapeo de las funciones de uno de los ámbitos del modelo de Siemens como agentes inteligentes que coordinen sus tareas y establezcan una adecuada comunicación para mejor desempeño en tiempos más cortos y de una forma más eficiente.

Delimitando el proyecto, a la vez, se ha resuelto tomar sólo un ámbito del modelo Siemens como se mencionó anteriormente; este ámbito es Planificación y Control de la Producción o PPC ("Production Planning and Control"), el cual designa la utilización de sistemas informáticos para organizar la producción, realizar el control y el seguimiento de las distintas etapas de producción. Es importante mencionar que el presente trabajo no involucra ningún tipo de desarrollo software, sin descartar tal aplicación como una continuación en trabajos futuros, como se menciona más adelante.

Planificación y control de la producción es uno de los ámbitos más relevantes dentro del modelo CIM de Siemens pues presenta relación directa con casi todos los ámbitos

del modelo, excepto con CAQ, como se muestra en la Figura 6; ello permitirá facilidades para el modelado de los otros ámbitos a futuro. Es ésta una de las razones por la cual se ha escogido este ámbito como objeto para el desarrollo del presente proyecto.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Modelar funciones del ámbito PPC del modelo CIM de Siemens mediante agentes de un Sistema Multiagente partiendo del uso de una metodología idónea, aplicando los resultados al caso de estudio "CAFÉ LA PALMA".

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Modelar funciones generales del ámbito PPC como agentes.
- Obtener una metodología para la representación de funciones del modelo CIM mediante sistemas multiagente.
- Adaptar el modelo obtenido al caso de estudio "CAFÉ LA PALMA".
- Notar las ventajas del modelo obtenido mediante la comparación con otras técnicas de modelado.

La metodología de trabajo para la consecución de los objetivos esta contenida en el anexo A de este documento.

1.5 ALCANCE Y/O CONTRIBUCIÓN.

El presente trabajo toma como marco de referencia el modelo de integración empresarial (CIM) de la empresa alemana Siemens al que se le incorpora el concepto de sistemas multiagente (MAS), con el fin de contribuir al modelo en los ítems de autonomía, flexibilidad y adaptabilidad.

Este proyecto describe la consecución del modelo de agentes especificando la metodología usada, problemas encontrados y conclusiones que haya dejado dicho ejercicio; es importante resaltar, una vez más, que el presente trabajo determina el modelo y se vale de un caso de estudio para enseñar su concepto, sin que ello implique una aplicación software; esta aplicación se puede desarrollar en un trabajo futuro que puede pretender la continuación del modelo aquí expuesto.

Por último, se realiza una comparación del modelo obtenido con el modelo original y/o con otros modelos con el fin de que se permita identificar las posibles ventajas que hayan resultado en el propuesto ejercicio. La organización de este documento se explica en el anexo B.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

2.1 AGENTES.

2.1.1 ¿QUE ES UN AGENTE?

El concepto de agente de software se remonta a la década de los 70's al modelo de "Actor Concurrente" propuesto por Hewitt (Hewitt 1977) [5]. De este modelo se deriva el concepto de agente autónomo, interactivo y ejecutor-concurrente. Tenía cierto estado interno encapsulado y podía responder a los mensajes de otros objetos similares (Hewitt 1977). Originalmente se describía a los agentes como "Actores", luego fue Minsky (Minsky 1986) quien acuñó la palabra "Agente".

A pesar de que los agentes inteligentes se han convertido en un área tecnológica que crece rápidamente, aún no existe un acuerdo sobre qué es exactamente un agente [6]. En el estudio de ellos se encuentran muchas definiciones; algunas de éstas enfatizan en las características que poseen los agentes, otras se basan en el hecho de que los agentes se encuentran dotados de un conjunto de sensores, que le ayudan a percibir el estado actual del ambiente en el que están inmersos y un conjunto de efectores que le ayudan a modificar el estado actual de dicho ambiente; otros autores adjudican características a los agentes; en la mayoría de estas definiciones está presente la autonomía como característica principal; además mencionan el hecho de que los agentes habitan determinado ambiente que puede ser estático o dinámico, existiendo la sociabilidad, lo que introduce la necesidad de comunicación de los agentes con otros; el agente debe entender las necesidades, objetivos y preferencias del usuario, ya que de dicha comunicación o interacción usuario-agente depende que el agente pueda llevar a cabo su función de forma eficiente. Así mismo, debe poder comunicarse con el entorno mediante representaciones compartidas de conocimiento (ontologías).

Luego de la revisión de varias de las definiciones existentes acerca de agentes, se podría decir que existe una que puede ser considerada como la más clara y completa; es la propuesta por Wooldridge y Jennings, la cual consta de dos partes [6]:

Primera definición (definición débil): un sistema computacional hardware o software que goza de las siguientes propiedades.

- **Autonomía:** los agentes operan sin una directa intervención de humanos u otros, y tienen cierto grado de control sobre sus acciones y su estado interno
- **Habilidad Social:** los agentes interactúan con otros agentes (y posiblemente con humanos) vía algún tipo de lenguaje de comunicación entre agentes
- **Reactividad:** los agentes perciben su ambiente, (que puede ser el mundo físico, un usuario vía una interfaz gráfica, una colección de otros agentes, Internet, o tal vez todos estos combinados), y responden de una manera 'timely' (oportuna) a cambios que ocurren en él.
- **Pro actividad:** los agentes no actúan simplemente en respuesta a su ambiente, son capaces de exhibir comportamiento oportunista, dirigido por objetivos, tomando iniciativas cuando sea apropiado.

Segunda definición (definición fuerte o reflexiva): Un Agente, además de las características anteriores tiene una o más de las siguientes características:

- **Nociones Mentales:** un agente tiene creencias, deseos e intenciones.
- **Racionalidad:** un agente realiza acciones a fin de lograr objetivos.
- **Veracidad:** un agente no es capaz de comunicar información falsa a propósito.
- **Adaptabilidad o Aprendizaje.**

La noción actual es aquella según la cual los agentes de software son programas que actúan en representación de sus usuarios humanos o dueños para realizar tareas complicadas de manejo de información (Gómez 2003; Green et al.1997).

2.1.2. SISTEMAS MULTIAGENTE.

Los sistemas Multiagente (MAS) surgen en la década de los 80`s a partir de las investigaciones de los agentes de software, aunque fue en la década de los 90`s donde ganó notoriedad digna de ser destacada (Wooldridge 2002) [4]. Un MAS es una sociedad organizada compuesta por agentes semiautónomos que interactúan entre sí, ya sea para colaborar en la solución de un conjunto de problemas o en consecución de una serie de objetivos individuales o colectivos. Estos agentes informáticos pueden ser homogéneos o heterogéneos y pueden tener metas comunes o no, pero siempre involucrarán algún grado de comunicación entre ellos (Lemaitre 1998; Boissier & Demazeau 1991). El MAS puede ser aplicado a todo aquel sistema que contenga los siguientes elementos (Ferber1999):

- Un ambiente, el cual es un espacio con volumen.
- Un conjunto de objetos: se encuentran ubicados en el ambiente y pueden ser percibidos, creados, destruidos y modificados por los agentes.
- Un conjunto de agentes, los cuales son objetos específicos que representan las entidades activas del sistema.
- Un conjunto de relaciones, las cuales enlazan objetos y agentes entre ellos.
- Un conjunto de operaciones que hacen posible que los agentes perciban, produzcan, consuman transformen y manipulen los objetos.
- Operadores con la tarea de representar la aplicación de estas operaciones y la reacción del mundo a ese intento de modificación.

Los MAS incluyen diversos agentes que interactúan o trabajan en conjunto, pueden contener agentes homogéneos o heterogéneos. Cada agente es básicamente un elemento capaz de resolver autónomamente problemas y operar de manera asíncrona, con respecto a los otros agentes [8]. Para que un agente pueda operar como parte del sistema es necesario la existencia de una estructura que permita la comunicación y/o interacción entre los agentes que componen el MAS.

Los múltiples agentes de un MAS pueden tener cada uno diferentes capacidades de percepción y acción del mundo. Cada esfera tiene influencia distinta sobre el ambiente, es decir, será capaz de influenciar diferentes partes del ambiente (Jennings 2000). Las esferas de influencia pueden coincidir dependiendo de las relaciones existentes entre los agentes; según este concepto se puede decir que la estructura de los MAS posee dos vistas:

- **Vistas Estáticas:** Se refiere a la organización de agentes como una red. Con enlaces de comunicación. Las interacciones básicas tienen que ver con lo que se intercambia: conocimiento, Metas, planes o escogencias.
- **Vistas Dinámicas:** define la manera y el momento de usar la red. Los enlaces entre los agentes se usan tanto para comunicación simple como influencia sobre el control.

2.1.3 ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE AGENTES.

Las arquitecturas identificadas de MAS son (Boissier & Demazeaus, 1991; Lejter & Dean, 1996) [13]:

Arquitectura de árbol fijo: Es la imagen de sistemas que se usan estrategias de control jerárquicas tradicionales.

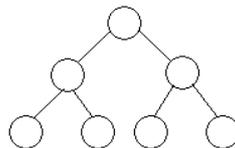


Figura 1. Arquitectura de árbol fijo.

Red de Agentes Conectados: cada agente establece conexión con cada uno de los otros sistemas, correspondiendo con la imagen de un sistema que usa estrategias de coordinación tales como esquemas de comunicación. Véase figura 2.

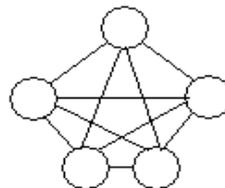


Figura 2. Red de agentes conectados.

Colección de Grupos de agentes Conectados: los agentes que componen un grupo interactúan con otros grupos vía agente escogido como representante del grupo, y a su vez, todos los agentes representantes se juntan en un grafo completamente conectado, formando concilio. Véase figura 3.

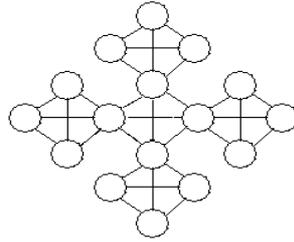


Figura 3. Colección de grupos de agentes conectados.

Niveles de Representación Basados en Abstracción: es la imagen del sistema distribuido jerárquico, donde cada nivel de agente es independiente de los otros niveles, los agentes de un nivel interactúan con los agentes de los niveles adyacentes, y cada uno de los niveles de agentes corresponde a un nivel de abstracción en la descomposición de un sub-problema. Los agentes de un mismo nivel tienen la misma jerarquía dentro del sistema.

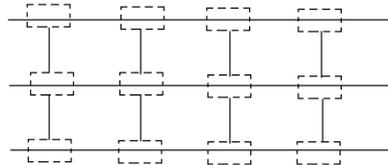


Figura 4. Niveles de representación basados en abstracción.

Por otra parte, a principios de los años 70, los sistemas de pizarra surgen con el sistema de comprensión del habla Hearsay, desarrollado por la Universidad Carnegie Mellon como parte de un proyecto de DARPA; este sistema será tratado a lo largo de este trabajo de tesis por ser adoptado como arquitectura del modelo.

Arquitectura de pizarra: es la arquitectura donde hay un ente central que coordina y almacena la información del sistema; esta arquitectura es ampliamente utilizada en inteligencia artificial; el área central es un área común a los agentes, donde pueden intercambiar datos, información y conocimiento [3].

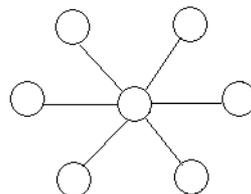


Figura 5. Arquitectura de pizarra.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MAS:

De acuerdo con varios autores como Deshpande, Xu & Deters, Sugawara, Castrillón, Pérez, Ferber, reconocidos expertos de esta temática, las características que deben poseer los sistemas multiagente son:

Organización Social: Es la manera como los agentes o grupos de agentes se organizan dentro del sistema de acuerdo con la función o el rol que le corresponda,

sus características, responsabilidades, necesidades y teniendo en cuenta el propósito de la comunicación con los demás agentes.

Cooperación: Es el resultado de compartir datos intermedios para producir un avance en la solución de las metas particulares de otros agentes y, a la vez, aportar al logro progresivo de las metas globales del sistema. Para algunos autores, la cooperación también se entiende como negociación entre los agentes. Las negociaciones pueden surgir desde la solución de conflictos entre agentes competitivos hasta la división de las tareas entre agentes cooperativos. Los sistemas de negociación entre agentes pueden ser clasificados en tres tipos: negociación basada en teoría de juegos, basada en modelos heurísticos y negociación basada en argumentación (Flores 2005).

Coordinación: Es una propiedad de los sistemas de agentes que se encuentran realizando una actividad en un ambiente compartido. Por medio de la comunicación los agentes pueden coordinar sus acciones y comportamientos, con el consiguiente resultado de sistemas más coherentes, es decir, sistemas que se comportan bien como una unidad. En síntesis, el objetivo de la coordinación es evitar situaciones de conflictos entre los agentes.

Control: Es el mecanismo básico de apoyo para implementación de los mecanismos de coordinación en un MAS. Este puede ser considerado desde dos puntos de vista: control global y control local.

Comunicación: Los agentes pueden comunicarse con el fin de alcanzar sus metas o la sociedad o sistema en el cual habitan. Existen tres aspectos formales con relación al estudio de la comunicación: Sintaxis, Semántica y Pragmática.

2.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS MAS.

Por otra parte es importante mencionar que los tipos existentes de MAS se pueden clasificar en (Pérez 2000):

Auto-organizados: Cada agente dentro del sistema realiza sus tareas de acuerdo con sus propias metas y el comportamiento global del sistema emerge de los comportamientos individuales de los agentes. Son sistemas en los cuales no hay presencia de un elemento central que organice y controle.

Cooperativos: Los agentes se comunican continuamente para compartir información y determinar las tareas que deben realizar a nivel individual de manera que se avance en el sentido de alcanzar una meta global. El control del MAS se apoya en los mecanismos de coordinación y negociación para permitir la interacción entre los agentes. Este tipo de agentes es idóneo para la consecución del MAS propuesto, pues comprende las actividades que netamente se consideran dentro de la dinámica del sistema; por ello se considera que los agentes que se enseñarán más adelante deben estar clasificados como agentes cooperativos.

Adaptativos: El sistema en general por su funcionamiento anterior o su experiencia pasada, se va ajustando en su comportamiento a los requerimientos de la solución global.

2.2 MODELO CIM DE SIEMENS

En primera instancia se hablará un poco del término CIM (computer integrated manufacturing). A pesar de que es un concepto relativamente nuevo (el término fue acuñado por Harrington en 1973), CIM ha recibido una gran parte de atención de los administradores de producción y control de inventario, consultores, e investigadores, pues representa un importante camino para que la manufactura pueda mejorar su competitividad en mercados domésticos y globales, ya que en los últimos años los mercados internacionales de bienes de producción sufrieron un cambio radical porque ahora es el cliente quien define el mercado, o sea el producto y sus características, y es el fabricante quien debe adecuarse a ellos, esta situación también es generada por los avances en la tecnología que es lo que acelera los ciclos de vida de un producto y paralelamente aumenta la competencia globalizada.

CIM puede ser visto como un acercamiento consistente y coherente hacia el funcionamiento y la operación del negocio empresarial. Es la integración del negocio y las actividades manufactureras, usando sistemas de computación y comunicación. Es la integración y el flujo de información y conocimiento, usando bases de datos abiertas y compartidas. Algunas personas definen CIM como “una aplicación de la tecnología que provee a la compañía un flujo de datos ininterrumpido a lo largo de todo el proceso de manufactura y administración” [1]. Otros lo definen como “una estrategia que permite a varias áreas dentro de una compañía industrial enlazarse a través de un sistema computarizado. Así, CIM llega a ser una unidad operacional integrada”.

CIM es, sin embargo, la integración del diseño, ingeniería, fabricación, logística, almacenamiento y distribución, clientes y proveedores, ventas y actividades de marketing, administración financiera y el control total de la empresa.

El acuerdo general es que la Manufactura Integrada por Computadora es una estrategia que abraza las metas de la organización, cambios en la dirección de cómo el trabajo es realizado, el desarrollo tecnológico y nuevos requerimientos de competencia, capacitación y entrenamiento. Es la administración de una interrelación compleja y desarrollada entre estos elementos estratégicos, el corazón de CIM.

Bajo el nombre de CIM se engloba a un conjunto de aplicaciones informáticas cuyo objetivo es automatizar las diferentes actividades de una empresa industrial, desde el diseño de productos hasta su entrega al cliente y posterior servicio; se debe tener en claro que el objetivo de los sistemas CIM es tratar de integrar las distintas áreas funcionales de una organización productora de bienes a través de flujos de materiales e información, mediante la automatización y coordinación de sus distintas actividades, utilizando el soporte de plataformas de “hardware”, “software” y comunicación.

Los beneficios derivados de una implementación CIM pueden ser tangibles, tales como calidad más alta, inventario reducido, menos espacio de piso y un flujo de productos y materiales más ordenado. Así mismo, pueden tenerse otros beneficios intangibles: flexibilidad en los procesos, mejor programación de la producción, menor tiempo de rendimiento y de producción, y rápida respuesta ante cambios en el mercado, entre otros. Los beneficios intangibles son más difíciles de cuantificar; la dificultad surge en gran parte porque estos beneficios representan un incremento de ingresos más que un ahorro de costos.

Algunas empresas reconociendo el potencial del concepto CIM decidieron crear sus propios modelos que hoy en día son considerados como clásicos, entre ellos se tienen los modelos: IBM, NIST, DEC, Siemens, Esprit, Amherst- Karlsruhe. Por otra parte es importante mencionar también las arquitecturas más reconocidas tales como: ICAM, ICAM-I, NBS, CIMOSA, GRAI, PERA, ARIS, MMCS, las cuales son formalismos de modelado y/o metodologías para el diseño de sistemas CIM [1].

El modelo de Siemens tratado en este documento considera unos ámbitos que se relacionan y lo constituyen entre sí, como se enseña en la Figura 6; la interacción de los ámbitos permite la integración de la empresa; éstos son [1]:

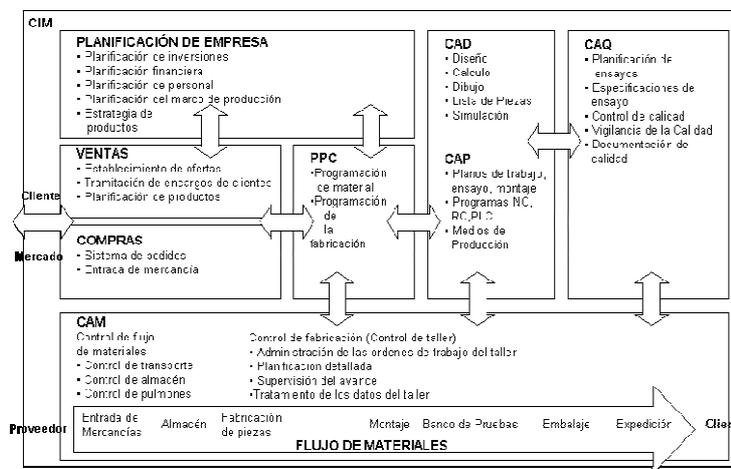


Figura 6. Modelo CIM de Siemens.

PPC: Planificación y Control de la Producción ("Production Planning and Control"). Designa la utilización de sistemas informáticos para organizar la producción, realizar el control y el seguimiento de las distintas fases de producción. Las funciones principales son: la planificación de la producción, de las cantidades, la programación de materiales, de los plazos y la capacidad necesaria para cumplir los pedidos. También abarca la programación, compras y administración de inventarios, así como el seguimiento de las órdenes.

CAD: Diseño Asistido por Computadora ("Computer Aided Design"). En las industrias de tipo discreto, reúne todas las actividades que directa o indirectamente emplean recursos informáticos en el marco del diseño de productos. El CAD facilita al proyectista información sobre piezas disponibles, costos, medios de producción, diseños de productos similares, algoritmos ingenieriles, etc. En un sentido estricto, CAD se refiere a la generación gráfica e interactiva y a la manipulación de una representación digital de un objeto, mediante la creación de un modelo tridimensional.

CAP: Planificación Asistida por Computadora ("Computer Aided Planning"). Representa el apoyo de los sistemas informáticos en la planificación de los procesos y secuencias de trabajo, generación de programas de máquinas control numérico (NC, DNC, RC, etc.), de robots, equipos de medición, en la elección de los medios de producción y en obtención de los datos que permitan controlar los recursos del CAM. En síntesis, CAP denota la informatización aplicada a la preparación de planes y procesos de trabajo, para obtener instrucciones de fabricación de piezas y montajes.

CAM: Manufactura Asistida por Computadora ("Computer Aided Manufacturing"). Ésta consiste en la asistencia de los sistemas informáticos, a nivel de planta, en la adquisición de datos, en la gestión y el control de las instalaciones de proceso, de los recursos (equipos, servicios, transportes), del almacén, en la supervisión de las líneas, en el mantenimiento de equipos, diagnóstico, etc. El módulo CAM se encuentra en el ámbito operativo y logístico de una empresa, abarcando los niveles de: proceso, control de proceso, dirección de proceso y dirección de producción.

CAQ: Calidad Asistida por Computadora ("Computer Aided Quality"). Abarca todas las funciones que aseguren y mantengan la calidad del producto. Involucra específicamente la determinación de las características de calidad, la preparación de los procesos de verificación, programas de ensayo y determinación de valores de control, así como la planificación de los programas, supervisión y verificación. Asimismo, incluye la realización de estudios estadísticos y la generación de documentación

La interacción de los ámbitos permite la integración de la empresa de una forma vertical y horizontal, según se muestra en la Figura 7. El modelo CIM de Siemens en particular se caracteriza entre otros por los siguientes puntos:

- Identifica un conjunto de funciones principales de un ambiente CIM: CAD, CAM, CAP, PPC, CAQ, etc., a las que es preciso integrar.
- Distingue el ambiente CIM del ambiente CAO ("Computer- Aided Organization"), donde se tratan aspectos meramente administrativos. Modela la interacción entre CIM y CAO.
- Introduce los conceptos de integración vertical y horizontal de información.
- Plantea el concepto de logística de la información: es necesario contar con la información correcta, en cantidad y calidad adecuada, en el momento preciso y en el lugar adecuado.

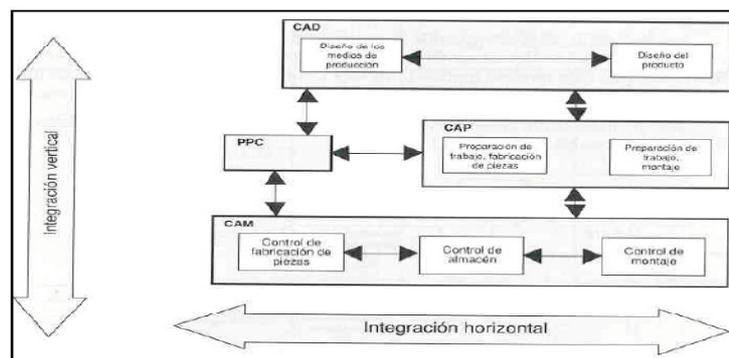


Figura 7. Integración total de la empresa.

Siendo uno de los conceptos más importantes del presente proyecto el ámbito PPC (planificación y control de la producción), y siendo necesario detallar un poco más sobre su funcionamiento, ha sido necesario presentar el ámbito en un ítem aparte, que se enseña a continuación al lector.

2.3 ÁMBITO PPC DEL MODELO CIM DE SIEMENS.

Al ser este el ámbito que se toma para el desarrollo de los objetivos en este trabajo de grado se detallan en gran medida sus funciones y características en el presente punto.

Al enseñar el ámbito PPC del modelo de Siemens, es necesario mencionar que se adopta como referencia el último modelo actualizado y conocido, se utilizará, entonces, el del trabajo de grado "ADECUACIÓN DEL MODELO SIEMENS A LAS NORMAS ISA S88 E ISA S95 CON APLICACIÓN ILUSTRATIVA A CASO DE ESTUDIO" que fue elaborada por los estudiantes Diana Gómez y Carlos Manquillo [1] de la Universidad del Cauca, puesto que dicho trabajo introduce al concepto CIM de Siemens nuevas tareas que lo complementan y lo consolidan de tal forma.

Como se mencionó anteriormente, el ámbito PPC: Planificación y Control de la Producción ("Production Planning and Control") designa la utilización de sistemas informáticos para organizar la producción, realizar el control y el seguimiento de las distintas fases de producción; en la Figura 8 se muestran los datos que se hacen necesarios en la comunicación y dinámica del ámbito PPC del modelo CIM y que son de una importancia relevante para el adecuado funcionamiento de un proceso productivo; se puede considerar también la información interna del ámbito ayudándose de la Tabla 3.

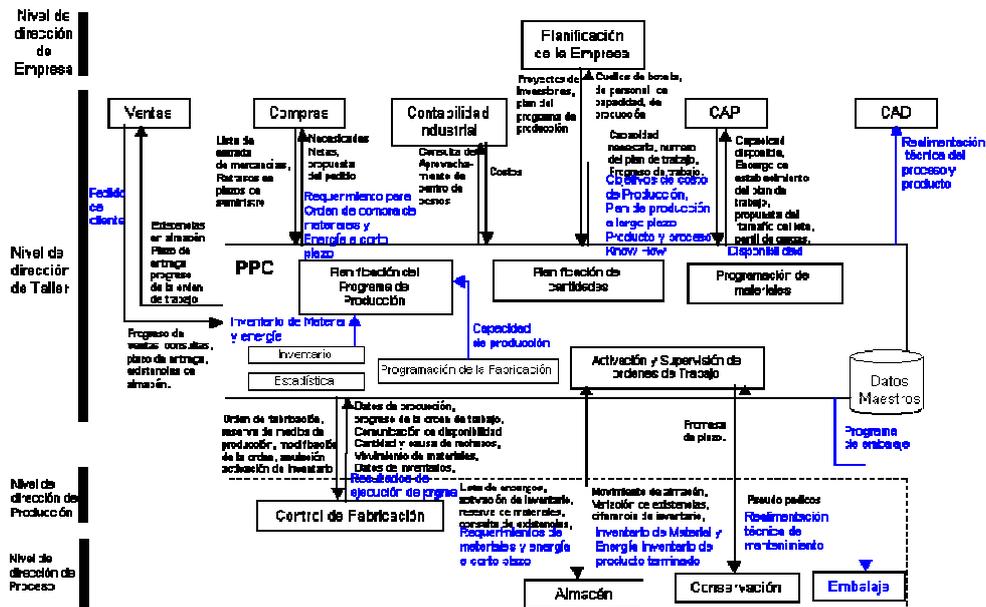


Figura 8. Estructura interna PPC.

El ámbito PPC está determinado por una serie de funciones y subfunciones que permiten la planeación de producción y el control de la misma, estas funciones están contenidas en las Tablas 1 y 2.

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUNCIONAL	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
Programación y Control de la Producción PPC	1. Establecer los programas	1.1 Establecer el programa de producción. 1.2 Establecer el programa de embalaje.
	2. Planificación del programa de producción	2.1 Determinar la orden de producción extraordinaria. 2.2 Planificación aproximada del programa de producción, productos de encargo y productos estándar. 2.3 Chequear la programación frente a la disponibilidad de materia prima. 2.4 Chequear la programación frente a capacidad de almacenamiento de producto. 2.5 Chequear la programación frente a disponibilidad de personal y equipo. 2.6 Modificar la programación de la producción horariamente, teniendo en cuenta la capacidad de salida del equipo, mano de obra y disponibilidad de materias primas. 2.7 Establecimiento de pronóstico para productos, piezas, grupos. 2.8 Confirmación del plazo de suministros 2.9 Control de las actividades previas de diseño, procesos de trabajo.
	3. Planificación de cantidades	3.1 Cálculo de aprovisionamiento. 3.2 Análisis ABC. 3.3 Determinación de las necesidades controladas por el consumo. 3.4 Selección de proveedores. 3.5 Control de existencias de almacén. 3.6 Reserva de materiales. 3.7 Acumular costos de materia prima, mano de obra, energía y otros costos para transmisión a contabilidad. 3.8 Generar la propuesta de pedido de materiales y energía basado en requerimientos a corto plazo.
	4. Programación de materiales	4.1 Desglose de lista de piezas, composiciones. 4.2 Determinación de las necesidades brutas y netas.

Tabla 1. Funciones de Programación y Control de la Producción PPC (parte 1).

MODELO CIM DE SIEMENS		
BLOQUE FUNCIONAL	FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN
Programación y Control de la Producción PPC	5. Programación de la fabricación (Planificación de plazos y capacidades de producción, planificación aproximada)	5.1 Determinación del tiempo de ciclo. 5.2 Cálculo de la capacidad necesaria, ajuste. 5.3 Determinación de las necesidades del exterior. 5.4 Determinación de la capacidad disponible (aproximada) 5.5 Determinación del porcentaje de estado de la capacidad (involucrada, disponible e inalcanzable).
	6. Lanzamiento de la orden de trabajo	6.1 Redacción de la orden. 6.2 Pedido exterior (a través de compras) 6.3 Autorización de la orden de trabajo en el taller. 6.4 Establecimiento de los justificantes de trabajo.
	7. Seguimiento de la orden de trabajo	7.1 Control de avance de la orden de trabajo. 7.2 Revisión de cuellos de botella. 7.3 Seguimiento de cargas. 7.4 Comunicación de recepción de mercancías, supervisión de la capacidad de producción. 7.5 Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente. 7.6 Relación entre el pedido del cliente y la orden de trabajo neutra en el taller 7.7 Justificación de la utilización.
	8. Inventario	8.1 Calcular y reportar el balance de inventarios, pérdidas de materia prima y utilización de energía. 8.2 Inventario fecha fija 8.3 Inventario permanente
	9. Estadística	

Tabla 2. Funciones de Programación y Control de la Producción PPC (parte 2).

COMUNICACIÓN INTERNA PPC		
DESDE	HACIA	INFORMACIÓN
Establecer los programas	Planificación del programa de producción	Programa de Producción
Programación de la fabricación	Establecer los programas	Capacidad de producción
Planificación del programa de producción	Establecer el programa	Orden de Producción
Establecer el programa	Planificación del programa de producción	Disponibilidad

Tabla 3. Flujo de Información interna PPC.

2.4 CASO DE ESTUDIO.

El caso de estudio corresponde al proceso de obtención de café de consumo llevado a cabo en la empresa Caucana CAFÉ LA PALMA, cuyo domicilio está ubicado en la ciudad de Popayán, Cauca. La empresa CAFÉ LA PALMA Ltda. nace desde la década del 50 bajo la dirección de su propietario Alfonso Paredes, siendo registrada actualmente ante la Cámara de Comercio con matrícula mercantil 00073440, registro sanitario RSIAZ15MO2396 y certificado de inscripción ante la Federación Nacional de Cafeteros 24-510-1; la ubicación actual de la empresa es la transversal 9 diagonal 1-00, de la ciudad de Popayán. El objetivo social de la empresa es la producción, comercialización y distribución de café de consumo, producido con base en diferentes tipos de grano de café (pasilla, consumo, caracol, etc). Para comprender el proceso de obtención de café de consumo, se presenta en este documento la cadena de valor, que expresa la secuencia de valor agregado al producto a lo largo del proceso de producción y que brinda una idea del mismo,

2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

La descripción del proceso se realiza de forma textual tratando de enseñar detalles del mismo, se realiza también teniendo en cuenta las recomendaciones de la International Society of Automation planteadas en el estándar ISA 88, con el objeto de reconocer enteramente las etapas del proceso; esta información está disponible para el lector en el anexo C.

2.4.2 CADENA DE VALOR.

Para hacer más fácil la comprensión del lector acerca del proceso productivo en cuestión se presenta en la gráfica siguiente la cadena de valor que permite una visión general del proceso.

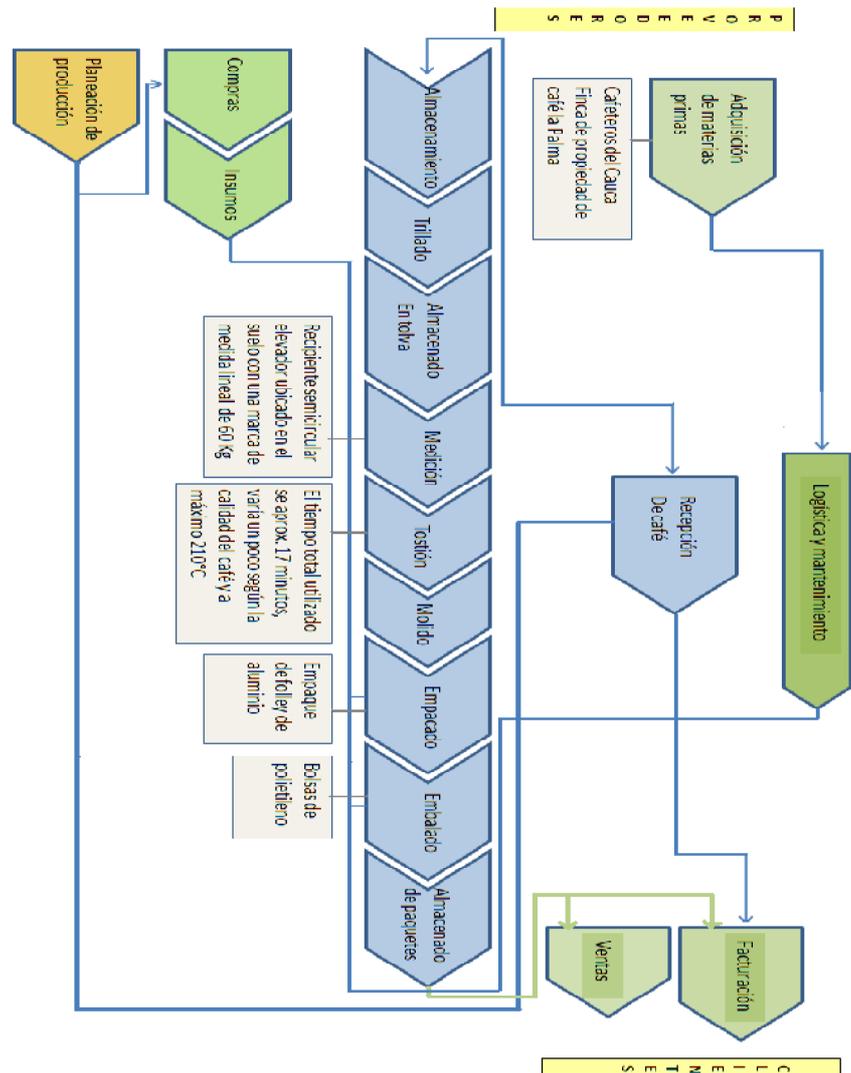


Figura 9. Cadena de valor del proceso de obtención de café de consumo.

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DEL MODELADO.

Con el ánimo de dar cumplimiento a uno de los objetivos de este documento, “obtener una metodología para la representación de funciones del modelo CIM mediante sistemas multiagente”, se plantea en primer lugar conocer las diferentes metodologías existentes para la construcción del MAS, pues éstas pueden complementar y/o sustentar las actividades de la metodología que se pretende conseguir y que aplica a este caso específico de integración.

3.1 METODOLOGIAS PARA EL DESARROLLO DE UN MAS.

Existen diferentes metodologías para el desarrollo de sistemas multiagente, cual es la mejor?; ésta pregunta sólo tendrá respuesta cuando se evalúen los requerimientos de la aplicación que se pretende; entre las metodologías más reconocidas se encuentran: VOWEL ENGINEERING, MAS-COMMONKADS, BDI, MaSE, ZEUS, GAIA e INGENIAS; estas metodologías, así como los casos donde pueden aplicarse, se encuentran descritas en el anexo D de esta monografía.

3.2 METODOLOGÍA DE SOPORTE PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIAGENTE.

Cada metodología tiene fortalezas que pueden complementar el presente trabajo de una u otra forma; entre ellas hay una que se orienta al conocimiento, permitiendo introducirle a futuro nuevas perspectivas y formalismos de estandarización al CIM, además de lenguajes generales que fomenten la correcta ejecución de tareas y por ende contribuyan con el desarrollo de un buen modelo de integración; se habla entonces de la metodología MASCommond KADS, que para efectos de este trabajo se tomará como soporte para desarrollo del sistema multiagente que modela el CIM. En el anexo D el lector puede profundizar un poco sobre los inicios de MASCommondKADS materializados en la metodología CommondKads, se muestra al lector algunas limitaciones de commondKADS por las que debió ser evolucionada.

3.2.1 LA METODOLOGÍA MAS-CommonKADS.

MAS-CommonKADS es la metodología evolucionada de commondKADS que ha sido orientada a la construcción de sistemas multiagente y es la metodología que este trabajo de grado adopta para el desarrollo del modelo de MAS que se ha propuesto; esta metodología incorpora la técnica de casos de uso en el ciclo de vida de CommonKADS, además de proponer los siguientes modelos para el desarrollo de sistemas multiagente (ver Figura 10) [14]:

- **Modelo de Agente (AM):** especifica las características de un agente, sus capacidades de razonamiento, habilidades, servicios, sensores, efectores, grupos de agentes a los que pertenece y clase de agente. Un agente puede ser un agente humano, software o cualquier entidad capaz de emplear un lenguaje de comunicación de agentes.

- **Modelo de Organización (OM):** es una herramienta para analizar la organización humana en que el sistema multiagente va a ser introducido y para describir la organización de los agentes software y su relación con el entorno.
- **Modelo de Tareas (TM):** describe las tareas que los agentes pueden realizar, los objetivos de cada tarea, su descomposición, los ingredientes y los métodos de resolución de problemas para resolver cada objetivo.
- **Modelo de la Experiencia (EM):** describe el conocimiento necesitado por los agentes para alcanzar sus objetivos. Sigue la descomposición de CommonKADS y reutiliza las bibliotecas de tareas genéricas.
- **Modelo de Comunicación (CM):** describe las interacciones entre un agente humano y un agente software. Se centra en la consideración de factores humanos para dicha interacción.
- **Modelo de Coordinación (CoM):** describe las interacciones entre agentes software.
- **Modelo de Diseño (DM):** mientras que los otros cinco modelos tratan del análisis del sistema multiagente, este modelo se utiliza para describir la arquitectura y el diseño del sistema multiagente como paso previo a su implementación.

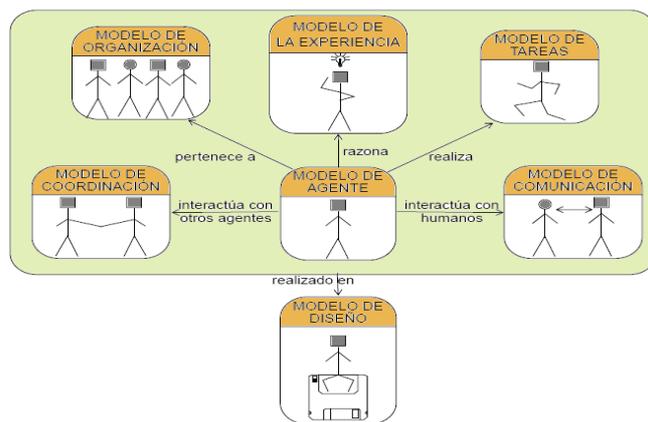


Figura 10. Los modelos de MAS-CommonKADS

La construcción de estos modelos ofrece como resultado el sistema multiagente en concreto; por ello y con el ánimo de conocer más sobre esta metodología se presentan a continuación las fases de desarrollo de la misma.

3.2.2 FASES DE DESARROLLO DE MAS-COMMONKADS.

El modelo de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas multiagente con CommonKADS y que adopta MAS-commondKADS sigue las siguientes fases:

- **Conceptualización:** sirve para obtener una primera descripción del problema y la determinación de los casos de uso que pueden ayudar a entender los requisitos informales y a probar el sistema.
- **Análisis:** determinación de los requisitos de nuestro sistema partiendo del enunciado del problema. Durante esta fase se desarrollan los siguientes modelos: organización, tareas, agente, comunicación, coordinación y experiencia.

- **Diseño:** determinación de cómo los requisitos de la fase de análisis pueden ser logrados mediante el desarrollo del modelo de diseño. Se determinan las arquitecturas tanto de la red multiagente como de cada agente.
- **Codificación y prueba de cada agente.**
- **Integración:** el sistema completo es probado.
- **Operación y mantenimiento.**

Con los propósitos de este trabajo de grado se pretenden cubrir las 3 primeras fases de desarrollo, mas se aplica al caso de estudio el resultado de estas primeras fases, las otras no son tomadas en cuenta, pues no está en los propósitos de este trabajo llegar hasta un desarrollo software que implicaría su ejecución, como se ha dejado visto en los objetivos de la sección (1.4).

3.2.3 ANÁLISIS CENTRADO EN EL USUARIO.

El análisis centrado en el usuario es el proceso de captura de requisitos desde el punto de vista del usuario. Su principal objetivo es comprender los requisitos de los usuarios para construir el sistema que se ajusta a sus necesidades. La captura de requisitos del usuario ha sido tratada en varias metodologías orientadas a objetos, como OMT (Object Modeling Technique), OOSE (Object Oriented Software Engineering), ROOM (Real time Object Oriented Modeling) y UML (Unified Modeling Language), aunque no es específica de las metodologías orientadas a objeto, sino que es una técnica aplicable en otras áreas como modelado de procesos de negocios o reingeniería de procesos de negocios. Los casos de uso, propuestos por Jacobson, son una de las técnicas que han recibido más atención para realizar el análisis centrado en el usuario; estos casos de uso serán empleados en la construcción del modelo.

3.2.3.1 LOS CASOS DE USO.

Un caso de uso describe las posibles interacciones o usos de un usuario con el sistema. Los usuarios del sistema se denominan actores y representan a las entidades externas al sistema. Los casos de uso pueden combinarse, indicando que un caso de uso extiende otro caso o usa un caso previo. El análisis mediante casos de uso consiste en [14]:

- Identificar los actores. Interesa identificar los papeles que desempeñan los elementos externos que interactúan con el sistema. Cada papel se considera un actor diferente. Normalmente este proceso requerirá varias iteraciones.
- Identificar los casos de uso. Para esto, se pueden realizarse las siguientes preguntas:
 - ¿Cuáles son las principales tareas o funciones realizadas por cada actor?
 - ¿Qué información del sistema adquiere, produce o cambia cada actor?
 - ¿Informa algún actor al sistema sobre cambios externos en el entorno del sistema?
 - ¿Qué información desea cada actor del sistema?
 - ¿Desea algún actor ser informado de cambios inesperados?
- Agrupar los casos de uso si parecen variaciones del mismo tema.

- Determinar las interacciones de cada caso de uso identificado. En particular, el actor que inicia cada caso de uso, si hay precondiciones que deben ser ciertas para que un caso de uso pueda comenzar y la conclusión lógica de la transacción.
- Describir los casos de uso. Los casos de uso se suelen describir informalmente empleando lenguaje natural o derivaciones de la notación gráfica propuesta por Jacobson.
- Considerar todas las excepciones que pueden ocurrir al llevar a cabo una transición y especificar cómo afectan al caso de uso.
- Buscar relaciones entre casos de uso: factorizar partes comunes e indicar si un caso de uso agrega las interacciones de otro (relación “usa”) o añade información de otro caso (relación “extiende”).

Conociendo ya los conceptos que aplican para el desarrollo del sistema MAS se pretende en el próximo capítulo concebir el modelo de sistema multiagente que representa al ámbito PPC del modelo de integración de Siemens.

CAPÍTULO 4: MODELO DE MAS RESULTANTE.

Siguiendo la metodología MAS-CommondKADS (Iglesias 1998) se establece en el presente punto el modelo del MAS, permitiendo especificar las características del mismo por medio de los modelos que implanta la metodología mencionada (la aplicación de la metodología consiste en el desarrollo de los modelos); en dichos modelos se pueden encontrar características que distinguen y definen a los agentes del MAS; dichas características pueden ser: capacidades de razonamiento, habilidades, servicios, sensores, efectores, grupos a los que pertenece y clase. Se siguen entonces las fases de desarrollo descritas en la sección 3.2.2.

4.1 CONCEPTUALIZACIÓN.

El propósito de esta fase es el de comprender el problema, identificar los actores y elaborar los requisitos que permitan formular unos objetivos para generar la solución.

4.1.1 CICLO DE DESARROLLO DE LOS CASOS DE USO.

Estos casos de uso permiten analizar la dinámica que existe entre el usuario y el sistema software; estos usuarios son entidades externas, denominados también “actores”, existen actores pasivos y activos; los primeros hacen referencia netamente a herramientas software y los segundos a las personas que interactúan con el sistema.

4.1.1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES.

- **Actores activos:**

Actor: Jefe de producción.

Descripción: realiza la gestión del programa de producción, es el actor con mayor privilegio sobre el sistema.

Actor: Operario.

Descripción: ingresa al sistema datos complementarios para el correcto funcionamiento del sistema (ejemplo: nombre de proveedores, ratificados de recepción de mercancías, etc.) y supervisa herramientas; tiene menos privilegios.

- **Actores pasivos:**

Actor: Memoria portable.

Descripción: es la memoria donde cada agente contiene el conocimiento que necesita para realizar sus procedimientos; esta información pertenece a cada agente y no es compartida.

Actor: Base de datos maestros.

Descripción: contiene toda la información que se involucra en los propósitos del MAS y que ha sido compartida por los agentes para el uso de los otros (ejemplo: tiempo de ciclos, tipo de materiales, inventarios, etc.).

4.1.1.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO.

La determinación de los casos de uso no es más que la definición concreta de la interacción de los actores activos descritos anteriormente con el sistema. Se identifican los siguientes casos de uso para cada actor activo de la siguiente forma:

Jefe de producción: este actor tiene identificados seis casos de uso; éstos son: iniciar sesión, visualizar herramienta, modificar datos, establecer programas, lanzar orden de trabajo y salir.

Operario: este actor tiene cuatro casos de uso, éstos son: iniciar sesión, visualizar herramienta, modificar datos y salir.

La siguiente gráfica puede enseñar al lector la interacción de los actores pasivos y activos determinando a su vez los casos de uso mencionados; la numeración expuesta en la gráfica hace referencia a la expuesta en las Tablas 1 y 2 que muestra las funciones del ámbito PPC.

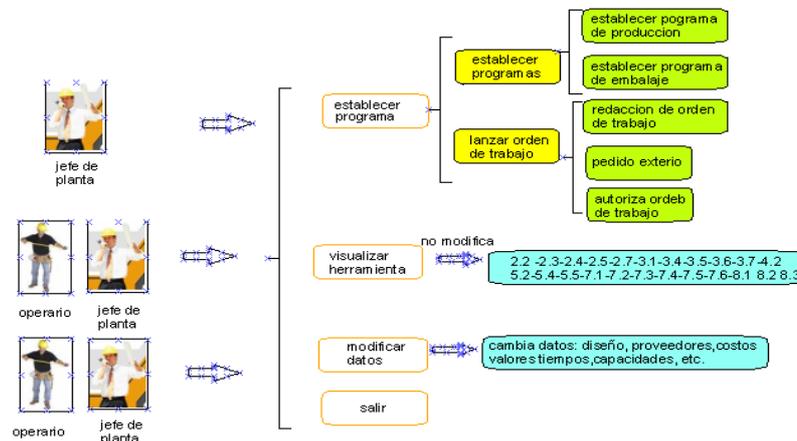


Figura 11. Casos de uso [propia].

4.1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO.

- **Caso de uso iniciar sesión:**

Resumen: un usuario solicita iniciar sesión individualizada y recibe unas opciones.

Actores: jefe de producción y operario.

Descripción: el usuario solicita iniciar una sesión, luego de ingresar la información de identificación el sistema le permite entrar a las diferentes actividades a las que tenga licencia según sea el caso.

Excepciones: registros inválidos, datos ilógicos.

Precondiciones: datos de identificación del usuario.

Poscondiciones: el usuario recibe opciones de acceso a diferentes casos.

- **Caso de uso visualizar herramienta.**

Resumen: el usuario tiene acceso a datos de la base de datos como estadísticas, capacidades, etc.

Actores: jefe de producción y operario.

Descripción: los actores usan esta opción para visualizar los datos de producción almacenados en la bases de datos, dichos datos no pueden ser modificados desde aquí y es importante resaltar que pueden ser datos fijos o variables, numéricos o strings.

Excepciones: ninguna.

Precondiciones: el usuario debe haber iniciado sesión.

Poscondiciones: el usuario puede continuar en la sesión, permitiéndole la entrada a otros casos de uso según sus privilegios o escoger la opción salir.

- **Caso de uso modificar datos.**

Resumen: cambiar datos de la base de datos.

Actores: jefe de producción y operario.

Descripción: el sistema permite a los actores activos cambiar datos como proveedores, tiempos, costos unitarios, etc., que para efecto son valores fijos; dichos cambios se pueden realizar a determinados datos según la condición del actor que ha iniciado sesión.

Excepciones: datos ilógicos.

Precondiciones: el usuario debe haber iniciado sesión.

Poscondiciones: el usuario puede continuar la sesión permitiéndole el acceso a otros casos de uso según su condición o puede tomar la opción de salir.

- **Caso de uso establecer programas.**

Resumen: permite la gestión de los programas de producción y embalaje.

Actores: jefe de producción.

Descripción: permite al jefe de producción según un análisis multi-variable de cantidades, capacidades, tiempos etc.

Excepciones: datos ilógicos.

Precondiciones: haber iniciado sesión.

Poscondiciones: acceso a otros actores o salir.

- **Caso de usar orden de trabajo.**

Resumen: se ordena la ejecución de una fase del programa productivo.

Actores: jefe de producción.

Descripción: permitiendo un análisis de factibilidad, el usuario autoriza que el sistema productivo entre en actividad para la consecución de un lote de producción disponiendo entonces de los recursos que ello conlleva.

Excepciones: capacidad insuficiente, no disponibilidad de recursos.

Precondiciones: haber iniciado sesión.

Poscondiciones: permite que el usuario tenga acceso a otros actores a los que tiene licencia o le permite salir del sistema.

- **Caso de uso salir.**

Resumen: sale del sistema.

Actores: jefe de producción y operario.

Descripción: permite a los actores terminar la sesión a la que dieron inicio.

Excepciones: ninguna

Precondiciones: terminar adecuadamente el caso de uso anterior en el que hayan estado.

Poscondiciones: ninguna

4.2 ANÁLISIS.

Para la fase de análisis, el presente trabajo ha tomado los modelos de la metodología MAS-commondKADS, los cuales se desarrollan teniendo en cuenta el modelo de integración de Siemens y el propósito de representar sus funciones como agentes del sistema MAS, se desarrollan entonces dichos modelos.

4.2.1 MODELO DE AGENTE.

4.2.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN DE AGENTES.

Continuando con las fases de construcción del MAS a partir de la metodología MAS-commondKADS, se identifican ahora los agentes humanos y software, para ello existen las siguientes consideraciones, respecto a los agentes humanos se toman aquellos agentes que se consideran externos al sistema, identificados también como actores activos (interactúan con el sistema), que es lo que recomienda la metodología; por otra parte, es importante resaltar que para distinguir los agentes software del sistema no aplica la metodología como tal; en este caso específico, para esta identificación el presente documento tiene en cuenta las diferentes tareas y roles que considera como propósito el sistema de integración objeto del modelado; en consecuencia, se toman las funciones del mismo modelo como agentes por tres razones esenciales: en primer lugar para mantener la integridad de modelo CIM de Siemens y no entrar en otras consideraciones en lo que respecta a su fundamento, en segundo lugar y continuando la primera consideración, se planifica que esta opción facilita la identificación de las partes del CIM y de la estructura del MAS, al mismo tiempo; por último, para dar cumplimiento a uno de los objetivos de este trabajo de grado de representar las funciones del modelo como agentes de un sistema MAS, que de antemano comprenda las dos primeras consideraciones.

Dentro de las actividades expuestas en el cronograma del anteproyecto de este trabajo se manifestó que se debe determinar las funciones del ámbito PPC que se abarcarán en el desarrollo del modelado, así como las funciones exteriores con las que se interactúa; luego de un análisis del sistema y teniendo en cuenta la delimitación de este trabajo se ha concluido que se modelarán todas las funciones del ámbito PPC mas no las funciones de otros ámbitos, pues ello implicaría modelar todo el CIM lo que sobredimensionaría el proyecto.

4.2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES.

- **AGENTES HUMANOS:**

Son los actores de la fase de conceptualización que se pueden identificar como agentes externos; ellos son el jefe de producción y el operario.

- **AGENTES SOFTWARE:**

Para efectos del modelado con MAS, se ha escogido los agentes software de tal forma que representen cada una de las funciones del ámbito PPC del modelo CIM en cuestión; ellos serían, entonces:

1 Agente programador.

Tipo: Básico.
Capacidades-razonamiento: conocimiento de pronóstico de cantidades, de disponibilidad de recursos, tiempos de entregas y suministros.
Descripción: realiza un primer plan de producción analizando los recursos de los que dispone.

2. Agente planificador de programa de producción.

Tipo: Básico.
Capacidades-razonamiento: Conocimiento de la capacidad de fabricación total, parcial y planificación de la misma. Conocimiento de la disponibilidad de materia prima, de las capacidades de almacén, personal y equipo.
Descripción: Chequea la disponibilidad de materia prima como la capacidad de los recursos frente a la programación dispuesta; si no es conforme dicha evaluación, se determina la orden de producción extraordinaria y/o se modifica horariamente la programación.

3. Agente planificador de cantidades.

Tipo: Básico.
Capacidades-razonamiento: conocimiento del aprovisionamiento actual, de las necesidades de consumo, de existencias, de reservas de los recursos para la fabricación, de gestión de pedidos.
Descripción: evalúa la existencia de materia prima e insumos de fabricación con el fin de ver si son suficientes, o no, para la programación prevista a corto plazo; si no es el caso, se genera el pedido de los mismos.

4. Agente programador de materiales.

<p>Tipo:</p> <p>Capacidades-razonamiento:</p> <p>Descripción:</p>	<p>Básico.</p> <p>Conocimiento de las piezas de producto.</p> <p>Determina las necesidades brutas y netas según las piezas del producto y la programación actual.</p>
<p>5. Agente programador de fabricación.</p>	
<p>Tipo:</p> <p>Capacidades-razonamiento:</p> <p>Descripción:</p>	<p>Básico.</p> <p>Conocimiento para determinar la capacidad de producción (disponible, necesaria), así como el tiempo de ciclo y las necesidades del exterior.</p> <p>Asigna los órdenes de fabricación a las capacidades de fabricación existentes y efectúa el seguimiento de la fabricación. El horizonte de planificación y supervisión es a mediano plazo (semanas o meses).</p>
<p>6. Agente lanzador de orden de trabajo.</p>	
<p>Tipo:</p> <p>Capacidades-razonamiento:</p> <p>Descripción:</p>	<p>Básico.</p> <p>Conocedor de las demandas externas de producto y precondiciones para la generación de órdenes de trabajo.</p> <p>Agente encargado de establecer los justificantes de trabajo para redactar posteriormente la orden de ejecución y realizar pedidos externos.</p>
<p>7. Agente seguidor de orden de trabajo.</p>	
<p>Tipo:</p> <p>Capacidades-razonamiento:</p> <p>Descripción:</p>	<p>Básico.</p> <p>supervisión de la ejecución de la orden de producción en el taller</p> <p>Controla el avance de la orden de producción confrontándola con el pedido del cliente; además de comunicar la recepción de mercancías y revisar los cuellos de botella.</p>
<p>8. Agente de inventario.</p>	
<p>Tipo:</p> <p>Capacidades-razonamiento:</p>	<p>Básico.</p> <p>Conocimiento de inventario de fecha fija e inventario permanente.</p>

Descripción: Calcula y reporta el balance de inventarios, pérdida de materias primas y energía.

9. Agente de estadística.

Tipo: Básico.
Capacidades-razonamiento: Conocimiento de los datos de proceso.

Descripción: Permite realizar la estadística de producción (productos, insumos, recursos, materia prima) para diagnosticar, controlar y corregir los problemas dentro de las propias líneas de fabricación de los productos.

Para efectos de este trabajo de grado se especifica que los agentes son básicos por ceñirse a los protocolos de comunicación, envío, recepción y procesamiento de mensajes, comportamientos genéricos, entre otros, que aquí se determinen. Por otra parte, en lo que respecta a los dos últimos agentes (inventario y estadística) se consideraba en primera instancia que podrían no llegar a ser agentes en realidad por las tareas que involucraban hasta hace algún tiempo; este concepto no aplicó una vez se conoció el documento de la parte 3 de la ISA 95, documento que estandariza y hace recomendaciones en las actividades de fabricación; éste detalla las operaciones de gestión de fabricación en términos de cuatro categorías, entre las cuales se encuentra gestión de operaciones de inventario que recae directamente en el agente número 8 expuesto anteriormente, dándole funcionalidad a la entidad de agente; por otra parte el documento manifiesta que respecto a las tareas de estadística se incorpora el concepto de “análisis estadístico” (producto, proceso y calidad) que permite soportar algunas otras funciones que recaen sobre el nivel 3 de MES (manufacturing execution system) [11] y que para efectos de este trabajo de grado llegarían a convertir a estadística en un agente como los demás.

La calidad de los productos es uno de los objetivos dentro del análisis estadístico de calidad y que tiene incidencia directa sobre las funciones de control que comenta el estándar de la ISA; en lo que respecta a inventario, el modelo de gestión de operaciones de inventario en el estándar incluye las actividades de gestión de inventario y control de inventario de producto, incluyendo material, realización de conteos periódicos, gestión de la transferencia de material entre centros de trabajo, capacidad de transferencia de material y actividades de control de material y energía, entre otras definidas como operaciones de nivel 3 del MES; se incorpora también el concepto de “análisis de inventario”, que se define como la colección de actividades que analizan la eficiencia del inventario y el uso de los recursos, ello con el fin de mejorar las operaciones; el análisis puede proporcionar, además, información sobre calidad de material recibido y tiempo para uso en las evaluaciones a proveedores [11], etc.; éstas y otras actividades pueden convertirse en propósitos del agente “inventario”, respaldando a su vez la elección de inventario como agente del sistema MAS.

4.2.1.3 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS U OBJETOS DE LOS AGENTES.

La metodología MAS comondKADS asume el término “objeto” como la responsabilidad de cada agente; por otra parte, en este caso particular de modelado se considera que la responsabilidad de cada agente es cumplir con sus tareas; el cumplimiento de esas tareas es, en últimas, el objetivo de los agentes; ello concreta alguna similitud entre los términos de objeto y objetivo; en este orden de ideas y tratando de identificar los objetos de agentes, se resumen entonces los objetivos de cada agente en uno solo, partiendo de la definición de funciones de programación y control de la producción (PPC) de la monografía [1] de Diana Gómez y Manquillo:

Objetivo O1 correspondiente al agente 1: Programar producción y embalaje.
Objetivo O2 correspondiente al agente 2: Planificar el programa de producción.
Objetivo O3 correspondiente al agente 3: Planificar las cantidades.
Objetivo O4 correspondiente al agente 4: Programar los materiales.
Objetivo O5 correspondiente al agente 5: Programar la fabricación.
Objetivo O6 correspondiente al agente 6: Lanzar la orden de producción.
Objetivo O7 correspondiente al agente 7: Seguir la orden de trabajo.
Objetivo O8 correspondiente al agente 8: Gestionar el inventario.
Objetivo O9 correspondiente al agente 9: Realizar Estadística.

Se han tomado, entonces, los bloques funcionales definidos en el modelo CIM de Siemens como verbos que resumen las actividades de cada agente software definido en la sección (4.2.1.2).

4.2.2 MODELO DE TAREAS.

Este punto describe las tareas que los agentes están encargados de realizar, la descomposición de cada objetivo, los componentes y los métodos de resolución de los problemas para llegar a los propósitos planteados; las tareas son tomadas de la referencia que se siguió en la parte (2,3) de este documento [1]; mírese, entonces, las tareas y su descripción :

4.2.2.1 TAREAS DE LOS AGENTES EN PLANTILLAS.

Tarea T1: Establecer los programas.

Objetivo: Establece los programas.
Entrada: Productos, tiempos, cantidades [12].
Salida: Programas.
Supertarea: N.A.
Subtareas: 1. Establecer el programa de producción.
2. Establecer el programa de embalaje.
Descripción: Determina la factibilidad de nuevos pedidos, además de formular en tiempo la ejecución de los mismos.
Nota: el modelo de Siemens no especifica entradas y salidas, para establecer programas por ellos se adoptan algunos conceptos de otros autores de una forma que no altere el modelo.

Tarea T2: Planificar el programa de producción.

- Objetivo: Planifica el programa de producción.
- Entrada: Lista de entrada de mercancías, retrasos en plazo de suministros.
Inventario de material y energía.
Capacidad de producción.
- Salida: Necesidades netas, propuestas del pedido.
Requerimientos para orden de compra de materiales y energía a corto plazo.
- Supertarea: N.A.
- Subtareas:
1. Determinar la orden de producción extraordinaria.
 2. Planificación aproximada del programa de producción, productos de encargo y estándar.
 3. Chequear la programación frente a la disponibilidad de materia prima.
 4. Chequear la programación frente a la capacidad de almacenamiento.
 5. Chequear la programación frente a la disponibilidad de personal y equipo.
 6. Modificar programación de producción horariamente, teniendo en cuenta la capacidad de salida del equipo, mano de obra y disponibilidad de materias primas.
 7. Establecimiento de pronóstico para productos, piezas y grupos
 8. Confirmación del plazo de suministros.
 9. Control de las actividades previas de diseño, procesos de trabajo.
- Descripción: Opera esencialmente a nivel de producto, calcula la capacidad necesaria, en cuanto a cantidades y plazos, para el programa de producción previsto, para los pedidos de clientes que se reciban y las ofertas.

Tarea T3: Planificar las cantidades.

- Objetivo: Planifica las cantidades.
- Entrada: Proyectos de inversiones, plan del programa de producción.
- Salida: Cuellos de botella, de personal, de capacidad, de producción.
- Supertarea: N.A.
- Subtareas:
1. Calculo de aprovisionamiento.
 2. Análisis ABC.
 3. Determinación de las necesidades, controlada por el consumo
 4. Selección de proveedores.
 5. Control de existencias de almacén.
 6. Reserva de materiales.
 7. Acumular costos de materia prima, mano de obra, energía y otros para transmisión a contabilidad.
 8. Generar la propuesta de pedido de materiales y energía basado en requerimientos a corto plazo.
- Descripción: Sirve para determinar las piezas que fabricar y el material que ha de almacenarse, según clase y cantidad, con el fin de poder cumplir en plazo el programa de producción previsto.

Tarea T4: Programar los materiales.

- Objetivo: Programa los materiales.
- Entrada: Capacidad necesaria, número de plan de trabajo, progreso de trabajo.
Objetivos de costo de producción, plan de producción a largo plazo, producto y proceso know-how.
- Salida: Capacidad disponible, encargo de establecimiento del plan de trabajo, propuesta del tamaño del lote.
Disponibilidad.
- Supertarea: N.A.
- Subtareas: 1. Desglose de lista de piezas, composiciones
2. Determinación de las necesidades brutas y netas
- Descripción: Convierte el pedido del cliente en órdenes de fabricación, para el ámbito CAM y pedidos a los proveedores.

Tarea T5: Programar la fabricación.

- Objetivo: Programa la fabricación.
- Entrada:
- Salida: Capacidad de producción.
- Supertarea: N.A.
- Subtareas: 1. Determinación del tiempo de ciclo.
2. Cálculo de la capacidad necesaria, ajuste.
3. Determinación de las necesidades del exterior.
4. Determinación de la capacidad disponible (aproximada).
5. Determinación del porcentaje se la capacidad (involucrada, disponible e inalcanzable).
- Descripción: Asigna las órdenes de fabricación a las capacidades de fabricación existentes y efectúa el seguimiento de la fabricación. El horizonte de planificación y supervisión es a mediano plazo (semanas o meses) [15].

Tarea T6: Lanzar la orden de trabajo.

- Objetivo: Lanza la orden de trabajo.
- Entrada: Pedidos.
- Salida: Promesa de plazo.
Lista de encargos, activación de inventarios, reserva de materiales, consulta de existencias.
Requerimiento de materiales y energía a corto plazo.
- Supertarea: N.A.
- Subtareas: 1. Redacción de la orden.
2. Pedido exterior (a través de compras).
3. Autorización de la orden de trabajo en el taller.
4. Establecimiento de los justificantes del trabajo.
- Descripción: Expide orden de trabajo según el cumplimiento de las condiciones que se establezcan.

Tarea T7: Seguir la orden de trabajo.

- Objetivo: Sigue la orden de trabajo.

Entrada: Movimiento de almacén, variación de existencias, diferencia de inventario, inventario de material y energía, inventario de producto terminado.

Salida:

Supertarea: N.A.

Subtareas: 1. Control de avance de la orden de trabajo.
2. Revisión de cuellos de botella.
3. Seguimiento de cargas.
4. Comunicación de recepción de mercancías, supervisión de la capacidad de producción.
5. Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente.
6. Relación entre el pedido del cliente y la orden de trabajo neutra en el taller.
7. Justificación de la utilización.

Descripción: Revisa la adecuada ejecución de la orden de trabajo.

Tarea T8: Inventariar.

Objetivo: Hace el inventario.

Entrada: Datos varios según aplique a la empresa y a sus políticas.

Salida: Inventario de material y energía.

Supertarea: N.A.

Subtareas: 1. Calcular y reportar el balance de inventarios, pérdidas, de materia prima y utilización de energía.
2. Inventario fecha fija.
3. Inventario permanente

Descripción: Mantiene balance de los recursos utilizados en el proceso.

Tarea T9: Realizar estadística.

Objetivo: Mantener estadística y realizar el análisis.

Entrada: Datos de producción, progreso de la orden de trabajo, comunicación de disponibilidad, cantidad y causa de rechazos, movimiento de materiales, datos de inventarios.

Resultados de ejecución de programa.

Salida: Orden de fabricación, reserva de medios de producción, modificación de la orden, anulación, activación de inventario.

Supertarea: N.A.

Subtareas: 1. Estadística de proceso.
2. Estadística de calidad.
3. Estadística de materiales.
4. Estadística de producto.
5. Estadística de mantenimiento.
6. Análisis estadístico.

Descripción:

Nota: las sub-tareas fueron determinadas atendiendo a la parte 3 de la ISA 95 [11] como se mencionó anteriormente, pero con el ánimo de no alterar el modelo de Siemens.

Según la metodología MAScommondKADS se recomienda presentar estas tareas en diagramas de definición integrada (véase anexo E)

4.2.3 MODELO DE COORDINACIÓN.

Se describe ahora la coordinación entre los agentes de software mediante el desarrollo de los componentes del modelo de coordinación; este modelo recomienda iniciar por la identificación de las conversaciones, mas para el caso particular de modelado es necesario realizar algunas consideraciones antes de la identificación

4.2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS INTERACCIONES.

- **Interacción entre funciones de agentes.**

Para poder hacer una correcta identificación de las conversaciones como recomienda la metodología, es necesario en un principio determinar cuál es la interacción entre las funciones de los agentes que son, en últimas, quienes se relacionan; esta determinación de interacciones no es contemplada dentro de la metodología pero ha sido considerada aquí por creerla necesaria.

Para dicha identificación de conversaciones la metodología MAScommondKADS se vale de unas plantillas que para el caso específico de modelado no se adoptarán, por considerar que existe una mejor forma de presentar y concretar los servicios involucrados dentro de la dinámica del MAS.

Dentro del modelo de siemens existe una elevada dependencia entre funciones; ella se debe al requerimiento de información de diversos aspectos de cada agente para la ejecución de sus tareas; en este orden de ideas se pretende resumir la dependencia de funciones en la Tabla 4, donde se adopta la numeración establecida para las "funciones de programación y control de producción PPC" que se enseña en la sección 2.3 (Tablas 1 y 2), esto con el fin de identificar los servicios (y/o información) que un agente le presta a otro en el modelo del MAS.

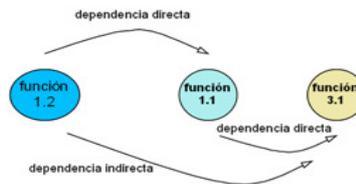


Figura 12. Dependencia directa de funciones.

- **Conversación entre agentes**

Una vez identificadas las interacciones entre funciones, se puede concluir qué conversaciones existen entre los agentes; este modelo describe las conversaciones de agentes que se definieron en el inicio de la sección cuarta de este documento. En un primer lugar, se deben identificar las conversaciones, posteriormente, se describen las mismas; la descripción puede realizarse de dos formas:

- Externa: se analiza el objetivo de la conversación, precondiciones, poscondiciones, y participantes; esta descripción puede ser gráfica, empleando casos de uso interno y textual, empleando plantillas del constituyente de la conversación [13].
- Estructural: contiene las fases de la conversación y las interacciones que se dan en cada fase [13].

Se utilizará, entonces, la manera “externa” de una forma textual utilizando las plantillas del constituyente de la conversación (4.2.3.4), pero antes debe describirse y comprenderse la manera de comunicación propuesta para el modelado.

Teniendo en cuenta la dependencia de las funciones del modelo de Siemens (Tabla 4) se concibe en una primera fase la representación de la comunicación de agentes como se muestra en la Figura 13, que ante todo parece caótica antes que coordinada, dándonos a entender la tortuosa tarea de comunicación que existe en el MAS.

Agente	Recibe información de
1	3 - 5 - 8
2	1 - 3 - 5 - 6 - 7 - 8
3	1 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8
4	2 - 3
5	1 - 2 - 3 - 5
6	1 - 2 - 4 - 5 - 6
7	1 - 2

Tabla 5. Resumen de interacción entre agentes.

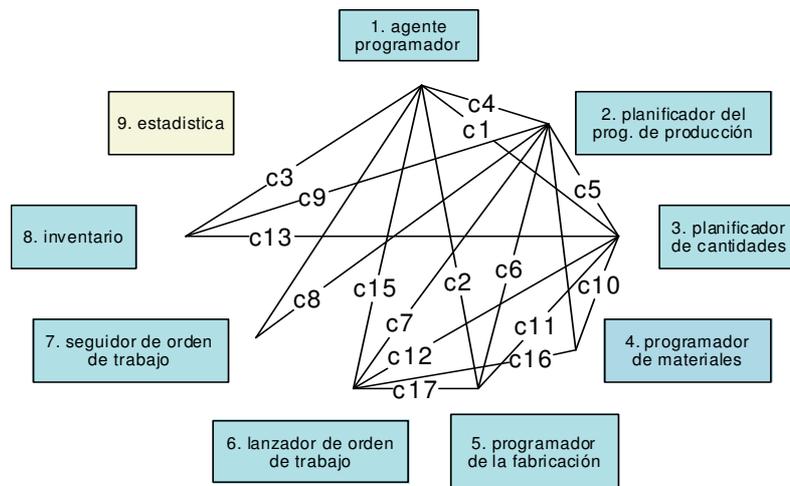


Figura 13. Conversación entre agentes.

Conociendo esta cantidad de nodos de comunicación y con el ánimo de mejorar la actividad, el presente trabajo adopta el mecanismo de comunicación en “pizarra” [10], que no es más que centralizar la información (compartida) para que se distribuya fácilmente a quienes la requieren, fortaleciendo el aspecto colaborativo del MAS. Se presenta la comunicación en pizarra para luego reconocer las conversaciones de los agentes ligando su naturaleza a esta arquitectura seleccionada.

4.2.3.2 SISTEMA DE PIZARRA

La arquitectura de pizarra es ampliamente utilizada en inteligencia artificial; es un sistema con múltiples fuentes de conocimiento (agentes) [18]. La pizarra (blackboard) es una estructura de datos que es usada como mecanismo general de comunicación entre las múltiples fuentes y es gestionada y arbitrada por un controlador (moderador); así, será un área de trabajo común a los agentes, donde pueden intercambiar información, datos y conocimiento. Al igual que las pizarras de las aulas, son dispositivos para compartir información, con múltiples escritores y múltiples lectores [18]. Como cada agente trabaja con su parte del problema, acudirá a la pizarra para ver nueva información puesta por otros agentes y también añadir sus resultados. La forma de funcionamiento será: un agente inicia una comunicación escribiendo algún tipo de información en la pizarra; en ese momento, estos datos están disponibles para todos los agentes del sistema; cada agente es informado eventualmente cuando hay información nueva; normalmente cada agente no recogerá toda la información que se vaya escribiendo en la pizarra, sino que sólo obtendrá aquella que le interese. Como se puede observar en la Figura 15, no hay comunicación directa entre agentes; por esto mismo, cada agente se ve obligado a resolver de forma autónoma el problema, bajo su responsabilidad. En este tipo básico de pizarras no existen áreas privadas; los agentes pueden escribir la información que determinen y pueden acceder a toda la información contenida en la pizarra. Por tanto, si hay un número grande de agentes, la información contenida en la pizarra crece exponencialmente; además, los agentes deberán buscar en una gran cantidad de información por cada acceso que realicen a la pizarra. Para optimizar este proceso existen métodos más complejos (ampliaciones del original) para definir regiones en la pizarra (véase 4.2.5.1) de manera que un agente sólo ve la región de la pizarra que tenga asignada. Aunque no hay una

definición específica de las estructuras de datos que debe contener la pizarra, es obvio que por lo menos se debe asegurar que el resto de agentes deben ser capaces de leer y entender los datos incluidos en el sistema. Además, se deberán incluir informaciones adicionales que faciliten el proceso de solución del problema global.

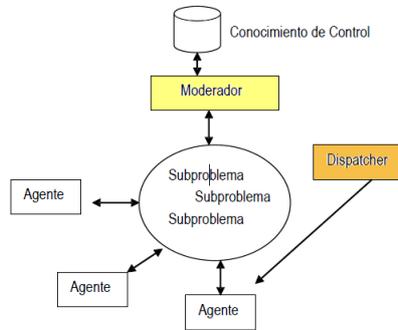


Figura 14. Estructura extendida de pizarra [18].

Otro dato que debe tenerse en cuenta es la calidad de las contribuciones individuales de los agentes al sistema. Como cualquier agente tiene potestad para escribir cualquier cosa en la pizarra, esto podría generar problemas; estudios posteriores de la idea original han incluido una cierta coordinación para el mantenimiento de la pizarra. Para ello se ha introducido la idea del “moderador” (Figura 14), que se encarga de supervisar el estado del problema, los siguientes subproblemas que resolver y además trata de organizar el trabajo entre y hacia los agentes. Cualquier agente puede utilizar la pizarra para leer los subproblemas generados. Si está interesado en resolver alguno, lo indica usando un registro de activación de fuente de conocimiento (KSAR, “knowledge source activation record”) [18]. El moderador controla y evalúa el conocimiento de la base de conocimiento para seleccionar a los agentes más capacitados para resolver el subproblema. Otra mejora es incluir un “dispatcher” que se encarga de informar a los agentes interesados de nueva información que se escribe en la pizarra, en vez de que éstos accedan regularmente a ella. Los sistemas de pizarra ofrecen un sistema flexible para la cooperación y comunicación entre las unidades que componen un sistema distribuido. El siguiente gráfico nos da una idea del funcionamiento y la facilidad que pretende para la conversación entre agentes.

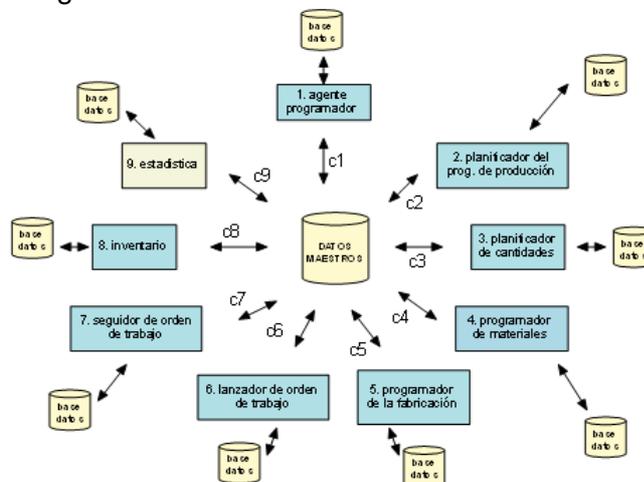


Figura 15. Sistema de pizarra.

El sistema de comunicación planteado por este modelado sugiere que cada agente comparta la información que es requerida por otros agentes en una entidad llamada pizarra; los datos que ella contiene se llamarán de ahora en adelante “datos maestros”, siguiendo lo planteado en el modelo de Siemens [7]; estos datos maestros son las imágenes de datos que los agentes disponen para el uso de los otros, como se muestra en la Figura 15; este mismo gráfico sugiere una “base de datos portable” para cada agente, donde podrán almacenar la información exclusiva que sirve para la ejecución de sus tareas y que no es compartida; esta base de datos portable surge con el ánimo de motivar la autonomía y/o independencia de los agentes, dando más flexibilidad al sistema, evitando un posible colapso ante alguna falla si centralizaran totalmente los datos.

Determinar qué agentes se activan en qué momento se conoce como el problema del control y el mecanismo utilizado para resolverlo se denomina estrategia de control. Diferentes sistemas de pizarra difieren en gran medida en las estrategias de control utilizadas. El ciclo básico de ejecución, o ciclo de control de un sistema basado en el modelo de pizarra, es el siguiente [3]:

1. Determinar qué agentes están activos.
2. Elegir uno de los agentes activos para su ejecución. Normalmente sólo se ejecutará un agente por ciclo.
3. Ejecutar el agente (o agentes). Esta ejecución causará cambios en el estado de la pizarra, lo que activará otros agentes.
4. volver a 1.

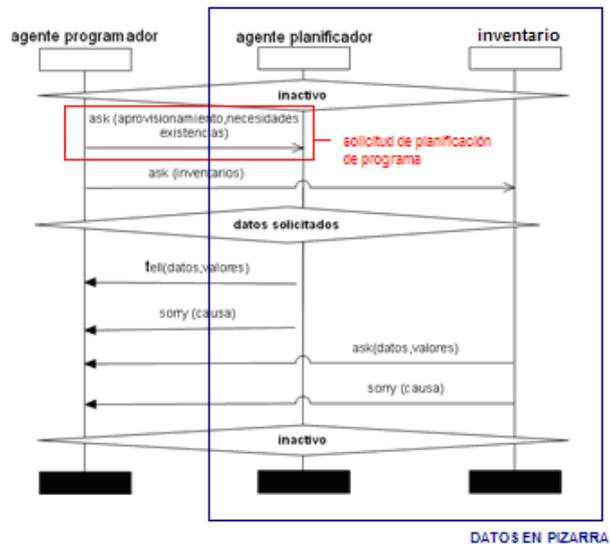
Al concepto de control básico se añaden otros tipos de control, entre los que se encuentran el control basado en agenda y el control basado en eventos, que se utilizarán en esta aplicación una vez se avance en el desarrollo del modelado; es preciso conocer que el control basado en eventos se da cuando se tienen en cuenta unas precondiciones de activación de los agentes; cuando estas precondiciones se dan, la pizarra atiende la solicitud de ejecución del agente; por otra parte, el control basado en agenda sigue un esquema que determina un orden o propósitos dentro de la actividad del MAS, detallando unas determinadas secuencias en la activación de los agentes (ver anexo G).

La aplicación del control por agenda es comprendida en este trabajo cuando se determina una secuencia lógica de funcionamiento que debe dominar y guiar la dinámica en el ente pizarra; dicha secuencia será descrita en las secciones posteriores de este documento; de la misma forma, el mecanismo de control basado en eventos se abarca más adelante, cuando se determinen las variables que requieren ser supervisadas por los agentes, donde, a cualquier anomalía de alguna de ellas, el agente correspondiente debe informar a la pizarra para que le permita ejecutar los respectivos procedimientos que se hayan definido ante esa eventualidad, influyendo en la dinámica de la pizarra y en los propósitos de los agentes que se vean afectados. Para mayor información acerca de los sistemas de control existente y de los mencionados aquí ver anexo F ó a la bibliografía [3].

Al determinar el sistema de control de la pizarra se está abarcando en últimas el control del MAS, que es un mecanismo de apoyo para la coordinación del sistema; así pues, se da al MAS otra de las características que se dice deben tener estos sistemas

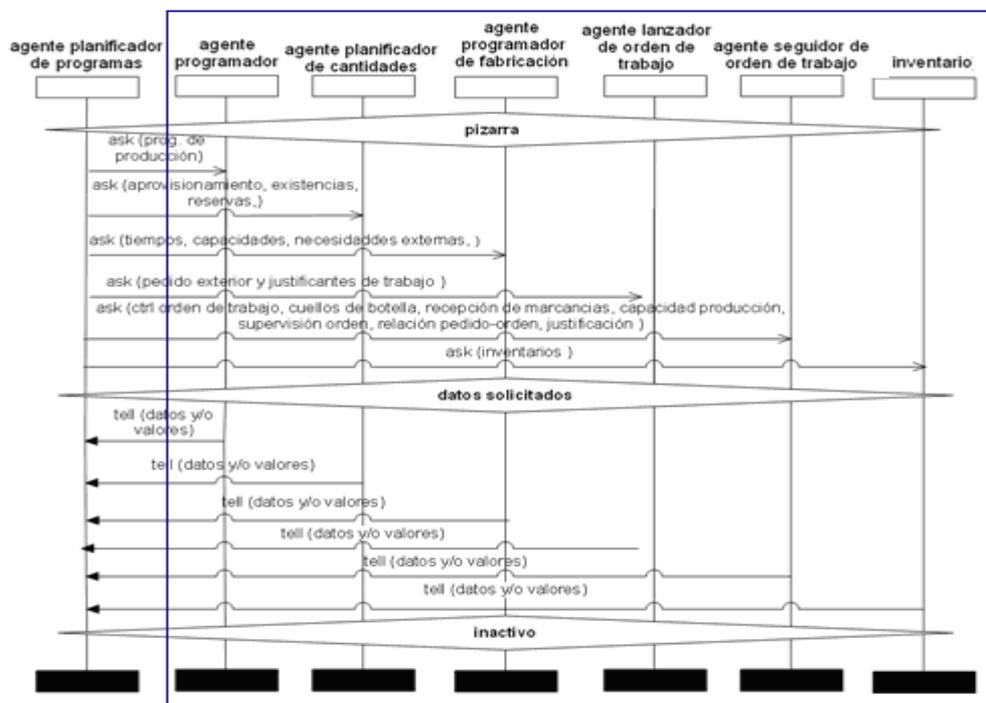
4.2.3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS CONVERSACIONES ENTRE AGENTES.

Una vez identificadas las relaciones entre funciones, podemos definir qué conversaciones surgen entre los agentes; lógicamente, esas conversaciones se ligan a lo definido en la arquitectura de pizarra; se presentan a continuación las conversaciones de cada agente utilizando los diagramas de secuencia de mensajes que, aunque no son específicas de este propósito, se muestran como una buena alternativa para la presentación y el entendimiento.



DATOS EN PIZARRA

Figura 16. Conversaciones agente 1.



DATOS EN PIZARRA

Figura 17. Conversaciones agente 2.

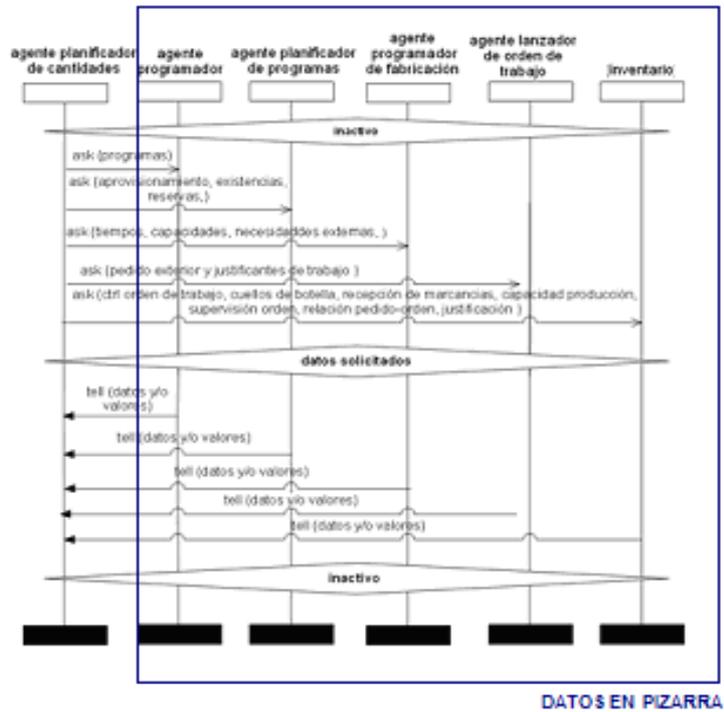


Figura 18. Conversaciones agente 3.

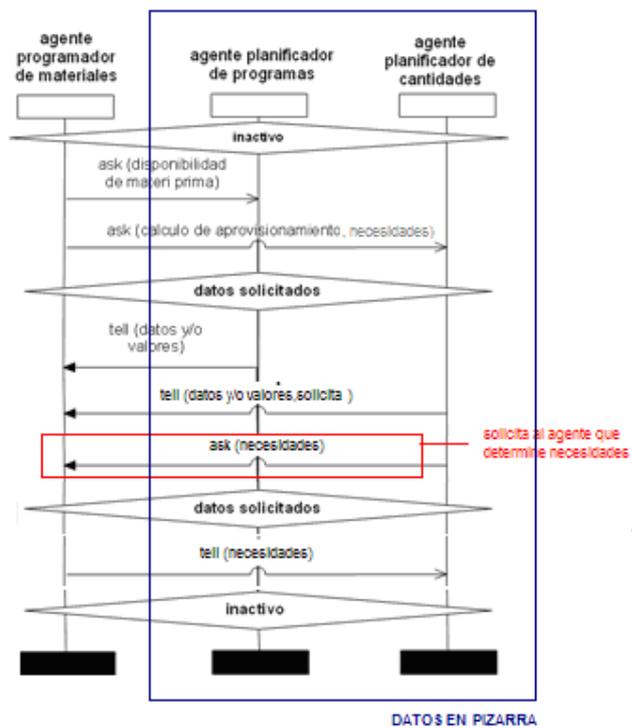
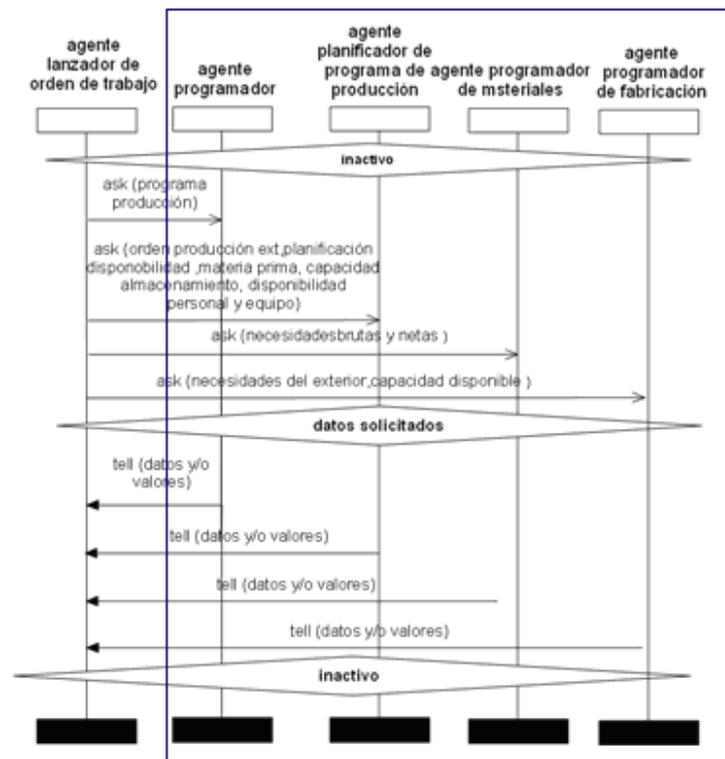


Figura 19. Conversaciones agente 4.



DATOS EN PIZARRA

Figura 20. Conversaciones agente 5.



DATOS EN PIZARRA

Figura 21. Conversaciones agente 6.

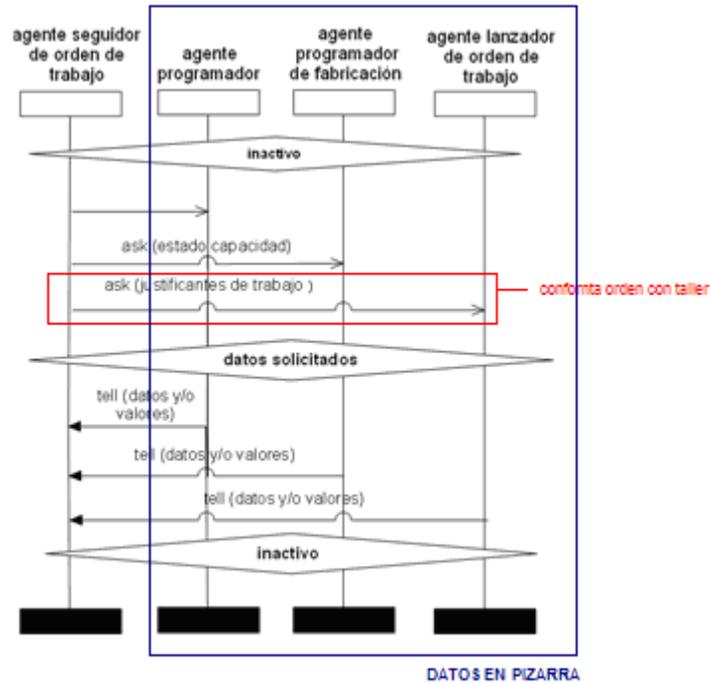


Figura 22. Conversaciones agente 7.

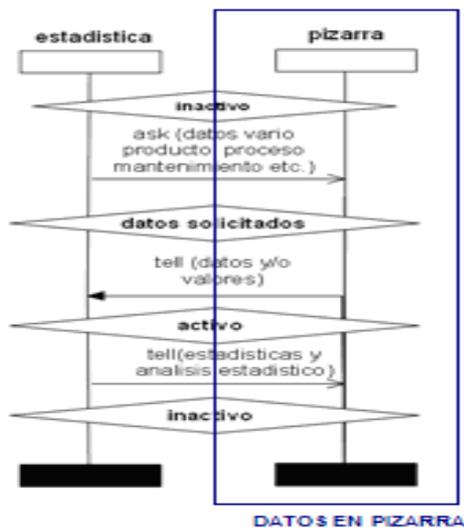


Figura 23. Conversaciones agente 8.

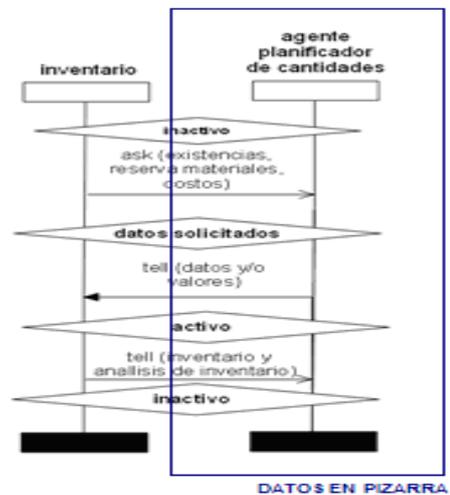


Figura 24. Conversaciones agente 9.

Estos marcos exponen las interacciones donde un agente pide ayuda a otro dejando ver cooperación entre ellos; el resto de interacción son conocidas como consultas. El resultado de compartir datos intermedios (en pizarra) para producir un avance en la solución de las metas particulares de otros agentes y, a la vez, aportar al logro progresivo de las metas globales del sistema como aquí se ha hecho, se conoce como cooperación, que es una de las características del MAS como indica el marco

teórico de este documento. En este caso de modelado, además de abarcar el concepto anterior, también se entiende que cooperación es la acción coordinada que permite la consecución de un propósito entre dos o más entidades de agente; ampliando el concepto, en la sección 4.2.3.6 se presenta el sistema de cooperación comprendido en el modelo.

4.2.3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS CONVERSACIONES.

Teniendo en cuenta el concepto de comunicación en pizarra y la cantidad de conversaciones del sistema, se procede ahora a describir las conversaciones más importantes de los agentes de software sobre las plantillas de MAScommonKADS que se presentan a continuación.

Conversación C1: Gestión y definición del programa de producción:

Objetivo: Recibe datos y envía el programa de producción y embalaje.
Descripción: El agente toma datos de la pizarra (datos maestros) tales como cantidades, capacidades, existencias, para la fijación de los programas.
Agentes: Agente programador y agente planificador del programa de producción.
Iniciador: Agente programador.
Precondición: Solicitud de personal autorizado.
Poscondiciones: Modificación de programas, cantidades, tiempos, productos etc.
Condición terminación: Definición de programas a corto plazo.

Conversación C2: Chequeo de recursos y planificación del programa de producción.

Objetivo: Chequear la disponibilidad de recursos para producción.
Descripción: Pide y recibe de los "datos maestros" el programa de producción junto a datos de disponibilidad de recursos, necesidades, capacidades, órdenes de trabajo actuales, etc., para planificar y cumplir con los programas.
Agentes: Agente programador de la fabricación, agente programador a través de la pizarra.
Iniciador: Agente programador.
Precondición: Fijación del programa de producción.
Poscondiciones: Modificación a corto plazo de los programas junto a datos de disponibilidad de recursos, orden de producción extraordinaria y pronósticos.
Condición terminación: Planificación de los programas a corto plazo.

Conversación C3: Determinación de cantidades.

Objetivo: Determinar cantidades varias.
Descripción: Recauda datos de diseño, programas, productos, inventario, para determinar cantidades de materia prima, energía, producto terminado, necesidades externas, etc.
Agentes: Planificador de cantidades y pizarra.
Iniciador: Automático cuando existen modificaciones en programas.
Precondición: Programa de producción.

Poscondiciones: Determinación de aprovisionamientos, necesidades, proveedores, materiales, costos.
Condición terminación: Definición del programa a corto plazo.

Conversación C4: Análisis de necesidades de material.

Objetivo: Determinar las necesidades de material.
Descripción: Con el programa de producción, la lista de componentes de productos e inventario, se fijan las cantidades brutas y netas necesarias de material.
Agentes: Agente programador de materiales con agente programador y agente planificador del programa de producción mediante los datos de pizarra.
Iniciador: Periódico, cuando inicia la programación y/o planificación.
Precondición: Programa de producción.
Poscondiciones: Determinación de las cantidades necesarias de material.
Condición terminación: terminación de programación y/o planificación.

Conversación C5: Planificación de plazos y capacidades para la producción.

Objetivo: Definición de plazos y capacidades. .
Descripción: Conocimiento de la programación a corto plazo, de diseños de producto, etc., para fijar necesidades del exterior, plazos y capacidades.
Agente: Programador de fabricación con agente programador y planificador a través de los datos de la pizarra.
Iniciador: Automático, cuando inicia la planificación.
Precondición: Programa de producción.
Poscondiciones: Especificación de las necesidades externas.
Condición de terminación: Finalización de la planificación.

Conversación C6: Determinar acción de trabajo.

Objetivo: Lanzar orden de trabajo.
Descripción: Analiza el programa de producción, disponibilidad de recursos, necesidades de material y avance de órdenes anteriores para lanzar una nueva orden de producción.
Agente: Lanzador de la orden de trabajo con la pizarra.
Iniciador: Manual, personal autorizado.
Precondición: Capacidad de producción, disponibilidad de recursos, etc.
Poscondiciones: Registros de orden.
Condición de terminación: Finalización orden de producción.

Conversación C7: Supervisión de orden de trabajo.

Objetivo: Velar por el cumplimiento de la orden de trabajo en buenos términos
Descripción: Supervisa el flujo de la orden en el taller atendiendo a imprevistos, evitando cuellos de botella y velando por la satisfacción del cliente.
Agentes: Planificador de programa de producción y lanzador de orden de trabajo a través de imágenes de datos en la pizarra.
Iniciador: Una vez lanzada la orden de trabajo, se inicia.

Precondición: Orden de trabajo.
Poscondiciones: Registros de supervisión.
Condición de terminación: Cumplimiento de orden de trabajo.

Conversación C8: Inventariar.

Objetivo: Realizar inventario.
Descripción: Pide y recibe datos varios como cantidades, costos, materiales, producto terminado, etc., para realizar inventario permanente e inventario de fecha fija.
Agente: Agente inventario con la pizarra.
Iniciador: Continuo.
Precondición: Modificación de valores.
Poscondiciones: Nuevos valores en inventario.
Condición de terminación: Modificación de dato.

Conversación C9: Realizar estadística.

Objetivo: Brindar datos estadísticos y análisis de los mismos.
Descripción: Pide y recibe datos varios, como cantidades, costos, materiales, producto terminado, etc., para realizar estadísticas.
Agente: Estadística y la pizarra.
Iniciador: Continuo.
Precondición: NA.
Poscondiciones: NA.
Condición de terminación: NA.

4.2.3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

Una vez conocidas las conversaciones de mayor relevancia, se procede a realizar la descomposición de las intervenciones en cada una de ellas, detallando entonces la información intercambiada, aferrándose a las nociones descritas que han sido adoptadas por este modelado.

Protocolo de comunicación C1: Gestión y definición del programa de producción.

1. Ingeniero de producción solicita realizar programa.
2. Agente programador recibe solicitud y consulta la pizarra (datos maestros).
3. Agente programador determina datos, cantidades y capacidades actuales.
4. Agente programador presenta al actor la plantilla para que ingrese el programa deseado.
5. Actor devuelve al agente programador la plantilla con los valores y/o datos solicitados.
6. El agente programador avala datos y cantidades, aprueba si es el caso.
7. El agente programador modifica los datos en la pizarra.

Protocolo de comunicación C2: Chequeo de recursos y planificación del programa de producción.

1. Una vez terminada la programación "propuesta" el agente programador envía señal de activación al agente planificador de programa.

2. El agente planificador de programa recibe datos actuales de la pizarra, materia prima capacidad de almacenamiento, personal, equipo, programa de producción, procesos de trabajo etc.
3. El agente planificador realiza el programa aproximado de producción y lo envía a la pizarra con las órdenes de producción extraordinaria (si es el caso), pronóstico de productos, piezas, confirmación o no de plazos, etc.

Protocolo de comunicación C3: Determinación de cantidades.

1. Agente planificador de cantidades consulta en la pizarra (datos maestros) el programa de producción, las necesidades y existencias.
2. Recibe datos de la base de datos.
3. El agente planificador de cantidades determina propuesta de pedidos y la brinda a la base de datos modificando otros valores (existencias, necesidades etc.).
4. La pizarra recibe y almacena dichos datos y la propuesta de pedidos.

Protocolo de comunicación C4: Análisis de necesidades de material.

1. Agente programador de materiales pide datos de diseño, programa de producción y existencias a la pizarra (datos maestros).
2. La pizarra envía esos datos.
3. El agente analiza datos y envía a la base de datos nuevos valores de necesidades brutas y netas.

Protocolo de comunicación C5: Planificación de plazos y capacidades para la producción.

1. Agente programador de fabricación solicita a la pizarra el programa de producción, planificación del programa, disponibilidad de recursos, aprovisionamiento, capacidad, etc.
2. La pizarra (datos maestros) atiende solicitud.
3. El agente programador de fabricación analiza y determina capacidad de producción, fijando también las necesidades externas.
4. El agente envía datos nuevos a la base de datos.
5. La pizarra recibe y almacena nuevos datos.

Protocolo de comunicación C6: Determinar acción de trabajo.

1. Agente lanzador atiende solicitud de actor autorizado para lanzar orden.
2. El agente lanzador de la orden de trabajo solicita a la base de datos información de la planificación del programa de producción, de disponibilidad de recursos, de necesidades y capacidad.
3. La pizarra atiende solicitud.
4. El agente lanzador de orden recibe datos y pide al actor la propuesta.
5. El actor envía plantilla con propuesta.
6. El agente analiza propuesta y datos de la pizarra, aprueba o no, según sea el caso.
7. Si el agente aprueba, concluye enviando a la pizarra dicha orden.

Protocolo de comunicación C7: Supervisión de orden de trabajo.

1. Agente seguidor solicita a la pizarra datos de orden de trabajo, de planificación de programa, de diseño, de capacidades, tiempos, etc.
2. La pizarra atiende enviando lo solicitado.

3. El agente analiza controla y supervisa el flujo de la orden de trabajo en proceso y brinda datos a la pizarra (datos maestros) de dicho estado.

Protocolo de comunicación C8: Inventariar.

1. Agente solicita datos y/o valores que han sido modificados a la pizarra.
2. La pizarra (datos maestros) brinda esos valores.
3. Genera nuevo inventario con esos datos y envía a base de datos.
4. Base de datos almacena dicha información.

Protocolo de comunicación C9: Realizar estadística.

1. El agente muestrea datos de producto, mantenimiento, material, proceso o los registra eventualmente como tiempos, cantidades, etc., según sea el caso; dichos datos son tomados de los “datos maestros” del sistema.
2. Realiza estadísticas en intervalos de tiempos determinados.
3. Realiza análisis de datos estadísticos.
4. Brinda a la pizarra los resultados.
5. La pizarra (datos maestros) recibe y almacena dichos datos.

Al definir estos protocolos de comunicación y al presentar los esquemas de cooperación más adelante, se define para el MAS la coordinación, que es una de las propiedades que debe tener el sistema, como quedo contemplado al describir sus características, gracias a ello, los agentes pueden coordinar sus acciones y comportamientos, teniendo como resultado un sistemas más coherente, evitando situaciones de conflicto.

4.2.3.6 DESCRIPCIÓN DE LAS INTERVENCIONES.

Este ítem es recomendado en la metodología MAS-commondKADS para describir las intervenciones de agentes en las conversaciones, mas no tiene en cuenta la adopción de la arquitectura escogida en este modelado; por ello, el desarrollo de este punto resultaría repetitivo, mas no perdería su importancia; con base en lo anterior y con el ánimo de enseñar al lector primero otros conceptos del sistema propuesto, este trabajo de grado realizará la descripción de estas intervenciones en un capítulo aparte que explique el concepto general de la dinámica en el del sistema

4.2.3.7 SISTEMA DE COOPERACIÓN ENTRE AGENTES.

En un SMA existen dos tipos de tareas que deben ser realizadas: las tareas locales y las tareas globales. Las tareas locales son las tareas relacionadas con los intereses individuales de cada agente y las tareas globales son las tareas relacionadas con los intereses globales del sistema. Estas tareas globales son descompuestas y cada subtarea es realizada por un agente, de acuerdo con sus habilidades y bajo el supuesto de que la integración de la solución de las subtareas llevará a la solución global. La descomposición de la tarea global no necesariamente garantiza la independencia de cada una de las subtareas, por ello, se necesitan mecanismos de cooperación que permitan compartir resultados intermedios que lleven al progreso en la resolución de las tareas de otros agentes y al progreso de la solución global que debe alcanzar el sistema.

A continuación se determinan los servicios de cooperación ofrecidos y requeridos por cada agente; los servicios son facilidades que un agente ofrece a otro u otros agentes y que pueden ser solicitados a través de la pizarra; un agente acepta la ejecución de servicios para otros agentes y establece con ellos un compromiso de llevar a cabo dicho servicio.

Cuando se habla de cooperación en el sistema se hace relevante explicar algunos otros términos como negociación y consulta, esta última de mayor relevancia en el sistema.

Existe en este caso de modelado “cooperación” entre agentes de una forma mínima, entendiendo que la cooperación se da cuando un agente solicita a otro su actuar con el propósito de complementar sus tareas y/o funcionalidades; el agente al que se ha hecho la solicitud atiende o no en el instante mismo en que se hace el requerimiento según sea su disposición, pero se debe tener en cuenta que este agente debe acudir al llamado sin alternativa en el momento más inmediato.

Cuando un agente sólo requiere información de otro agente se estima que existe “consulta” utilizando el sistema de pizarra anteriormente expuesto y que se resume simplemente en el suministro de datos que unos agentes hacen a otros sin restricción alguna y que para efectos de la dinámica de este sistema se encuentran disponible en la base de “datos maestros”; un ejemplo podría ser que si el agente A solicita un dato y/o valor del agente B, sólo debe pedirlo a la base de “datos maestros”, pues el agente B presenta una imagen de los datos disponible en dicha entidad.

Por último, se tiene la negociación entre agentes, que, según definiciones encontradas, es el proceso por el que las partes interesadas (agentes) resuelven conflictos, acuerdan líneas de conducta, buscan ventajas individuales o colectivas o procuran obtener resultados que sirvan a sus intereses mutuos. Se contempla generalmente como una forma de resolución alternativa de conflictos; la cooperación negociada ha sido empleada para asignación de tareas, asignación de recursos, resolución y prevención de conflictos; según la naturaleza del modelo de CIM de Siemens y la dinámica que expone actividades jerárquicas, se concluye que no existe negociación, mas sí existe colaboración en gran medida entre sus componentes.

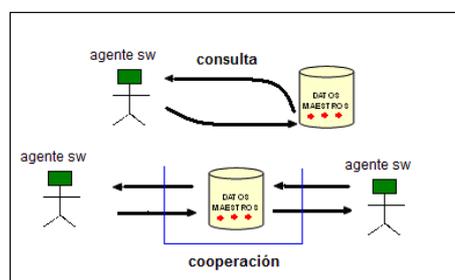


Figura 25. Consulta y cooperación a través de pizarra.

En resumen, como se ve en la Figura 25, en la consulta, cuando un agente necesita “información” de otro, accede a los datos maestros del sistema simplemente, pues, como se dijo anteriormente, ahí se encuentran las imágenes de los datos que otros agentes disponen para la utilización de sus semejantes; en el caso de la cooperación

(colaboración), un agente solicita el “actuar” (servicio) de otro agente, interviniendo en su dinámica de momento; este agente atiende dicha solicitud, o no, según el estado de algunos factores, pero deberá hacerlo en el menor tiempo posible. Según la naturaleza del CIM y como se mencionó anteriormente existe un elevado grado de consulta en el sistema; en lo que respecta a cooperación podrían presentarse los siguientes casos:

Agente (iniciador)	Agente participante	Funciones involucradas	Situación	Descripción
(agt 1) programador	(agt 2) planificador de programa	(1,1) establece programa de producción, (2,2) planificación aproximada del programa de producción	El agente planificador solicita de la propuesta de programa.	El agente acepta o no, según este ocupado determinando órdenes de producción extras por cuellos de botella o ctrl. De avance de orden irregular.
(agt 3) planificador de cantidades	(agt 4) programación de materiales	(3,8) generar la propuesta de pedido de materiales y energía (corto plazo), (4,2) determinar las necesidades brutas y netas	Se piden las necesidades existentes para la generación de la propuesta de pedido	Atiende o no, según este revisando necesidades de programas nuevos (órdenes extra), permanece en alerta si hay gestión de nuevo programa no atendiendo la solicitud
(agt7) seguidor de la orden de trabajo	(agt 6) lanzador de orden	(7,5) supervisión de la orden de trabajo en el taller conforme al pedido del cliente, (6,1) redacción de la orden	Se solicita orden de trabajo para confrontarla con la del taller para ver si es a conformidad del cliente.	Acepta o no el trabajo en taller según lo establecido en la orden de trabajo

Tabla 6. Resumen de cooperación entre agentes.

Se ha expuesto en esta Tabla a qué tareas se compromete cada agente, de forma que los propósitos converjan en soluciones globalmente posibles, pero sin tener una visión de la solución global. A continuación se muestran los diagramas de secuencia de mensajes que explican la cooperación entre los agentes que ha descrito la Tabla 6 y que recomienda la metodología MAScommondKADS.

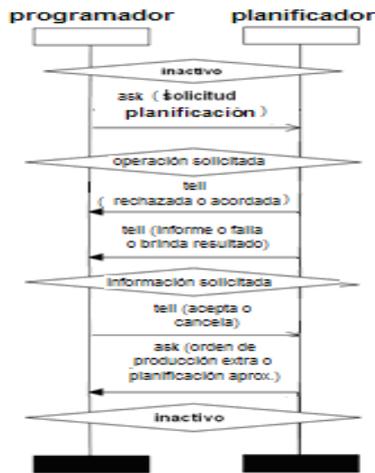


Figura 26. Cooperación entre agentes 1 y 2

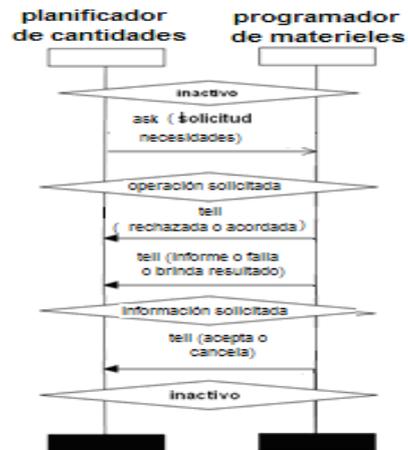


Figura 27. Cooperación entre agentes 3 y 4.

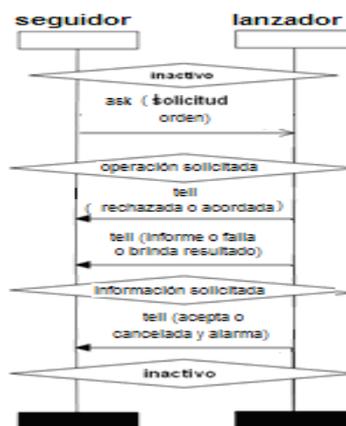


Figura 28. Cooperación entre agentes 6 y 7.

La determinación de qué agentes prestan determinados servicios es expuesta en la Tabla 6; como vemos, se analiza sólo la dinámica entre dos agentes; cuando existe un determinado requerimiento y hay varios agentes dispuestos a suplirlo, se hablaría ya de negociación, pues se hace necesaria para determinar qué agente suple esa necesidad, por ello, es bueno que el lector conozca que cuando existe negociación entre varios agentes y existe un conflicto entre ellos, éstos deben decidir cuál es el encargado de resolver dicho conflicto; el agente elegido (con diferentes criterios: el que tiene mayor conocimiento, menor carga o por convenio previo) tiene que replanificar el sistema, retransmitir este plan y ejecutarlo; esta negociación no aplica al caso en cuestión.

4.2.3.8 DESCRIPCIÓN DE LA CONDUCTA DE CONVERSACIÓN CON LA PIZARRA.

Se muestra aquí cómo se procesan los mensajes recibidos y cómo se envían; según el diagrama de estado de la Figura 29, ésta es la forma que se ha utilizado para la solicitud de información entre la pizarra y los agentes.

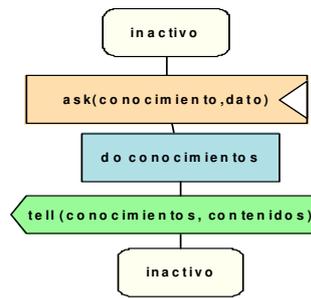


Figura 29. Conducta de las conversaciones de los agentes con la pizarra.

4.2.4 MODELO DE COMUNICACIÓN.

Mediante el uso de un bosquejo se presenta al lector formalmente las conversaciones de los actores con los agentes utilizando la técnica de casos de uso interno; se dice formalmente pues con anterioridad se habló implícitamente de ellas.

4.2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO INTERNO.

En primera instancia se muestra la interacción que tiene uno de los actores (jefe de producción) con el sistema (agentes); la Figura 30 muestra cómo, a través de la interfaz y del medio de comunicación, el actor determina los programas de producción y embalaje en colaboración de los otros agentes que contribuyen en una forma de realimentación de información; es de notar que este actor también puede lanzar la orden de producción como se indica en la Figura.

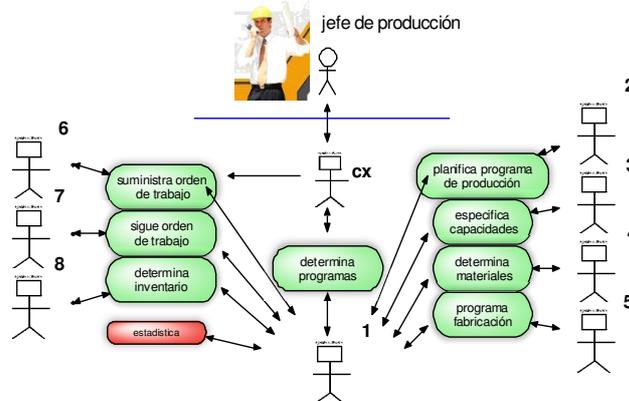


Figura 30. Casos de uso: lanzar orden de trabajo y determinar programa

En segundo lugar se encuentra la conversación que tienen los actores con el sistema para abordar las herramientas de supervisión; es importante resaltar que todos los actores tienen acceso a esta opción del sistema. Los actores activos se comunican con los agentes a través de una interfaz; estos actores tienen licencia en este caso de uso sólo para ver los valores que se hayan determinado para ese fin; es importante resaltar que a conveniencia de este modelado se pretende sólo supervisar los datos que se comparten entre agentes (datos maestros).

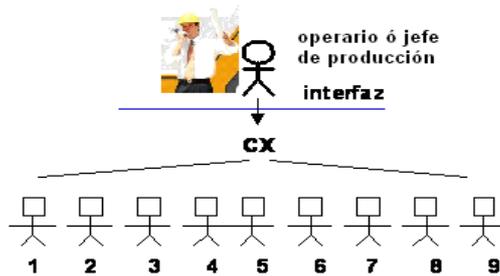


Figura 31. Caso de uso: visualizar herramienta.

Por último, se muestra cómo los actores pueden acceder al sistema para modificar, complementar o añadir datos, con determinadas preferencias según los criterios de las empresas; en otras palabras, dependiendo de las políticas empresariales un actor podrá realizar diferentes acciones sobre los valores del sistema interactuando directamente con la base de datos de los agentes y/o con la base de “datos maestros”; esto implica que los nuevos datos y/o valores deben ser aceptados por el sistema una vez se evalúen, modificando todo el campo de acción en que dichos datos y/o valores tengan influencia (véase Figura 32).

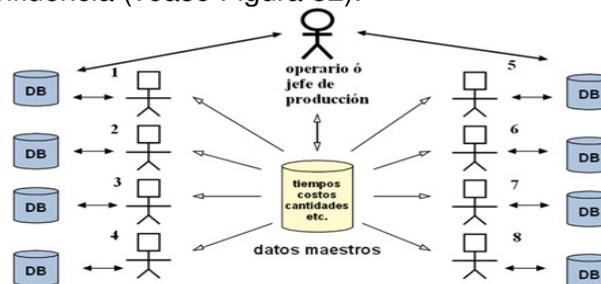


Figura 32. Caso de uso: modificar datos.

Este modelo permite describir cómo se realiza la interacción entre los agentes humanos y los agentes software dentro del sistema; a continuación se describe el orden de estas interacciones a través de un diagrama de secuencia de mensaje como es recomendado por la metodología MAScommonKADS.

4.2.4.2 CASOS DE USO EN DIAGRAMA DE SECUENCIA DE MENSAJE

En las secciones anteriores se menciona que la comunicación entre actores externos e interno es otra de las características que pueden tener los sistemas multiagente, según lo planteado en la metodología; se espera entonces haber dado al sistema dicha cualidad con el desarrollo de la presente sección.



Figura 33. Interacciones genéricas para el caso de uso: establecer programa.

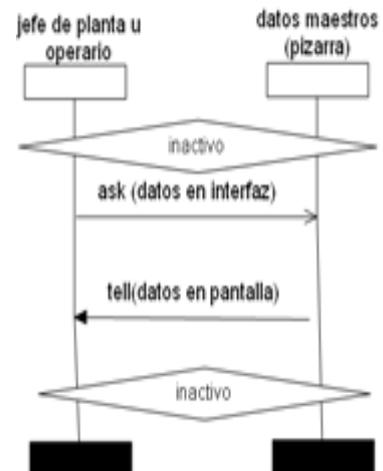


Figura 34. Interacciones genéricas para el caso de uso supervisión de herramientas.

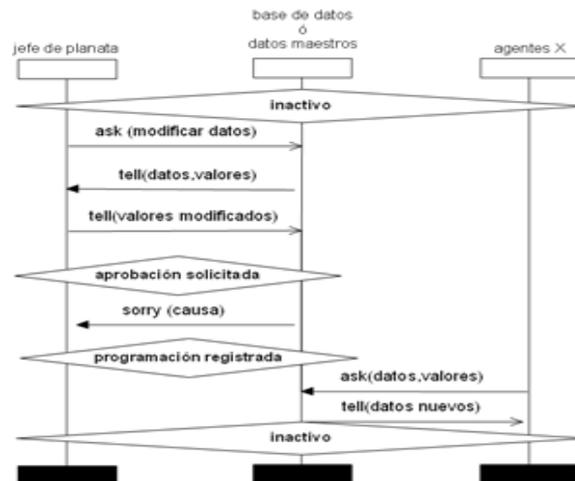


Figura 35. Interacciones genéricas para el caso de uso: modificar datos.

4.2.5 MODELO DE LA ORGANIZACIÓN.

Frente a los modelos de comunicación y de coordinación que modelan las relaciones dinámicas, este modelo está pensado para modelar las relaciones estructurales entre los agentes, como, por ejemplo, las relaciones de herencia, agregación, autoridad, utilización, etc.

El modelo de la organización aborda uno de los problemas centrales de la inteligencia artificial distribuida, relacionados con la perspectiva de grupo; en concreto aborda la descripción de la estructura organizativa, que permite definir las pautas que deben seguir los agentes para evitar los conflictos.

Este modelo según la metodología debe abarcar tanto la organización humana en que el MAS se encuentra, si es el caso, así como la relación de los agentes software y su relación con el entorno; es importante dejar claro entonces que para este caso particular se tendrá en cuenta sólo la organización de los agentes software, mas no de los humanos, pues se considera que por la naturaleza del sistema este aspecto es suficientemente abordado en la descripción de los casos de uso de la sección (4.1.1). Se determinarán entonces en este modelo los siguientes aspectos, las relaciones de herencia complementadas con la estructura organizacional, la cooperación entre agentes y la identificación de los objetos del entorno.

4.2.5.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS RELACIONES DE HERENCIA.

En la identificación de las relaciones de herencia se pretende establecer qué agentes heredan de otros métodos, datos ó atributos [14]; con base en lo anterior, teniendo en cuenta la dinámica del sistema (activación de agentes) y analizando la Tabla 4 de dependencia de funciones (cantidad información compartida), se estima conveniente agrupar los agentes que tienen un grado alto de dependencia y que heredan datos de agentes básicos (ó primarios) según la naturaleza de funcionamiento.

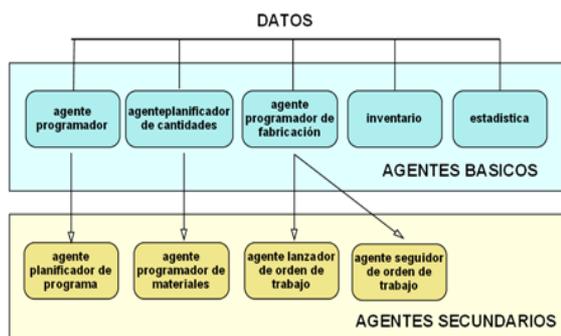


Figura 36. Jerarquía de agentes.

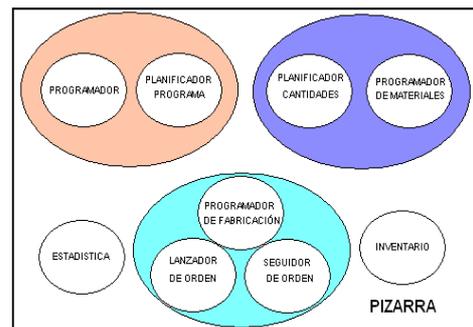


Figura 37. Agrupación de agentes.

El agrupar los agentes implica agrupar la información de alguna forma dentro del sistema, congregando terminología común en la comunicación, de tal modo que condescienda a la construcción de un lenguaje con los términos afines de cada funcionalidad; entra aquí el concepto de ontologías, que es la definición concreta de los términos de la dinámica y la de las relaciones entre esos términos; la agrupación de agentes facilitará a futuro la construcción de dichas ontologías (no tratadas en este documento) y el acceso a la información de una manera más eficiente. Se introduce el concepto de agente básico (iniciador y responsable del comportamiento dinámico del grupo) y de agente secundario que colabora con los propósitos del agente básico (servidor en algunos documentos), determinando las relaciones mediante un concepto propio de la forma que indica la Figura 36; la figura 37 muestra una relación entre los agentes establecida por las tareas que corresponden a ellos donde hay propósitos afines; en la Figura se determina una estructura organizativa entre los mismos agentes; esta estructura organizativa busca agruparlos dentro del MAS con el propósito de facilitar la comunicación y cooperación en su actuar; la cooperación del sistema propuesto sigue el paradigma CA/NA (Sistemas distribuidos completamente precisos, semi-autónomos; Completely accurate, nearly autonomous) enfocando a los sistemas de pizarra, porque cada nodo mantiene una información precisa y, en caso

de no tenerla, la demanda a otro nodo, como se muestra en la Tabla 4 de dependencia de funciones. Es bueno que el lector conozca que hay otro paradigma importante que, aunque no aplica a este caso, sería bueno conocerlo, el paradigma FA/C (Sistemas Distribuidos Cooperativos, funcionalmente precisos, Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems); este paradigma se distingue por que los nodos de la red mantienen incertidumbre acerca de sus visiones del problema [14]. Para avanzar en la resolución del problema, cada nodo debe cooperar con el resto para detectar las inconsistencias entre sus resultados parciales tentativos y los recibidos de otros nodos, e integrar estos resultados con los suyos.

Una estructura organizativa es un patrón de las relaciones de control e información entre los nodos, y la distribución de las capacidades de resolución del problema entre los mismos. Mientras que la negociación crea alianzas temporales entre los nodos, la estructura organizativa representa unas relaciones más permanentes a largo plazo. La estructura organizativa puede mejorar la coordinación en un sistema cooperativo, funcionalmente preciso, dotando a cada nodo de una visión de alto nivel de cómo la red resuelve los problemas y el papel que cada nodo juega en dicha red. Podemos distinguir los siguientes tipos organizativos:

- **Organización jerárquica o centralizada:** la autoridad para la toma de decisiones y el control se concentra en un resolutor o en un grupo especializado en cada nivel de la jerarquía; éste es el tipo de organización adoptado para los agentes del modelado y que se ha mostrado en la Figura 36.
- **Organización de mercado:** el control se distribuye como en un mercado y los nodos compiten por las tareas y recursos realizando ofertas y contratos o evaluación económica de los servicios y la demanda.
- **Comunidad plural:** se toma la comunidad científica como modelo y las soluciones locales se publican y se van refinando por la comunidad.
- **Comunidad con reglas de conducta:** se definen unas reglas o pautas de conducta para la relación entre los nodos, sin una organización explícita.

Al organizar los agentes de acuerdo con sus funcionalidades o el rol que les corresponde, como se ha hecho en este punto, se cumple con otra de las características que definen el MAS; ésta es presentada en la sección (2.1.4) cómo “organización social” del sistema multiagente. Al organizar los agentes, se han alcanzado entonces todas las características que se dice debe tener el sistema, cada una de ellas fue resaltada en su momento a lo largo de este desarrollo.

4.2.5.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETOS DEL ENTORNO.

Existen muchos tipos de agentes inteligentes, cada uno de ellos desarrollando las tareas para las que han sido creados; mientras para unos el tiempo se convierte en un recurso crítico, otros podrán tomar decisiones más racionales al disponer del tiempo y el conocimiento suficiente para ello; entre más conocimiento, más soporte a las decisiones que tome el agente en su actuar. En este orden de ideas se plantea en la metodología MAScommondKADS que deben existir agentes que implanten en sí

mismos una estructura que permita reconocer el entorno en que se desempeña el sistema, aunque se diga que no existe una única arquitectura ideal para agentes inteligentes y que la estructura concreta de las arquitecturas dependerá de las tareas y el entorno donde éstas se desarrollen.

Tratando de dar una habilidad reactiva al sistema se propone implantar una arquitectura afín en los agentes, convirtiéndolos entonces en agentes reactivos; un agente reactivo no debe tener necesariamente una estructura compleja para ser capaz de actuar en un entorno complejo; basta con que “observe el entorno y reconozca una serie de principios simples o dependencias”. Este conocimiento es utilizado para desarrollar módulos específicos que sean capaces de comprobar continuamente en su entorno la ocurrencia de situaciones específicas y de iniciar una reacción directa cuando dichas situaciones tienen lugar [17].

En la Figura 38 se muestra la arquitectura fundamental de los agentes reactivos que corresponden con un sistema simple de estímulo/respuesta. Los sensores recogen la información, la envían a los módulos de competencia correspondientes, produciéndose una reacción como salida en los mismos, que se transmite al exterior por medio de actuadores.

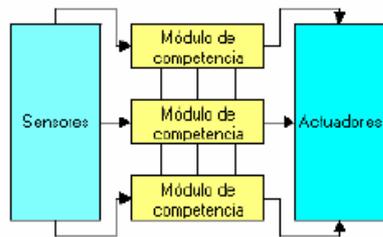


Figura 38. Arquitectura agente reactivo [18]

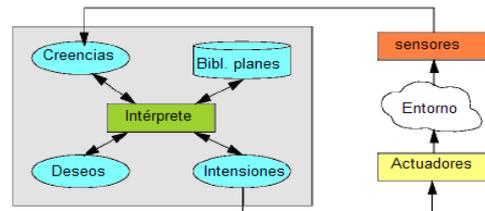


Figura 39. Arquitectura de agente deliberativo [18].

En general, los sensores de un agente reactivo le permiten obtener información de su entorno y reconocer la ocurrencia de situaciones cambiantes. La forma específica de los sensores depende en gran medida de los objetos monitoreados por el sensor.

Las situaciones cambiantes son las que debe analizar el sistema para reaccionar a ellas cuando no son idóneas; el sistema de agentes que se está construyendo no tiene sensores reales, pues no considera hardware al nivel que se encuentra, pero sí tiene una política de monitoreo de variables que convierten en reactivo a el sistema modelado, siendo ésta la aplicación del concepto de “identificación de los objetos del entorno”, pues dichas variables reflejan lo que en ese entorno sucede y que influyen en el desempeño del sistema.

La información recogida por los agentes gracias al monitoreo de variables es transmitida al módulo de competencia correspondiente; cada módulo de competencia está encargado de una tarea claramente definida pero no particularmente compleja. Un agente de información, por ejemplo, puede tener módulos para buscar fuentes de información, recoger los resultados de la

búsqueda y presentar dichos resultados. Las propiedades necesarias para llevar a cabo estas tareas están comprendidas dentro de los módulos correspondientes; todos y cada uno de los módulos deben poseer todas las capacidades requeridas para realizar sus tareas; como consecuencia, un agente reactivo no puede resolver una tarea para la que no tenga un módulo de competencia.

Las eventualidades que perciba el sensor pueden ser jerarquizadas según su importancia situando los módulos en capas; las capas inferiores de la jerarquía pueden inhibir a las capas superiores; cuanto mas bajo sea el nivel de una capa, más prioritaria es; en este caso de modelado se tomarán tres capas para priorizar la respuesta del sistema ante eventualidades de variables que corresponde en cada agente, siendo la capa uno la de mayor prioridad y la capa tres la de menor prioridad dentro del agente (véase Tabla 7 de variables monitoreadas).

La estructura descentralizada de los módulos de competencia incrementa la tolerancia a fallos y la robustez; si un modulo falla o funciona incorrectamente, seguramente el resto podrán seguir desempeñando sus tareas.

A los agentes del sistema que modelan el CIM de Siemens, además de darles una habilidad reactiva con la arquitectura planteada y tratada en este ítem, también se les desea agregar las habilidades que presta una arquitectura deliberativa (fig.39), pues estas arquitecturas en su funcionamiento contemplan los siguientes pasos: 1) toman un problema, 2) analizan los objetivos ante tal problema y 3) consideran los medios de satisfacerlos; estas apreciaciones son propicias para dar cumplimiento a lo presupuestado en lo que respecta al funcionamiento del sistema.

Los agentes deliberativos suelen basarse en la teoría clásica de planificación de inteligencia artificial: dado un estado inicial, un conjunto de operadores/planes y un estado objetivo, la deliberación del agente consiste en determinar qué pasos debe encadenar para lograr su objetivo.

Con base en que se toman arquitecturas reactivas y deliberativas dentro del sistema se habla, entonces, de una aplicación híbrida o arquitectura híbrida; estas arquitecturas ajustan los dos aspectos mediante la combinación de módulos reactivos con módulos deliberativos; los módulos reactivos se encargan de procesar los estímulos que no requieren deliberación, mientras que los módulos deliberativos determinan qué acciones deben realizarse para satisfacer los objetivos locales y cooperativos de los agentes.

Las arquitecturas híbridas pueden ser de dos tipos: horizontales (touring machines) o verticales (interrap), estas arquitecturas híbridas se enseñan a través de las Figuras 40 y 41 respectivamente.

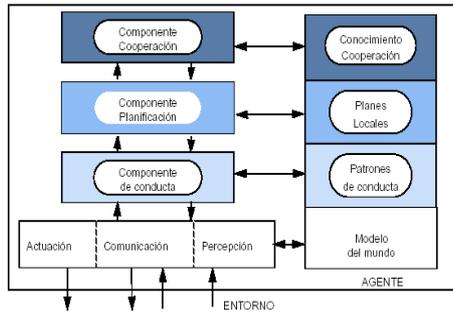


Figura 40. Arquitectura híbrida vertical interrap [14].

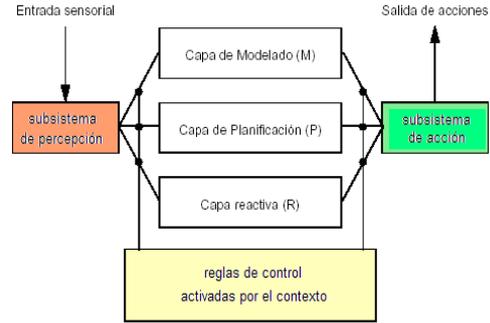


Figura 41. Arquitectura híbrida horizontal touring machine [14].

Las 2 arquitecturas coinciden en tres capas que tienen similitudes en sus propósitos; se considera que la interrap asocia una base de conocimientos a cada capa; estas bases de conocimiento representan al agente y su entorno a diferentes niveles de abstracción [18]; la base de conocimientos del nivel más alto representa los planes de los otros agentes en el entorno; la base de conocimiento de nivel medio representa los planes y acciones del propio agente; y la base de conocimientos de nivel más bajo representa la información sobre el entorno; estas cualidades permiten una adecuación propicia para la concepción del funcionamiento de los agentes dentro del sistema modelado; en consecuencia, se opta por tomar la arquitectura de interrap al considerarla más detallada y completa para forjar la estructura interna de los agentes. Tratando de implementar esta arquitectura, el presente ítem (4.2.5.2) de identificación de los objetos del entorno se orienta al planteamiento y consideración de la arquitectura reactiva al establecer las variables que el sistema considera monitorear, mas el modelo de la experiencia (4.2.6) incluirá el concepto de arquitectura deliberativa en su construcción al comprender un estado de agente, unos objetivos y unos pasos que seguir para conseguirlo, como considera dicha arquitectura.

Teniendo en cuenta entonces un entorno definido como la empresa industrial y considerando que el sistema de integración CIM a pesar de ser software es interactivo con el entorno real, pues refleja lo que en el sucede, se obliga en este modelo a contemplar “variables” que identifiquen ese entorno como se dijo anteriormente y a definir objetivos reactivos ante determinados eventos que el “monitoreo de variables” perciba, las variables monitoreadas se muestran en la tabla 6 junto a la prioridad que se les atribuye dentro de las actividades del agente encargado de su monitoreo y los objetivos se consideran en el modelo de la experiencia que se presenta en la próxima sección.

Las alarmas ante las variables descritas en la Tabla 7 “dependen de las políticas empresariales” que regulan existencias, reservas, costos etc. y que dependerán de la vigilancia de un agente; más adelante en el modelo de la experiencia se analizarán estas variables también, pero teniendo en cuenta la relación que tienen con la “función del agente” que las involucra.

agente	Variables monitoreadas.	Alarma por política ante	objetivo	Capa de prioridad
Agente programador	<ul style="list-style-type: none"> No aplica 	No aplica		No aplica
Agente planificador de programa de producción	<ul style="list-style-type: none"> disponibilidad de materia prima 	Nivel bajo de materia prima	Determinar necesidad y gestionar pedido	1
	<ul style="list-style-type: none"> capacidad de almacenamiento 	Baja capacidad de almacenamiento	Gestionar salida de producto	2
	<ul style="list-style-type: none"> disponibilidad de personal y/o equipo 	Baja disponibilidad de personal y/o equipo	Contratación y/o programación extra	2
Agente planificador de cantidades	<ul style="list-style-type: none"> aprovisionamiento 	Insuficiencia de aprovisionamiento	solicitud	1
	<ul style="list-style-type: none"> costos (análisis basado en costos) 	Elevados costos	Búsqueda mejor proveedor	2
	<ul style="list-style-type: none"> necesidades controladas por el consumo 	Variaciones en las necesidades		2
	<ul style="list-style-type: none"> nivel de existencias 	Elevados o bajos niveles de existencias	Conservar nivel stock, gestionar salida o establecer programa	2
	<ul style="list-style-type: none"> Reservas de material 	Bajos niveles de reservas	Realizar propuesta y pedido	3
Agt prog. de materiales	<ul style="list-style-type: none"> No aplica 	No aplica		No aplica
Agt prog. de la fabricación	<ul style="list-style-type: none"> necesidades del exterior 	Existencias de necesidades del exterior	Determinar necesidad y Gestionar maquila	1
Agt. lanzador de la orden de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> No aplica. 	No aplica		No aplica
Agente seguidor de la orden de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Avance orden de trabajo 	Irregular avance de orden	Priorizar orden	1
	<ul style="list-style-type: none"> Cuellos de botella 	Existencia cuellos de botella	Regular producción Balancear línea	1
	<ul style="list-style-type: none"> recepción de mercancías 	Demora en recepción de mercancías	Supervisión de registro., identificación de problema	2
	<ul style="list-style-type: none"> conformidad del pedido del cliente con la orden de trabajo del taller. 	Inconformidad con la orden de trabajo	Revisión de orden nueva programación, priorizar	1
	<ul style="list-style-type: none"> Relación pedido cliente orden de trabajo neutra. 			2
Inventario	<ul style="list-style-type: none"> nivel de inventario (pto. terminado, costos, materiales energía, etc.) 	Altos o bajos niveles de inventario	Regular a niveles establecidos por políticas.	1
	<ul style="list-style-type: none"> costos de inventario 	Altos costos de inventario	Análisis de costos, detección de irregularidad	1
estadística	<ul style="list-style-type: none"> no aplica. 	No aplica		No aplica

Tabla 7. Variables monitoreadas del sistema.

En la Tabla 7 se muestran las variables que se toman en consideración para que sean supervisadas por los agentes y que se tendrán en cuenta para la construcción del modelo de la experiencia; es importante dejar claro que el sistema (MAS) realmente monitorea las variables en vez de sensorlas como expone el modelo, el monitoreo es la aplicación del modelo al caso específico.

4.2.6 MODELO DE LA EXPERIENCIA O DE CONOCIMIENTO.

MAS-CommonKADS desarrolla en el modelo de la experiencia las tareas que requieren conocimiento para ser llevadas a cabo y que permitirán caracterizar al agente como un sistema basado en conocimiento. El principal problema de un sistema basado en conocimiento es la adquisición del mismo, que ha dado lugar a la disciplina denominada ingeniería del conocimiento o adquisición del conocimiento.

Se presentan los principales componentes del modelo de la experiencia de CommonKADS en la Figura 42. Esta estructura recoge los cuatro niveles del conocimiento de KADS-I (dominio, inferencia, tarea y estrategia) al que se unen los métodos de resolución de problemas

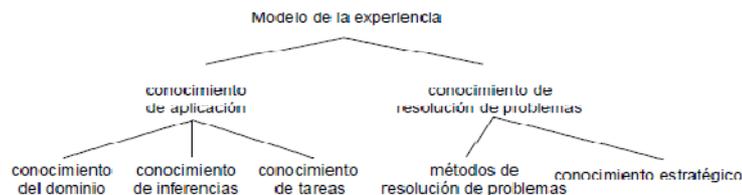


Figura 42. Principales componentes del modelo de la experiencia [14]

Teniendo en cuenta los componentes del modelo de la Figura 42 y basándose en el modelo genérico conceptual de “interrap”, se pueden determinar las principales tareas que se realizan en la arquitectura de agente escogida y que requieren conocimiento, entre ellas se tienen [14]:

- **Gestionar estímulos:** el agente recibe los estímulos a través de los sensores, el buzón y la entrada del usuario, que para este caso de modelado consiste en la alteración de las variables.
- **Gestionar creencias:** consiste en la generación y actualización de creencias a partir de la percepción de los estímulos.
- **Reconocer situación:** consiste en extraer situaciones estructuradas a partir de las creencias no estructuradas del agente. El reconocimiento de una situación permite identificar la necesidad de iniciar una actividad.
- **Activar objetivo:** determinación de qué objetivos emergen de la situación identificada.
- **Planificar acción:** determinar qué acciones deben realizarse para satisfacer los objetivos identificados y en qué orden.
- **Realizar acción:** ejecutar las acciones que se han planificado. Puede ser la ejecución de un proceso interno o conllevar comunicación con el exterior mediante actuadores, mensajes o la interfaz de usuario.

Para continuar con el ejercicio de modelado se formula la creación de unas tablas que ayudan a concretar y/o resumir el modelo de la experiencia partiendo de los componentes y tareas ya mencionadas. Las Tablas 8 y 9 se presentan

como aporte de este trabajo de grado pues representan una manera idónea de aterrizar los conceptos que abarca el modelo de la experiencia; además de resumir el conocimiento que debe tenerse en cuenta para el desarrollo de las tareas, se fijan los objetivos y pasos para la obtención de los mismos, cumpliendo con la arquitectura de agente deliberativo propuesta en el modelo de la organización; para ello se parte del análisis de las variables monitoreadas que propone la arquitectura reactiva; en seguida se resume e implanta el modelo de la experiencia y las arquitectura híbrida respectivamente en dichas tablas.

Es importante hacer notar que las funciones descritas aquí no son las únicas; sólo son las pertenecientes al ámbito PPC las que se han tratado; lógicamente, intervienen otras funciones que están en otros ámbitos pero que no son del propósito de este trabajo.

Para el caso particular del MAS de integración que aquí se desarrolla y para la comprensión de las tablas mencionadas, es necesario hacer las siguientes consideraciones: como se sabe, los agentes tienen a su cargo determinadas funciones; estas funciones dependen del estado de ciertas variables; dichas variables son clasificadas en diferentes categorías según sea su influencia sobre el caso específico de función; la categoría puede ser de tres tipos “C”, “N”, u “O”, que referencian las palabras, crítica, normal u opcional respectivamente; a la categoría crítica como su nombre lo indica, pertenecen las variables que se consideran determinantes para la realización de alguna función; la categorización de normal se da a aquellas variables que influyen en el desarrollo de las funcionalidades del agente pero que no son indispensables; por último, la categoría opcional cubre aquellas variables a las que se puede acudir para deducir información que no ha podido determinarse cuando se accedió a la variable directamente involucrada.

Teniendo en cuenta el estado y la categoría de las variables respecto a la funcionalidad que las involucre, se estipula un estado para dicha función; esos estados pueden ser los descritos en la Tabla 8 según sea el caso de función.

Con base en el estado de las variables se puede asignar alarma (A) o Espera (E) según se considere; estas alarmas y/o esperas son las que se tendrán en cuenta para inducir a las funciones a un estado u otro; en conclusión, se determinan los estados de las funciones a partir de los estados de las variables partiendo de las siguientes reglas:

- Una o más alarmas de una variable CRÍTICA, llevan al agente a RECHAZO.
- Si no hay alarmas de variables de categoría CRÍTICA, pero sí alarmas de variables NORMALES, llevan al agente a GESTIÓN con límite de tiempo para poder aprobar la acción.
- Si no hay ALARMAS pero sí ESPERAS de cualquier tipo de variable, llevarán al agente a GESTIÓN sin restricciones de tiempo.
- El resto de opciones APRUEBAN LA ACCIÓN.

Es elemental que el lector tenga claro que las reglas aquí expuestas y la clasificación en tipos de variables que muestra la tabla, son solo “propuestas” y, por ende, están sujetas a cambios o consideraciones según sean los casos,

políticas o perspectivas de cada empresa que a futuro pretenda utilizar el modelo.

Continuando con la explicación de la dinámica, es preciso comentar que cuando se ha fijado el estado del agente, se plantean a la vez los objetivos que guiarán su conducta; dichos objetivos son alcanzados a través del desarrollo de actividades que procuran llevar al agente siempre al estado idóneo. Esta dinámica es la que se ha tratado de plasmar en las Tablas 8 y 9; se tiene, entonces:

agente	función	Ag. t.	Variables monitoreadas		bu en o	Re g.	ma lo	De ter	estado
Agente programador	Establecer programa de producción	3	Aprovisionamiento	Nivel de aprovisionamiento. Existencia de necesidades. Nivel existencias de almacén.		E	A	C	Aprobado. Gestionando. Rechazado.
			necesidades				E	N	
			Existencias		E		A	N	
		5	Capacidad disponible	Disponibilidad de capacidad		E	A	C	
			estado de la capacidad					O	
		8	inventario						
Agente planificador de programa de producción	Chequear la programación frente a disponibilidad de materias primas	1	Programa	Demanda de materia prima según programa.	D	A	T	O	Suficiente justa insuficiente
		2	Planificación	Necesidad planificada (Proyección de existencias de materia prima). Cumplimiento y proyección de suministros.	D	A	T	O	
			plazo suministro			E	A	C	
		3	Aprovisionamiento	Nivel aprovisionamiento. Existencia de necesidades. Nivel de reservas.		E	A	C	
			necesidades					O	
			existencias		E		A	N	
	reservas	E			A	N			
	8	Inventario	Cantidades de materia prima en inventario.					O	
	Chequear la programación frente a la capacidad de almacenamiento de producto	1	Programa	Capacidad de almacenamiento según programa	D	A	T	O	Suficiente justa insuficiente
		2	Planificación	Almacenamiento planificado	D	A	T	O	
3		Existencias de almacén	Almacenamiento utilizado y disponible		E	A	C		
8		Inventario	Existencias de almacén según inventario.					O	

	Chequear la programación frente a disponibilidad de personal y equipo	1	Programa	Disponibilidad de personal y equipo a un programa.	D	A	T	O	Suficiente justa insuficiente
		2	Planificación	Planificación de personal y equipo	D	A	T	O	
Agente planificador de cantidades	Cálculo de aprovisionamiento	1	Programa	Demanda o no de aprovisionamiento según programa.	D	A	T	O	Suficiente Gestionando Insuficiente
		3	Necesidades	Aprovisionamiento regular según consumo.		E	A	C	
	Control de existencias de almacén	1	Programa embalaje	Existencias para despacho.		E	A	C	Existente Gestionando Inexistente
		3	Aprovisionamiento	Determinación de existencias en almacén según costo.		E	A	C	
análisis ABC				E	A	C			
4	Necesidades	Demanda de existencias (nivel)		E	A	C			
Agente programador de materiales	Determinar las necesidades brutas y netas	2	Chequeo materia prima vs programa.	Necesidad de material según programa		E	A	C	Existente Gestionando Inexistente
		3	Cálculo aprovisionamiento	Necesidad según horizonte de aprovisionamiento		E	A	C	
		4	Desglose lista de piezas	Determinación de necesidades según componentes de producto.	D	A	T	O	
Agente programador de la fabricación	Determinación de las necesidades del exterior	1	Programa	Necesidad de maquila según programación	D	A	T	O	Existente Gestionando Inexistente
		3	Análisis ABC,	Necesidades fijadas según componentes de producto y costo.			E	N	
			Aprovisionamiento	Aprovisionamiento según maquila		E	A	C	
		2	actividades de diseño		D	A	T	O	
	4	Necesidades brutas y netas				C			
	Cálculo de la capacidad necesaria ajuste.	2	Planificación	Ajustes de capacidad según planificación y pronósticos.		E	A	C	Suficiente insuficiente
Pronósticos			E			E	C		
Agente lanzador de la orden de trabajo	Autorización de la orden de trabajo en el taller	5	Capacidad disponible	Autorización o no según capacidad.		E	A	C	Aprobada. No aprobada.
		6	Justificantes de trabajo	Justificación de la orden				N	
		7	Avance órdenes de trabajo	Nivel de órdenes actuales.		E	A	C	
Agente	Control de	2	Planificación	Nivel de avance de	D	A	T		Óptimo

te se- gui- dor de la orden de trabajo	avance de la orden de trabajo			órdenes según lo planificado.				O	Adecuado crítico
		6	Autorización orden	Avance según autorización.	D	A	T	O	
		7	Revisión cuellos de botella,	Estado de avance de orden con cuellos de botella.		E	A	C	
	Pedido del cliente vs. Orden de trabajo				E	A	C		
	Revisión de cuellos de botella	7	Seguimiento de cargas	Flujo adecuado o no de cargas.		E	A	C	Existente inexistente
	Comunl. de recep. de mercancías .Superv. de capacidad de producción.	5	Porcentaje de estado de la capacidad	Capacidad actual.		E	A	C	Recepciona nado. No repcionan do
	Supervisió n de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente	2	Planificación	Se desarrolla lo planeado o no (tiempos)	D	A	T	O	Óptimo Adecuado Crítico
		6	Autorización orden de trabajo en el taller	Qué fue lo que se autorizó.	D	A	T	O	
		7	Avance de la orden	Flujo adecuado de la orden de determinado cliente.		E	A	C	
	Relación entre el pedido del cliente y la orden de trabajo neutra en el taller	1	programas	Fecha entrada	D	A	T	O	Satisfacto- ria Insatisfac- toria
6		Orden de trabajo y autorización	Requerimientos avalados y autorización	D	A	T	O		
7		avance de la orden de trabajo	tiempos		E	A	C		
In- ven- tario	Análisis de inventario			Eficiencia de inventario. Adecuado uso de los recursos.		E	A	C	Óptimo Adecuado Crítico
Esta dísti- ca	Análisis estadístico			Cantidades de producto, eficiencia de proceso y nivel calidad		E	A	C	Óptimo Adecuado Crítico

Tabla 8. Resumen de componentes del modelo de la experiencia (parte 1).

A g t	función	estado	Objetivo	Planificación de acción	acción
1	Establecer programa de producción	Aprobado	Reservar recursos.	Asegurar aprovisionamiento Reserva de materia prima, capacidad, personal y equipo.	Confirmar aprovisionamiento. Actualizar datos de materia prima, personal y equipo teniendo en cuenta el programa aprobado. Colocar prog. en programación.
			Publicar aprobación.		
		Gestionando	Solicitar recursos.	Determinación de necesidades. Realizar propuesta de pedidos Determinar aprovisionamiento . Revisar si las necesidades justifican el programa	Presentar plantilla de pedido con necesidades, justificantes y fechas propuestas de aprovisionamiento. Generar programación extra con cantidades horarios y requerimiento de recursos. El jefe de producción debe autorizar una de las propuestas.
			Gestión de capacidad.	Proponer prog extra.	
			Solicitar maquila	Proponer maquila	
Rechazado.	N.A.		Rechazo.		
2	Chequear la programación frente a disponibilidad de materias primas	Suficiente	Reservar y aprobar	Dar Visto bueno.	Actualiza datos reservando cantidad.
		justa	Hacer pedido de materia prima	Determinar necesidades y hacer propuesta	Reservar cantidad actual y hacer propuesta de pedido,
			Confirmar plazo de suministro.	Confirmar aprovisionamiento	
		insuficiente	Alarmar.	Agotar reservas y seguidamente gestionar pedido.	Hacer propuesta de pedido, seleccionar proveedor, confirmación de suministro por parte de jefe de producción o rechazo.
			Solicitar reservas.		
			Visto malo		
	Chequear la programación frente a la capacidad de almacenamiento de producto	Suficiente	Dar visto bueno.		Reservar y Actualizar datos de capacidad en horizonte temporal.
		justa	Gestión de capacidad.	Gestionar despachos. Acelerar embalaje.	Solicitar salida de producto con confirmación de cliente (jefe prod.)
		insuficiente	Limitar programa producción.	Propuesta de programa.	Replanificación de programa, a espera de confirmación de cliente. O rechazo.
			Visto malo.		
	Chequear la programación frente a disponibilidad de personal y equipo	Suficiente	Visto bueno	Avala chequeo	Reservar y actualizar datos de disp..
		justa	Vito bueno condicionado	Condiciona aval	Asegurar reactividad a falla de equipo (ej:diponi. stocks)
		insuficiente	Gestionar Maquila,	Generar	Propuesta de pedido.

			Limitar programación	disponibilidad, limitar a capacidad actual o maquila	Programación extra Limitación de programa, selección de jefe producción. O rechazo
			Programa extra.		
			Visto malo.		
3	Cálculo de aprovisionamiento	suficiente	Visto bueno.		Actualizar datos.
		Gestionando	Determinar Necesidad.		Confirmar suministro
			Enviar Solicitud. (pedido)	Confirmar plazo de suministro. Mandar a propuesta de pedido	
		insuficiente	Alarma.	Agotar existencias	Utilizar reservas, o visto malo si son insuficientes.
	Toma reservas Visto malo				
	Control de existencias de almacén	Existente	Controlar nivel según costo.		Regular nivel máx y min, análisis ABC
		Gestionando	Solicitar y/o reservar existencias.	Realizar programa.	Ejecutar programa para reservas.
Inexistente		Alarma, pasar a gestión de reserva			
4	Determinar las necesidades brutas y netas	Existente	Alarma.	Pasa a gestionar o rechazar	Determinar tipos y cantidades.
		Gestionando	Hacer pedidos.	Reducir necesidades	Solicitar control de existencias, si las hay, utilizarlas, sino impedir que se realice propuesta de pedido.
			Utilizar existencias.		
			Priorizar necesidades según programa.		
Inexistente	N.A.	N.A.	N.A.		
5	Determinación de las necesidades del exterior	Existente	Alarma, pasar a Gestionar.		Alarma, pasar a gestionar
		Gestionando	Solicitar maquila.	Agotar existencias, pedido exterior	Agotar reservas, solicitar gestión de pedido.
			Solicitar reservas.		
	Inexistente	N.A.	N.A.	N.A.	
	Calculo de la capacidad necesaria ajuste.	Suficiente	N.A.	N.A.	N.A.
insuficiente		Limitar programa.		Presentar propuesta con capacidad actual. Proponer prog extra.	
	Generar orden prog extra.				
6	Autorización de la orden de trabajo en el taller	Aprobada.	Ejecutar orden.	Informar aprobación	Pasar orden a ejecución en taller.
		No aprobada.	Revisión de justificantes de trabajo.	Revisión de precondiciones.	Revisión detallada de orden, re-aprobación de jefe producción. Priorizar reprogramación.
			Reprogramar		
			. Librar capacidad		
7	Control de avance de la orden de	Óptimo	Informar		Informar como optimo Informar a pronóstico
		Adecuado		Aumentar control	Chequeo en periodos

	trabajo	Crítico	Alarma		más cortos Alarmar, chequeo de disponibilidad de recursos y estado de equipos, utilizar reservas, reprogramar si es necesario priorizando orden.
			Revisión de recursos.		
			Gestión de reservas.		
			Replanificar		
			Generar prog. Extra		
Revisión de cuellos de botella	Existente	Revisión de equipos. Regular programa prog. Extra	Descongestionar línea	Programar extra. Regular programa.	
	inexistente	N.A.			
Comunicación de recepción de mercancías. Supervisión de la capacidad de producción.	repcionando	Informar y re dinamizar el sistema		Confirma recepción actualiza datos de capacidad.	
	No repcionando	N.A	N.A	N.A	
Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente	Optimo	N.A.	N.A.	N.A	
	Adecuado	Revisión	Aumentar supervisión.	Revisión en intervalos menores	
		Mejora			
	Crítico	Alarma.	Replanteamineto	Reprogramar, priorizar	
Revisar orden. Priorizar orden.					
Relación entre el pedido del cliente y la orden de trabajo neutra en el taller	Satisfactoria	N.A.	N.A.	N.A.	
	Insatisfactoria	Informar., revisión de recursos, reprogramar.		Informar al cliente Reprogramar, priorizar según su VoBo.	
8	Análisis de inventario	Óptimo	N.A	N.A.	N.A.
		Adecuado	Regular limite MAX y MIN de inventarios.	Supervisar	Revisión periódica.
		Crítico	Alarma. Revisión niveles	Reducción de inventario	Análisis de costo. Acelerar salidas de producto y utilización de existencias.
9	Análisis estadístico	Optimo	N.A	N.A.	N.A.
		Adecuado	Mayor supervisión		Reducir tiempos de muestreos.
		critico	Alarmar , mayor supervisión		Reducir al máximo tiempos de muestreo.

Tabla 9. Resumen de componentes del modelo de la experiencia (parte 2).

Frente a la visión tradicional de la ingeniería del conocimiento en que la adquisición del conocimiento consistía en extraer el conocimiento del experto y plasmarlo en símbolos (normalmente reglas) que permitían un prototipado rápido, la adquisición del conocimiento pasa a verse como una actividad de modelado. Se pasa a hablar de modelado del conocimiento (o modelado del nivel del conocimiento) en lugar de hablar de adquisición del conocimiento [14], este conocimiento del que se habla es el que se ha tratado de plasmar en la

Tabla anterior, donde se hacen consideraciones de prioridad, de actividades que seguir y de importancia de variables que para hechos específicos de las industrias pueden variar según los criterios de cada una de ellas y de las políticas que las rigen.

El conocimiento del dominio en CommonKADS está compuesto de ontologías del dominio y modelos del dominio, La ontología del dominio describe las entidades relevantes del dominio y las relaciones mantenidas entre los ejemplares de dichas entidades; estas ontologías no serán tratadas en este trabajo de grado por considerar que podrían convertirse en una continuación del presente por su extensión y grado de detalle; por otra parte, el modelo *del* dominio representa un conjunto de relaciones de los elementos del dominio desde un punto de vista concreto, por ejemplo: modelo causal del dominio, modelo taxonómico del dominio, etc. La definición del modelo del dominio se realiza indicando qué relaciones se tienen en cuenta y enunciando axiomas sobre estas relaciones [14]. Por ejemplo, para el modelo causal, emplearíamos la relación “causa” y enunciaríamos axiomas del tipo “estado del depósito vacío causa indicador de gasolina indica sin gasolina”; como vemos la Tabla 9 sigue un modelo causal, pues los estados de agentes o sus relaciones causan diversos propósitos.

Se deben, entonces, establecer las relaciones del modelo de dominio teniendo en cuenta el conocimiento que ellas demandan y que debe ser abarcado por el sistema; debe conocer el lector que las técnicas de adquisición del conocimiento permiten que el ingeniero del conocimiento pueda modelar el conocimiento empleado por humanos en la realización de actividades. Estas técnicas complementan el conocimiento adquirido mediante la revisión de documentación disponible (libros, manuales, informes, etc.) y las técnicas de aprendizaje automático a partir de los datos [14]. Se pueden distinguir tres tipos de técnicas [14]:

Técnicas de entrevistas: técnicas verbales para entrevistar a un experto, al que se le solicita que reflexione sobre su forma de resolver los problemas y la explique.

Técnicas de observación: técnicas basadas en observar cómo resuelve el experto un problema real o simulado.

Técnicas multidimensionales: técnicas que producen datos no verbales, forzando a que el experto piense sobre el dominio desde una nueva perspectiva.

En la construcción de la Tabla 9 se siguió la técnica de entrevistas (ver anexo H), analizando diferentes procedimientos de producción en diferentes empresas, también se recurrió a la documentación disponible y al razonamiento lógico de solución de problemas para llevar a los agentes de un estado a otro.

4.2.7 MODELO DE DISEÑO.

Este modelo no se desarrolla pues no se plantea alcanzar una aplicación software en este proyecto; sin embargo, se enseña lo correspondiente al modelo de una forma general.

El modelo de diseño de MAS-CommonKADS distingue tres clases de decisiones de diseño (Figura 43) [14]: diseño de la red, que consiste en diseñar el modelo de red, diseño de los agentes, que consiste en descomponer cada agente en subsistemas, y diseño de la plataforma, que recoge las decisiones de software y hardware.



Figura 43. Descomposición del modelo de diseño fuente [14].

4.2.7.1 DISEÑO DE LA RED DE AGENTES.

Este diseño consiste en identificar y definir las facilidades para la red, el conocimiento y la coordinación.

- Facilidades de la red: Incluyen el manejo de servicios de agentes, servicios de páginas amarillas y blancas, servicios de suscripción y registro, niveles de seguridad autenticación y encriptación, protocolos de encriptación y transporte, etc.
- Facilidades de conocimiento: incluye servicios de ontologías, lenguajes de representación y transferencia de conocimiento, etc.
- Facilidades de coordinación: incluye primitiva y protocolos de comunicación disponibles, servidores de protocolos, administración de grupos, asistencia en coordinación de metas compartidas, etc.

4.2.7.2 DISEÑO DE AGENTES.

Se determina la arquitectura más adecuada para cada agente. Se pueden introducir nuevos agentes, o subdividir los ya existentes de acuerdo con criterios pragmáticos. Cada agente se divide en módulos para

- comunicación con el usuario
- comunicación entre agentes
- reacción y deliberación
- habilidades y servicios externos.

Los anteriores conceptos no se abordan en esta sección directamente al no realizarla, pero se hicieron necesarios en el desarrollo y conceptualización del modelado; por ello se introdujeron en los diferentes modelos.

4.2.7.3 DISEÑO DE LA PLATAFORMA

El diseño de la plataforma involucra la selección del software y hardware, existen plataformas de desarrollo que dan soluciones parciales al modelado de comportamiento y a la coordinación de agentes. El rango de estas soluciones va desde proporcionar servicios básicos (gestión de agentes, librerías de algoritmos, localización de agentes o movilidad), como JADE, Grasshopper o ABLE, hasta entornos de desarrollo donde se parametrizan armazones (framework) software, como ZEUS o AgenTool.

Aunque facilitan el proceso, las plataformas de desarrollo quedan incompletas sin un proceso de desarrollo de software especializado para agentes que haga similar la creación de SMA a la producción de software convencional. Para ello se presentan las metodologías basadas en agentes BDI, Vowel Engineering, MAS-CommonKADS, GAIA (anexo D) .Estas metodologías parten de un modelo, informal en la mayoría de casos, de cómo debe ser un SMA y dan guías para su construcción, aunque persista el problema de falta de herramientas de soporte y un lenguaje para la especificación del SMA que permitan trabajar de forma similar a como se trabaja en Rational Rose, TogetherJ o Paradigm+. La plataforma JADE es una de las más reconocidas y recomendadas según algunos documentos, por ello se dice que si se planteara a futuro realizar la aplicación se recomendaría usar esta plataforma.

Para el desarrollo de una aplicación que involucra software y hardware, como pretende el modelo de diseño se recomienda revisar el documento [14].

CAPÍTULO 5. DINÁMICA DEL MAS RESULTANTE.

Este ítem no pertenece a lo concebido dentro de la metodología MAS ComondKads pero se ha hecho necesario una vez se ha pretendido comprender la dinámica entera del sistema que han explicado anteriormente los modelos. Explicar la dinámica del sistema resulta un poco complejo ya que la interacción de los agentes es relativa una vez se ejecutan las tareas de los mismos; por ello, se plantea mostrar la dinámica general del sistema y posteriormente explicar algunos de los procedimientos de mayor relevancia dentro de la actividad del MAS en el ítem denominado “desempeño interno”.

En pro de mejorar la comprensión de la dinámica se utilizará una convención de colores dentro del diagrama, ello permitirá identificar el agente responsable de la de la actividad y/o tarea; los agentes y sus colores se muestran en la siguiente Figura.

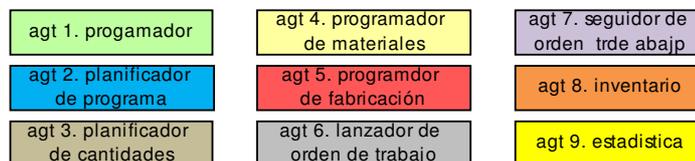


Figura 44. Convención de colores para agentes.

Una vez establecido el color y el agente representado, se procede a construir un diagrama de actividad que permita conocer claramente los procedimientos propuestos dentro del ámbito PPC; estos diagramas de actividad se dividirán en dos grupos, en el primer grupo, los diagramas que muestran el desempeño general del sistema y en el segundo, los diagramas que muestra el desempeño interno de algunas de las funciones más importantes que se consideran como esenciales para mostrar la naturaleza del sistema.

5.1 DESEMPEÑO GENERAL.

Para explicar el desempeño general del sistema, se partirá del análisis de casos de uso realizado en la sección (4.1.1.2), donde se van involucrando las funciones de los agentes a medida que se pretende la planificación y el control de la producción. En la Figura 45 se puede observar que el sistema presenta al usuario las opciones y/o casos de uso definidos anteriormente; ellos son: visualizar herramientas, establecer programas, modificar datos y salir; el usuario debe elegir alguna de las opciones para que el sistema ejecute los procesos que implique dicha opción.

El caso de uso considerado de mayor relevancia, pues representa la dinámica del ámbito PPC del CIM, es el de “establecer programa”, el cual es iniciado por un actor externo (operario) que pretende fijar un programa de embalaje o de producción.

Si se escoge la opción de producción (ver Figura 45), inmediatamente el agente 1 (programador) actualiza sus datos; seguidamente, presenta al actor externo un formato de programación; cuando el actor externo diligencia ese formato, que considera la cantidad de producto y sus especificaciones, el agente programador lo evalúa y determina si puede ser atendido en una primera instancia,

considerando datos de diseño y capacidades generales actuales (entre otros); en otras palabras, el agente programador evalúa que el requerimiento se encuentre dentro de los parámetros y especificaciones que pueden ser atendidos por el sistema de producción. Si el requerimiento puede satisfacerse, el agente 3 (planificador de cantidades) valida la cantidad de producto disponible con el requerido; si existe producto suficiente, se notifica al módulo de embalaje (programador) para que inicie las actividades de despacho del producto. En caso contrario, el agente 5 (programador de fabricación) valida el requerimiento con la capacidad de producción; esta actividad es considerada de importancia, por lo que será detallada más adelante en el ítem de “desempeño interno”.

Si no hay capacidad, se realiza una propuesta de pedido de “maquila” la cual debe ser autorizada por un actor externo; si se autoriza, se actualizan datos y se reserva el material para el programa resultante (programa resultante = prog. Requerido – prog.de maquila); luego el sistema vuelve a la actividad de determinar capacidad, teniendo en cuenta los nuevos valores; para terminar, se reserva la capacidad de planta para el requerimiento; si hay capacidad se omiten los pasos anteriores y el agente 2 (planificador de programa) entra a validar el requerimiento con la disponibilidad de materia prima; si hay suficiente materia prima, se reserva; si no, se hace el pedido de la misma, luego se valida el requerimiento con la capacidad de almacenamiento por parte del agente 3 (planificador de cantidades); si no hay capacidad, se gestiona la salida de producto estableciendo una propuesta de programa de embalaje que debe ser autorizado por el actor externo, si hay capacidad se omite esta operación. Una vez haya capacidad de almacenamiento, se procede a chequear el requerimiento con respecto a la disponibilidad de personal y equipo, también por parte del agente 3; si no hay disponibilidad, se fija una orden extraordinaria gestionada por el agente 2 (planificador de programa), ello lleva a que se modifique horariamente los programas ya establecidos, para terminar, el mismo agente realiza ya la planificación aproximada del programa y el agente 1 (programador) establece ese programa.

A continuación se muestran los diagramas de actividad que ilustran el flujo básico general, que debe realizar el SMA durante la construcción, ejecución y monitoreo del plan de producción

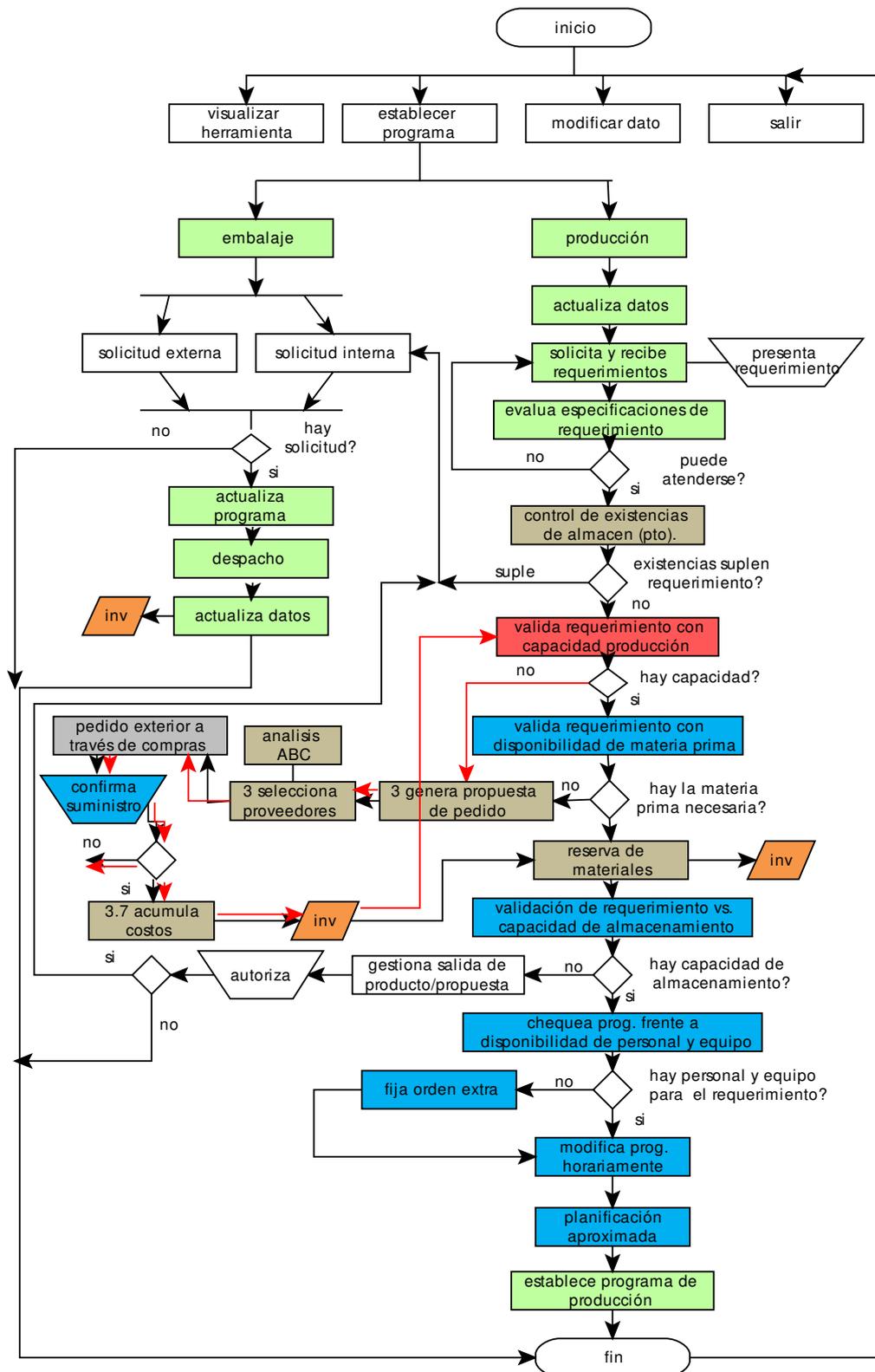


Figura 45. Dinámica de establecer programa del MAS.

Dentro de este diagrama de flujo hay unos procesos que son relevantes dentro de la dinámica; por ello, se muestra más adelante la explicación de su proceder para con el sistema.

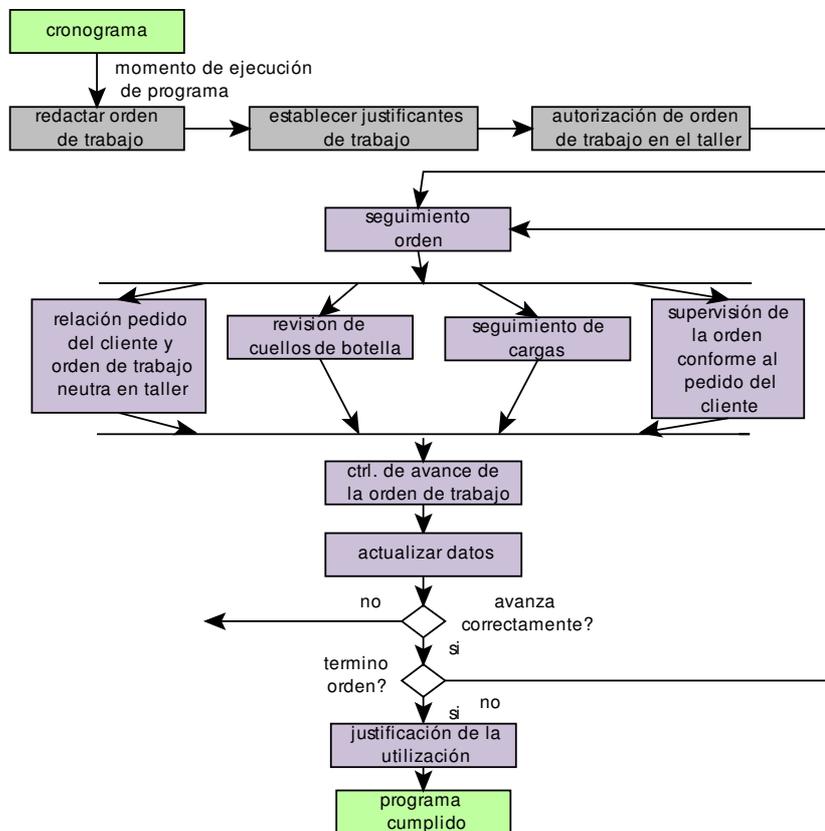


Figura 46. Dinámica del MAS para la ejecución de los programas.

Una vez establecido el programa, queda registrado en la base central y es plenamente identificado por el agente número 1; este programa queda en espera de ser ejecutado; una vez ha llegado el momento propuesto para ejecutar ese programa, se informa por parte del agente 1 (programador) al agente 6 (lanzador de orden) que hay un programa en espera de ser ejecutado (ver Figura 46); el agente 6 recibe la información y empieza a redactar una "orden de trabajo" estableciendo los justificantes; si los hay, el sistema (o actor) autoriza la ejecución de la orden; cuando ésta ya ha empezado a ejecutarse, se activa automáticamente el agente número 7 (seguidor de orden de trabajo) el que supervisa el adecuado procesamiento de la orden, revisando la posible existencia de cuellos de botella, haciendo seguimiento de cargas y revisando que lo ejecutado en la zona de fabricación (producción) sea estrictamente lo requerido; las operaciones de seguimiento de orden se realizan constantemente, así como el almacenamiento de datos que estas operaciones arrojen (actualizando existencias, capacidades, etc), todo ello para identificar posibles fallas a lo largo de la ejecución del proceso y realizar control sobre el avance de la orden. Una vez terminada la orden de trabajo, se registra como cumplida en la programación general.

5.2 DESEMPEÑO INTERNO

Entre las tareas de agentes anteriormente descritas hay unas de relevancia que se describen a continuación, la primera de ellas:

Validación de requerimiento con capacidad de producción: la Figura 47 muestra la dinámica interna, donde el agente valida la capacidad real de producción del sistema, es decir, calcula la capacidad nominal menos la capacidad comprometida para determinar si puede atenderse la demanda en el tiempo establecido.

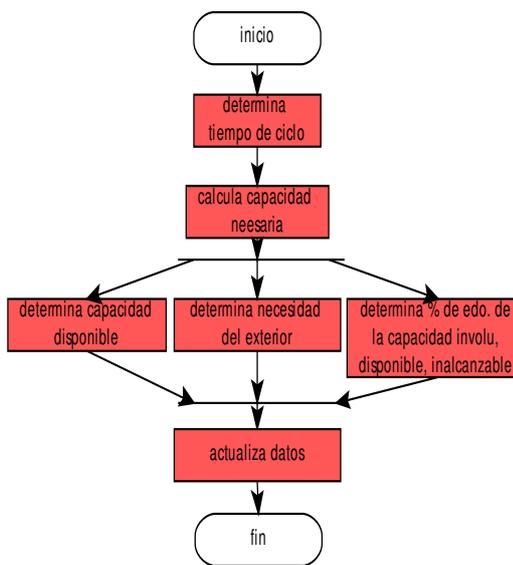


Figura 47. Validación de requerimiento vs. Capacidad de producción

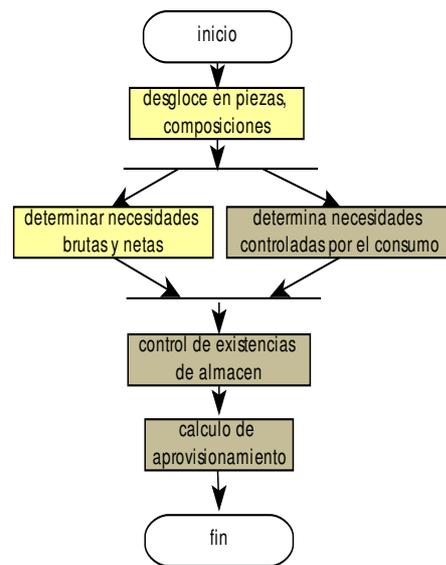


Figura 48. Validación requerimiento vs. Disponibilidad de materia prima.

Validación requerimiento con disponibilidad de materia prima: el agente 2 en su función 2.3, “chequear la programación frente a la disponibilidad de materia prima”, solicita al agente 4 realice la función “desglose de lista de piezas”, composiciones, para determinar las “necesidades brutas y netas” de materia prima así como las “necesidades controladas por el consumo” por parte del agente 3 para cumplir el pedido; una vez hecho, este último agente hace un “control sobre existencias de almacén” para ver si se cubre la necesidad; por último, determina si hay necesidad de aprovisionamiento (ver Figura 48).

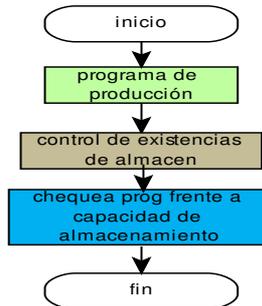


Figura 49. Validación de requerimiento con capacidad de almacenamiento.

Validación de requerimiento con capacidad de almacenamiento: el agente 2 en su función 2,4, “chequear la programación frente a la disponibilidad de almacenamiento de producto”, analiza el “programa de producción” y las “existencias de almacén”, con el fin de determinar si hay capacidad de almacenamiento en determinado horizonte temporal (ver Figura 49).

Se concluye la explicación de la dinámica diciendo que el programa debe actualizar los datos cada vez que se altere uno mismo o cuando una función sea realizada; ello alimentará las bases de datos del agente inventario y del agente estadística, según sea el caso o lo que se disponga; el agente 8 presentará el inventario en la modalidad de fecha fija y permanente según los periodos que estipule o se haga necesario; de la misma forma, la estadística y su análisis se realizará periódicamente y de los datos que el actor determine.

CAPÍTULO 6. ADAPTACIÓN DEL MODELO AL CASO DE ESTUDIO.

En este capítulo se ilustra la aplicación de la metodología al caso de estudio: CAFÉ LA PALMA, El objetivo de este capítulo es facilitar la comprensión y aplicación del modelo MAS-CommonKADS del ámbito PPC anteriormente desarrollado.

6.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES.

A continuación se describen los actores empleando plantillas textuales.

Actor: Jefe de Producción.

Descripción: introduce al sistema pedidos de clientes para que se genere un programa de producción, también define los órdenes de trabajo según lo programado, para luego iniciar el proceso de producción, limitándolo sólo cuando las políticas de la empresa lo requieran. Por último, este actor monitorea el ejercicio de producción mediante la información arrojada por el sistema.

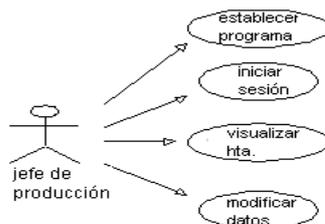


Figura 50. Caso de uso Jefe de producción.

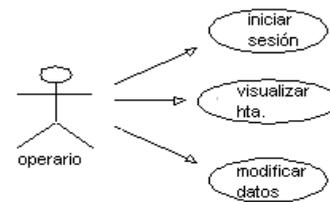


Figura 51. Caso de uso operario

Actor: Operario.

Descripción: Se encarga de configurar el sistema cuando se requiera, especificando los datos del ambiente de producción, como ubicación y características de las máquinas, rutas de los productos, materias primas disponibles y mantenimiento de los distintos elementos.

6.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS DE USO.

Establecer Programa: El Jefe de producción proporciona los datos correspondientes al pedido solicitado, indicando la fecha de inicio del pedido (*fi*), fecha de entrega (*fe*), tipo de producto (*tp*), la cantidad del producto (*cd*), identificación de referencia (*id*); el sistema responde avalando o no el pedido; cuando hay imposibilidad de realizarlo, el sistema arroja las causas.

Iniciar Sesión: el Jefe de producción o el operario inician sesión para interactuar con el sistema, para ello deben tener licenciamiento previo que regula el acceso.

Modificar datos: el Jefe de producción o el operario pueden modificar los datos con nuevos requerimientos o correcciones en los pedidos. Los datos que pueden modificar son: cantidades de distinta calidad del café para la mezcla de materia prima, tipos de presentación del café, clientes, proveedores.

Visualizar herramientas: El Jefe de producción o el operario pueden monitorear tanto el funcionamiento del sistema o el flujo del producto, para detectar fallas o eventualidades. Las principales herramientas que visualizar son, cuellos de botella, tiempos de almacenamiento de materia prima y producto terminado, tiempo de café tostado y trillado en tolvas de almacenamiento, estado y funcionamiento del equipo.

6.2 MODELO DE AGENTE ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.

Siguiendo el modelo obtenido anteriormente se trabajará con los agentes: programador, planificador de programa de producción, planificador de cantidades, programador de materiales, programador de fabricación, lanzador de orden de trabajo, seguidor de orden de trabajo e inventario .

Agente 1.

Nombre: Programador.

Tipo: Básico.

Capacidades-razonamiento: Conocimiento de cantidades disponibles, tiempos de entregas y estado del sistema; evalúa las propuestas y/o pedidos para establecer los programas.

Descripción:

Agente software encargado de obtener información técnica de los productos, tanto de materia prima como de producto terminado, y los pedidos que hay que fabricar con sus fechas de entrega determinadas. Los usuarios del sistema tienen la posibilidad de usar una interfaz asociada a este agente, con la que pueden interactuar para fijar los programas.

Agente 2.

Nombre: Planificador de programa de producción.

Tipo: Básico.

Capacidades-razonamiento: Conocimiento de la capacidad de producción de la tostadora, molino, tolvas de almacenamiento y las empacadoras, tanto total como parcial; conocimiento de la disponibilidad de materia prima, (café verde), con las pruebas de calidad correspondientes, capacidades de almacén, y personal.

Descripción:

Chequea la disponibilidad de materia prima, personal y equipo para una correcta planificación del programa de producción, teniendo en cuenta las fechas de inicio y entrega del producto terminado.

Agente 3.

Nombre: Planificador de cantidades.

Tipo: Básico.

Capacidades-razonamiento: Este agente suministra información proveniente de recepción de materia prima con las cantidades actuales de materia prima disponible y determina si puede satisfacer el requerimiento.

Descripción: Agente software encargado recibir los pedidos del agente programador y crea órdenes de producción; también relaciona las operaciones y el estado actual, que se hacen sobre los diferentes pedidos, los cuales son almacenados en la base de datos.

Agente 4.

Nombre:

Programador de materiales.

Tipo:

Básico.

Capacidades-razonamiento:

Este agente, en función de la producción, de la cantidad de recursos disponibles (materia prima, personal y equipo, entre otros) determina si puede cumplir con la meta de producción requerida en el horizonte de tiempo establecido.

Descripción:

Determina las necesidades brutas y netas según los lotes a producir.

Agente5.

Nombre:

Programador de fabricación.

Tipo:

Básico.

Capacidades-razonamiento:

Conocimiento de la capacidad de producción, así como el tiempo de ciclo y las necesidades del exterior.

Descripción:

Agente software encargado de presentar los pedidos que hay que fabricar. Su principal misión es mirar las condiciones de operación, las restricciones, los tiempos establecidos y los recursos disponibles. Además, estos agentes mantendrán informado al Agente planificador de cantidades.

Agente6.

Nombre:

Lanzador de orden de trabajo.

Tipo:

Básico.

Capacidades-razonamiento:

Conocedor de los programas de producción y precondiciones para la generación de órdenes de trabajo.

Descripción.

Agente software encargado de redactar y enviar la orden hacia control de fabricación. Este agente cooperan con el agente programador de fabricación, respecto, a los trabajos que deben realizar a los procesos asociados. Una vez, acordado realizar un determinado trabajo para un agente programador de fabricación, el Agente lanzador de orden de trabajo, enviará las instrucciones necesaria para que el proceso operé.

Agente7.

Nombre:

Seguidor de orden de trabajo.

Tipo:

Básico.

Capacidades-razonamiento: Supervisión de la ejecución de la orden de producción en el taller e información de posibles fallas de producción.

Descripción: Hace el seguimiento de flujo de información, desde su programación hasta el lanzamiento de orden de trabajo, verificando su correcto funcionamiento.

Agente 8:

Nombre: Inventario

Capacidades- razonamiento: Conocimiento de inventario de fecha fija.

Descripción: Calcula y reporta el balance de inventarios.

6.3 MODELO DE TAREAS ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.

El modelo de tareas permite mostrar la descomposición funcional del sistema y parte de las áreas funcionales de la organización en que se va a introducir el sistema inteligente. En nuestro caso, el sistema inteligente realiza una planificación de alternativas para determinar la mejor opción de entrega de tiempo justo del producto terminado.

Tarea T1: Establecer programa de producción.

Objetivo: Programar producción y embalaje.

Entradas: Identificación de referencia (*id*), fecha de inicio (*fi*) (día, mes, año), fecha de entrega (*fe*) (día, mes, año), tipo de producto (*tp*) (1 libra , ½ libra, 3/10 libra, ¼ libra, 1/10 libra, 1/25 libra), cantidad de bolsas (*#b*).

Salida: Número de pedido con requerimientos y fechas. Pedido#(*id, fi, fe, tp, #b*).

Supertarea: Redactar el programa de producción

Subtarea: 1. Establecer el programa de producción.

Tarea T2: Planificar el programa de producción.

Objetivo: Planifica el programa de producción.

Entradas: Cantidad café verde en Kg (*cd*), cantidad de bolsas (*#b*), fecha de recepción café verde (*fr*), proveedores café verde (*pv*), calidad de café verde (*cl*) (pasilla, chorreado, consumo), información de entrada de materia prima (*mpi*) (*tp, cd, fr, pv*), información de salida de materia prima (*mpo*) (*tp, cd, fi, destino*), disponibilidad de materia prima frente al programa (*mpd*) (*cl, cd, fr*), cantidad de operarios (*# Operarios*), disponibilidad de equipo (tostadora, molino, tolvas, empacadoras), información de entrada de producto terminado (*pti*) (*tp, #b, fe*), información de salida de producto terminado a destinatarios (*pto*) (*tp, #b, fe, destino*), capacidad de producción máxima por equipo (*pmax*) (valor), ver anexo C.

Salida: Información de disponibilidad de materia prima frente al programa. (*mpd*) (*cl, cd, fr*), información de pedidos para producción, *pedidos#* (*id, fi, fe, tp, #b*), información de inexistencias de materia prima (*imp*) (*cd, cl*), información de cantidad de personal (*# operarios*)

Subtarea: 2.2. Planificación aproximada del programa de producción.

2.3. Chequear la programación frente a la disponibilidad de materia prima.

2.5. Chequear la programación frente a la disponibilidad de personal y equipo.

Tarea T3: Crear órdenes de producción.

Objetivo: Planificar cantidades.

Entradas: Pedidos# (*id, fi, fe, tp, #b*), disponibilidad de materia prima frente al programa (*mpd*) (*cd, cl, fr*), disponibilidad de producto terminado (*ptd*) (*id, fi, fe, tp*).

Salidas: Información de cantidad de operarios (*# operarios*), disponibilidad de producto terminado (*ptd*) (*id, fi, fe, tp, #b*), fecha prevista de inicio y finalización de producción (calendario).

Supertarea: Recibir pedido.

Subtarea: 3.5. Control de existencias de almacén.

Tarea T4: Programar los materiales.

Objetivo : Programa los materiales.

Entradas: Capacidad de producción máxima por equipo (*pmax*) (valor) ver anexo C, Pedidos# (*id, fi, fe, tp, #b*), fecha prevista de inicio y finalización de producción (calendario).

Salidas: Disponibilidad de materia prima frente al programa (*mpd*) (*cd, cl, fr*), disponibilidad de producto terminado (*ptd*) (*id, fi, fe, tp*), total de pedidos, total_pedidos (pedido#, Calendario), cantidad total kg (*cd_total*).

Tarea T5: Programar la fabrica.

Objetivo : Programar la fabricación.

Entradas: Solicitud de programación de pedidos, total_pedidos (pedido#, calendario), estado de fabricación, estado_fabrica (Activa, Pausada, Mantenimiento).

Salidas: Lote producido (*lt*) (*id, cd, cl*).

Tarea T6: Enviar órdenes de producción.

Objetivo: Lanzar orden de producción.

Entrada: Solicitud de producción de lote (*lt*) (*id, fr, pedidos#, cd*), calendario (*id, fi, fe, tp, #b*).

Salida: Lote fabricado (inform_done) (*id, pedido#, tp, destino*).

Supertarea: Redacción de la orden de trabajo.

Subtarea: 6.1. Redacción de orden.

6.3. Autorización de la orden de trabajo en el taller.

Tarea T7: Seguir orden de trabajo.

Objetivo: Lanzar orden de producción.

Entrada: Lote fabricado (*lt*) (*id, pedido#, tp, destino*).

Salida: Información de la correcta ejecución del programa de producción.

6.4 MODELO DE COORDINACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO:

Conversación C1: Definición del programa de producción.

Objetivo: Envía el programa de producción.

Descripción: El agente programador toma datos de la pizarra (datos maestros) cantidades, capacidades, existencias, para la fijación de los programas.

Iniciador: Agente programador.

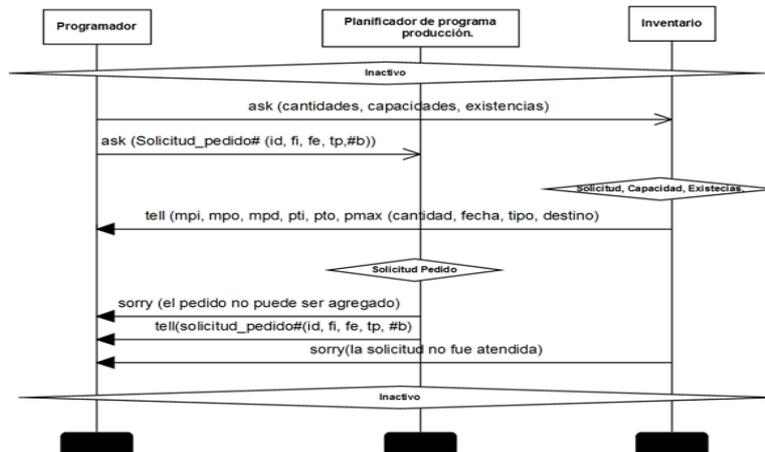


Figura 52. Conversación C1.

Conversación C2: Chequeo de recursos y planificación del programa de producción.

Objetivo: Chequear la disponibilidad de recursos para producción

Descripción: Solicitud a la pizarra de información de la cantidad, capacidad, existencias, en la planta de producción.

Iniciador: Agente planificador de programa de producción.

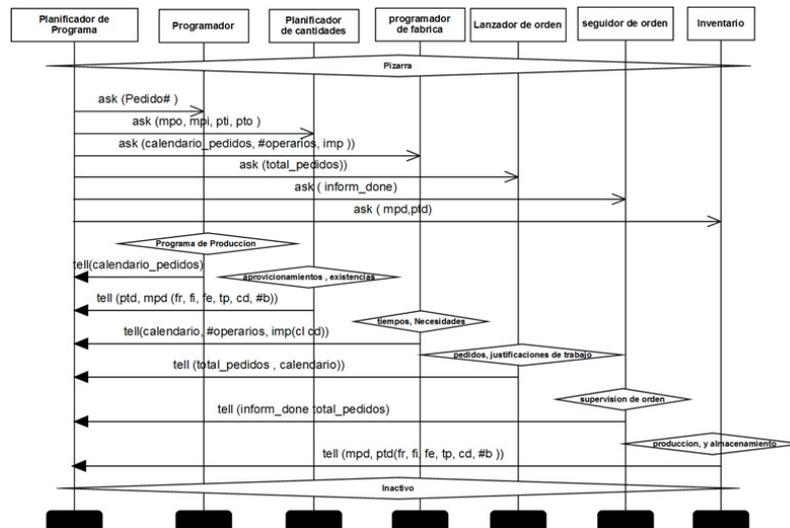


Figura 53. Conversación C2

Conversación C3: Determinación de cantidades.

Objetivo: Determinar cantidades varias.

Descripción: Recauda datos de diseño, programas, productos, para determinar cantidades de materia prima, energía, producto terminado, necesidades externas, etc.

Iniciador: Planificador de cantidades.

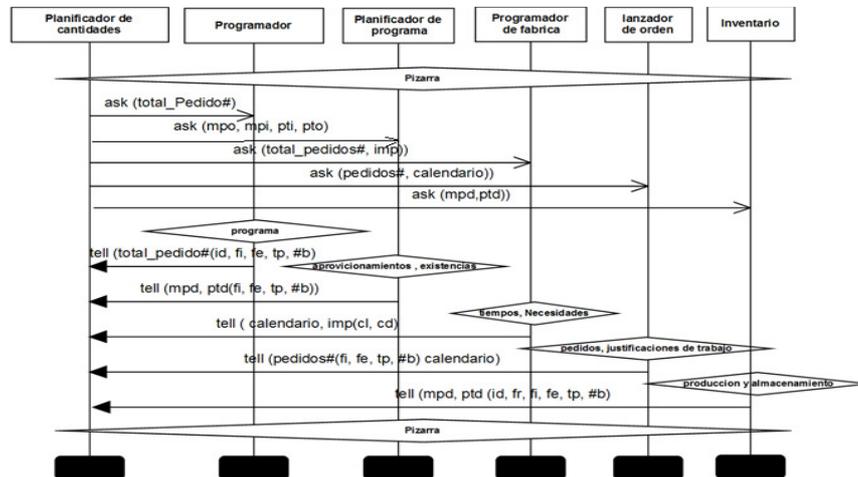


Figura 54. Conversación C3

Conversación C4: Análisis de necesidades de material.

Objetivo: Determinar las necesidades de material.

Descripción: Con el programa de producción, la lista de componentes de productos e inventario se fijan las cantidades brutas y netas necesarias de material.

Iniciador: Programador de materiales.

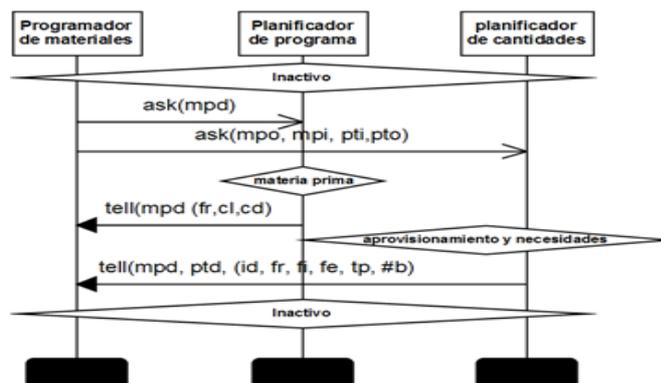


Figura 55. Conversación C4

Conversación C5: Planificación de plazos y capacidades para la producción.

Objetivo: Definición de plazos y capacidades.

Descripción: Conocimiento de la programación a corto plazo, de diseños de producto, etc., para fijar necesidades del exterior, plazos y capacidades.

Iniciador: Programador de fábrica.

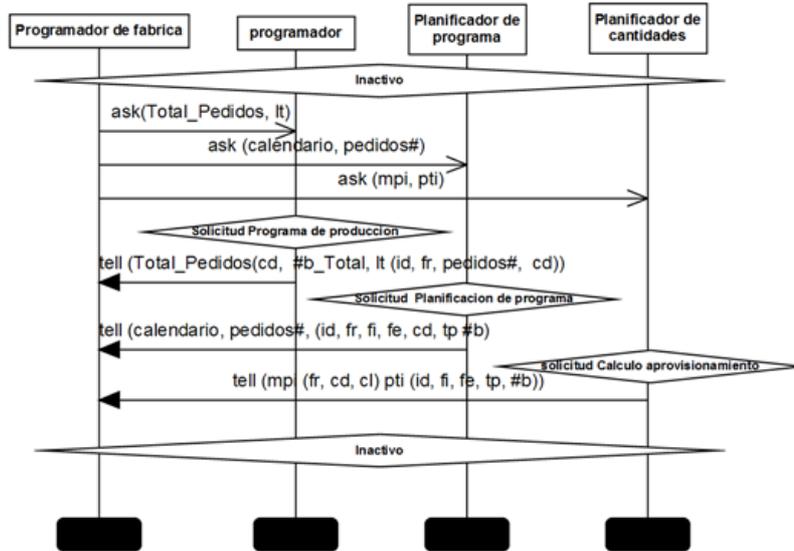


Figura 56. Conversación C5.

Conversación C6: Determinar acción de trabajo.

Objetivo: Lanzar orden de trabajo.

Descripción: Analiza el programa de producción, disponibilidad de recursos, necesidades de material y avance de órdenes anteriores para lanzar una nueva orden de producción.

Iniciador: Lanzador de orden de trabajo.

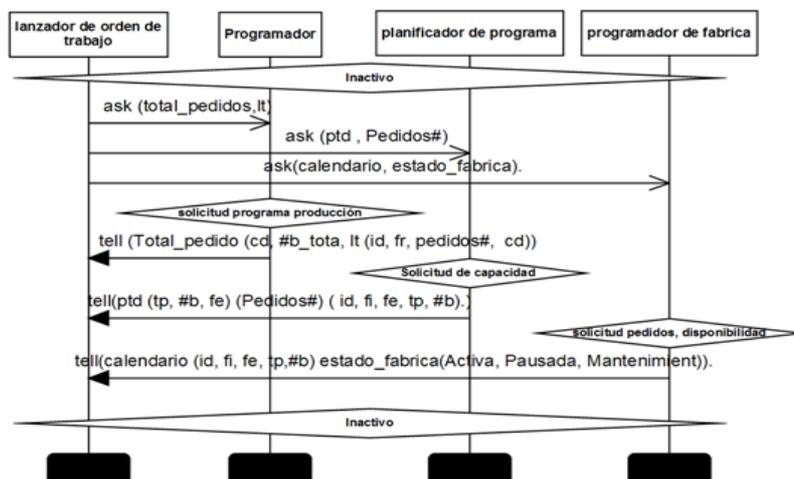


Figura 57. Conversación C6.

Conversación C7: supervisión de orden de trabajo.

Objetivo: Velar por el cumplimiento de la orden de trabajo en buenos términos.

Descripción: Supervisa el flujo de la orden en el taller atendiendo a imprevistos, evitando cuellos de botella y velando por la satisfacción del cliente.

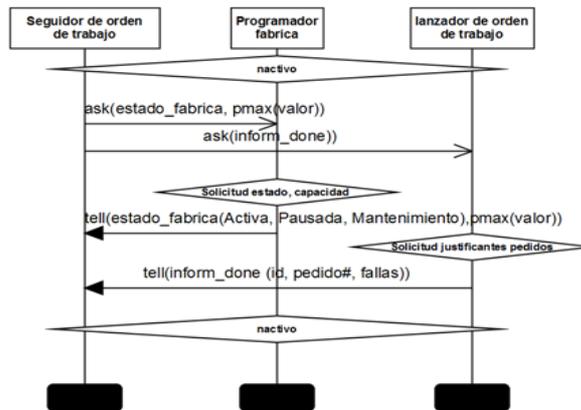


Figura 58. Conversación C7

6.5 MODELO DE COMUNICACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.

El objetivo del modelo de comunicación es modelar las interacciones hombre-máquina, para modelar estas interacciones debemos descomponer el diálogo entre agente programador, la pizarra y los actores, indicando qué transacciones (intercambios elementales de información) se dan. La forma más natural de desarrollar este modelo en MAS-CommonKADS es tomar los casos de uso.

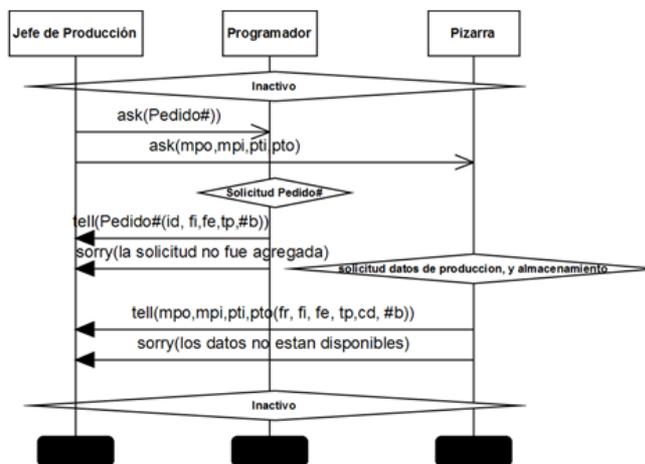


Figura 59. Interacciones genéricas para el caso de uso: establecer programa

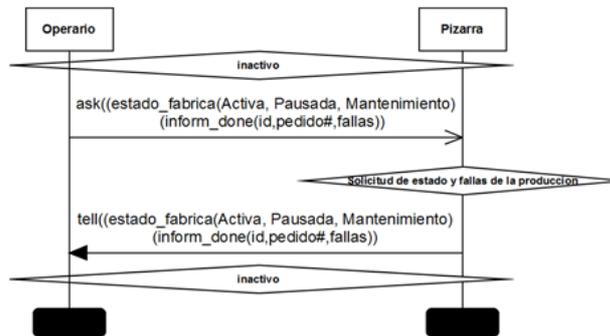


Figura 60. Interacciones genéricas para el caso de uso: supervisión de herramientas

6.6 MODELO DE LA ORGANIZACIÓN ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.

En este modelo adaptado al caso de estudio se indica el estado mental y atributos internos del agente, creencias, deseos, intenciones y planes.

Las tareas locales ya identificadas en el modelo de tareas anteriormente desarrollado, las cuales son nombradas como subtareas y supertareas, las cuales son los intereses individuales de cada agente. Las tareas globales identificadas y adaptadas al caso de estudio son:

- Solicitud de planificación de la propuesta del programa.
- Solicitud de necesidades existentes para la generación de la propuesta.
- Solicitud de conformidad para lanzamiento de la orden.

Los diagramas de secuencia de mensajes no son desarrollados ya que las interacciones son similares a las descritas en modelo obtenido. Siguiendo con la identificación de los objetos del entorno del caso de estudio, reconocemos las acciones en la empresa y los que se quieren tener. A las variables monitoreadas se les dotará de rangos, determinados con las capacidades de producción obtenidas en la empresa.

agente	Variables monitoreadas.	Bueno	Regular	Malo
Planificador de programa de producción	Disponibilidad de materia prima	≥90blts x60kg	≤90 bltx60kg ≥80bltx60kg	≤80bltx60kg
	Capacidad de almacenamiento (mp)	7200kgx silo	≤7200kg ≥1800kg	≤1800kg
	Disponibilidad de personal y/o equipo	3 Operarios	<3Operarios >1Operario	<1 Operario
Planificador de cantidades	Aprovisionamiento	30blts x tipo de café	<30blts >10blts x tipo de café	<10blts x tipo de café
	Nivel de existencias(mp)	≥90blts x60kg	≤90 bltx60kg ≥80bltx60kg	≤80bltx60kg
	Nivel de existencias(pt)	2000bolsas por tipo	≤1000bolsas ≥500bolsas	<500bolsas Por tipo
Programador de la fabricación	Existencias de necesidades del exterior	2000bolsas por tipo	≤1000bolsas ≥500bolsas	<500bolsas Por tipo
Lanzador de la	Avance orden de trabajo	Capacidad>	Capacidad=	Capacidad<

orden de trabajo		Programado	Programado	Programado
Seguidor de la orden de trabajo	Existencia cuellos de botella	Entregado> Programado	Entregado= Programado	Entregado< Programado
Inventario	Recepción de mercancías (mp). Por semana	≥90blts x60kg	≤90 bltsx60kg ≥80bltx60kg	≤80bltsx60kg
	Nivel de inventario (pt.) por cada presentación.	2000bolsas por tipo	≤1000bolsas ≥500bolsas	<500bolsas Por tipo

Tabla 10. Caracterización de variables.

No se consideraron varios insumos que son relevantes en la obtención del producto terminado, como rollos de empaque foley metalizado de distinto tipo de presentación, combustible diesel para tostadora, energía eléctrica para los distintos motores y bolsas de polietileno para embalaje, los cuales son considerados por nivel de inventario. Varios aspectos que se tienen en cuenta para caracterizar las variables son:

- Las compras de materia prima se hacen cada mes, tanto a caficultores de la región, en la cual van distintos tipos de café, los cuales deben ser seleccionados por el tamaño del café; también se compra café a las trilladoras el cual es un café tipo exportación con las mejores características.
- En la empresa actualmente se tuesta una vez a la semana debido a la introducción de equipo con elevada capacidad.
- La producción está ligada de acuerdo con la estrategia de promoción que se establezca en la semana; por ejemplo, cuando se comercializa el producto en tiendas, pueblos, veredas, etc., los pedidos son de presentaciones de 3/10 lb, 1/4 lb, 1/10 lb, 1/25 lb, mientras que cuando la comercialización es en supermercados y centros de abarrote, los pedidos generados son de 250gr, y 500gr.
- El almacén de producto terminado maneja un nivel de almacenamiento bajo; se trabaja con el sistema FIFO, primero en entrar primero en salir; debido a que el producto tiene una duración de cuatro meses no se pueden almacenar grandes volúmenes de producto terminado lo que introduce el concepto de producir para vender.

6.7 MODELO DE LA EXPERIENCIA ADAPTADO AL CASO DE ESTUDIO.

El modelo de experiencia es usado para modelar las capacidades de razonamiento del agente, lo que permitirá realizar sus tareas y alcanzar sus metas. Siguiendo la adaptación al caso de estudio de este modelo, se concluye que al obtener la caracterización de las variables anteriormente descritas, y al utilizar las tablas planteadas para este modelo, se puede evidenciar el grado de conocimiento de cada agente. Se alcanzará a observar la coherencia del modelo cuando se genere un programa de producción mensual que muestre el funcionamiento del mismo; se establecen entonces, hipotéticamente unos pedidos semanales para observar el comportamiento de las variables y su estado correspondiente, para ello se acude a las reglas establecidas para el manejo de las tablas. Para mejor visualización se le asignan colores a las propuestas de pedidos.

Pedido semana	color	Bls.lb	Bls.½ lb.	bls ¼ lb	bls 1/10 lb
1 y 2		2000	2000	4000	4000
3		2000	2000	4000	4000
4		2000	2000	4000	4000

Tabla 11. Pedidos.

Se desarrollan las tablas del modelo de la experiencia aplicadas al caso de estudio:

Agente 1:

agente	función	Ag t.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg .	m a l o	D et er	estado
Agente programador	Establecer programa de producción	3	Aprovisionamiento	Nivel de aprovisionamiento. Existencia de necesidades. Nivel existencias de almacén.		E	A	C	Aprobado. Gestionando. Rechazado
			Necesidades				E	N	
			Existencias		E		A	N	
		5	Capacidad disponible	Disponibilidad de capacidad		E	A	C	
			Estado de la capacidad					O	
			Inventario					O	

Tabla 12. Modelo de experiencia del agente 1.

Agente 2:

agente	función	Ag t.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg .	m a l o	D et er	estado
agente planificador de programa de producción	Chequear la programación frente a disponibilidad de materias primas	2	Planificación	Necesidad planificada (Proyección de existencias de materia prima). Cumplimiento y proyección de suministros.	Entrada materia prima-90blts =mpd por semana				Suficiente justa insuficiente
			plazo suministro			E	A	C	
		3	Aprovisionamiento	Nivel aprovisionamiento. Existencia de necesidades. Nivel de reservas.		E	A	C	
			necesidades					O	
			existencias					N	
	reservas				N				
8	Inventario	Cantidades de materia prima en inventario.					O		
	Chequear la programación	1	Programa	Capacidad de almacenamiento	Ptd+Pti = pt_total			Suficiente	

	frente a la capacidad de almacenamiento de producto			según programa					justa
		2	Existencias de almacén	Almacenamiento utilizado y disponible		E	A	C	insuficiente
		3	Inventario	Existencias de almacén según inventario.				O	
		8	Programa	Disponibilidad de personal a un programa.				3 Operarios 2 Operarios 1 Operarios	
	Chequear la programación frente a disponibilidad de personal y equipo	1	Planificación	Planificación de personal y equipo					Suficiente justa insuficiente

Tabla 13. Modelo de experiencia del agente 2.

Agente 3:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg .	m a l o	D et er	estado
Agente planificador de cantidades	Cálculo de aprovisionamiento	1	Programa	Demanda o no de aprovisionamiento según programa.	mpd - mpo=mp_total. pti -pto =pt_total				Suficiente Gestionando Insuficiente
		3	Necesidades	Aprovisionamiento regular según consumo.		E	A	C	
	Control de existencias de almacén	1	Programa embalaje	Existencias para despacho.		E	A	C	Existente Gestionando Inexistente
		3	Aprovisionamiento	Determinación de existencias en almacén según costo.		E	A	C	
		4	Análisis ABC		E	A	C		
		4	Necesidades	Demanda de existencias (nivel)		E	A	C	

Tabla 14. Modelo de experiencia del agente 3.

Agente 4:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg .	m a l o	D et er	estado
Agente programador de material	Determinar las necesidades brutas y netas	2	Chequeo materia prima vs programa.	Necesidad de material según programa		E	A	C	Existente Gestionando Inexistente
		3	Cálculo aprovisionamiento	Necesidad según horizonte de aprovisionamiento		E	A	C	

Tabla 15. Modelo de la experiencia del agente 4.

Agente 5:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg -	m a l o	D et er	estado
Agente programador de la fabricación	Determinación de las necesidades del exterior	3	Programa	Necesidad de maquila según programación	mpi café trillado				Existente
		2	Aprovisionamiento	Aprovisionamiento según maquila		E	A	C	Gestionando
		2	Necesidades brutas y netas					C	Inexistente
			Pronósticos		E		E	C	

Tabla 16. Modelo de experiencia del agente 5.

Agente 6:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg -	m a l o	D et er	estado
Agente lanzador de la orden de trabajo	Autorización de la orden de trabajo en el taller	5	Capacidad disponible	Autorización o no según capacidad.		E	A	C	Aprobada
		6	Justificantes de trabajo	Justificación de la orden				N	Gestionando
		7	Avance órdenes de trabajo	Nivel de órdenes actuales.		E	A	C	No aprobada

Tabla 17. Modelo de experiencia del agente 6.

Agente 7:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg -	m a l o	D et er	estado
Agente seguidor de la orden de trabajo	Control de avance de la orden de trabajo	2	Planificación	Nivel de avance de órdenes según lo planificado.	Solicitud Pedido Calendario pedidos				Optimo
		6	Autorización orden	Avance según autorización.	Pedido# Total Pedido#				Adecuado
		7	Revisión cuellos de botella	Estado de avance de orden con cuellos de botella.		E	A	C	critico
	5	Porcentaje de estado de la capacidad	Capacidad suficiente o insuficiente.		E	A	C	Disponible. Gestionar No disponible.	

Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente	2	Planificación	Se desarrolla lo planeado o no (tiempos)	Total Pedidos# Calendario pedido	<div style="background-color: #d9ead3; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Óptimo</div> <div style="background-color: #f4cccc; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Adecuado</div> <div style="background-color: #e41a1c; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">crítico</div>	
	6	Autorización orden de trabajo en el taller	Que fue lo que se autorizó	Solicitud pedido#		
	7	Avance de la orden	Flujo adecuado de la orden de determinado cliente.			E

Tabla 18. Modelo de experiencia del agente 7.

Agente 8:

agente	función	Agt.	Variables monitoreadas	Inferencia	bu en o	R eg .	m a l o	D et er	estado
Inventario	Análisis de inventario		Cantidad (cd) de materia prima (mp), por semana. inventario (pto, pti) por cada presentación.	Eficiencia de inventario. Adecuado uso de los recursos.		E	A	C	<div style="background-color: #d9ead3; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Óptimo</div> <div style="background-color: #f4cccc; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Adecuado</div> <div style="background-color: #e41a1c; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">crítico</div>

Tabla 19. Modelo de experiencia del agente 8.

Una vez llevados los agentes a los estados aquí descritos, se planifican las acciones que seguir, para ello se presenta la siguiente tabla.

Agt	función	estado	Objetivo	Planificación de acción	acción
1	Establecer programa de producción	Aprobado	Reservar recursos.	Asegurar aprovisionamiento Reserva de materia prima, capacidad, personal y equipo.	Confirmar disponibilidad de materia prima superior 90blts x60kg. Para programa semanal Personal= 3 operarios. Confirmar estado de equipos (tostadora, molino, tolvas, empacadoras)
			Publicar aprobación.		
		Gestionando	Solicitar recursos.	Determinación de necesidades. Realizar propuesta de pedidos Determinar aprovisionamiento Revisar si las necesidades justifican el programa	Presentar plantilla de disponibilidad de materia prima, disponibilidad de producto terminado. mpd (fr, cd, cl) Pedido# (id, fi, fe, tp, #b)
		Gestión de capacidad.		Proponer prog extra.	Gestionar materia prima imp (cd, cl)

			Solicitar maquila		
		Rechazado.	N.A.		
u g 2	Chequear la programación frente a disponibilidad de materias primas.	Suficiente	Reservar y aprobar.	Dar Visto bueno	Gestión de materia prima (caracol pergamino, pasilla) Satisfactoriamente
		Justa	Hacer pedido de materia prima.	Asegurar suministro Confirmar aprovisionamiento	Entrada de materia prima igual 90blts x60kg por semana.
			Confirmar plazo de suministro.	Confirmar aprovisionamiento	
		Insuficiente	Alarma.	Agotar reservas y seguidamente gestionar pedido.	Entrada de materia prima, menor 90bltsx60kg se solicita materia prima a trilladora o caficultores de la región según la necesidad y calidad del café.
			Solicitar reservas.		
			Visto malo		
	Chequear la programación frente a la capacidad de almacenamiento de producto	Suficiente	Dar visto bueno.		Gestión de producto, procesada Satisfactoriamente
		Justa	Gestión de capacidad.	Gestionar despachos. Acelerar embalaje.	Con la cantidad actual de producto terminado disponible, determina si puede satisfacer el requerimiento. Si existe suficiente producto genera la solicitud a almacén de producto terminado y se hace el despacho.
		Insuficiente	Limitar programa producción.	Propuesta de programa	Solicitud para gestionar los recursos para cumplir con la meta establecida.
	Visto malo.				
	Chequear la programación frente a disponibilidad de personal y equipo	Suficiente	Visto bueno	Avala chequeo	Gestión de personal y equipo, procesada Satisfactoriamente
		Justa	Vito bueno condicionado	Condiciona aval	Con la cantidad actual de personal y equipo disponible, determina si puede satisfacer el requerimiento.
Insuficiente		Gestionar Maquila,	Generar disponibilidad, limitar a capacidad actual o maquila	Solicitud para gestionar personal y equipo.	
		Limitar programación			
Programa extra.					
Visto malo.					
3	Cálculo de aprovisionamiento	suficiente	Visto bueno.		Disponibilidad de materia prima igual 90blts x 60kg.
		Gestionando	Determinar Necesidad.		Confirmar entrada de producto terminado menos salida de producto terminado igual a disponibilidad de producto
			Enviar Solicitud. (pedido)	Confirmar plazo de suministro. Mandar a	

				propuesta de pedido	terminado. Confirmar entrada de materia prima menos salida de materia prima igual disponibilidad de materia prima
		Insuficiente	Alarma.	Agotar existencias	Generar orden de compra materia prima.
			Toma reservas Visto malo		
	Control de existencias de almacén	Existente	Controlar nivel según costo.		Gestión disponibilidad de producto terminado, procesada satisfactoriamente
		Gestionando	Solicitar y/o reservar existencias.	Realizar programa.	Gestionar la solicitud de reservas stock producto terminado.
		Inexistente	Alarma, pasar a gestión de reserva		Solicitud para gestionar los recursos.
4	Determinar las necesidades brutas y netas	Existente	Alarma	Pasa a gestionar o rechazar	Gestionar mp (cl, cd) procesada satisfactoriamente
		Gestionando	Hacer pedidos.	Reducir necesidades	Cálculo del tamaño de las órdenes de producción gestionar aprovisionamiento de materia prima (café verde).
			Utilizar existencias. Priorizar necesidades según programa.		
		Inexistente	N.A.	N.A	N.A
5	Determinación de las necesidades del exterior	Existente	Alarma, pasar a Gestionar.		Gestión de materia prima, procesada Satisfactoriamente
		Gestionando	Solicitar maquila. Solicitar reservas.	Agotar existencias, pedido exterior	Gestionar maquila de materia prima a trilladoras (café excelso)
			Inexistente		
	Cálculo de la capacidad necesaria ajuste.	Suficiente	N.A.	N.A	N.A
		Insuficiente	Limitar programa. Generar orden prog extra.		Gestionar Producto terminado necesario menos Inventario Inicial igual Producción necesaria.
6	Autorización de la orden de trabajo en el taller		Aprobada.	Ejecutar orden.	Informar aprobación
		No aprobada.	Revisión de justificantes de trabajo.	Revisión de precondiciones.	Gestionar: Especificación del producto solicitado, meta de producción y horizonte de planificación calendario de pedidos# (id, fi, fe, tp, #b).
			Reprogramar		
			Librar capacidad		
7	Control de avance de la orden de trabajo	Óptimo	Informes a pronóstico		Gestión de Verificación del cumplimiento, pto (id, fe, destino) procesada satisfactoriamente
		Adecuado		Aumentar control	La orden programada se ajusta a los parámetros

					establecidos.
		Crítico	Alarma		Gestionar: Especificación del producto solicitado, meta de producción y horizonte de planificación. Calendario pedidos# (fe, tp, #b)
			Revisión de recursos.		
			Gestión de reservas.		
			Re planificar		
	Revisión de cuellos de botella	Existente	Revisión de equipos. Regular programa prog. Extra	Descongestionar línea	Gestionar orden de revisión de flujo del proceso, acción inmediata restablecer y generar informe de falla.
	Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente	Optimo	N.A.	N.A	N.A
		Adecuado	Revisión	Aumentar supervisión.	La orden de trabajo programada se ajusta a los parámetros establecidos.
			Mejora		
		Crítico	Alarma.	Replanteamiento	Gestionar: Especificación del producto solicitado, meta de producción y horizonte de planificación, y Estado de la fabricación
	Revisar orden. Priorizar orden.				
8	Análisis de inventario	Optimo	N.A.	N.A	N.A
		Adecuado	Regular limite MAX y MIN de inventarios.	Supervisar	Emite informe detallado indicando el tipo de producto y la cantidad existente.
		critico	Alarma. Revisión niveles	Reducción de inventario	Gestiona cantidades de producto terminado y materia prima para establecer el punto de equilibrio.

Tabla 20. Acciones en el modelo de experiencia.

CAPITULO 7. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

7.1 METODOLOGÍA OBTENIDA.

La metodología resultante de este trabajo de modelado parte de lo concebido en la metodología MAScommond KADS, teniendo en cuenta que el propósito fue modelar funciones de un ámbito como agentes, se resume el ejercicio de la siguiente forma:

“METODOLOGIA PARA LA REPRESENTACIÓN DE FUNCIONES CIM COMO AGENTES DE UN SISTEMA MULTIAGENTE BASÁNDOSE EN LA ARQUITECTURA DE PIZARRA”; esta metodología sigue las fases de desarrollo de MAS commonKADS, conceptualización, análisis y diseño, descritas en la sección (3.2.2) (no involucra desarrollo software) realizando unas modificaciones y recomendaciones:

1. Conceptualización: identificar y describir casos de uso y actores.
2. Análisis:
 - **Adoptar el modelo de agente:** identificar (tomar cada función como agente) y justificar los agentes, así como identificar el objeto de cada uno de ellos (establecer un propósito general de la función).
 - **Adoptar el modelo de tareas:** especificar las tareas que cada agente debe realizar (valerse de tareas de los ámbitos descritas por el modelo de Siemens).
 - **Adoptar el modelo de coordinación:** identificar y describir las interacciones de agentes y/o conversaciones; identificar dependencia de datos y/o funcionalidades (como lo expuesto en la Tabla 7) con propósito de seguir la arquitectura de pizarra recomendada; describir los protocolos de comunicación y las intervenciones en la comunicación; por último, determinar cooperación negociación o consulta entre agentes.
 - **Adoptar el modelo de comunicación:** describir casos de uso interno, describir interacción entre actores y agentes (partir de análisis de casos de uso).
 - **Adoptar el modelo de la organización:** agrupar los agentes estableciendo una estructura organizacional; identificar variables que monitorear con objetivos a eventualidades de las mismas y priorizando su atención.
 - **Adoptar el modelo de conocimiento:** Teniendo en cuenta los componentes del modelo de la experiencia desarrollar Tablas 8 y 9 de resumen de modelo de la experiencia.
3. **Agregar dinámica de MAS resultante:** la metodología MAScommond KADS no muestra una idea de la actividad del sistema de agentes; por ello se propone presentar la dinámica del MAS mediante diagramas de actividad, que explican cómo opera el sistema obtenido, para la construcción de los mismos se recomienda partir del análisis de los casos de uso y los protocolos de comunicación.
4. **Diseño:** Adoptar el modelo de diseño en el momento que se pretenda desarrollar la aplicación software.

7.2 COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS DE MODELADO

El modelado del ámbito PPC del modelo CIM de Siemens parte de la utilización de MAS-CommonKADS, metodología que ha sido extendida incorporándole nuevos elementos surgiendo una nueva propuesta para el modelado de agentes. La mayoría de las metodologías propuestas para el desarrollo de sistemas basados en agentes han surgido como extensiones o modificaciones de otras metodologías. En este sentido, se pueden distinguir tres grandes grupos: el primero, basado en metodologías orientadas a objetos; el segundo, en metodologías provenientes de ingeniería del conocimiento; y el tercero, en el paradigma de agentes. Con respecto a las metodologías surgidas de la ingeniería del conocimiento, en la que se encuentra la metodología escogida, de ésta derivan siete modelos que integrados generan la solución basada en agentes al problema planteado, y con los elementos incorporados se agrega dinamismo a la comunicación e información del sistema.

Las ventajas proporcionadas por los sistemas multiagente en la integración de empresas encontradas son: la optimización del flujo de producto por medio de la asignación efectiva de recursos, conseguir la optimización dinámica de gestión de materiales e inventario, incrementar la efectividad del intercambio y realimentación de la información. Teniendo en cuenta el modelo obtenido, se presenta un resumen de las ventajas que existen mediante la comparación con otras técnicas de modelado:

- El modelo obtenido realiza una identificación plena de las interacciones entre los entes del sistema.
- Al definir las arquitecturas de agentes para posteriormente desarrollar los modelos de organización y experiencia, se comprende el alcance de los mismos y de las dinámicas que deben adoptar.
- Al determinar una estructura organizativa para la información, se facilita el acceso a ella y se permite a futuro la construcción de lenguajes de comunicación avanzados.
- El modelo de experiencia desarrollado permite fácilmente implantar en el MAS las dinámicas propias de cada aplicación.

7.3 CONCLUSIONES.

A través del desarrollo de este proyecto se observa que es posible aplicar conceptos de inteligencia artificial como los multiagentes, a los sistemas de integración empresarial que para este caso particular se ven representados en el modelo CIM de Siemens.

Los resultados de este trabajo permiten ver el modelo CIM de Siemens como un sistema más evolucionado, donde la toma de decisiones se basa en análisis y procedimientos más allegados al raciocinio humano que a las formas tradicionales que proponen los paradigmas de programación.

En el desarrollo del Modelado fue necesario considerar algunas formas de representación, adecuación y resumen, de las actividades propuestas dentro de la metodología de soporte, algunas de ellas son: tabla de dependencia de funciones,

definición de arquitecturas, resumen de los componentes del modelo de la experiencia, tablas propuestas del mismo modelo, entre otras.

Para la representación de las funciones inventario y estadística, del ámbito PPC del modelo CIM de Siemens como agentes del MAS, fue necesario justificar dicha escogencia acudiendo a las normativas de la ISA 95 parte 3, donde se plantean nuevos alcances de estas funciones.

Mediante la aplicación de la metodología es posible observar como las funciones del modelo CIM, resumen las actividades básicas de un sistema productivo, pues mediante ella, se desglosan y describen las relaciones que permiten avistar dicha propiedad.

Dentro de la dinámica del MAS fue necesario considerar diferentes tipos de interacción entre los componentes, estos tipos fueron: consultas, cooperaciones, mas no se encontró negociación en los agentes debido a la naturaleza de las funcionalidades que proponía el ámbito en cuestión.

El proyecto no desarrolló completamente el modelo de diseño de la metodología escogida, pues el alcance del mismo solo necesitó la estipulación de las arquitecturas tanto de agentes como de sistema, comprendidas dentro de este modelo.

Se da con este trabajo el primer paso en la búsqueda de un sistema de integración empresarial inteligente que propone nuevas dinámicas, partiendo de los conceptos de autonomía, racionalidad, flexibilidad, reactividad, pro actividad, etc.

La utilización de diferentes propuestas en la construcción del modelo abre la perspectiva del mismo, resultando en un ejercicio que permite complementar el sistema y así alcanzar mayor robustez del mismo.

Los sistemas multiagente son una excelente tecnología que puede ser aplicada a los sistemas eminentemente distribuidos, pues su naturaleza así lo permite, conservando una robustez del sistema y una flexibilidad que da mayores prestaciones a cualquier aplicación que pretenda disponer de ellos.

Los sistemas de integración empresarial deben buscar día a día la mejora de sus conceptos y propuestas, pues el dinamismo actual de las empresas que los aplican así lo demanda.

7.4 TRABAJOS FUTUROS.

1. Modelado de los otros ámbitos del modelo de integración de Siemens mediante agentes de un sistema multiagente.
2. Generación de ontologías, que permita la evolución de la comunicación del sistema multiagente.
3. Integración del sistema multiagente con el concepto de ontologías.
4. Desarrollo del modelo de diseño junto a una aplicación software del sistema multiagente.
5. Construcción de un sistema de representación de dinámica de multiagente.

BIBLIOGRAFÍA.

1. GOMÉZ, Diana y MANQUILLO, Carlos. "Adecuación del Modelo Siemens a las Normas Isa s88 e Isa s95 con Aplicación Ilustrativa a Caso de Estudio". Trabajo de grado. Universidad del Cauca, 2007.
4. GÓMEZ SANZ, Jorge J. "Metodologías para el Desarrollo de Sistemas Multiagente". Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Facultad de Informática, Universidad Complutense, Madrid España, 2003.
5. RAMOS, Manuel. "Una Arquitectura para Sistemas Inteligentes Adaptativos Basada en el Modelo de Pizarra". Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones, ETSI Telecomunicación. Universidad de Vigo, 2000.
6. OVALLE, Demetrio Arturo y JIMENEZ, Jovani Alberto. "Sistemas de Enseñanza / Aprendizaje Basados en Agentes Inteligentes Pedagógicos". Escuela de sistemas, Universidad Nacional de Colombia, 2005.
7. IMBERT, Ricardo. "Una Arquitectura Cognitiva Multinivel para Agentes con Comportamiento Influido por Características Individuales y Emociones, Propias y de Otros Agentes". Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
8. GIRET, Adriana y CERNUZZI, Luca; PASTOR, Oscar e INSFRÁN, Emilio. "Orientación a Objetos y Orientación a Agentes: Una Propuesta de Unificación". Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción Paraguay; Universidad Politécnica de Valencia España. XXVI Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2000). Setiembre 2000.
9. "Sistemas de Información para Administración de Operaciones, Manufactura Integrada por Computador CIM. Dirección electrónica: <http://materias.fi.uba.ar/7565/U3-Modelos-parte-B.pdf>.. Consulta: enero de 2009.
10. OVALLE, Demetrio A. JIMÉNEZ, Jovani. ACOSTA A, Gustavo. "Arquitectura de Ambiente Multi-agente Robótico para la Navegación Colaborativa". Universidad Nacional y San buenaventura, Colombia. Quinta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática CISCI. 2006 (USA).
11. BOTTI NAVARRO, Vicente J. y GIRET BOGGINO, Adriana. "Aplicaciones Industriales de los Sistemas Multiagente". Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2003.
12. ERRECALDE, Marcelo L. "Agentes y Sistemas Multiagente", Departamento de Informática Facultad de Cs. Fco. Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luís Argentina, Septiembre de 2006.
13. International Society of Automation, ISA 95. "Modelos de Gestión de Operaciones de Fabricación, Modelos de Actividad". Parte 3, 2005.

14. SARACHE, William Ariel. "Programación y Control de la Producción, Una Aproximación Teórica y Conceptual". Universidad Nacional de Colombia, julio de 2003.
15. JIMÉNEZ, Jovani A. "Un Modelo de Planificación Instruccional Usando Razonamientos Basado en Casos en Sistema Multiagente para Entornos Integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje". Doctorado en Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad nacional de Colombia, 2006.
16. IGLESIAS FERNÁNDEZ, Carlos Ángel, "Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Multiagente". Universidad Politécnica de Madrid España, 1998.
17. kBAUMGARTNER, Horst; KNISCHEWSKI, Klaus; WIEDING, Harald. „CIM Consideraciones básicas“. Siemens Aktiengesellschaft & Marcombo, Barcelona, 1991.
18. SANCHEZ, Andrés. CERÓN, Fernando. PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAFÉ DE CONSUMO. Ingeniería de Producción. Universidad del Cauca, Colombia, 2005.
19. OTOÑO. "Negociación en Agentes Autonomos" (pdf). UPC. Dirección electrónica: <http://www.lsi.upc.edu/~ia/Negociacion05.pdf>. . Consulta: febrero de 2009.
20. RIZO, Ramón. PUJOL, Faraón. "Arquitecturas y Comunicación Entre Agentes". Departamento de ciencia de la computación e inteligencia artificial. Universidad de Alicante España, editorial ECU, 2002.