

Sistema Multiagente en la función programación de la producción de la Norma ISA 95



**Rafael Ricardo Linares Legarda
Ery Yoany Alaix Fernandez**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial**

Popayán, Enero de 2011

Sistema Multiagente en la función programación de la producción de la Norma ISA 95



**Rafael Ricardo Linares Legarda
Ery Yoany Alaix Fernandez**

Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero en
Automática Industrial

Director: Doctor Juan Martín Velasco

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial**

Popayán, Enero de 2011

Nota de Aceptación:

Director

Doctor Juan Martín Velasco

Jurado

Ingeniero Ember Ubeimar Martínez

Jurado

Ingeniero Jaime Oscar Díaz

Popayán, 11 de Enero de 2011

A Dios por guiar cada uno de mis pasos, y darme la fortaleza para continuar aún después de las derrotas en las pequeñas batallas, otorgándome al final la alegría de la victoria definitiva.

A nuestro director de tesis el Ingeniero Juan Martin Velazco que encauso el rumbo del trabajo cuando perdíamos el horizonte.

Al recuerdo de mi mamá Marta que me conforta y alienta día a día.

A mi tío Gerardo por su apoyo incondicional, a mi tía Socorro y a mi abuelo Abrahán por sus consejos y cariño.

A mi esposa Sandra por su amor y comprensión.

Yoany

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS GENERALES	3
1.1 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	3
1.1.1 Tipos de procesos de fabricación.....	4
1.1.2 Aproximaciones distribuidas para la programación de la producción.	5
1.2 AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTES	8
1.2.1 Agentes Inteligentes	8
1.2.2 Sistema Multiagente (SMA)	12
1.2.2.1 Organización Social:	12
1.2.2.2 Cooperación:	13
1.2.2.3 Coordinación	14
1.2.2.4 Negociación.....	14
1.2.2.5 Control	15
1.2.2.6 Encapsulación de agentes.....	15
1.2.2.7 Arquitecturas de sistema	15
1.3 NORMA ISA	17
1.3.1 Modelo de jerarquía de programación y control.....	18
1.3.2 Modelo de datos de flujo funcional	19
1.3.3 Modelo de administración de operaciones de manufactura	19
1.3.4 Administración de Operaciones de Producción.....	20
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIAGENTE	22
2.1 TRABAJOS EXISTENTES.....	22
2.1.1 Metodología CommonKADS	22
2.1.1.1 Análisis.....	23
2.1.1.2 Diseño	24
2.1.2 Metodología Gaia.....	24
2.1.2.1 Análisis.....	25

2.1.2.2 Diseño	26
2.1.3 Metodología Message.....	27
2.1.3.1 Análisis.....	27
2.1.3.2 Diseño	29
2.1.4 SODA (<i>Societies in Open Distributed Agent space</i>).....	29
2.1.4.1 Análisis.....	30
2.1.4.2 Diseño	30
2.1.5 Metodología Anémona	30
2.1.5.1 Análisis.....	31
2.1.5.2 Diseño	32
2.1.6 Gormas (<i>Guidelines for Organization – based Multiagent System</i>).....	32
2.1.6.1 Análisis.....	33
2.1.6.2 Diseño	34
2.2 ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS	35
2.2.1 Nivel conceptual.....	35
2.2.2 Nivel general de método.....	36
2.2.3 Fases de desarrollo consideradas	37
2.2.4 Caracterización de las metodologías	38
CAPÍTULO 3 SISTEMA MULTIAGENTE PARA LA OPERACIÓN DE PRODUCCIÓN.....	42
3.1 SISTEMA MULTIAGENTE PARA LA OPERACIÓN PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN	42
3.2 ANÁLISIS DE REQUISITOS DEL SISTEMA	45
3.2.1 Fase A. Misión	46
3.2.2 Fase B. Tareas y procesos	51
3.2.2.1 Tecnología esencial.....	51
3.2.2.2 Tecnología de unidad de trabajo	54
3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	65
3.3.1 Fase C. Dimensiones organizativas	65
3.3.1.1 Agrupar tareas	65
3.3.1.2 Identificar restricciones	67
3.3.2 Fase D. Estructura organizativa.....	70

3.4 DISEÑO DE LA DINÁMICA DE LA ORGANIZACIÓN	72
3.4.1 Fase E. Diseño de los procesos de información y decisión	72
3.4.2 Fase F. Dinamicidad del Sistema.....	76
3.4.3 Fase G. Sistemas de medición, evaluación y control	79
3.4.4 Modelo de conocimiento para la toma de decisiones de los agentes.....	81
3.5 PROCEDIMIENTO PARA DETALLAR LAS ACTIVIDADES DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN.....	83
CAPÍTULO 4 CASO DE ESTUDIO: PROCESO UHT.....	89
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO UHT	89
4.1.1 Adecuación y tratamiento previo al proceso UHT	89
4.1.1.1 Filtrado	89
4.1.1.2 Termización.....	89
4.1.1.3 Almacenamiento	89
4.1.1.4 Estandarización y clarificación	89
4.1.2 Procesamiento UHT y empaçado.....	90
4.1.2.1 Recepción en el tanque de balance.....	90
4.1.2.2 Regeneración.....	90
4.1.2.3 Homogenización	90
4.1.2.4 Ultra Pasteurización – esterilización.....	90
4.1.2.5 Retención.....	91
4.1.2.6 Enfriamiento.....	91
4.1.2.7 Recepción en tanque de producto terminado	91
4.1.2.8 Empacado	91
4.2 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HABITUAL.....	92
4.3 PROGRAMACIÓN CON SISTEMAS MULTIAGENTES.....	94
4.4. ANÁLISIS COMPARATIVO	103
CONCLUSIONES Y LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	105
CONCLUSIONES.....	105
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	106

BIBLIOGRAFÍA..... 107

Lista de Figuras

Figura 1. Ejemplo de diagrama de Gantt	4
Figura 2. Diagrama Open Shop.....	4
Figura 3. Diagrama Flow Shop.....	5
Figura 4. Diagrama Job Shop.....	5
Figura 5. Estructura centralizada.....	6
Figura 6. Estructura jerárquica.....	6
Figura 7. Estructura heterárquica	6
Figura 8. Estructura semi – heterárquica.....	7
Figura 9. Estructura oligárquica.....	7
Figura 10. Arquitecturas horizontales y verticales.....	10
Figura 11. Arquitectura de un agente deliberativo.....	10
Figura 12. Arquitectura de un agente reactivo	11
Figura 13. Arquitectura de un agente híbrido	12
Figura 14. Mecanismos de comunicación para la arquitectura mediador.....	17
Figura 15. Jerarquía Funcional.....	18
Figura 16. Modelo Funcional.....	19
Figura 17. Modelo de administración de operaciones de manufactura.....	20
Figura 18. Modelo de actividad de administración de operaciones de producción.	21
Figura 19. Modelos de CommonKADS.....	23
Figura 20. Modelos de Gaia.....	25
Figura 21. Actividades del proceso de análisis	27

Figura 22. Pasos en la etapa de diseño	29
Figura 23. Una visión general del proceso SODA	30
Figura 24. Modelos de análisis	31
Figura 25. Modelo de diseño.....	32
Figura 26. Integración de las fases de la secuencia - guía en el proceso de desarrollo de un sistema multiagente	33
Figura 27, Interface para la actividad programación detallada de la producción	43
Figura 28. Actividades escogidas para el sistema multiagente	44
Figura 29. Interface para las actividades a modelar como un sistema multiagente	45
Figura 30. Diagrama del modelo de organización (vista funcional). Misión para la programación de la producción	48
Figura 31. Expansión del servicio operación de producción	49
Figura 32. Diagrama del modelo de organización (funcionalidad interna) para el sistema operación de producción	52
Figura 33. Diagrama del modelo de organización (vista estructural) para el sistema operación de producción	53
Figura 34. Diagrama del modelo de organización (vista funcional, funcionalidad externa)	54
Figura 35. Diagrama del modelo de tareas para el servicio plan de producción detallado..	57
Figura 36. Diagrama del modelo de tareas para el servicio plan de producción detallado. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen.....	58
Figura 37. Diagrama del modelo de tareas para el servicio disponibilidad de recursos	60
Figura 38. Diagrama del modelo de tareas para el servicio disponibilidad de recursos. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen.....	61
Figura 39. Diagrama del modelo de tareas para el servicio reportes de WIP y trabajo terminado.....	62

Figura 40. Diagrama del modelo de tareas para el servicio reporte de WIP y trabajo terminado. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen	63
Figura 41. Diagrama del modelo de entorno del sistema operaciones de producción	64
Figura 42. Diagrama actualizado de la vista estructural del modelo de organización. Relaciones entre la unidad organizativa operación de producción y las entidades que contiene	65
Figura 43. Diagrama actualizado de la vista estructural del modelo de organización. Agrupación Funcional	68
Figura 44. . Diagrama actualizado de la vista funcional (funcionalidad externa) del modelo de organización. Agrupación funcional	69
Figura 45. Diagrama actualizado de la vista estructural del modelo de organización al adoptar una estructura tipo federación	71
Figura 46. Diagrama del modelo de interacción para el servicio programación detallada ..	73
Figura 47. Diagrama del modelo de interacción para el servicio disponibilidad de recursos	74
Figura 48. Diagrama del modelo de interacción para el servicio reporte de WIP y trabajo terminado.....	74
Figura 49. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación del modelo de interacción para el servicio programación detallada.....	75
Figura 50. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación entre las unidades organizativas del sistema para el servicio programación detallada	75
Figura 51. Diagrama de secuencia detallado que especifica la comunicación de un bróker con sus subordinados por petición de un agente iniciador.....	76
Figura 52. Diagrama del modelo de entorno para la publicitación de los servicios de Operaciones de producción.....	77
Figura 53. Diagrama del modelo de agente para el agente Broker programación detallada (Agente interno)	78
Figura 54. Diagrama del modelo de agente para el agente Cliente.....	78

Figura 55. Diagrama del modelo de agente para el agente bróker administrador de recursos	79
Figura 56. Diagrama del modelo de agente para el agente bróker seguimiento de la producción.....	79
Figura 57. Arquitectura de un agente reactivo	82
Figura 58. Modelo de conocimiento para la toma de decisiones del agente bróker programación detallada de la producción	82
Figura 59. Diagramas de los modelos estructurales y funcionales de la organización.	83
Figura 60. Procedimiento para integrar las actividades no consideradas (Primera parte) ...	84
Figura 61. Relación del servicio que se quiere detallar con su unidad organizativa y el rol que los proporciona	84
Figura 62. Interfaz de la ISA 95 que proporciona información de las entradas y salidas de una actividad	85
Figura 63. Modelo de tareas para el servicio lista de despacho	85
Figura 64. Procedimiento para integrar las actividades no consideradas (Segunda parte) ..	86
Figura 65. Modelo de interacción para el servicio lista de despacho.....	86
Figura 66. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación	87
Figura 67. Modelo para la publicitación de servicios	87
Figura 68. Modelo de agente para el agente bróker despacho de producción	88
Figura 69. Segmentos del proceso para la elaboración de la leche UHT.....	92
Figura 70. Descripción de la programación de la producción habitual para el proceso UHT	94
Figura 71. Vista estructural y funcional del modelo de organización.....	95
Figura 72. Vista estructural interna de la unidad organizativa programación detallada de la producción.....	96
Figura 73. Modelos de tareas para el servicio plan de producción detallado	96

Figura 74. Acceso al servicio plan de producción detallado.....	97
Figura 75. Relación del servicio con el rol que lo proporciona	98
Figura 76. Modelo de tareas detallado para el servicio plan de producción detallado	98
Figura 77. Estructura para el servicio plan de producción detallado	99
Figura 78. Interacción del agente cliente con el agente bróker programación detallada ...	100
Figura 79. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker programación nivel 4.....	100
Figura 80. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker seguimiento de la producción.....	101
Figura 81. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker administración de definición de producto	101
Figura 82. Interacción agente bróker programación detallada con el agente administración de recursos.....	102
Figura 83. Generación del plan de producción detallado.....	102

Lista de Tablas

Tabla 1. Comparación de estructura centralizada y distribuidas.....	7
Tabla 2. Vistas de las fases de análisis y diseño para las metodologías estudiadas.....	39
Tabla 3. Caracterización general de las metodologías estudiadas	40
Tabla 4. Actividades y las funciones que desempeñan en el Nivel 3 del modelo de actividad de operaciones de manufactura de la Norma ISA 95	43
Tabla 5. Relación de la actividad con la información que entrega	45
Tabla 6. Documento A.1 misión organizativa	46
Tabla 7. Documento A.2 grupos de interés.....	49
Tabla 8. Documento A.3 condiciones de entorno	50
Tabla 9. Documento B.1 Tecnología esencial	52
Tabla 10. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio plan de producción detallado.	55
Tabla 11. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 35.....	57
Tabla 12. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio disponibilidad de recursos.....	58
Tabla 13. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 37.....	60
Tabla 14. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio reporte de WIP y trabajo terminado.....	61
Tabla 15. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 40.....	63
Tabla 16. Entidades de la unidad organizativa Operación de producción	64
Tabla 17. Relación de las nuevas unidades con los roles y los servicios.....	66
Tabla 18. Relación de las nuevas unidades con los roles y los servicios.....	66

Tabla 19. Documento C. Dimensiones organizativas del sistema operaciones de producción – programación.....	68
Tabla 20. Clasificación de colores de las unidades organizativas de la vista estructural del modelo de organización.	69
Tabla 21. Relación entre los estados y las acciones para el agente bróker programación detallada de la producción.....	82
Tabla 22. Relación de la tarea con el servicio que invoca	98
Tabla 23. Identificación de los subordinados.....	99
Tabla 24. Análisis comparativo entre la programación habitual y la programación con sistemas multiagentes basados en la Norma ISA 95 para el proceso UHT	103

RESUMEN

Esta monografía es desarrollada con la intención de crear un modelo para la programación de la producción tomando como base inicial los modelos desarrollados por la Norma ISA 95 y adicionándole técnicas de inteligencia artificial distribuida, específicamente sistemas multiagentes.

Inicialmente, se hace una recolección de información sobre la programación de la producción, los agentes, sistemas multiagentes y los diferentes modelos desarrollados en la Norma ISA 95, con el propósito de contar con una base teórica para el desarrollo de este trabajo.

Luego, para el desarrollo de nuestro modelo se buscan metodologías que analizan y diseñan sistemas multiagentes desde diferentes perspectivas, después de analizar y caracterizar dichas metodologías se selecciona una para la realización de nuestro modelo.

Con la metodología seleccionada y el modelo de actividad de administración de operaciones de manufactura se representan a tres actividades como un sistema multiagente, y así crear unos modelos que presenten una vista estructural, funcional y dinámica.

Por último, se toma el proceso de ultra pasteurización UHT para mostrar el funcionamiento del modelo desarrollado, y hacer una comparación entre la programación con sistemas multiagentes y la habitual en cualquier proceso.

INTRODUCCIÓN

La globalización, que afecta a todo el planeta, no es una excepción en las empresas de fabricación. La competitividad global y la rapidez con que cambian los requerimientos de los clientes están forzando importantes cambios en los estilos de producción y configuración de las organizaciones de producción. Cada vez más la planificación de producción, la programación y los mecanismos de control centralizados tradicionales no son suficientemente flexibles para responder a los nuevos estilos de producción que cambian continuamente y a las variaciones que se producen permanentemente en los requerimientos del producto. Por ello la industria de la manufactura debe utilizar tecnologías avanzadas en el desarrollo de productos con el propósito de disminuir los tiempos de fabricación y mejorar el funcionamiento.

De entre todas las actividades de desarrollo en una empresa, la programación es un proceso para asignar recursos apropiados para las tareas de manufactura requeridas, identificando los parámetros de secuencia y de tiempo para completar estas tareas. Un buen programa puede reducir los esfuerzos en manufactura mejorando así la competitividad de los productos.

Las primeras investigaciones simplificaron significativamente los problemas de la programación encontrados en la práctica. En la última década la comunidad investigadora se ha percatado de que los métodos de programación existentes no eran capaces de resolver los problemas industriales reales, debido a que no fue considerada suficientemente la complejidad de las plantas industriales en el mundo real. Primero, los problemas de la programación industrial son de naturaleza dinámica, es decir, nuevas órdenes son producidas durante el proceso de producción, etc. Segundo, durante el proceso de producción, el programa creado puede ser cambiado reflejando los cambios de demanda, de producto y condiciones de manufactura.

Por tal motivo en esta monografía se ha adoptado las Normas ISA 95, que es un estándar que simplifica la integración de la información en los sistemas de gestión empresarial y de manufactura, y los sistemas multiagentes (SMA), que es una aproximación inteligente que resuelve problemas usando técnicas de inteligencia artificial para resolver los problemas de la programación en la industria respecto a su estructura centralizada para el flujo de la información en una empresa de manufactura, puesto que la centralización puede provocar una parálisis total en la producción por una falla en un control central.

Por lo anterior, es de suma importancia adoptar estructuras distribuidas donde se agrupen funcionalidades y habilidades en entidades independientes con el propósito de tener un alto nivel de coordinación y colaboración sin afectar los procesos alrededor

Con la combinación de los SMA con las Normas ISA 95 se pretende agilizar los procesos de programación reduciendo los tiempos de procesamiento y análisis de la información, aportándole dinámica, distribución en su estructura y autonomía en cuanto a la utilización de los recursos y la información.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS GENERALES

1.1 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La programación de la producción es un proceso para asignar los recursos idóneos a las tareas de manufactura que así los requieran, identificando los parámetros de sincronización y la secuencia en la realización de estas tareas. Los recursos incluyen instalaciones, personal, materiales, herramientas, etc.

La programación es un proceso de optimización para alcanzar uno o más objetivos (también llamada criterio de rendimiento); solucionar un problema de programación es obtener una programación viable que optimice el criterio de rendimiento [Dauzere, 1994].

Los criterios típicos de rendimiento de la programación en el contexto de la manufactura son:

- *Totales (Q)*: el número de órdenes que el sistema de manufactura termina por unidad de tiempo.
- *Inventario de trabajo en proceso (WIP)*: el número de órdenes en el sistema que no se han terminado todavía.
- *Tiempo de salida (F)*: la diferencia entre el tiempo de finalización y el tiempo de inicio de la orden.
- *Tardanza de la orden (T)*: la tardanza es la diferencia entre el tiempo de finalización de la orden y la fecha prometida, si esta diferencia es positiva; de otra manera la tardanza es cero.

Los procesos de programación de la producción están usualmente sujetos a restricciones; éstas pueden ser definidas como las relaciones de dependencia entre las tareas y la capacidad limitada de los recursos [Beck, 1998]; debido a estas restricciones no todas las decisiones de asignación de recursos son viables en situaciones prácticas; como consecuencia, el proceso de programación debería considerar las restricciones durante la exploración de las posibles soluciones.

La programación apunta a la actualización de la programación existente para responder a los cambios en el ambiente de producción y demandas durante el proceso de producción [Zweben, 1994] [Kott, 1998].

La solución de un problema de programación (el cronograma) es a menudo representado como un diagrama de Gantt [Gantt, 1919]. Un diagrama de Gantt es un diagrama en dos dimensiones que muestra el tiempo a lo largo del eje horizontal y los recursos a lo largo del eje vertical; cada rectángulo en el diagrama representa una tarea de manufactura que está asignada a un cierto recurso en cierto espacio de tiempo.

Un ejemplo de diagrama de Gantt es mostrado en la Figura 1. En este ejemplo, el diagrama representa los programas generados por tres órdenes A, B, y C. Las tareas para estas órdenes son descritas como A1-A2-A3, B1-B2-B3, C1-C2, respectivamente.

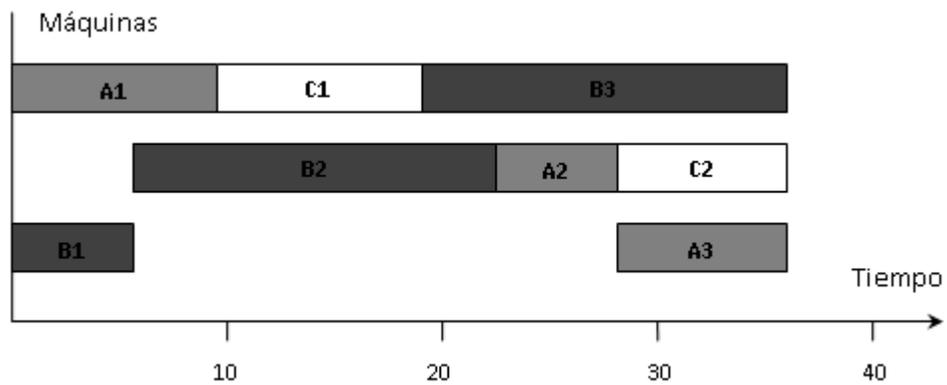


Figura 1. Ejemplo de diagrama de Gantt

1.1.1 Tipos de procesos de fabricación

De forma general se pueden identificar tres tipos de programación en los procesos de fabricación en una industria de manufactura.

- *Open Shop*: este tipo de programación es uno de los más fáciles de solucionar; se cuenta con m máquinas, pero cada trabajo J puede ser realizado en cualquier máquina. No se cuenta con restricciones de precedencia. El programador determina la ruta que seguir por cada trabajo.

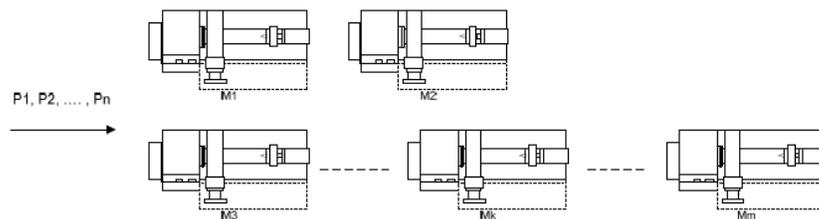


Figura 2. Diagrama Open Shop

- *Flow shop*: en este tipo de programación cada trabajo sigue siempre la misma secuencia. Se cuenta con una sucesión de operaciones ordenada, que no tiene

ninguna restricción de precedencia ni retornos; con esto se quiere decir que si alguna máquina se encuentra ocupada en el momento que surja una nueva tarea, ésta deberá esperar su turno para ingresar a la máquina para ser procesada

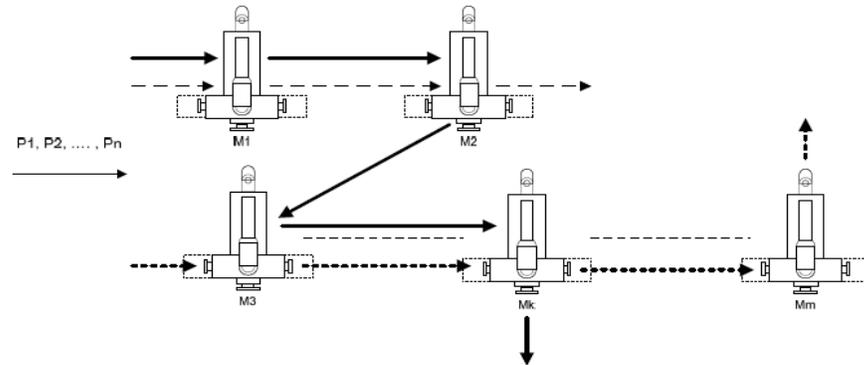


Figura 3. Diagrama Flow Shop

- *Job Shop*: es la forma de programación más difícil; con este tipo de programación cada trabajo sigue su propia ruta.

Se deben distinguir tres tipos de Job Shop: uno, en el que cada trabajo visita una máquina m una vez como máximo (sin recirculación); la segunda, cuando una tarea puede volver a la máquina m varias veces (el proceso es con recirculación); por último, se encuentran los sistemas flexibles de manufactura, los cuales soportan la recirculación, pero además se puede contar con máquinas paralelas.

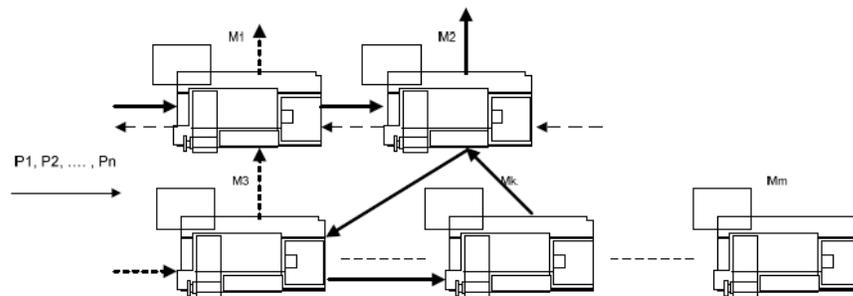


Figura 4. Diagrama Job Shop

1.1.2 Aproximaciones distribuidas para la programación de la producción.

Para alcanzar los niveles más altos de reconfigurabilidad y adaptabilidad, existe una tendencia creciente hacia la adopción de aproximaciones distribuidas para el manejo y la organización de los sistemas de manufactura [Parunak, 1996].

Convencionalmente, los sistemas de programación fueron desarrollados usando estructuras de control centralizadas, como se muestra en la Figura 5, en las cuales los recursos de manufactura fueron programados en el mismo lugar y la programación fue

dirigida utilizando un programador central. Este tipo de estructura es efectiva cuando la complejidad del sistema de manufactura no es alta. Con el aumento de la complejidad del sistema de manufactura, las actividades de manufactura toman lugar en diferentes locaciones, requiriendo diferentes bases de conocimiento y bases de datos en diferentes lugares. Por lo tanto, una aproximación con una estructura centralizada hace al sistema muy complicado y difícil de manejar.



Figura 5. Estructura centralizada

Hay otras estructuras distribuidas típicas, como es la jerárquica, que se muestra en la Figura 6. Se compone de una unidad central que se encarga de organizar las tareas del sistema completo a un nivel global, destina órdenes a los diversos dispositivos subordinados y se realimenta por la información reportada por éstos.

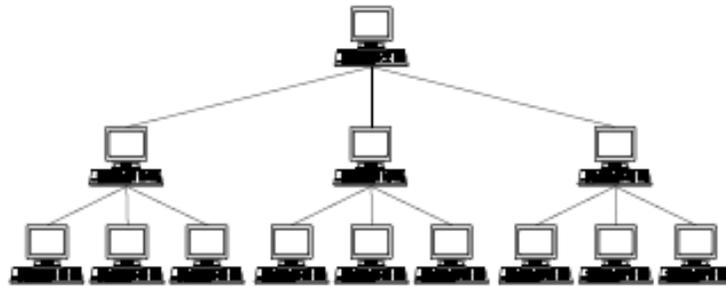


Figura 6. Estructura jerárquica

También se tiene la estructura heterárquica que es implementada por una colección de entidades independientes sin centralización o control jerárquico como se enseña en la Figura 7.



Figura 7. Estructura heterárquica

Una derivación de la anterior se encuentra en la estructura semi – heterárquica mostrada en la Figura 8: incorpora sub-sistemas heterárquicos ligados a una heterarquía de control global.

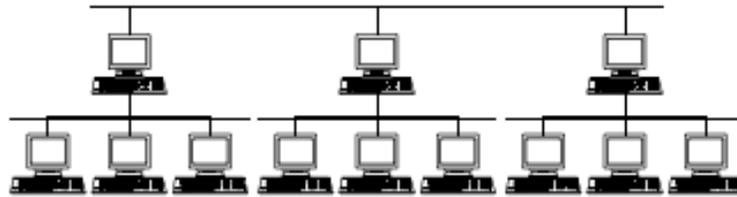


Figura 8. Estructura semi – heterárquica

Por último, se encuentra la estructura oligárquica, que se presenta en la Figura 9, que sigue practicando una estructura de control multi – capa, pero con la salvedad que incorpora más de un controlador superior, existe una comunicación horizontal y la inclusión de la subordinación de un nodo cualquiera, no sólo al nivel inmediatamente superior, sino a varios.

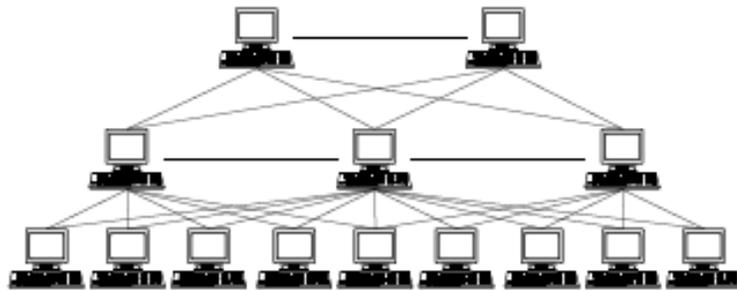


Figura 9. Estructura oligárquica

A continuación se presenta una comparación de la estructura centralizada con una distribuida según Shaw en lo referente a la programación de la producción [Shaw, 1987].

Tabla 1. Comparación de estructura centralizada y distribuidas

	Estructura Centralizada	Estructura Distribuida
Ejecución de programación	Un programador maestro.	Un número de entidades colaborativas.
Mecanismo de control para la programación.	Control maestro-esclavo con paso de mensajes unidireccionales.	Coordinación a través de intercambio de mensajes.
Vulnerabilidad a fallas del programador.	Todo el sistema podría detenerse.	Sólo la entidad particular podría fallar
Base de datos de la manufactura.	Una base de datos global.	Una base de datos distribuida.
Información del sistema dinámico de mantenimiento.	Actualización de constantes a través de la comunicación de mensajes	Actualización local sin actividades de comunicación.

1.2 AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTES

La Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) integra los conceptos de dos campos de conocimiento: la Inteligencia Artificial y los Sistemas Distribuidos. El campo de la Inteligencia Artificial (IA) intenta comprender y construir entidades inteligentes [Russell, 1995]. El campo de los Sistemas Distribuidos estudia las propiedades de conjuntos de procesadores autónomos que no comparten memoria primaria, pero sí cooperan comunicándose por medio del envío de mensajes sobre una red de comunicación.

De acuerdo con lo anterior, se puede definir la IAD como un campo de conocimiento que estudia e intenta construir conjuntos de entidades autónomas e inteligentes que cooperan para desarrollar un trabajo y se comunican por medio de mecanismos basados en el envío y recepción de mensajes.

Desde que surgió, la IAD se ha interesado, entre otros temas, por estudiar el modelo y comportamiento de varios agentes que cooperan entre sí para la resolución de un problema o desarrollo de una tarea. Los tres ejes fundamentales que ha estudiado la IAD son:

- *Los Sistemas Multiagentes (SMA)*: estudia el comportamiento de los agentes inteligentes que resuelven un problema de manera cooperativa.
- *Resolución Distribuida de Problemas (RDP)*: en esta rama se trabaja con la forma de dividir un problema para asignar las partes a un conjunto de entidades independientes y cooperantes, para que en grupo hallen una solución.
- *La Inteligencia Artificial en Paralelo (IAP)*: se centra en el desarrollo de lenguajes y algoritmos paralelos para sistemas concurrentes.

1.2.1 Agentes Inteligentes

Las entidades inteligentes que conforman un SMA son llamadas agentes. Un agente puede ser una entidad física o abstracta que puede percibir su ambiente a través de sensores, es capaz de evaluar tales percepciones y tomar decisiones por medio de razonamientos sencillos o complejos, comunicarse con otros agentes para obtener información y actuar sobre el medio en que se desenvuelve a través de actuadores [Labbidi, 1993], [Russell, 1995].

Una definición más acertada la darían un conjunto de propiedades que caracterizan a los agentes, aunque un agente no tiene que poseer todas estas propiedades.

- *Autonomía*: los agentes pueden operar sin la intervención de humanos o de otros agentes.

- *Sociabilidad*: los agentes son capaces de interactuar con otros agentes a través de un lenguaje de comunicación entre agentes.
- *Reactividad*: los agentes son capaces de percibir estímulos de su entorno y reaccionar a dichos estímulos.
- *Proactividad o iniciativa*: los agentes tienen un carácter emprendedor y pueden actuar guiados por sus objetivos.
- *Movilidad*: capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- *Veracidad*: asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- *Benevolencia*: asunción de que un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propósitos.
- *Racionalidad*: asunción de que un agente actúa de forma racional, intentando cumplir con sus objetivos si son viables.

Corriendo el riesgo de que cualquier programa sea denominado agente, se pueden distinguir dos nociones extremas de agentes [Wooldrige, 1995]:

- Una *noción débil* de agente consiste en definir un agente como una entidad que es capaz de intercambiar mensajes utilizando un lenguaje de comunicación de agentes [Genesereth, 1994]. Esta definición es la más utilizada dentro de la ingeniería de software basada en agentes.
- Una *noción más fuerte* o restrictiva de agente es la enunciada por Soham [Shoam, 1993] en su propuesta de programación orientada a agentes (AOP), donde un agente se define como una entidad cuyo estado es visto como un conjunto de componentes mentales, tales como creencias, capacidades, elecciones y acuerdos.

Arquitecturas de Agentes

Las arquitecturas de agentes describen la interconexión de los módulos software/hardware que permiten exhibir las conductas enunciadas en las teorías de agentes.

Una primera clasificación de las arquitecturas [Müller, 1994], según todas las capas tengan acceso a sensores y actuadores (horizontales) o sólo la capa más baja tenga acceso a sensores y actuadores (verticales) se muestra en la Figura 10.

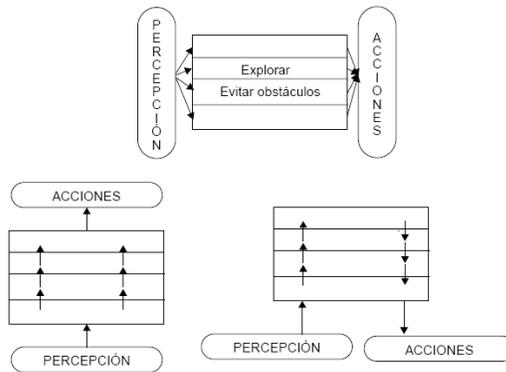


Figura 10. Arquitecturas horizontales y verticales

También podemos clasificar las arquitecturas atendiendo el tipo de procesamiento en deliberativas, reactivas, interactivas e híbridas [Wooldrige, 1995].

1. Arquitecturas deliberativas

Las arquitecturas de agentes deliberativos suelen basarse en la teoría clásica [Hendler, 1990], [Rich, 1994], [Minton, 1994] de planificación de inteligencia artificial: dado un estado inicial, un conjunto de operadores/planes y un estado objetivo, la deliberación del agente consiste en qué pasos debe encadenar para lograr su objetivo, siguiendo un enfoque descendente (*top-down*). Se pueden distinguir los siguientes tipos principales de arquitecturas deliberativas o simbólicas [Moulin, 1996], [Wooldrige, 1995]: arquitecturas intencionales y sociables.

- Los agentes intencionales se distinguen por ser capaces de razonar sobre sus creencias e intenciones. Se pueden considerar como sistemas de planificación que incluyen creencias e intenciones en sus planes.
- Los agentes sociables [Moulin, 1996] se pueden definir como agentes intencionales que mantiene más de un modelo explícito de otros agentes y son capaces de razonar sobre estos modelos.

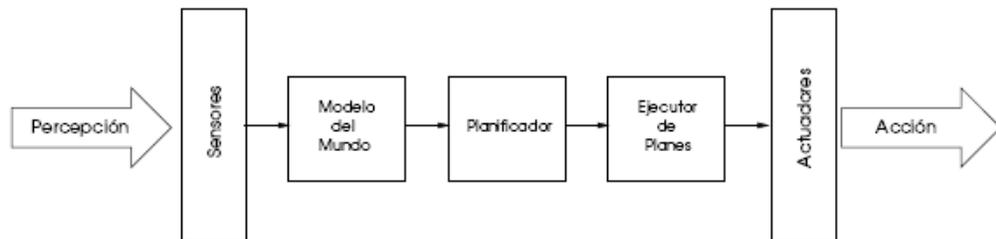


Figura 11. Arquitectura de un agente deliberativo

Las arquitecturas deliberativas suelen clasificarse como horizontales porque los estímulos recibidos del exterior son procesados en varias capas de diferente nivel de abstracción y al final el nivel superior decide qué acciones hay que llevar a cabo.

2. Arquitecturas Reactivas

Las arquitecturas reactivas [Ferber, 1996], [Wooldrige, 1995] cuestionan la viabilidad del paradigma simbólico y proponen una arquitectura que actúa siguiendo un enfoque conductista, con un modelo estímulo – respuesta. Las arquitecturas reactivas no tienen un modelo del mundo simbólico como elemento central de razonamiento y no utilizan razonamiento simbólico complejo, sino que siguen un procesamiento ascendente (*bottom-up*), para lo cual mantienen una serie de patrones que se activan bajo ciertas condiciones de los sensores y tiene un efecto directo en los actuadores; las primeras arquitecturas de agentes reactivos se basan en planificadores reactivos.

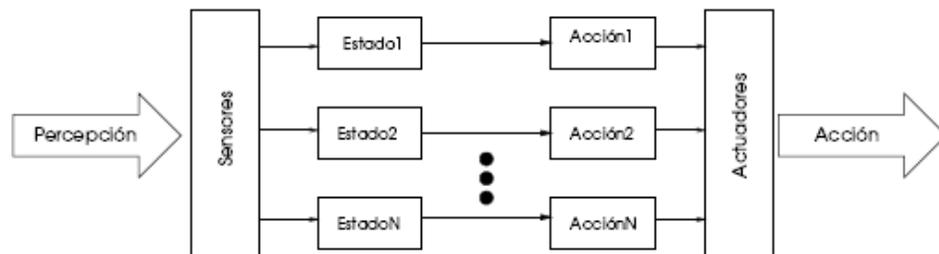


Figura 12. Arquitectura de un agente reactivo

Las arquitecturas reactivas pueden clasificarse como verticales porque los estímulos recibidos del exterior son procesados por capas especializadas que directamente responden con acciones a dichos estímulos y pueden inhibir las capas inferiores.

3. Interactivos

Los agentes interactivos mantienen su enfoque principal en la coordinación entre procesos y sobre los mecanismos de cooperación y coordinación entre los agentes y deja en segundo plano su estructura. Básicamente se habla de dos tipos de interacción: la interacción explícita, realizada a través de la comunicación vía mensajes, y la comunicación implícita, que se da con base en predicciones acerca de la conducta de otros agentes.

4. Arquitecturas híbridas

Estas arquitecturas pretenden combinar módulos deliberativos y reactivos. Los módulos reactivos se encargan de procesar los estímulos que no necesiten deliberación, mientras que los módulos deliberativos determinan qué acciones deben realizarse para satisfacer los objetivos locales y cooperativos de los agentes.

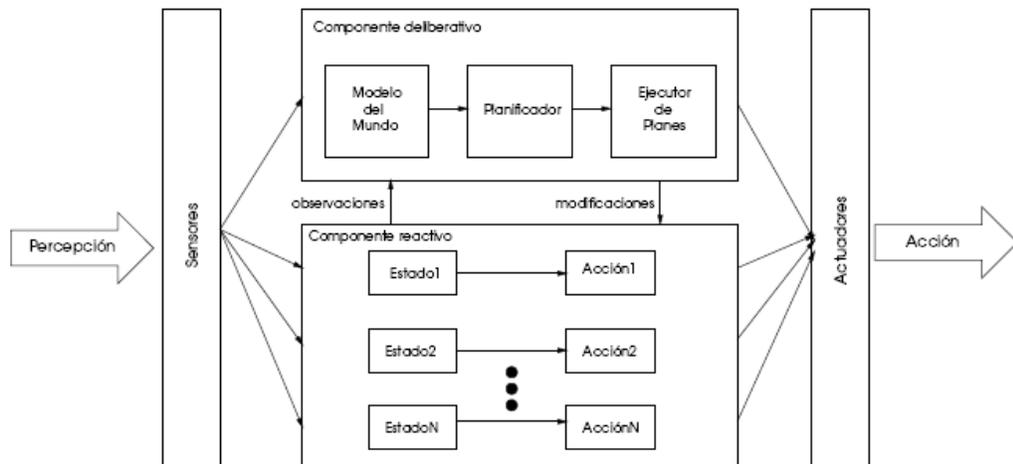


Figura 13. Arquitectura de un agente híbrido

Las arquitecturas híbridas pueden ser horizontales y verticales.

1.2.2 Sistema Multiagente (SMA)

Un sistema multiagente está compuesto por múltiples componentes software interactuando entre sí, denominados agentes, que son capaces de cooperar para resolver problemas que van más allá de las capacidades de cada miembro individualmente. Estos agentes se comunican unos con otros y reaccionan apropiadamente de acuerdo con esa información; exhiben características particulares que se presentarán a continuación.

1.2.2.1 Organización Social:

Es la manera como el grupo de agentes está constituido en un instante dado. La organización social está relacionada con la estructura de los componentes funcionales del sistema, sus características, sus responsabilidades, sus necesidades y la manera como realizan sus comunicaciones. Esta organización puede ser estática o dinámica, dependiendo de las tareas o funciones de cada agente.

Se puede considerar que una sociedad de agentes está constituida por tres elementos:

- Un grupo de agentes.
- Un conjunto de tareas que realizar.
- Un conjunto de recursos.

La organización en los SMA depende del tipo de comunicación y el modo de cooperación entre agentes, así como el tipo de agentes que conforman el grupo.

En general se pueden distinguir algunos tipos de configuraciones organizacionales:

- *Estructura Centralizada*: en este tipo de configuración existe un agente que controla la interacción de los demás agentes del sistema, porque tiene la información o la funcionalidad para hacerlo.
- *Estructura Horizontal*: este tipo de configuración existe cuando todos los agentes que conforman un sistema están al mismo nivel, no hay ningún agente que haga las veces de maestro o supervisor, ni tampoco agentes esclavos.
- *Estructura Jerárquica*: esta configuración existe cuando los agentes trabajan diferentes niveles de abstracción de un problema, es decir, la configuración es de niveles.
- *Estructura "Ad hoc"*: esta configuración es una mezcla de las tres anteriores, se caracteriza por la dinamicidad de la estructura y está regida por el ajuste mutuo entre los pequeños grupos de agentes en el sistema.

Escoger una u otra estructura de organización depende de las funciones que deben cumplir los agentes del sistema, de las características de ellos y de qué tan complejo se quiere el sistema [Labbidi, 1993].

1.2.2.2 Cooperación:

En un SMA existen dos tipos de tareas que deben ser realizadas: las tareas locales y las tareas globales. Las tareas locales están relacionadas con los intereses individuales de cada agente y las tareas globales están relacionadas con los intereses globales del sistema. Estas tareas globales son descompuestas y cada sub – tarea es realizada por un agente, de acuerdo con sus habilidades y con veracidad de que la solución de estas sub – tareas conducirá a la solución global.

Para que los agentes puedan cooperar de manera eficiente, cada uno de ellos debe presentar ciertas características:

- Tener un modelo bien definido del mundo, que le permite localizar a los demás agentes, saber cómo comunicarse con ellos, qué tareas deben realizar, etc.
- Poder integrar información de otros agentes con la suya para formar conceptos globales o conocimiento conformado por varios agentes.
- Poder interrumpir un plan que se esté llevando a cabo para ayudar o atender a otros agentes para que puedan cooperar entre sí cuando los agentes lo necesiten.

La cooperación depende mucho de la configuración organizacional del grupo de agentes. Si la estructura es centralizada, los agentes dependientes piden colaboración casi permanente del agente maestro; si la estructura es jerárquica, la cooperación puede hacerse por niveles, ya sea en el mismo nivel o de inferiores a superiores; y, por último, si la estructura es horizontal la cooperación se hace entre todos los agentes.

Existen varios modelos de cooperación entre los cuales se pueden mencionar:

- *Cooperación compartiendo tareas y resultados:* los agentes tiene en cuenta las tareas y los resultados intermedios de los demás para realizar las tareas propias.
- *Cooperación por delegación:* un agente supervisor o maestro descompone una tarea en sub – tareas y las distribuye entre los agentes esclavos, para que sean resueltas; posteriormente el supervisor integra las soluciones para hallar la solución al problema inicial.
- *Cooperación por ofrecimiento:* un agente maestro descompone una tarea en sub-tareas y las difunde en una lista a la que tienen acceso los agentes que integran el sistema, esperando que ellos ofrezcan su colaboración de acuerdo con sus habilidades [Labbidi, 1993].

1.2.2.3 Coordinación

La coordinación en un grupo de agentes les permite considerar todas las tareas que realizar y coordinarlas para no ejecutar acciones no deseables. Esta coordinación está relacionada con la planificación de acciones para la resolución de tareas, porque estos planes permiten:

- Conocer a un alto nivel y predecir el comportamiento de otros agentes del sistema.
- Intercambiar resultados intermedios que lleven al progreso en la solución de una tarea global.
- Evitar acciones redundantes, si ellas no son deseables.

1.2.2.4 Negociación

Para que los mecanismos de cooperación y coordinación sean exitosos en un sistema de agentes, debe existir un mecanismo adicional, por medio del cual los integrantes de un sistema se puedan poner de acuerdo cuando cada agente defiende sus propios intereses, llevándolos a una situación que los beneficie a todos teniendo en cuenta el punto de vista de cada uno [Hernández, 1995], [Labbidi, 1993].

La negociación se caracteriza por tener los siguientes elementos:

- Un número adecuado de agentes involucrados en el proceso
- Un conjunto mínimo de acciones que se llevan a cabo en el proceso, como: proponer, evaluar, refutar, contraponer, aceptar, rechazar, modificar, etc.

Para que una negociación sea exitosa son necesarios unos protocolos que faciliten y en lo posible garanticen la convergencia de ideas a una solución común.

Un protocolo establece un conjunto de pasos que debe seguir un proceso de negociación, así como las posibles respuestas de un agente a las acciones de otro agente.

1.2.2.5 Control

El control es un mecanismo básico que provee apoyo para la implementación de mecanismos de coordinación en un SMA. El control se relaciona directamente con:

- Determinar cuáles son las sub – tareas más importantes que realizar en un momento dado.
- Determinar qué contextos deben ser usados en la solución de una sub – tarea.
- Estimar el tiempo de generación de la solución a una sub – tarea.
- Evaluar si la solución de un problema ha sido generada.

1.2.2.6 Encapsulación de agentes

Dentro de las muchas aproximaciones que han sido utilizadas para los sistemas de fabricación, se van a nombrar dos: la aproximación por descomposición funcional y la aproximación de descomposición física

- *Descomposición funcional:* los agentes son utilizados para encapsular módulos asignados a funciones tales como adquisición de pedidos, planificación, programación, manipulación de materiales, gestión de transporte, etc. No hay relaciones explícitas entre agentes y entidades físicas. La aproximación funcional es muy útil en la integración de sistemas ya existentes, como las herramientas CAD, los sistemas MRP, etc.
- *Descomposición física:* los agentes son utilizados para representar entidades del mundo físico, tales como trabajadores, máquinas, herramientas, instalaciones, productos, piezas, etc. Hay una relación explícita entre un agente y una entidad física.

1.2.2.7 Arquitecturas de sistema

Las diferentes propuestas para los sistemas de fabricación basados en agentes se pueden clasificar en tres categorías: aproximación jerárquica, la aproximación de federación y la aproximación de agente autónomo.

Arquitectura jerárquica

Un sistema cuenta con unidades distribuidas, con un grado de control sobre los recursos locales y con diferentes requerimientos de información.

Arquitectura federación

Se han propuesto tres aproximaciones

1. Facilitadores

Algunos agentes relacionados son combinados dentro de un grupo y la comunicación se realiza por medio de una interfaz llamada facilitador; este facilitador proporciona dos servicios principales: primero, direcciona los mensajes de salida a los destinos apropiados; segundo, traduce los mensajes de entrada para ser entendidos por los agentes.

2. Brokers

Son similares a los facilitadores con algunas funciones adicionales, como la monitorización y la notificación; la diferencia es que el facilitador es responsable de un grupo designado de agentes, mientras que cualquier agente puede contratar con el broker del mismo sistema para encontrar agentes que realicen una tarea especial.

3. Mediadores

Además de las funciones de facilitador y broker, un mediador asume el papel de coordinador del sistema, proporcionando la cooperación entre agentes [Maturana, 1996].

En un sistema multiagente es común que un agente requiera encontrar a otro para pedirle un servicio o entablar comunicación con él. Por ello se hace necesaria la existencia de entidades especializadas en conocer las posiciones de los otros y los servicios que ofrecen.

Los mediadores pueden utilizar la intermediación y la contratación para encontrar agentes relacionados para establecer sub – sistemas colaborativos, también llamados grupos de coordinación.

El mecanismo de intermediación consiste en recibir una solicitud de un agente inteligente, entender la solicitud, encontrar los receptores adecuados para el mensaje y transmitir el mensaje al grupo seleccionado de agentes.

El mecanismo de contratación es un super – conjunto del mecanismo de intermediación, ya que éste usa el mecanismo de intermediación para que los agentes coincidan; el mediador puede salir de escena y dejar que los agentes procedan con la comunicación.

Para usar eficientemente estos mecanismos, los mediadores necesitan tener suficientes conocimientos acerca de la organización para satisfacer las solicitudes de los agentes con los recursos necesarios

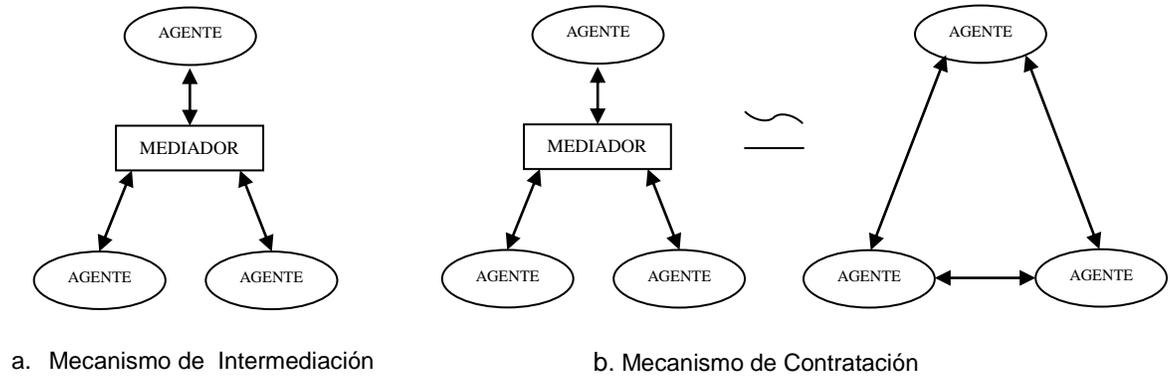


Figura 14. Mecanismos de comunicación para la arquitectura mediador

Los mecanismos de intermediación y contratación generan dos tipos de sub – sistemas de colaboración: el primero corresponde a un sub – grupo de colaboración indirecta, ya que el agente solicitante no necesita saber acerca de la existencia de otros agentes; la segunda es un sub – grupo de colaboración directa, puesto que el agente solicitante es informado acerca de la presencia y ubicación física de los agentes para que se comuniquen de forma directa.

Una actividad común de los mediadores implicados en uno u otro tipo de colaboración es la interpretación de los mensajes, descomposición de tareas y poseer un tiempo de procesamiento para cada nueva sub – tarea.

1.3 NORMA ISA

Es un estándar internacional desarrollado por ISA (*International Society of Automation*), que provee los modelos y terminologías para la definición de interfaces entre el sistema de negocios y el sistema de control de manufactura, buscando una fácil integración de las operaciones durante todo el ciclo de producción sin tener en cuenta el grado de automatización actual del proceso. Describe las funciones relevantes del nivel de negocio y el nivel de MES (*Manufacturing Execution System*), y la información clave que se requiere compartir en esos dominios. Define el alcance de las operaciones en los dos niveles, la jerarquía de los equipos de la empresa, las funciones específicas asociadas con la interfaz entre los dos niveles y finalmente las señales intercambiadas entre ellos [GRUPO I+D, 2005].

La estructura de la Norma ISA 95 está dividida en seis partes, las cuales se presentarán y describirán a continuación.

- *Parte 1. Modelos y terminologías:* define los modelos y terminologías estándar en cuanto a la definición de las interfaces entre los sistemas de negocio de una empresa y los sistemas de control en la producción [ISA, 2000].

- *Parte 2. Estructuras y atributos de datos:* en conjunto con la parte 1 define el contenido de la interfaz entre las funciones de control en la producción y otras funciones de la empresa [ISA, 2001].
- *Parte 3. Modelo de actividad de administración de operaciones de manufactura:* define las actividades para desarrollos de la información en la producción que permiten una integración sistémica entre el nivel de negocios y el de control de la producción [ISA, 2005].
- *Parte 4. Modelo de objeto y atributos de la administración de operaciones de manufactura:* provee los modelos de objeto y sus atributos de las actividades de la administración de operaciones de manufactura, los cuales describen más ampliamente las definiciones realizadas en la parte 3.
- *Parte 5. Transacciones entre sistemas de negocios y de manufactura:* especifica la manera como debe realizarse el intercambio de la información definida en las partes 1 y 2.
- *Parte 6. Transacciones en la administración de operaciones de manufactura:* establece la manera como deben ser realizadas las transacciones dentro de la administración de operaciones de manufactura.

A continuación se mostrarán algunos modelos de las partes anteriormente mencionadas con el propósito de ampliar la concepción de la norma y sus diferentes funcionalidades

1.3.1 Modelo de jerarquía de programación y control

Este modelo es necesario porque jerarquiza claramente las funciones empresariales en cuatro niveles en las cuales se toman las decisiones y define la interfaz abordada en la parte 1 de la Norma ISA 95.

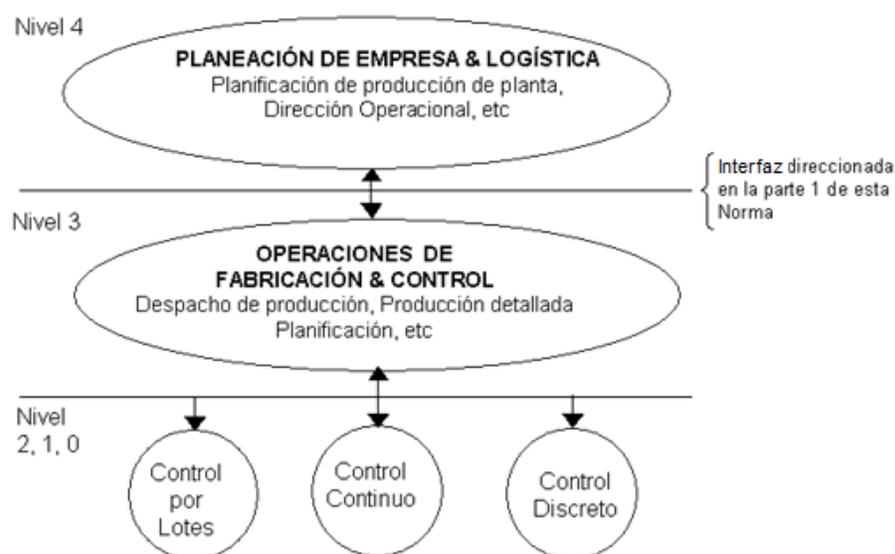


Figura 15. Jerarquía Funcional

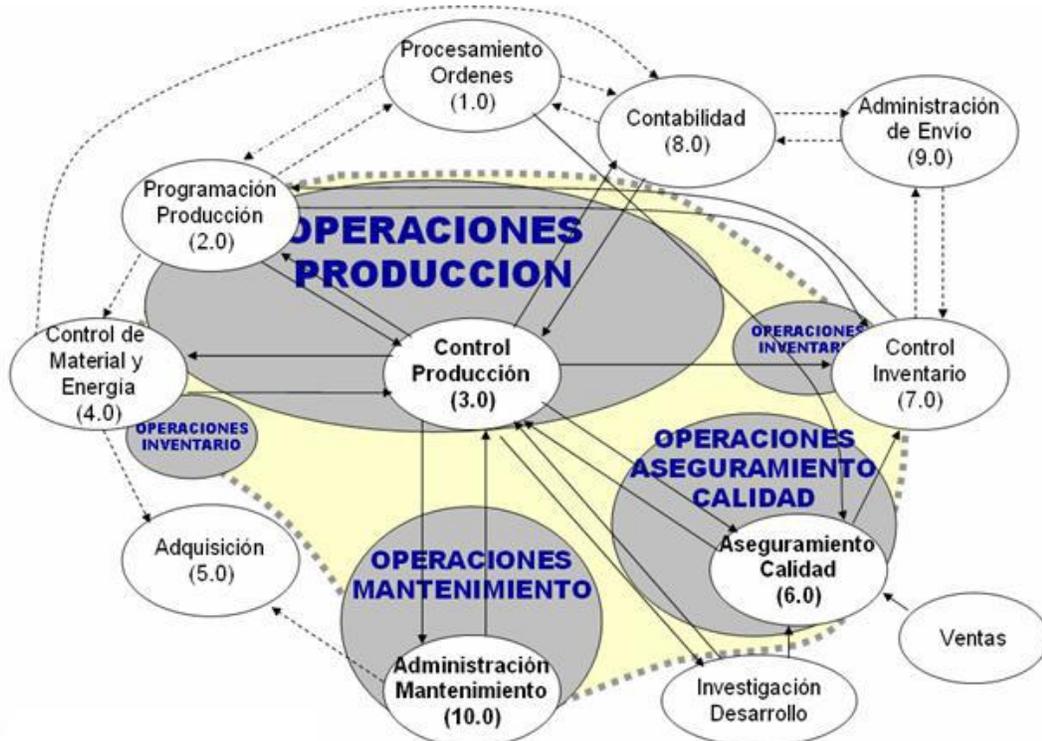


Figura 17. Modelo de administración de operaciones de manufactura

La administración de operaciones de manufactura está dividida en cuatro sub categorías

- El modelo de administración de operaciones de producción (Ampliación Anexo A)
 - Control de producción (3.0)
 - Programación de la producción (2.0)
- El modelo de administración de operaciones de mantenimiento
 - Administración de mantenimiento (10.0)
- El modelo de administración de operaciones de calidad
 - Aseguramiento de la calidad (6.0)
- El modelo de administración de operaciones de inventario y material
 - Control de inventario de producto (7.0)
 - Control de material y energía (4.0)

1.3.4 Administración de Operaciones de Producción

La administración de operaciones de producción está definida como la colección de actividades que coordina, dirige y traza las funciones que utilizan materia prima, energía e información para producir productos.

Aquí se enseña un modelo más detallado que el presentado en la Figura 16. Los cuatro elementos de información (definición de producto, capacidad de producción, plan de

producción y rendimiento de la producción) corresponden a la información intercambiada del nivel 4 como lo muestra la Figura 15, definida en la parte 1 del la Norma ISA 95. El óvalo etiquetado como: Funciones de producción de los niveles 1 – 2, representa la detección de los niveles 1 – 2 y funciones de control. Los óvalos (con contorno sólido) representan las actividades de las operaciones de producción.

Las actividades definidas en este modelo no están con el propósito de insinuar una estructura organizacional de sistemas, software o personal. El modelo es proporcionado para ayudar en la identificación de actividades que pueden ser realizadas y también en la identificación de los roles asociados con las actividades. Esto define, que es hecho, no como debería ser organizado. Diferentes organizaciones pueden tener un arreglo diferente de los roles o tareas para el personal o los sistemas.

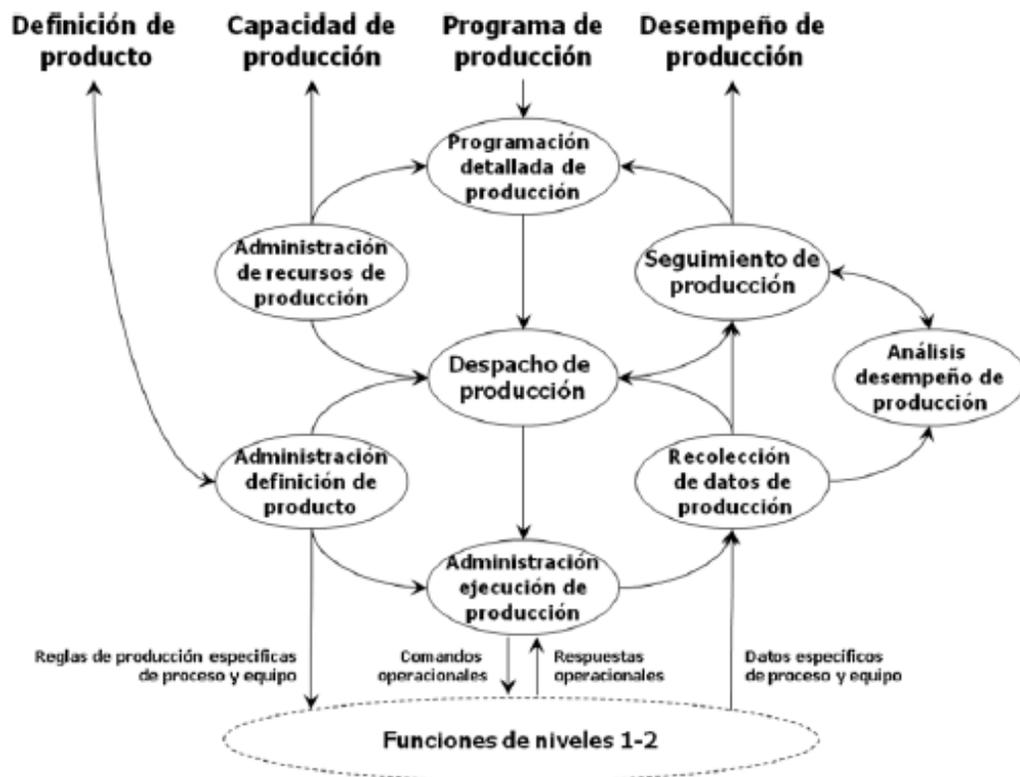


Figura 18. Modelo de actividad de administración de operaciones de producción.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIAGENTE

Los agentes y los sistemas multiagentes componen un espacio de progresivo interés dentro de la Inteligencia Artificial, ya que puede ser aplicable para la solución de la mayoría de problemas complejos no resueltos de manera satisfactoria con técnicas tradicionales.

Uno de los problemas en el área de agentes es el hecho de que cada vez son más necesarios métodos, técnicas y herramientas que faciliten el desarrollo de aplicaciones basadas en dicho paradigma; por ello, en los últimos años han aparecido diferentes aproximaciones que tratan de presentar metodologías apropiadas para el desarrollo de los diversos sistemas multiagentes.

2.1 TRABAJOS EXISTENTES

Las metodologías orientadas a agentes no han surgido como metodologías totalmente nuevas, sino que se han planteado como extensiones tanto a metodologías orientadas a objetos, metodologías orientadas a agentes como a metodologías de ingeniería del conocimiento. Por lo tanto dentro del universo de metodologías propuestas se ha seleccionado un conjunto utilizando tres criterios:

- La utilización de diferentes vistas para la especificación del sistema
- Incorporar la idea del proceso de desarrollo
- Integrar técnicas de ingeniería y teoría de agentes

2.1.1 Metodología CommonKADS

Es una metodología para la construcción de sistemas basados en el conocimiento, resultado de varios proyectos enmarcados dentro del programa ESPIRIT, con ella se han desarrollado muchos sistemas de conocimiento y por eso es actualmente considerada como el estándar para la ingeniería de conocimiento y de los sistemas basados en conocimiento [Transley et al, 1993]

La metodología está formada por unos modelos que permiten describir el conocimiento de la solución de problemas en un dominio particular usando niveles de abstracción que le posibiliten al ingeniero del conocimiento detallar el proceso de solución en una forma independiente del dominio. La idea central de esta metodología es agrupar los datos relevantes en modelos separados como lo presenta la Figura 19.

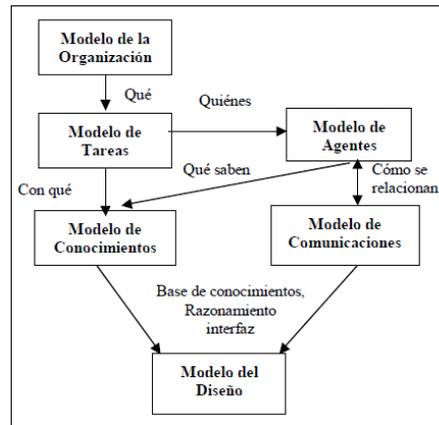


Figura 19. Modelos de CommonKADS

2.1.1.1 Análisis

Modelo de organización

Este modelo refleja el análisis de las características principales de una organización con el objetivo de descubrir problemas que pueden ser solucionados por sistemas de conocimiento, establecer su viabilidad y evaluar el impacto que tendría el entorno donde se implanten.

Modelo de tareas

Para CommonKADS una tarea es una parte de un proceso de negocios que representa una serie de actividades orientadas a alcanzar un objetivo, llevada a cabo por unos agentes que siguen unos criterios de calidad y rendimiento. La tarea recibe entradas y entrega salidas deseables en una forma estructurada y controlada, consume recursos y requiere conocimiento y otras habilidades.

Modelo de agentes

En CommonKADS un agente es quien ejecuta una tarea. Puede ser un individuo, un sistema de información o cualquier otra entidad capaz de llevar a cabo dicha ejecución. La idea de agente que se maneja en CommonKADS es la de actor.

Modelo de conocimientos

Su propósito es explicar en detalle los tipos y estructuras de conocimiento usado en la realización de una tarea. Para su definición se ha desarrollado el lenguaje CML (*Conceptual Modeling Language*), que proporciona todas las estructuras necesarias para especificar los datos y el conocimiento del sistema.

Modelo de comunicación

El propósito de éste modelo es especificar los procedimientos de intercambio de información para realizar la transferencia de conocimiento entre los agentes que participan en la ejecución de una tarea.

El componente clave del modelo es la transacción que describe los actos de comunicación entre los diferentes agentes que participan en una tarea del sistema

2.1.1.2 Diseño

Modelo de diseño

Proporciona la especificación técnica del sistema en cuanto a la arquitectura, la plataforma de implementación, los módulos de software, los métodos y mecanismos computables, necesarios para implementar las funciones ofrecidas en los demás modelos.

Artefactos obtenidos al construir un sistema basado en conocimiento con CommonKADS

Si el proyecto se ha desarrollado siguiendo las pautas planteadas en CommonKADS, entonces estará formado por diferentes tipos de productos que permiten la conformación del proyecto de conocimientos, los cuales serían:

- Documentos detallados de los modelos de CommonKADS, incluyendo formularios diligenciados para el sistema en particular
- Información relacionada con la administración del proyecto y su seguimiento
- Software del sistema de conocimiento

2.1.2 Metodología Gaia

Gaia [Wooldrige, 2000] es una metodología para el análisis y diseño orientado a agentes, soporta aspectos tanto de macro nivel (*sociedades*) como de micro nivel (*agentes*). Gaia fue diseñado para manejar agentes heterogéneos independientes del lenguaje de programación y arquitecturas de agente. Asume estructuras organizacionales estáticas y agentes con habilidades y servicios estáticos.

En Gaia, un sistema se desarrolla desde un punto de vista organizacional, empezando con un modelo organizacional que se refina en pasos subsecuentes del desarrollo. La intención es permitir al analista progresar sistemáticamente, de requisitos no descritos formalmente en la metodología, a un diseño, el cual es suficientemente detallado para ser implementado directamente. Los modelos de Gaia se definen en la Figura 20, los cuales son: el modelo de roles, modelo de interacción, modelo de agentes, modelo de servicio y el modelo de conocidos.

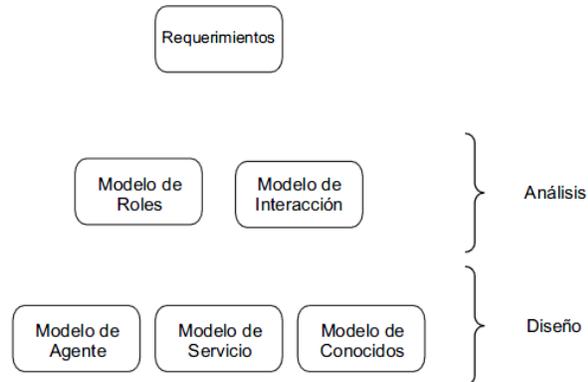


Figura 20. Modelos de Gaia

2.1.2.1 Análisis

El objetivo de esta fase de análisis es desarrollar una visión entendible del sistema y su estructura. En esta fase, Gaia define los modelos de roles e interacción

Modelo de roles

Identifica los roles clave del sistema. Típicamente corresponden a individuos, departamentos, u organizaciones tal como sucede en la vida real, y son caracterizados por cuatro atributos:

- *Responsabilidades*: define la funcionalidad de un agente
- *Permisos*: son definidos en términos de derechos
- *Actividades*: algunas acciones privadas que el rol puede desempeñar
- *Protocolos*: la forma en que un rol puede interactuar con otros

Modelo de interacción

En una organización multiagente inevitablemente hay dependencias y relaciones entre varios roles. Por lo tanto estas relaciones necesitan ser detectadas y representadas en la fase de análisis. En Gaia estas relaciones se representan en el modelo de interacción, este modelo consiste en un conjunto de definiciones de protocolos, una para cada tipo de

interacción. La atención está centrada en la naturaleza y propósito de la interacción, más que en el orden preciso de intercambio de mensajes

Un protocolo contiene los siguientes atributos:

- *Propósito*: breve descripción textual de la naturaleza de la interacción
- *Iniciador*: el rol/roles responsable de iniciar la interacción
- *Receptor*: el rol/roles con el cual el iniciador interactúa
- *Entradas*: información usada por el rol iniciador mientras se ejecuta el protocolo
- *Salidas*: información suministrada para/por el receptor del protocolo durante el curso de la interacción
- *Procesamiento*: breve descripción textual de los procesos que realiza el iniciador durante la interacción.

2.1.2.2 Diseño

Tiene el objetivo de iniciar un nivel de abstracción que sea suficientemente específico para permitir a técnicas tradicionales de diseño ser utilizadas para implementar a los agentes

Modelo de agentes

Identifica el tipo de agentes que constituirán el sistema, y se pueden ver como un conjunto de roles. Las instancias de agentes que serán instancias de estos tipos son documentadas anotando el tipo de agente. Un tipo de agente se entiende mejor como un conjunto de roles de agente

Modelo de servicio

Identifica los servicios asociados con cada rol de agente, y para especificar las propiedades más importantes de estos servicios. Se entiende por servicio como la función del agente. Un servicio es simplemente un conjunto de actividades en el cual cada agente toma parte

Modelo de conocidos

Simplemente define las ligas de comunicación que existe entre los tipos de agente. No definen que mensajes son enviados o cuando son enviados, sólo indican las rutas de comunicación que existen.

2.1.3 Metodología Message

Es una metodología orientada a agentes la cual incorpora técnicas de ingeniería del software cubriendo el análisis y diseño de sistemas multiagentes. La metodología provee un lenguaje, un método y unas guías de cómo aplicar la metodología, centrándose en las fases de análisis y diseño y lanzando ideas sobre el resto de etapas como: implementación, pruebas e implantación [EURESCOM, 2000], [EURESCOM, 2001b].

Message trata de incorporar técnicas ya empleadas en ingeniería del software. Así, la notación usada es UML¹ y el proceso de modelado es propuesto por Rational (*RUP*²)

En la metodología Message, una entidad a ser desarrollada no es de por sí un agente o un objeto, es el desarrollador quien lo determina, y de acuerdo a dicha elección describirá la entidad de una forma u otra.

2.1.3.1 Análisis

Identifica todas las características del sistema que son esenciales. Esto permitirá un mejor entendimiento del sistema y facilitaría el posterior diseño de la solución al problema

A diferencia de las aproximaciones orientadas a objetos, en un proceso de análisis para sistemas multiagentes, las abstracciones son distintas, siendo fundamentalmente el concepto de agente el que hace girar todo el proceso.

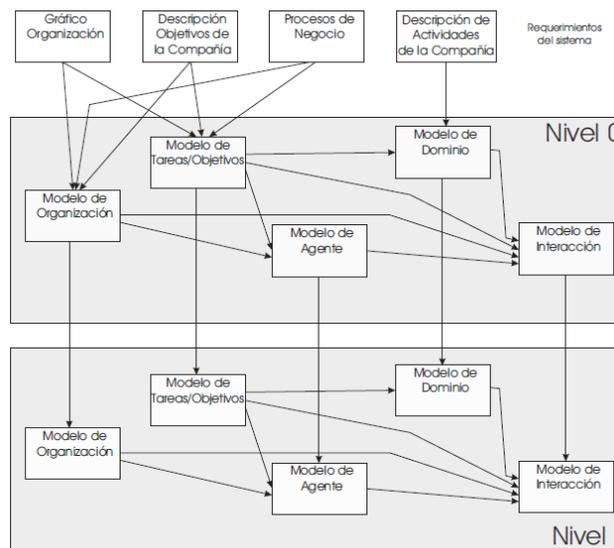


Figura 21. Actividades del proceso de análisis

¹ UML: Unified Modeling Language en inglés, es notación gráfica para representar sucesivos modelos.

² RUP: Rational Unified Process en inglés, son un conjunto de procesos de ingeniería de software que dan guía para conducir las actividades de desarrollo en un proyecto

El proceso de descomposición que se propone en el análisis de message se realiza a diferentes niveles, tal y como puede observarse en la Figura 21. El nivel más alto es el nivel 0, en este nivel el sistema puede representarse como un único agente que interactúa con entidades externas al sistema, las sub – siguientes etapas de descomposición irán creando o refinando los modelos en diferentes niveles

Para message el conjunto de modelos para la etapa de análisis son:

Modelo de organización

Este modelo permite definir la estructura y la conducta de un grupo de agentes que trabajan de forma conjunta para alcanzar ciertos objetivos. Vendría a representar la organización en términos de sub – organizaciones relacionadas, proveyendo una abstracción para intentar entender la estructura completa del sistema multiagente.

Modelo de Tareas/Objetivos

Este modelo trata de responder las preguntas: ¿por qué, quién, cómo? A lo largo del proceso de análisis. El ¿por qué? Se refiere a los objetivos que se definen para el sistema, el ¿quién? Hace referencia a los agentes a los cuales se les responsabiliza de la consecución de los objetivos y el ¿cómo? Es el conjunto de tareas definidas para conseguir los objetivos

Modelo de Agente

El modelo de agente está formado por un conjunto de agentes y roles que son descritos de forma individual. Cada elemento del modelo de agente reúne la información específica de un agente o rol incluyendo sus relaciones con otras entidades.

Modelo de dominio

El modelo de dominio permite definir los conceptos específicos del dominio con el que los agentes deben trabajar. La forma que se expresa esto es mediante un modelo donde se muestran las clases necesarias del dominio, los atributos de cada clase y las relaciones entre dichas clases. En otros trabajos se presenta algo similar mediante un diagrama de ontologías.

Modelo de Interacciones

Este modelo captura la forma en que los agentes (*o roles*) intercambian información con otros y también con el entorno. El modelo de interacción está constituido por un conjunto de interacciones de alto nivel, un conjunto de protocolos de interacción más detallado y un conjunto de descripciones de mensajes.

2.1.3.2 Diseño

En el diseño se plantean dos posibles aproximaciones:

1. Una primera aproximación donde el diseño es dirigido por la organización del sistema multiagente y la arquitectura como lo presentado en la Figura 22. Podría verse como una aproximación de alto nivel, donde un agente es un sub – sistema formado por componentes.

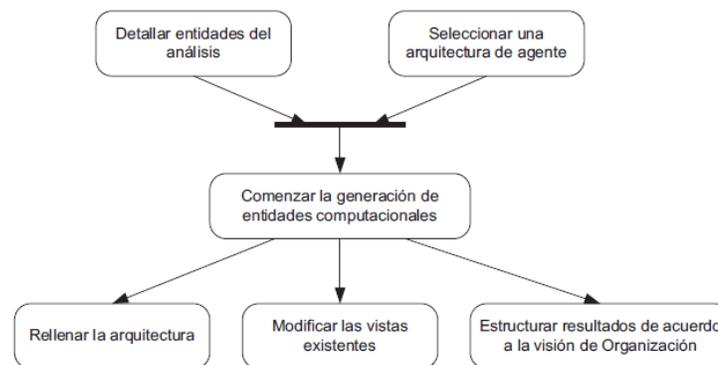


Figura 22. Pasos en la etapa de diseño

2. La segunda aproximación está orientada por una plataforma de agente concreta. Podría verse como un proceso de diseño de bajo nivel, ya que es específico de una plataforma de agente, message emplea una plataforma FIPA y una implementación en JADE³

2.1.4 SODA (*Societies in Open Distributed Agent space*)

Es una metodología orientada a agentes para el análisis y diseño de sistemas basados en agentes, la cual adopta agentes y artefactos (*A & A*) meta – modelos, e introduce un principio de superposición como una efectiva herramienta para escalar en la complejidad del sistema, aplicado a través del análisis y diseño del proceso. Desde su primera versión, SODA no está interesado en asuntos intra – agentes: diseñar un sistema multiagente con SODA conduce a la definición de los agentes en cuanto a su comportamiento observable exigido y su rol en el sistema multiagente [Ominici, 2001].

³ JADE: es una plataforma software para el desarrollo de agentes, implementada en Java. La plataforma JADE soporta la coordinación de múltiples agentes FIPA y proporciona una implementación estándar del lenguaje de comunicación FIPA – ACL

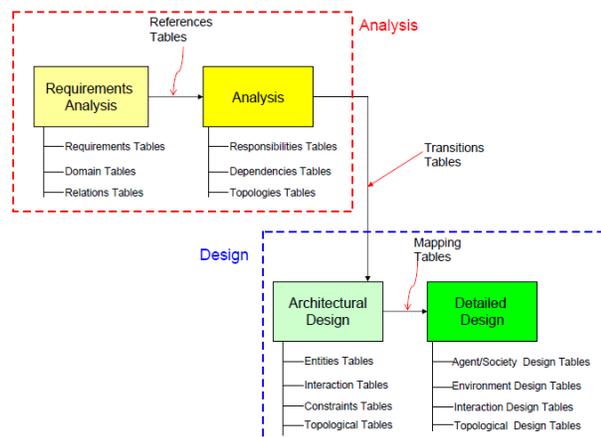


Figura 23. Una visión general del proceso SODA

2.1.4.1 Análisis

Análisis de requisitos

El objetivo del análisis de requisitos es la caracterización de las necesidades tanto de los clientes y los sistemas heredados con los que el sistema debe interactuar, así como acentuar las relaciones entre los requisitos y el sistema heredado.

Tres roles son involucrados en el análisis de requisitos: el analista de requisitos, el analista del entorno y el analista del dominio. Y los artefactos que producen son tablas de requisitos, de dominio y de relaciones.

Análisis

El proceso de análisis presenta una flujo de actividades que involucran roles y productos; uno de los roles es el analista del sistema que se encarga de detallar las actividades involucradas, los productos generados son tablas de responsabilidades, dependencias y topologías

2.1.4.2 Diseño

En esta fase consta de dos etapas: el diseño de la arquitectura en la cual se generan productos como: tablas de entidades, de interacción, de restricciones y topológicas; la segunda etapa es el diseño detallado en la cual se generan productos como: tablas de diseño de sociedad de agentes, entorno, interacción y topológicas.

2.1.5 Metodología Anémoma

Anémoma es un proceso mixto, ascendente y descendente. Está guiado por la noción de Agente Abstracto para la identificación y modelado de holones. Proporciona guías de

modelado y especificación para el dominio HMS (*Sistemas Holónicos de Manufactura*) [Giret, 2005]

La primera etapa: análisis de requisitos del sistema y la segunda etapa identificación y especificación de los holones define la fase de análisis del sistema, esta etapa sigue un enfoque descendente (*top – down*) recursivo, la ventaja es que los modelos de análisis, proveen un conjunto de componentes y reglas en las cuales se define la etapa de diseño. La segunda fase es el diseño que consiste en un proceso ascendente (*bottom – up*) para producir la arquitectura del sistema a partir de los modelos de análisis.

2.1.5.1 Análisis

Este es un proceso descendente, incremental y recursivo, cuyo objetivo es identificar los holones que componen el sistema y proveer una especificación inicial de holones

Este es un proceso iterativo y el objetivo en cada iteración es construir un conjunto de modelos en los que se identifican y especifican los holones que implementan una holarquía.

La definición de una iteración es como sigue:

1. Determinar casos de uso
2. Especificar la realización de los casos de uso
3. Identificar holones
4. Especificar la relación con el entorno
5. Finalmente, por cada holón identificado en la iteración , se debe analizar la conveniencia o no de descomponerlo u una nueva holarquía en función de los requisitos del sistema

En la Figura 24 se puede ver los distintos modelos que componen el producto de la fase de análisis.

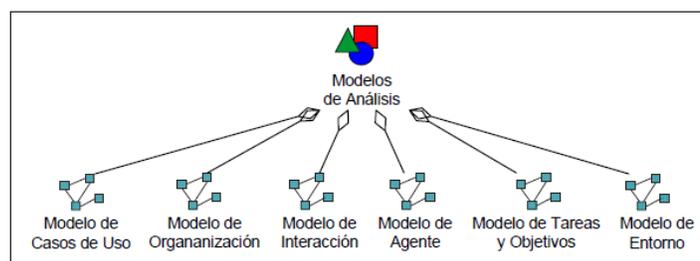


Figura 24. Modelos de análisis

2.1.5.2 Diseño

En la fase de diseño de debe construir la arquitectura del sistema teniendo en cuenta los detalles de la plataforma destino de la implementación. La fase diseño consiste, básicamente en traducir los modelos de análisis a un conjunto de modelos de diseño que definen los detalles o requisitos de implementación.

La fase de diseño se divide en dos etapas

1. *Refinar la especificación de holones*: esta tarea tiene como objetivo completar los modelos de análisis para asegurar que todos los requisitos del sistema estén completamente modelados. El producto de esta tarea es el modelo de diseño presentado en la Figura 28

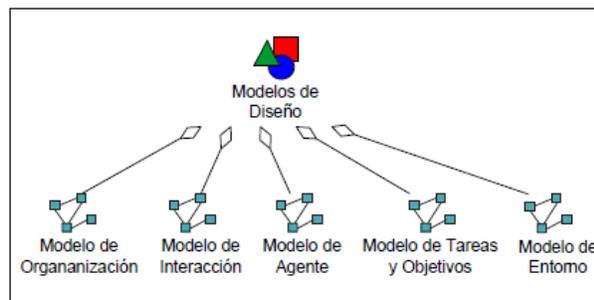


Figura 25. Modelo de diseño

2. *Construir la arquitectura del sistema*: esta tarea compleja tiene como objetivo construir la arquitectura del sistema, primero utilizando la plataforma JADE para el control de alto nivel (*procesamiento de la información intra – holón y cooperación inter – holón*), y para el de bajo nivel (operaciones físicas) el estándar IEC 61499⁴

2.1.6 Gormas (*Guidelines for Organization – based Multiagent System*)

Es una guía metodológica o secuencia – guía para el diseño de sistemas multiagentes abiertos desde la perspectiva de las organizaciones humanas. Para ello adoptaron una guía específica de diseño de organizaciones humanas, transformando de forma apropiada cada una de sus fases al área de sistemas multiagentes. La secuencia – guía puede utilizarse de forma independiente para el análisis y diseño del sistema o bien puede ser integrada en mucho de los métodos de desarrollo de sistemas multiagentes, para así proporcionarle la perspectiva de las organizaciones y la orientación de sistema abierto [Argente, 2008].

⁴ El estándar IEC 61499: implementa la comunicación con restricciones temporales entre controladores utilizando comunicación basada en prioridades tal como se hace en redes CAN (Controller Area Network) estándar ISO 11898

El proceso de desarrollo de software comprende las fases de análisis, diseño, implementación, implantación y mantenimiento del sistema multiagente. Tomando en cuenta la perspectiva de la organización, la fase de diseño se divide en dos: diseño de la estructura organizativa y diseño de la dinámica de la organización.

En la Figura 26. Se muestra el resultado de integrar las diferentes fases de la secuencia – guía.

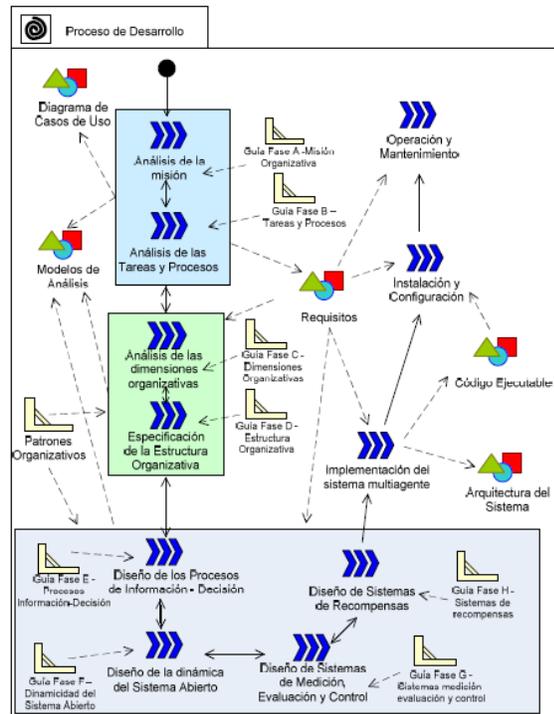


Figura 26. Integración de las fases de la secuencia - guía en el proceso de desarrollo de un sistema multiagente

2.1.6.1 Análisis

En concreto, durante la fase de análisis de requisitos del sistema se procede a la definición de la misión y al análisis de las tareas y procesos haciendo uso de las fases A y B de la guía

Fase A. Misión

Se realiza un análisis de la motivación que se persigue al definir la organización o sistema

Fase B. Tareas y procesos

Se analiza con mayor detalle los servicios a ofrecer en el sistema, sus requisitos y los procesos que conllevan

2.1.6.2 Diseño

En la fase de diseño de la estructura organizativa se lleva a cabo la especificación de las dimensiones y estructura de la organización empleando las fases C y D de la guía

Fase C. Dimensiones organizativas

Se analizan las dimensiones de la organización que imponen requisitos sobre los tipos de trabajo, así como la diversidad y la interdependencia de las tareas a realizar

Fase D. Estructura organizativa

Se determina y selecciona la estructura más adecuada para la organización, en función de sus dimensiones

Por último, durante la fase de diseño de la dinámica de la organización se realiza el diseño de los procesos información – decisión, el diseño de las políticas de dinamicidad del sistema abierto, el diseño de sistemas de medición, evaluación, control y el sistema de diseño de recompensas, utilizando para ello las fases E, F, G y H de la guía

Fase E. Procesos de información – decisión

Para cada servicio identificado se detallan las interacciones necesarias para llevar a cabo el servicio

Fase F. Dinamicidad del sistema abierto

Se establece la funcionalidad ofrecida como un sistema abierto y se diseñan los agentes propios del sistema

Fase G. Sistemas de medición, evaluación y control

Se cuantifican o evalúan las tareas y actividades; y se establecen los mecanismos para determinar si los objetivos del sistema se cumplen.

Fase H. Sistemas de recompensas

Se determina el sistema de incentivos, para recompensar a los miembros que avancen en dirección de los intereses de la organización.

2.2 ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS

El análisis de las metodologías anteriormente presentadas se concentrará principalmente a las fases de análisis y diseño en los sistemas multiagente, puesto que son estas las fases más desarrolladas en el universo de las metodologías para el desarrollo de sistemas multiagentes.

Según Jennings [Jennings, 2001], en la adopción de una orientación dirigida a agentes en un método de desarrollo se deben tener en cuenta tres elementos clave: agentes, interacciones y organizaciones. Con respecto a esta idea se puede observar que las seis metodologías estudiadas tratan de dar cabida a estas abstracciones en sus propuestas.

Por lo tanto el estudio que se realizará de las metodologías se hará: a nivel conceptual, a nivel general del método y a nivel de las fases de desarrollo consideradas, principalmente las de análisis y diseño.

2.2.1 Nivel conceptual

Se puede observar que las metodologías estudiadas comparten la mayoría de los conceptos como: tareas, objetivos, roles, interacciones, organización, modelos, arquitectura y por supuesto que los agentes, aunque las diferentes metodologías conservan una definición aproximada para estos conceptos es importante ver las diferentes ideas de una metodología a otra. Los conceptos más controversiales serían los de roles, interacción y organizaciones.

Para Gaia el rol es asociado a: un conjunto de permisos, derechos asociados al rol, identifican los recursos que están disponibles al rol para realizar sus responsabilidades, también es asociado a un conjunto de protocolos, los cuales definen la manera de interactuar del rol con otros roles y por último es asociado a las responsabilidades que determinan la funcionalidad. En message el rol es empleado para describir una característica que un agente toma para realizar una tareas determinada. Para CommonKads el rol está diseminado en varios de los modelos propuestos como el modelo de organización, de tareas y agentes.

Otro término utilizado en las diferentes metodologías es el de interacción, donde específicamente se le da una atención especial, tanto que se crea un modelo propio para este concepto, que en definitiva intenta modelar el comportamiento social de los agentes, en CommonKads es llamado modelo de comunicaciones, para Soda se crea una tabla de relaciones, en anémona es un producto de la fase de análisis y Gormas al ser una metodología orientada a las organizaciones por lo tanto las interacciones se presentan de forma natural.

Por último el concepto que analizaremos será el de las organizaciones en las diferentes metodologías, en un principio emergía de las interacciones de los agentes como lo presenta Gaia por medio de los diferentes protocolos que surgían de la identificación de los roles del sistema, aunque se han definido modelos para la abstracción de las organizaciones como lo hace CommonKads y Message se debe decir que estas organizaciones son sistemas cerrados que no permiten la incorporación de componentes durante la ejecución del sistema que no fueron conocidos; como respuesta a esto, la metodología Gormas soluciona el problema de las organizaciones dándole la característica de sistema abierto en las organizaciones pero no hace una clara definición del sistema interno en los agentes.

2.2.2 Nivel general de método

Hay varios aspectos que pueden ser analizados como podrían ser: las etapas que comprendería el sistema, las guías de desarrollo para las fases no consideradas, el uso de UML y las limitaciones de la metodología etc.

Con respecto a Gaia se observa que aborda aspectos de muy alto nivel, o genera un sistema muy superficial, por lo que no especifica ninguna arquitectura de agente, por lo tanto, si el sistema se quisiera implementar necesitaría de ayuda de otras metodologías para entrar en mayor detalle en las fases de análisis y diseño.

CommonKads es una metodología que es la más utilizada para el desarrollo de SBC⁵, gira en torno al modelo de experiencia y está pensada para desarrollar sistemas expertos que interactúan con el usuario. De hecho considera sólo dos agentes básicos: el usuario y el sistema. Esto influye en el modelo de comunicación que, consecuentemente, trata de interacciones hombre – máquina.

Existe por cada modelo una descripción de las dependencias respecto de otros modelos y de las actividades involucradas. Estos modelos están descritos ampliamente empleando lenguaje natural y complementándose con otras notaciones.

Para Message, inicialmente se define el sistema a desarrollar respecto a sus actores principales y su entorno, construyendo la vista de la organización y la vista de tareas y objetivos. A partir de ellos se genera la vista de agente y la vista de dominio. Por último se genera la vista de interacción.

⁵ SBC: Sistema basados en conocimiento, maneja el conocimiento de un dominio, es decir, maneja los hechos, las heurísticas y las relaciones que posibilitan el encontrar buenas soluciones a un problema específico.

En Message, la organización representa un conjunto de agentes que trabajan juntos por un objetivo en común en la que su estructura se refleja a través de relaciones de tipo supervisor – subordinado.

La metodología SODA, permite el diseño de sociedades abiertas basándose en medios de coordinación adecuados y reglas sociales. Define a los agentes en términos de sus comportamientos observables requeridos y de sus roles en el sistema.

Presenta dos fases, en la fase de análisis tiene dos etapas: el análisis de requisitos y análisis donde los productos generados son una serie de tablas; y para el diseño consta de la arquitectura del diseño y el diseño detallado

Anémona, es una metodología de sistema multiagente que se centra principalmente en el diseño de sistemas holónicos de fabricación, para ello utiliza el concepto de agentes abstracto, el cual agrega una perspectiva estructural al concepto de agente, ya que un agente abstracto puede ser un agente; o puede ser un sistema multiagente que a su vez está compuesto de agentes abstractos; con esta noción facilita la representación de organizaciones en el sistema multiagente, a las que se le asocian objetivos globales, funcionalidad específica y su relación con el entorno

Finalizando con la metodología Gormas, presenta un conjunto de guías para el análisis de requisitos del sistema, el diseño de la estructura y el diseño de la dinámica de la organización de un sistema multiagente. Con estas guías se pretende concretar cuáles son los servicios que ofrece la organización, cuál es su estructura interna y que normas rigen su comportamiento facilitando así el análisis de sistemas abiertos.

2.2.3 Fases de desarrollo consideradas

Como se ha comentado anteriormente las fases de análisis y diseño son las fases más desarrolladas en la totalidad de las metodologías estudiadas. En dichas fases se desarrollan todos los procesos propuestos de construcción de sistemas multiagentes

Análisis

En la fase de análisis son varios los modelos que proponen las diferentes propuestas entre ellos están: el modelo de agentes, modelos de organización, modelos de tareas, modelos de interacción; con respecto a la cantidad de modelos que se quieran realizar en esta fase depende del nivel de abstracción o detalle que se quiera hacer sobre un dominio en particular, tomemos como ejemplo la metodología Gaia que tiene un nivel de abstracción alto, donde en esta fase sólo considera los modelos de roles o interacción a comparación de las metodologías Message, Gormas y CommonKads que cuenta con muchos más ya que tienen un nivel de detalle más refinado.

El uso de UML para detallar tanto los aspectos dinámicos como estáticos es muy frecuente en las metodologías actuales. Adicionalmente, también se suelen emplear esquemas a modo de tablas para especificar los atributos o características de todas o algunas entidades como los agentes, interacciones, tareas, etc.

Diseño

En la fase de diseño se trata de modelar el sistema, de tal manera que soporte todos los requisitos y que son el resultado de la fase previa de análisis. Para el caso de los sistemas multiagentes se centra en el modelado de la arquitectura del sistema mediante el refinamiento de los modelos de análisis, el modelado de los componentes internos de los agentes y sus interacciones.

2.2.4 Caracterización de las metodologías

A continuación se presentan la Tabla 2 y Tabla 3 que presenta las características de las metodologías anteriormente estudiadas. La Tabla 2 se especifica qué y cuántos modelos contienen las fases de análisis y diseño respectivamente, para la Tabla 3 enseña las diferentes características de las fases estudiadas con el propósito de elegir una para el desarrollo de nuestro modelo con sistemas multiagentes.

No se trata de establecer si una metodología es mejor que otra, tan sólo se quiere mostrar las diferentes aproximaciones desarrolladas desde diferentes puntos de vista de los desarrolladores ya que hasta ahora no hay una estandarización en los métodos a utilizar, la simbología para la representación, los modelos necesarios para cada fase (análisis y diseño), el nivel de detalle que se debe especificar, etc.

Tabla 2. Vistas de las fases de análisis y diseño para las metodologías estudiadas

	VISTAS EN LA FASE DE ANÁLISIS	VISTAS EN LA FASE DE DISEÑO
GAIA	Modelo de roles Modelo de interacción	Modelo de agente Modelo de servicio Modelo de conocimiento
COMMONKADS	Modelo de organización Modelo de tareas Modelo de agentes Modelo de conocimiento Modelo de comunicación	Modelo de diseño
MESSAGE	Modelo de organización Modelo de tareas/objetivos Modelo de agentes Modelo de dominio Modelo de interacciones	Detallar entidades de análisis Seleccionar una arquitectura de agente
SODA	Análisis de requisitos Análisis	Diseño de arquitectura Diseño detallado
ANÉMONA	Modelos de casos de uso Modelo de organización Modelo de interacción Modelo de agente Modelo de tareas y objetivos Modelo de entorno	Refinar modelos de: Modelo de organización Modelo de interacción Modelo de agente Modelo de tareas y objetivos Modelo de entorno
GORMAS	Fase A. Misión Fase B. Tareas y procesos	Fase C. Dimensiones organizativas Fase D. Estructura organizativa Fase E. Procesos de información – decisión Fase F. Dinamicidad del sistema abierto Fase G. Sistemas de medición, evaluación y control Fase H. Sistema de recompensas

Tabla 3. Caracterización general de las metodologías estudiadas

	GAIA	COMMONKADS	MESSAGE	SODA	ANÉMONA	GORMAS
Fases consideradas	Análisis y diseño	Análisis y diseño	Análisis y diseño	Análisis y diseño	Análisis y diseño	Análisis y diseño
Orientación	Agentes	Ingenierías del conocimiento	Iterative View Engineering	Organizaciones	Iterative View Engineering	Organizaciones
Empleo de UML	Si	Si	Si	No	Si	No
Lenguaje para las interacciones	Independiente	KQML	FIPA	No específica	FIPA	FIPA
Tiempo real	No	No	No	No	No	Si
Tipo del sistema	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Abierto	Abierto	Cerrado y Abierto
Dinamicidad del sistema	No	No	No	No	No	Si
Artefactos	Tablas, diagramas UML	Tablas, diagramas UML	Tablas, Diagramas UML	Tablas	Tablas, diagramas UML, otras	Tablas, diagramas con simbología propia
Desarrollo en base a Metodologías antecesoras	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ingenias	Ingenias, Anémoma, CommonKads
Ejemplos de la metodología	Si, pero poco detallados	Si, pero poco detallados	Si, pero poco detallados	No	Si, muy detallado	Si, muy detallados

Teniendo en cuenta la tabla de caracterización hemos escogido la metodología GORMAS para el desarrollo y diseño de nuestro sistema multiagente porque:

- Tiene la característica que puede modelar tanto sistemas abiertos como cerrados, con el sistema abierto, queremos decir que un agente o un sistema multiagente externo puede interactuar con nuestro sistema para consumir los recursos que éste ofrezca. Por ejemplo, puede hacerlo tomando las funciones de cliente o usuario dentro del sistema. Para el sistema cerrado, significa que todos los agentes que interactúan son conocidos y han sido diseñados para un sistema en específico con unas características específicas. Por lo tanto, GORMAS integra las dos características dependiendo de las necesidades del diseñador del sistema multiagente
- Ha especificado como lenguaje de interacción entre agentes los protocolos de la FIPA, esto le aporta un grado de estandarización, ya que a través de los años la FIPA se ha venido imponiendo como un estándar en el lenguaje para las interacciones entre agentes, ya que lo han adoptado muchas de las nuevas metodologías y herramientas para el desarrollo de sistemas multiagentes, dejando a un lado las metodologías que creaban lenguajes propios como GAIA o aquellas que adoptaron el lenguaje KQML como CommonKads
- Ofrece unas guías específicas que establecen el paso a paso para el diseño de la organización, además de ejemplos bien detallados que facilitan la comprensión de las diferentes fases y conceptos que posee la metodología.

La ventaja de la metodología GORMAS para representar como un sistema multiagente el modelo de actividad de operaciones de producción es:

- Es orientada a las organizaciones, por lo tanto su enfoque principal se centra en agrupar agentes con habilidades, conocimientos y funcionalidades similares, teniendo en cuenta sus objetivos, aportándole una estructura y normas sociales. La diferencia de GORMAS con las demás metodologías con esta misma orientación como lo es SODA, es que GORMAS no sólo se enfoca en hacer un buen detalle en la etapa de análisis, sino que también lo hace para la etapa de diseño.
- El modelo de actividades de operaciones de producción presenta una gran interdependencia entre sus actividades del nivel tres, con esto queremos decir que algunas actividades necesitan entradas no sólo de los niveles 1, 2 y 4, sino que de otras actividades del mismo nivel tres; con GORMAS esta interdependencia es solucionada con el concepto de *servicio*, donde las salidas de cada actividad podrán ser llamadas *servicios del sistema*, dichos servicios podrán ser consumidos por agentes externos al sistema o agentes del mismo sistema que podrán representar a dichas actividades.

CAPÍTULO 3

SISTEMA MULTIAGENTE PARA LA OPERACIÓN DE PRODUCCIÓN

Pretendemos en este capítulo aplicar una guía metodológica en la cual se incorpore exitosamente un sistema multiagente en la parte 3 de la norma ISA 95 para la operación de producción. Para ello nos basaremos en la metodología GORMAS (Guidelines for Organization-based MultiAgent Systems), la cual es una guía metodológica para el diseño de sistemas multiagentes abiertos o cerrados adaptada desde la perspectiva de las organizaciones humanas en la cual se incorporan agentes a medida que crece una organización o se extiende el número de participantes o actores en ella.

3.1 SISTEMA MULTIAGENTE PARA LA OPERACIÓN PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN

Primero se debe destacar que la base teórica para la operación programación de la producción se toma de la Norma ISA 95 en la parte tres, específicamente del Modelo de actividad de operaciones de producción, donde se han explicado cada una de sus actividades en el Anexo A.

Como lo presenta la Figura 18, el modelo de administración de operaciones de producción también está regido por una jerarquía que lo divide en cuatro niveles; los cuatro elementos de información del nivel superior corresponden a las funciones del Nivel 4 o nivel de negocios, los óvalos con contorno sólido corresponden a las funciones del nivel 3 y lo óvalos punteados corresponden a las funciones del nivel 1 y 2.

El sistema que se desarrollará en esta monografía considera todas las actividades del nivel 3 debido a su gran interdependencia, pero en esta monografía sólo se describirán a fondo tres de ellas.

Para seleccionar las actividades que en su interacción representen la operación programación de la producción se estudió la función que cumple cada una de las actividades como lo presenta la Tabla 4

Tabla 4. Actividades y las funciones que desempeñan en el Nivel 3 del modelo de actividad de operaciones de manufactura de la Norma ISA 95

Actividad	Función
Programación detallada de la producción	Se elabora un plan de producción detallado a mediano y corto para asignar los recursos disponibles a las tareas que los necesiten
Despacho de producción	Elabora la lista de despacho que contiene la órdenes de producción que deben enviarse hacia los centros de trabajo
Administración de definición de producto	Informa la ruta y las reglas de producción que se deben seguir para la elaboración de un producto específico
Administración de ejecución de producción	Dirige el rendimiento del trabajo como se especificó por los contenidos de los elementos de la lista de despacho
Recolección de datos de producción	reúne, recopila y maneja los datos de producción para los procesos de trabajo específico o solicitudes de producción específica
Análisis de desempeño de producción	analizan e informan la producción a los sistemas de negocios
Seguimiento de la producción	verifica e informa a la actividad programación detallada de la producción, el trabajo que se está realizando, y el que ya ha sido ejecutado
Administración de recursos de producción	es la encargada de administrar la información sobre los recursos (máquinas, personal y material) en la operación de producción

De acuerdo a la Tabla 4 se puede observar que la actividad programación detallada de la producción es la directa encargada de elaborar un plan de producción, donde se asignarán los recursos disponibles a las tareas que los necesiten o sea es la encargada de elaborar el programa de producción a mediano o corto plazo

Teniendo en cuenta lo anterior, ahora se observa la interfaz de la actividad programación detallada de la producción (Figura 27) suministrada por la administración de operaciones de producción de la Norma ISA 95 (Anexo A.3) para así conocer con que otras actividades interactúa y de esta forma identificar el resto de actividades que se detallarán



Figura 27, Interface para la actividad programación detallada de la producción

Como se observa en la Figura 27 la actividad programación detallada de la producción interactúa con las actividades administración de operaciones de producción y seguimiento de la producción.

Teniendo en cuenta la tabla 4 y la Figura 27, se escogieron las siguientes actividades que mejor representen la operación programación de la producción:

- Administración de recursos de producción
- Programación detallada de producción
- Seguimiento de la producción

A continuación se señala en la Figura 28 las actividades escogidas para representarlas como un sistema multiagente.

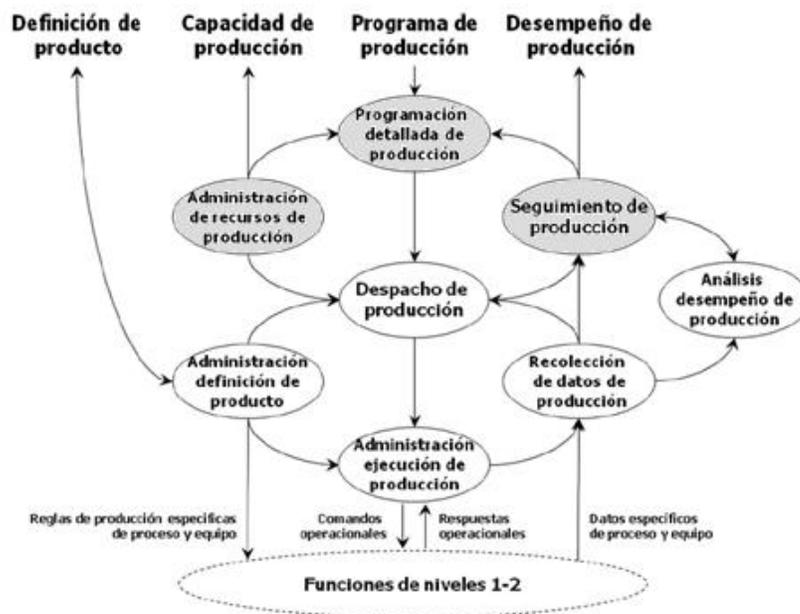


Figura 28. Actividades escogidas para el sistema multiagente

Aunque no se debe desconocer, para que las actividades seleccionadas cumplan sus funciones o tareas, necesitan información, ya sea de otras actividades del modelo de actividades de operaciones de producción, de las funciones de producción de los Niveles 1 – 2 y del Nivel 4 o de negocios como los presenta la Figura 29

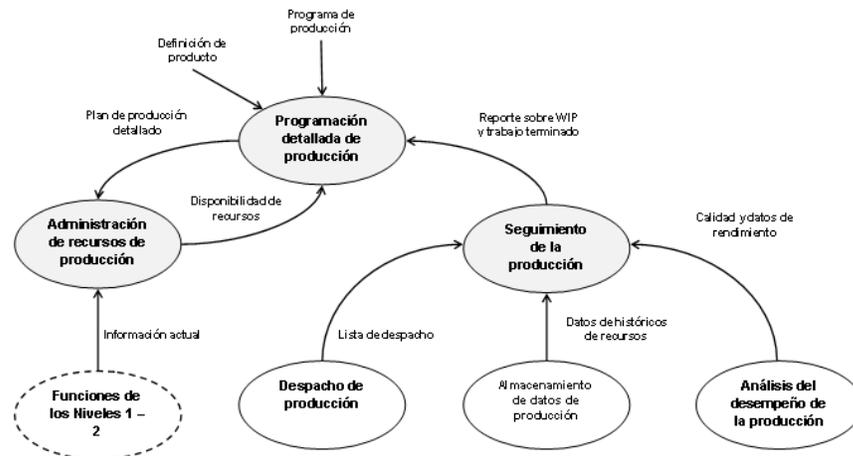


Figura 29. Interface para las actividades a modelar como un sistema multiagente

3.2 ANÁLISIS DE REQUISITOS DEL SISTEMA

El esquema teórico que se quiere representar, es el del modelo de actividad de operaciones de producción, que contiene ocho actividades como se puede observar en la Figura 18, aunque para nuestro sistema se tendrán en cuenta las ocho actividades, tan sólo se detallarán tres de ellas las cuales son: administración de recursos de producción, seguimiento de la producción y programación de la producción detallada

A continuación en la Tabla 5 se describirá la relación entre la actividad del modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA y la información que entrega cada una

Tabla 5. Relación de la actividad con la información que entrega

Actividad del modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95	Información que entrega la actividad
Programación de la producción detallada	Plan de producción detallado
Administración de recursos de producción	Disponibilidad de recursos
Seguimiento de la producción	Reportes de WIP y trabajo en proceso
Despacho de producción	Lista de despacho
Administración de la ejecución de la producción	Comandos operacionales e información de producción y eventos
Almacenamiento de datos de producción	Estado de la producción y datos de históricos de recursos
Análisis del desempeño de la producción	Datos de rendimiento

El objetivo principal de nuestro sistema consiste en reducir los tiempos de procesamiento y análisis de la información para las diferentes actividades de operaciones de producción,

por lo tanto mejorar la eficiencia para la configuración de un programa de producción, ya sea en condiciones óptimas o debido a eventos inesperados que precisen una reprogramación; y de igual modo, ayuda en una manera efectiva en acumular y mantener los datos de producción necesarios para el análisis en las áreas de ingeniería

Para el análisis de los requisitos del modelo a desarrollar se tiene en cuenta la Fase A. Misión y la Fase B. Tareas y proceso de la secuencia – guía propuesta por Gormas

3.2.1 Fase A. Misión

En la primera fase de la secuencia – guía de Gormas se establece el porqué de la organización o sistema que se pretende desarrollar, los resultados que, en conjunto, se esperan conseguir, y el entorno en el que existe, detallando los productos y/o servicios a ofrecer, los grupos de interés y su localización.

Para la definición de la misión se emplean los siguientes artefactos:

- Documento A.1 misión organizativa
- Documento A.2 grupos de interés
- Documento A.3 condiciones del entorno
- Diagrama modelo de organización (vista funcional). Misión

Tabla 6. Documento A.1 misión organizativa

A.1 Misión Organizativa
Nombre: Sistema para la operación de producción
Dominio: Modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95 parte 3
Resultados:
<i>Producto:</i> Plan de producción detallado. <i>Finalidad:</i> Crear un documento que contenga un cronograma de producción a mediano o corto plazo, donde se especifica las asignación de recursos a las tareas aún no programadas. <i>A quién:</i> Usuario del sistema. <i>Donde:</i> Conectado con el sistema.
<i>Producto:</i> Datos de producción. <i>Finalidad:</i> Conseguir información específica sobre los procesos de producción actuales y pasados para mejorar la producción de productos. <i>A quién:</i> Usuarios del sistema. <i>Donde:</i> Conectado con el sistema
<i>Servicio:</i> Servicios de operación de producción. <i>Finalidad:</i> Ofrecer información específica de las diferentes actividades contenidas en el modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95. <i>A quién:</i> Usuario del sistema. <i>Donde:</i> Conectado al sistema.
Grupos de interés:
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cliente:</i> Solicita la información del sistema constantemente. Consume los productos y servicios del sistema

- *Programador nivel 4:* Proporciona información sobre el plan de producción a largo plazo
- *Definición de producto Nivel 4:* Proporciona la ruta de tareas definidas desde el nivel de negocio para cada segmento de proceso que componen el proceso de fabricación ofrecidos por una empresa.
- *Funciones Niveles 1 – 2:* Proporciona información sobre respuestas operaciones que hace referencia a la información recibida de los equipo de producción del Nivel 2, que corresponden a la finalización o estados de las órdenes de trabajo. También proporciona información sobre equipo y datos específicos de proceso que hace referencia a la información de los equipo de producción de Nivel 2 referente a los procesos que se están realizando y el equipo que está realizando la funciones de producción.

Tipo de entorno: Virtual y distribuido

Justificación:

Sistema que proporciona un plan de producción detallado o diferentes datos sobre los procesos producción

- *Sistemas similares:* Sistemas holónicos
- *Ventajas:* Los servicios del sistema pueden ser consumidos por diferentes tipos de usuarios o por unidades internas del sistema
- *Desventajas:* Tan sólo se detallarán tres actividades modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95 por lo que el sistema se considera incompleto.
- *Singularidades:* Aportarle la inteligencia que ofrece la tecnología de multiagentes a la programación de la producción.

Teniendo en cuenta el documento A.1, se elabora el diagrama del modelo de organización (vista funcional) presentado en la Figura 30.

El sistema a diseñar se contempla como un punto de encuentro en el que las funciones de los niveles 1, 2 y 4 proveen información específica para que las actividades del nivel 3 puedan ofrecer sus servicios a usuarios que necesiten consumirlos. Todo esto con la misión de reducir los tiempos de procesamiento y análisis de la información y así efectuar la funciones de la operación de producción de una manera más eficiente.

En esta instancia del análisis no se especifica quién se encarga de realizar los servicios del sistema, sólo se define cuáles son los servicios y a quienes afecta (grupos de interés) desde el punto de vista del consumo.

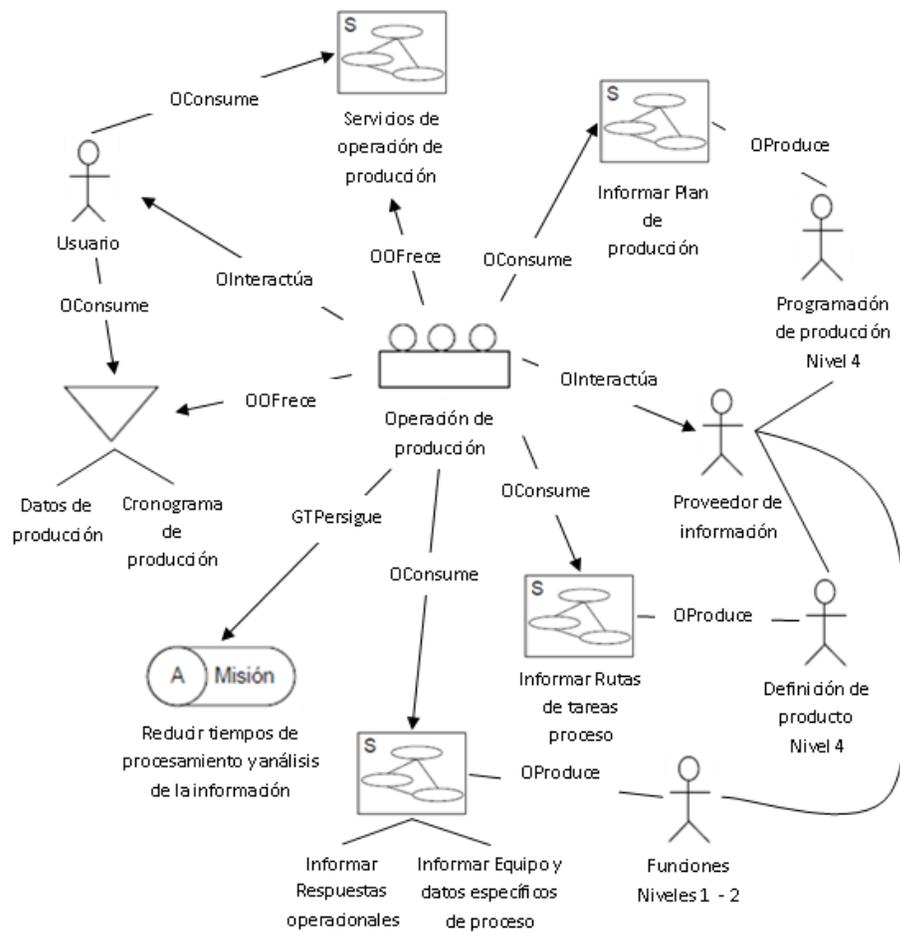


Figura 30. Diagrama del modelo de organización (vista funcional). Misión para la programación de la producción

Se observa en la Figura 30 y la Tabla 6 que nuestro sistema ofrece un servicio que se llama *servicios de operación de producción*; este servicio representa la agrupación de ocho servicios, que representan la información procesada en cada una de las actividades del modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95 como los presenta la Figura 31.

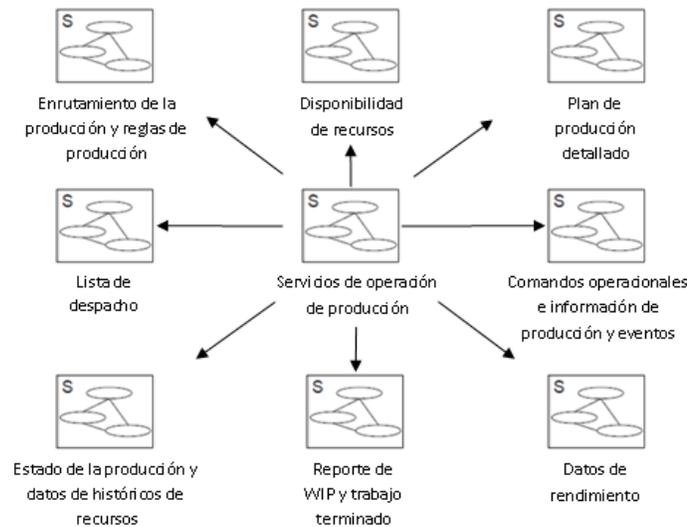


Figura 31. Expansión del servicio operación de producción

Respecto a los stakeholders o grupos de interés en el documento A2 (tabla 7), se ha identificado al usuario o cliente, que se conecta al sistema para consumir los servicios, la programación de producción nivel 4: suministra información del cronograma de la producción a largo plazo, la definición de producto nivel 4: informa la ruta de tareas que se debe seguir para la elaboración de un producto y las funciones de los niveles 1 – 2: administra la información acerca de la finalización o estado de las órdenes de trabajo, así como los proceso que están siendo realizados y el equipo que está realizando las funciones de producción

Como se observa en la tabla, los grupos de interés de la misión se han redefinido en estos cuatro stakeholders, desglosando al proveedor de información en: funciones de los niveles 1 – 2, programador nivel 4 y definición de producto nivel 4

Tabla 7. Documento A.2 grupos de interés

A.2 Grupos de Interés				
	Usuario	Proveedor de Información		
Nombre	Usuario o cliente	Funciones de los Niveles 1 – 2	Programación de producción Nivel 4	Definición de producto Nivel 4
Beneficiario	Primario	Primario	Primario	Primario
Tipo	Cliente	Proveedor	Proveedor	Proveedor
Objetivos	Obtener información sobre todos los resultados del sistema	Suministra información acerca de la órdenes de trabajo y los procesos que se estén realizando	Suministrar información del cronograma de la producción a largo plazo	Suministrar información sobre la ruta de tareas para la producción

Requiere	Consulta información constantemente	-----	-----	-----
Proporciona	-----	Estados de los elementos de los órdenes de trabajo y los procesos que se estén realizando actualmente	Plan de producción a largo plazo	Ruta de tareas
Frecuencia	Frecuente	Frecuente	Frecuente	Frecuente
Beneficios	Resolver su consulta sobre el cronograma de producción a ejecutar	Información eficiente, periódica y actual	Información eficiente, periódica y actual	Información eficiente, periódica y actual
Poder de decisión	No	Si, determinan los procesos de producción a ejecutar	Si, determinan los procesos de producción a ejecutar	Si, determinan los procesos de producción a ejecutar
Influencia sobre sus intereses	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Aportación	Control sobre las operaciones	Descripción del desarrollo del proceso	Descripción de los requerimientos de producción a largo plazo	Descripción del orden de las tareas

Por su parte, en el documento A3 (tabla 8) se especifica el entorno del sistema. El entorno a tratar es *dinámico*, puesto que los procesos están en constante actualización a medida que evoluciona la producción de un producto; *sencillo*, ya que se cuenta con proveedores de información bien conocidos; *munificiente*, ya que es un sistema que es capaz de conseguir sus recursos, miembros y entradas necesarias sin problemas; *uniforme* puesto que el sistema sirve a un único tipo de consumidor y proporciona un conjunto de servicios muy relacionados entre sí; y el sistema tiene incertidumbre *media* puesto que se cuenta con la información necesaria para reaccionar ante cualquier evento externo.

Tabla 8. Documento A.3 condiciones de entorno

A.3 Condiciones del entorno
Tasa de cambio: <i>dinámico</i> Complejidad: <i>sencillo</i> Incertidumbre: <i>media</i> Receptividad: <i>munificiente</i> Diversidad: <i>uniforme</i>

3.2.2 Fase B. Tareas y procesos

En esta fase se analiza la tecnología que requiere el sistema, atendiendo las características principales de los productos, servicios, las tareas y procesos a realizar

Para la definición de esta fase se emplean los siguientes artefactos:

- Documento B.1 Tecnología esencial
- Documento B.2 Tecnología de unidad de trabajo
- Vista estructural del modelo de organización
- Vista funcional del modelo de organización
- Diagramas del modelo de tareas
- Diagramas del modelo de entorno

3.2.2.1 Tecnología esencial

Primero, se analiza la tecnología esencial, también denominada tecnología a nivel organizativo, se determina el modo en el que se deben producir los productos o servicios, en función de la demanda y las necesidades del cliente, para ello se utilizan el documento B.1, la vista estructural y funcional del modelo de organización.

Como se indica en el documento B.1 Tecnología esencial (Tabla 9), se emplea una tecnología de producción mixta, que combinan la producción en masa y la producción en lotes pequeños. Así, por un lado el usuario final (cliente) del producto (datos de producción y plan de producción detallado) no interviene directamente en la elaboración del mismo y, en principio, el usuario o cliente puede acceder a dicho producto para consulta o generarlo. Por tanto se trata como una tecnología de producción en masa.

Por otro lado, si el sistema se desea que sea abierto desde la actuación del usuario o cliente, o bien que el cliente pueda especificar el segmento de proceso a programar, entonces la tecnología a emplear es por lotes pequeños. En dicho caso los consumidores se presentarán a través de entidades A – Agentes para las que se definen los roles a jugar dentro del sistema. Posteriormente, se establecerá, en el modelo de agente, cuales son las funcionalidades mínimas que debe cumplir dicho A – Agente.

En nuestro caso, asumimos ambas tecnologías, para así permitir, por un lado, desarrollar aplicaciones de interfaz sencillas a través de las cuales se conecten los clientes del sistema y que estos clientes puedan escoger los segmentos del proceso que deseen programar

Tabla 9. Documento B.1 Tecnología esencial

B.1 Tecnología esencial
<p>Tecnología de producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Producción en masa:</i> los productos (plan de producción detallado y datos de producción) que genera el sistema puede ser consumido por diferentes tipos clientes • <i>Lotes pequeños:</i> se confecciona un programa de producción según el segmento del proceso que especifique el cliente.
<p>Tecnología de servicio</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Tecnología de vinculación prolongada:</i> un servicio necesita invocar otros servicios (de los proveedores de información o del mismo sistema) para poder realizar sus tareas y generar una salida

En la Figura 33, se instancia el modelo de organización (vista estructural), definiendo la unidad organizativa que representa al sistema: operación de producción, donde se crea una aplicación para los diferentes servicios ofrecidos que el cliente puede consumir. En esta instancia se considera al cliente como un miembro más del sistema, se crea una entidad *A – Agente* con la relación *OContiene A – Agente*

Se crea también una entidad *rol cliente*, contenida en la unidad organizativa operación de producción con la relación *OContieneRol*, adoptada por el *A – Agente* cliente. Esta asociación representa la funcionalidad interna del modelo de organización (relación *WFJuega*, Figura 32).

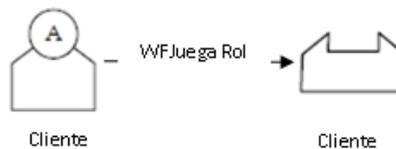


Figura 32. Diagrama del modelo de organización (funcionalidad interna) para el sistema operación de producción

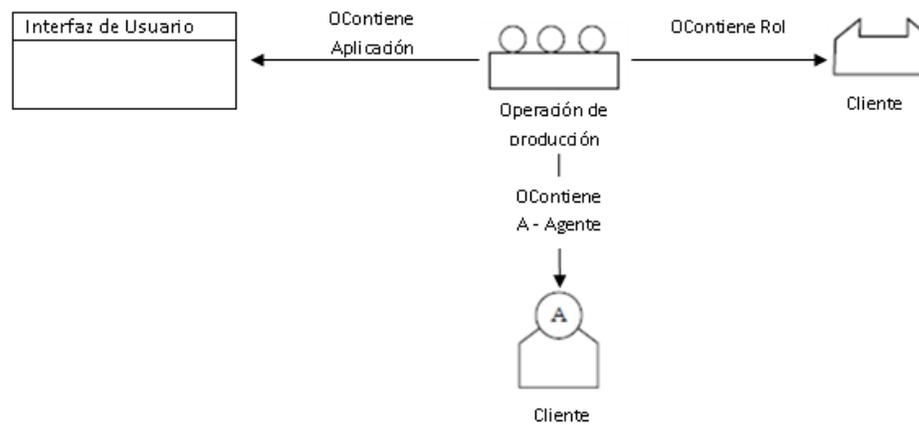


Figura 33. Diagrama del modelo de organización (vista estructural) para el sistema operación de producción

Con respecto a la tecnología del servicio mostrada en la Tabla 8, se requiere una *tecnología de vinculación prolongada*, porque por ejemplo para el servicio plan de producción detallado requiere la invocación de otros servicios para poder asignar los recursos a las tareas, los servicios que necesita son:

De los proveedores de información:

- Plan de producción a largo plazo

Otros servicios del sistema

- Disponibilidad de recursos
- Reportes sobre WIP y trabajo terminado
- Enrutamiento de la producción y reglas de producción

En la figura 34 se presenta la vista funcional (funcionalidad externa) del modelo de organización, en la que la unidad organizativa del sistema: operación de producción requiere de unos servicios que los proporciona el *rol proveedor de información* con la relación *WFProporciona*, con esto la unidad organizativa puede ofrecer unos servicios que los utiliza el *rol cliente* con la relación *WFUtiliza*.

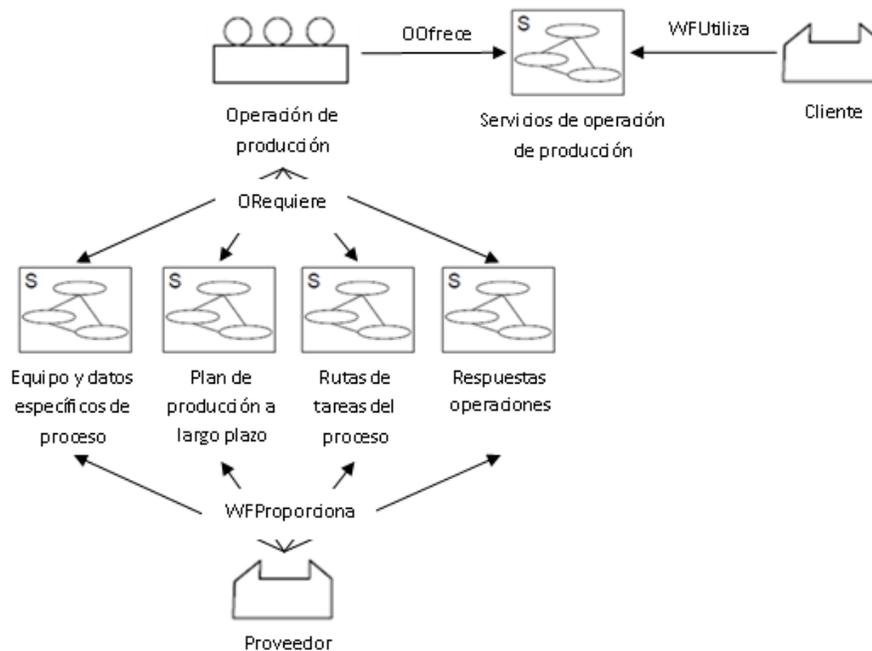


Figura 34. Diagrama del modelo de organización (vista funcional, funcionalidad externa)

3.2.2.2 Tecnología de unidad de trabajo

Para el análisis de la unidad de trabajo se necesita detallar cada servicio identificado en la vista funcional del modelo de organización presentados en la Figura 30 y 31, y se utiliza para ello tanto el documento B.2 Tecnología de unidad de trabajo, como los diagramas del modelo de tareas.

De los ocho servicios que ofrece nuestro sistema y los cuatro que ofrece el proveedor de información, en ésta monografía tan sólo se detallarán tres, que corresponden a la información procesada en las actividades del modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95 anteriormente escogidas.

Los servicios que se detallarán son:

- Plan de producción detallado
- Disponibilidad de recursos
- Reporte de WIP y trabajo terminado

Servicio plan de producción detallado

El cliente o usuario del sistema desea determinar el uso óptimo de los recursos para las tareas de producción que se deben ejecutar en un periodo de tiempo dado por el nivel de negocios

En el servicio plan de producción detallado se indica: la fecha, la hora y el segmento del proceso (puede contener una o varias tareas de producción) que se quiere programar, el servicio solicita información específica y teniendo en cuenta esto se asignan los recursos a las tareas de producción del segmento del proceso.

En la Tabla 10 se muestra la descripción del servicio plan de producción detallado; mientras que en la Figura 35 se muestra el diagrama del modelo de actividad para el servicio plan de producción detallado.

Tabla 10. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio plan de producción detallado.

B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo	
Servicio	Plan de producción detallado
Descripción	Asignar los recursos disponibles para realizar una o varias tareas, identificando los parámetros de sincronización y la secuencia en la realización de estas tareas.
Consumidor	Usuario o cliente, otros servicios del sistema
Objetivo	Realizar un cronograma de producción donde se especifique las tareas que se deben realizar, sus parámetros de sincronización y los recursos que las realizarán.
Beneficio	Asegura la continuidad en la producción
Productor	La unidad organizativa que representa al sistema: operación de producción
Objetivo	Planificar el uso de los recursos.
Perfil Servicio	
Entradas	<i>Segmento del proceso + fecha + hora,</i> <i>Segmento del proceso:</i> Indica el segmento de proceso para el cual se quiere programar los recursos disponibles. <i>Fecha:</i> Fecha en la que se desea realizar el cronograma de producción. <i>Hora:</i> Hora para la que se desea realizar el cronograma de producción. Segmento del proceso es válido, fecha y hora son correctas.
Precondiciones	Programación de los recursos (personal y maquinas)
Salidas	Las recursos quedan reservados y no están disponibles para las siguientes programaciones hasta que termine el trabajo para el que se programó
Pos condiciones	
Funcionalidad	
Tareas	<i>Solicitar información plan de producción a largo plazo + buscar información de reportes de WIP y trabajo terminado + solicitar información de ruta y reglas de producción + solicitar información disponibilidad de recursos + asignar recursos a tareas.</i>

<p>Recurso</p> <p>Producto</p>	<p><i>Solicitar plan de producción a largo plazo:</i> solicitar la programación a largo plazo suministrada al sistema desde el nivel de negocios, para establecer el tiempo en que se debe producir una determinada cantidad de productos.</p> <p><i>Buscar información de reportes de WIP y trabajo terminado:</i> Buscar el trabajo que está en ejecución pero que aun no ha sido terminado el trabajo que ya ha sido ejecutado para evitar operaciones innecesarias o redundantes en una próxima programación de recursos y producto.</p> <p><i>Solicitar información de ruta y reglas de producción:</i> la restricción que se debe tener en cuenta con respecto a los recursos a utilizar. Por ejemplo, saber que recursos se deben utilizar para la producción de ciertos productos</p> <p><i>Solicitar disponibilidad recursos:</i> Solicitar la capacidad de planta de personal que posee la organización, al igual que sus habilidades y condiciones de operación; de la misma manera solicitar la capacidad de equipo que posee la organización, al igual que sus características y condiciones de operación, para una eventual programación de estos recursos.</p> <p><i>Asignar recursos a tareas:</i> especificar los recursos idóneos, para las tareas de manufactura que así los requieran, identificando los parámetros de sincronización y la secuencia en la realización de estas tareas. Envía el plan a la administración de recursos para que reserve los recursos para un futuro.</p> <p>Repositorio</p> <p>Plan de producción detallado para un segmento del proceso específico</p>
--------------------------------	--

En la Figura 35 se observa el modelo de tareas para el servicio plan de producción detallado, donde especifica, que debe haber una consecución de tareas específicas para que el sistema pueda ofrecer este servicio.

En la primera tarea solicita el plan de producción a largo plazo, para conocer los requerimientos de producción desde el nivel de negocios; luego, solicita el reporte de WIP y trabajo terminado, para conocer lo que actualmente se está produciendo y lo que ya se ha producido, así mismo informa sobre los eventos, por ejemplo las tareas de producción no culminadas para que sean reprogramadas; posteriormente solicita el enrutamiento y reglas de producción, para saber qué recursos se deben utilizar para la producción de ciertos productos en cada uno de los segmentos del proceso, como cuarta tarea, solicita información de los recursos disponibles para conocer las definiciones específicas de tiempo en las que se puede programar dicho recurso; finalmente con toda esta información recogida se asignan los recursos encontrados como disponibles a las tareas de producción que se quieran programar.

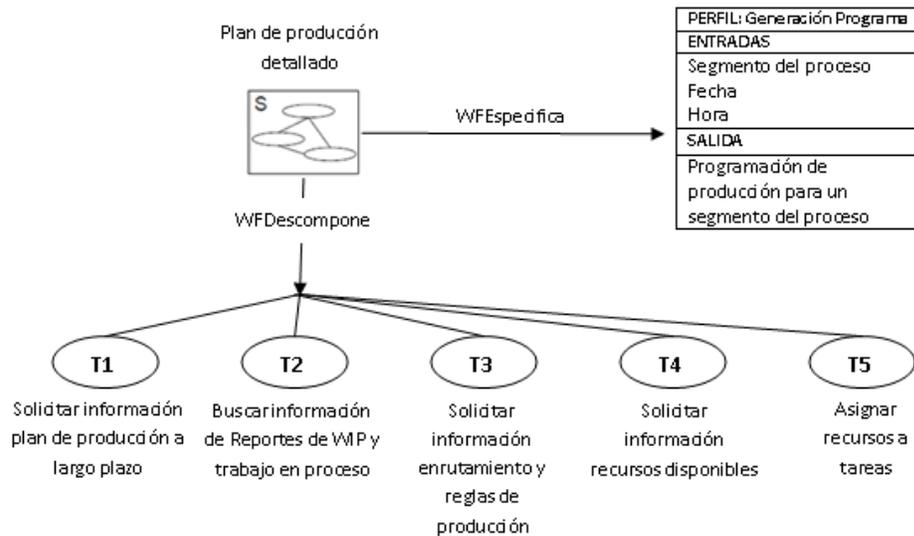


Figura 35. Diagrama del modelo de tareas para el servicio plan de producción detallado

En la Tabla 11 se describirán las siglas y la relación para las tareas y el servicio que invoca de la Figura 35

Tabla 11. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 35

Tareas		Servicios	
Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
T1	Solicitar información plan de producción a largo plazo	S1	Plan de producción a largo plazo
T2	Buscar información de reportes de WIP y trabajo terminado	S2	Informar reporte de WIP y trabajo terminado
T3	Solicitar información del enrutamiento y reglas de producción.	S3	Enrutamiento de la producción y reglas de producción.
T4	Solicitar información recursos disponibles	S4	Disponibilidad de recursos
T5	Asignar recursos a tareas		

En la Figura 36 se observa una descripción detallada de las tareas del servicio plan de producción detallado, se observa que este servicio tiene un orden existente entre las tareas, que lo especifica la relación *WFConecta*, y algunas tareas necesitan invocar servicios que tienen algún tipo de información, lo hace con la relación *WFInvoca*; en la tabla 10 se presenta la relación entre la tarea y el servicio que invoca.

De la misma manera para las A – Tareas se observa la relación entre ellas, en base al flujo de entradas y salidas que requieren con la relación *WFConsume* y *WFProduce*, por ejemplo para la tarea tres de la Figura 36, tiene una entrada donde se selecciona el

segmento del proceso al que se quiere asignar recursos, si es el caso que el segmento ya ha sido programado, se rechaza dicha entrada.

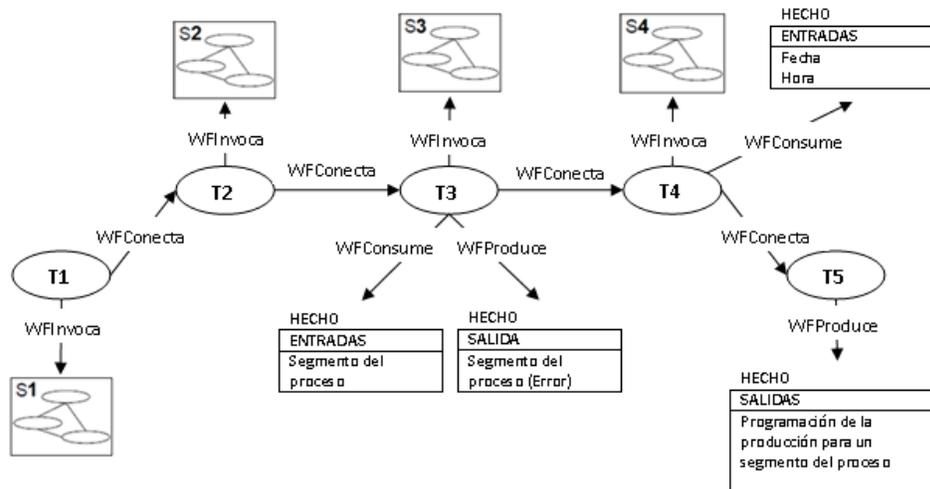


Figura 36. Diagrama del modelo de tareas para el servicio plan de producción detallado. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen

Servicio disponibilidad de recursos

El usuario del sistema u otro servicio del sistema, necesita conocer el estado de los recursos, o sea la disponibilidad de los recursos actuales y los que están siendo utilizados.

En el servicio disponibilidad de recursos se indica al segmento de proceso para el cual se quiere tener conocimiento de la disponibilidad actual de los recursos

En la Tabla 12 se muestra la descripción del servicio disponibilidad de recursos; mientras que en la Figura 37 se muestra el diagrama del modelo de actividad para el servicio disponibilidad de recursos.

Tabla 12. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio disponibilidad de recursos

B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo	
Servicio	Disponibilidad de recursos
Descripción	Proporciona las definiciones específicas de tiempo para programar y reportar sobre un recurso
Consumidor	Usuario o cliente, otros servicios del sistema
Objetivo	Seleccionar los recursos que se encuentren disponibles e informarlo a las entidades que soliciten dicha información.
Beneficio	Asegura la continuidad en la producción
Productor	La unidad organizativa que representa al sistema: operación de producción

Objetivo	Informar disponibilidad
Perfil Servicio	
Entradas	<i>Segmento del proceso</i> <i>Segmento del proceso:</i> Indica el segmento de proceso para el cual se quiere conocer los recursos disponibles.
Precondiciones	Segmento del proceso es válido.
Salidas	Disponibilidad de recursos para un segmento del proceso
Funcionalidad	
Tareas	<i>Solicitar información actual de los procesos + solicitar información del plan de producción detallado</i> <i>Solicitar información actual de los procesos:</i> para conocer los procesos que se están ejecutando en el momento y de esta manera conocer los recursos que están siendo utilizados <i>Recibir información del plan de producción detallado:</i> para conocer los recursos que se han asignados a las diferentes actividades del proceso y de esta manera reservarlos para su utilización en un futuro <i>Acceder a base de datos:</i> para conocer las características de los recursos encontrados como disponibles <i>Informar disponibilidad:</i> informa los recursos disponibles adecuados para un segmento del proceso dado
Producto	Datos de producción

En la Figura 37 se observa el modelo de tareas para el servicio disponibilidad de recursos, donde especifica que, debe haber una consecución de tareas específicas para que el sistema pueda ofrecer este servicio.

Primero solicita información actual de los procesos para conocer los procesos que se están ejecutando en el momento, y de esta manera conocer los recursos que están siendo utilizados; luego, recibe información del plan de producción detallado, para acumular necesidades de recursos futuras; posteriormente accede a las respectivas bases de datos para conocer las características de los recursos que se han encontrado como disponibles, por ejemplo para el caso de un operario saber su horario, vacaciones, certificaciones etc., así selecciona el recurso más apropiado; por último informa los recursos disponibles más adecuados.

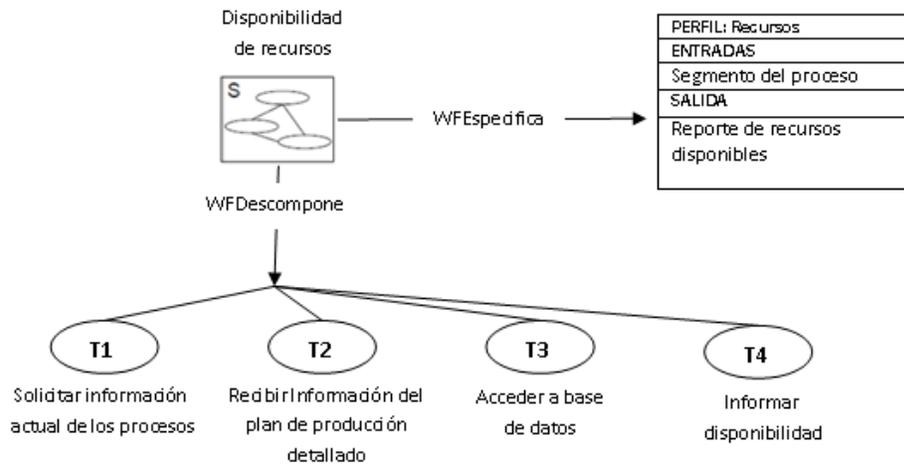


Figura 37. Diagrama del modelo de tareas para el servicio disponibilidad de recursos

En la Tabla 13 se describirán las siglas y la relación para las tareas y el servicio que invoca de la Figura 38.

Tabla 13. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 37

Tareas		Servicios	
Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
T1	Solicitar información actual de los procesos	S1	Equipo y datos específicos de proceso
T2	Solicitar información del plan de producción detallado	S2	Plan de producción detallado
T3	Acceder a base de datos		
T4	Informar disponibilidad		

En la Figura 38 muestra la descripción detallada y el orden de las tareas del servicio disponibilidad de recursos; de tal forma que para las tareas uno y dos necesita invocar unos servicios con la relación *WFInvoca* que le darán a conocer los recursos no disponibles y por tanto se conocerán los disponibles.

De la misma forma para las A – Tareas se observa la relación entre ellas, en base al flujo de entradas y salidas que requieren con la relación *WFConsume* y *WFProduce*, por ejemplo para la tarea uno de la Figura 38, tiene una entrada donde especifica el segmento del proceso del que se quiere conocer los recursos disponibles, y la tarea cuatro se produce la salida con la información correspondiente.

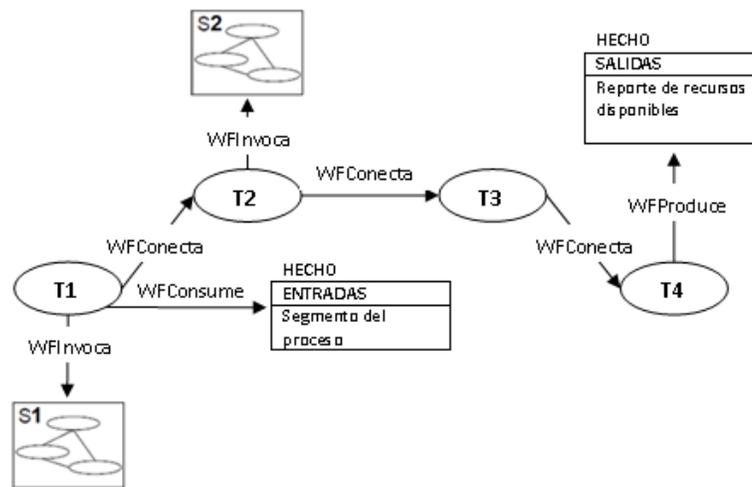


Figura 38. Diagrama del modelo de tareas para el servicio disponibilidad de recursos. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen

Servicio reporte de WIP y trabajo terminado

El usuario del sistema u otro servicio del sistema, necesita información sobre la producción actual y producciones anteriores para realizar sus tareas específicas.

Este servicio reporta información sobre los procesos que actualmente se están ejecutando para producir un producto, sobre producciones anteriores y eventos actuales por ejemplo fallas de equipo.

En la Tabla 14 se muestra la descripción del servicio reporte de WIP y trabajo terminado; mientras que en la Figura 39 se muestra el diagrama del modelo de actividad para el servicio disponibilidad de recursos.

Tabla 14. Documento B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo. Descripción de las características del servicio reporte de WIP y trabajo terminado

B.2 Tecnología de Unidad de Trabajo	
Servicio	Reporte de WIP y trabajo terminado
Descripción	Informar sobre la producción actual y producciones anteriores
Consumidor	Usuario o cliente, otros servicios del sistema
Objetivo	Contar con información actual y anterior para realizar sus labores
Beneficio	Asegura la continuidad en la producción
Productor	La unidad organizativa que representa al sistema: operación de producción
Objetivo	Ofrecer información
Perfil Servicio	
Salidas	Reporte de los procesos actuales y los terminados

Funcionalidad	
Tareas	<p><i>Solicita información de la lista de despacho + solicita información del estado de la producción y datos de histórico de recursos + solicita información de los datos de rendimiento + crear un reporte</i></p> <p><i>Solicita información de la lista de despacho:</i> información de las órdenes de trabajo relacionando el trabajo a los recursos.</p> <p><i>solicita información del estado de la producción y datos de histórico de recursos:</i> datos del estado de los recursos y la producción que ha sido realizada</p> <p><i>solicita información de los datos de rendimiento:</i> determina la manera en que se está comportando la producción</p> <p><i>Crear reporte:</i> con la información recopilada en las tareas anteriores genera un reporte de la producción actual, la terminada y eventos que afectan dicha producción</p>
Producto	Datos de producción

En la Figura 39 se observa el modelo de tareas para el servicio reporte de WIP y trabajo terminado, donde especifica que, debe haber una consecución de tareas específicas para que el sistema pueda ofrecer este servicio.

En este servicio la función básica de las primeras tres tareas es recolectar información sobre: las órdenes de producción y su relación con los recursos, el estado de los recursos y la producción que ha sido realizada, por último el comportamiento de la producción, para finalmente crear un reporte de la producción actual, la terminada y eventos que la afectarían

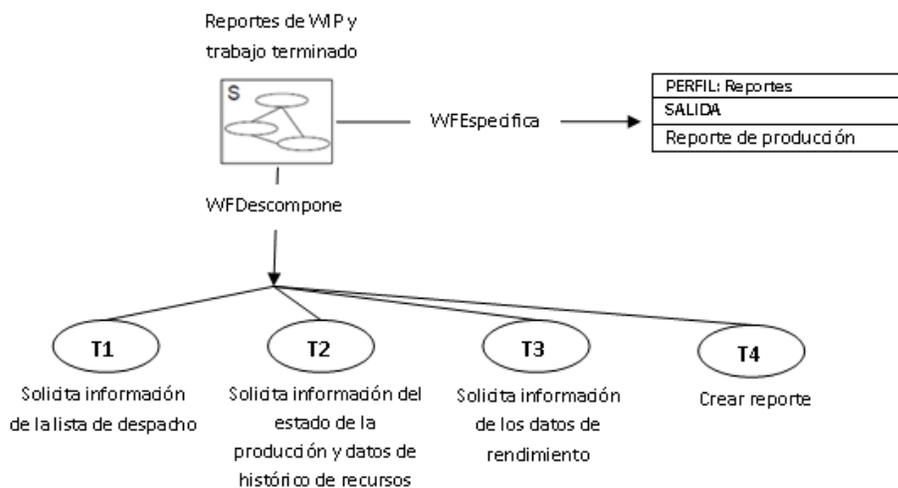


Figura 39. Diagrama del modelo de tareas para el servicio reportes de WIP y trabajo terminado

En la Tabla 15 se describirán las siglas y la relación para las tareas y el servicio que invoca de la Figura 40

Tabla 15. Relación de las tareas con el servicio que invoca para la Figura 40

Tareas		Servicios	
Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
T1	Solicita información de la lista de despacho	S1	Lista de despacho
T2	Solicita información del estado de la producción y datos de histórico de recursos	S2	Estado de la producción y datos históricos de recursos
T3	Solicita información de los datos de rendimiento	S3	Datos de rendimiento
T4	Crear reporte		

En la Figura 39 se muestra la descripción detallada y el orden de las tareas del servicio reporte de WIP y trabajo terminado; así para las tareas uno, dos y tres necesita invocar unos servicios con la relación *WFI invoca*, que le proporcionarán la información necesaria para crear el reporte en la última tarea

De igual forma para las A – Tareas se observa la relación entre ellas, en este caso tan sólo se tiene una salida en la última tarea con la relación *WFP produce*.

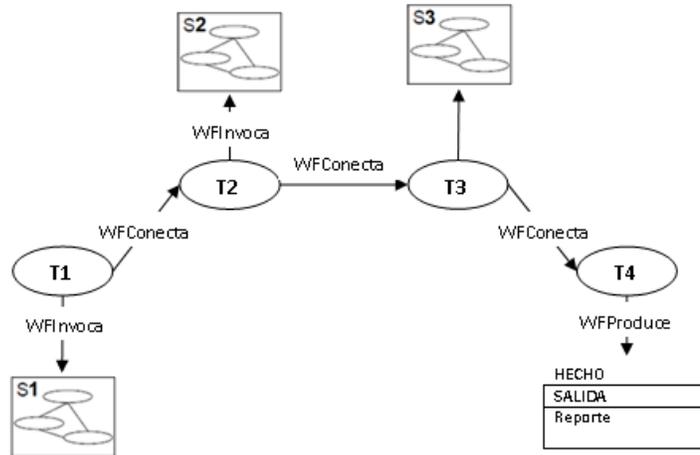


Figura 40. Diagrama del modelo de tareas para el servicio reporte de WIP y trabajo terminado. Descripción detallada en la relación existente entre las A – Tareas que lo componen

En la Figura 41 se muestra el diagrama del modelo de entorno de la unidad organizativa operación de producción. La aplicación es percibida por el usuario o cliente quien se encarga de actuar en el sistema.

Los productos que se generan (se derivan de la ejecución de los servicios) se almacenan en una base de datos o repositorio, con el propósito de que las diferentes entidades

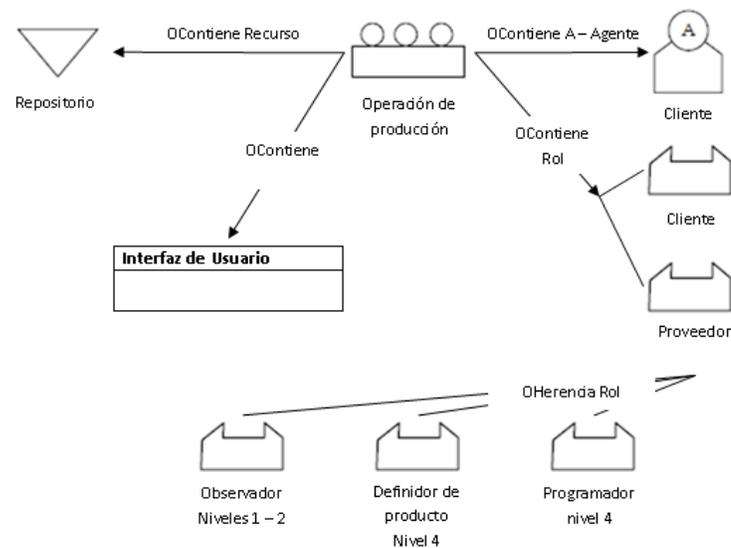


Figura 42. Diagrama actualizado de la vista estructural del modelo de organización. Relaciones entre la unidad organizativa operación de producción y las entidades que contiene

3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

Para el diseño de la estructura organizativa primero se procede a analizar sus dimensiones, según se indica en la Fase C. Dimensiones Organizativas, para consecutivamente escoger la estructura más apropiada, en base a las indicaciones de la Fase D. Estructura Organizativa de la secuencia – guía de la metodología Gormas

3.3.1 Fase C. Dimensiones organizativas

En esta fase de la secuencia – guía se realiza el análisis de una serie de dimensiones organizativas que impone ciertos requisitos sobre los tipos de trabajos a realizar, la estructura del sistema y la interdependencia en las tareas

Para la definición de las dimensiones organizativas se emplean los siguientes artefactos:

- Documento C. Dimensiones organizativas
- Actualización del diagrama de vista estructural del modelo de organización
- Actualización del diagrama de vista funcional del modelo de organización (funcionalidad externa)

3.3.1.1 Agrupar tareas

Departamentalización

Para agrupar tareas se tiene en cuenta la dimensión denominada *departamentalización*, que consiste en agrupar los trabajos para coordinar las tareas comunes.

En este caso se requiere aplicar una departamentalización funcional, ya que esta consiste en agrupar en base a los conocimientos y habilidades, o bien en base al proceso de trabajo y las funciones que realizan; para nuestro caso el sistema requiere y ofrece información de diferentes entidades que propiamente tienen conocimientos, habilidades y funciones distintas; por lo tanto se crearán nuevas unidades organizativas para cada uno de los servicios ofrecidos por la unidad operación de producción. Así mismo, se crean nuevos roles que proporcionen los servicios de cada nueva unidad creada.

En la Tabla 17 se presentan las nuevas unidades en relación con los nuevos roles y los servicios que ofrecen cada una de las unidades creadas.

Tabla 17. Relación de las nuevas unidades con los roles y los servicios

Nueva Unidad Organizativa	Nuevo Rol	Servicio
Programación de la producción detallada	Programador del plan	Plan de producción detallado
Administración de recursos de producción	Administrador recursos	Disponibilidad de recursos
Seguimiento de la producción	Seguidor	Reporte de WIP y trabajo terminado
Administración de la definición de producto	Administrador producto	Enrutamiento de la producción y reglas de producción
Despacho de producción	Despachador	Lista de despacho
Administrador de la ejecución de la producción	Administrador ejecución	Comandos operacionales e información de producción y eventos
Almacenamiento de datos de producción	Almacenador	Estado de la producción y datos de históricos de recursos
Análisis del desempeño de la producción	Analizador	Datos de rendimiento

Dado que los grupos de interés o stakeholders se incluyeron en la unidad operación de producción mediante unos roles, por lo tanto también se crearán nuevas unidades para los proveedores de información como lo presenta la tabla 18.

Tabla 18. Relación de las nuevas unidades con los roles y los servicios

Nueva Unidad Organizativa	Nuevo Rol	Servicio
Funciones de los Niveles 1 – 2	Observador Niveles 1 – 2	Equipo y datos específicos de proceso y respuestas operacionales
Definición de producto	Definidor de producto Nivel 4	Ruta de tareas del proceso
Programa de producción	Programador Nivel 4	Plan de producción a largo plazo

Se debe tener en cuenta que la unidad operación de producción ofrece ocho servicios aunque en la fase anterior tan sólo se detallaron tres; pero es necesario que la estructura de la organización se considere todos los servicios, debido a la gran dependencia que tiene unos de otros

Analizar la especialización

La segunda tarea consiste en analizar la especialización, que indica el grado en el que las tareas de la organización se dividen en cometidos separados; para nuestro caso encontramos una especialización horizontal ya que los roles identificados en el sistema ofrecen servicios especializados y estos servicios presentan una interdependencia entre sí.

Procesos de decisión

Se lleva a cabo mediante la dimensión de centralización de las organizaciones, que indica dónde se toman las decisiones. Así, el término de centralización se refiere al grado en que la toma de decisiones se concentra en un único punto de la organización

En nuestro caso deseamos un control descentralizado debido a que el volumen de información puede ser bastante importante. Para este tipo de centralización se establece el valor de ampliación vertical.

3.3.1.2 Identificar restricciones

Mecanismos de coordinación

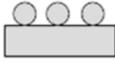
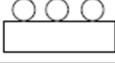
El mecanismo de coordinación que más beneficia a este sistema es la *adaptación mutua*; que implica un intercambio de conocimientos para saber, qué tareas se deben realizar y quién debe realizarla.

Normalización

Esta dimensión indica el grado en que los puestos de la organización están estandarizados. En la fase E de esta guía se establecen las normas o reglas necesarias. Para nuestro caso utilizaremos la *normalización de tareas*, ya que este comportamiento vincula una tarea con el resto, con esto queremos decir que se establecen relaciones de precedencia.

En la Tabla 19 se puede apreciar el documento C donde se especificarán los ítems anteriormente descritos

Tabla 20. Clasificación de colores de las unidades organizativas de la vista estructural del modelo de organización.

	Unidades organizativas a las que se ha detallado los servicios que ofrecen
	Unidades organizativas a las que no se ha detallado los servicios que ofrecen
	Unidades organizativas que representan a los proveedores de información
	Unidad organizativa que representa al sistema

En la Figura 44 se muestra la actualización del diagrama de la vista funcional (funcionalidad externa) del modelo de organización, en el que se relacionan las nuevas unidades organizativas con los servicios que ofrecen y los roles que los proporcionan como se detalló en las Tablas 17 y 18; debido a lo extenso del modelo tan sólo se hará para algunas unidades

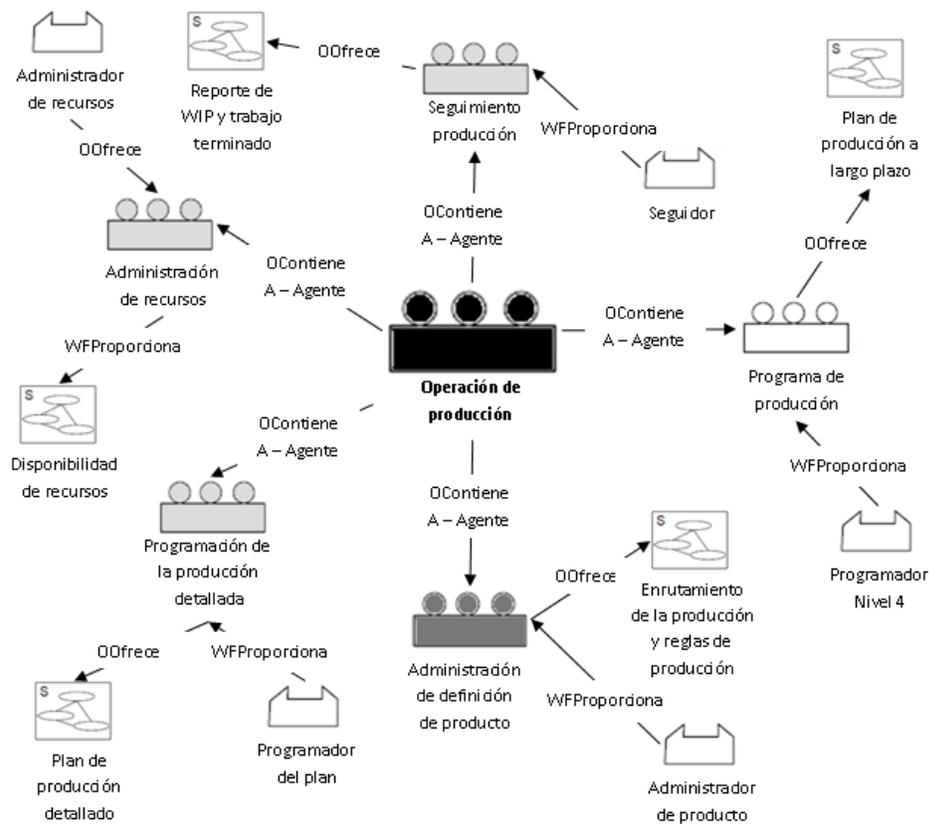


Figura 44. . Diagrama actualizado de la vista funcional (funcionalidad externa) del modelo de organización. Agrupación funcional

3.3.2 Fase D. Estructura organizativa

En esta fase de la secuencia – guía se analizan los valores de las dimensiones organizativas obtenidas en la fase previa (Documento C), para así determinar qué tipo de estructura resulta más adecuada.

Para la definición de la estructura organizativa se emplean el siguiente artefacto:

- Actualización del diagrama de la vista estructural del modelo de organización

Teniendo en cuenta el árbol de decisión de la estructura organizativa (Ampliado Anexo D) conviene aplicar una estructura de Federación en base a los valores obtenidos en la fase previa (Documento C), los cuales fueron:

Funcional: por cada funcionalidad se ha creado una unidad organizativa encargada de ella.

Especialización horizontal con ampliación vertical: cada agente cede cierta autonomía a su representante, quien se encarga de contactar con las entidades externas a su unidad y de distribuir las tareas y los mensajes entre los miembros de la federación.

Normalización de tareas: resulta importante el orden de ejecución de las tareas y/o quien realiza cada tarea; para la estructura de federación, se aplican normas sobre las tareas y habilidades requeridas por los agentes que deseen participar en ellas.

Las federaciones son agrupaciones de agentes en las que existe un delegado o intermediario que representa al grupo, el cual se encarga de recibir o enviar información de los intermediarios de otras federaciones; normalmente se implementan como: bróker, facilitadores, monitores o mediadores.

Para nuestro caso la unidad organizativa de la operación de producción, se modela internamente como un equipo donde sus miembros (los bróker de las nuevas unidades organizativas) pueden comunicarse entre sí sin monitorearse para conseguir los objetivos del sistema. La comunicación de las unidades organizativas se representan con la relación *AGOInformación*.

En la Figura 45 se observa la estructura interna de la unidad organizativa programación de la producción detallada. El resto de unidades organizativas anteriormente mencionadas presentan una estructura igual.

Cada una de las unidades organizativas que componen el equipo se modelan como una jerarquía simple en las que existe un agente que juega el rol supervisor y que actúa como bróker ante las peticiones de los usuarios u otra unidad organizativa.

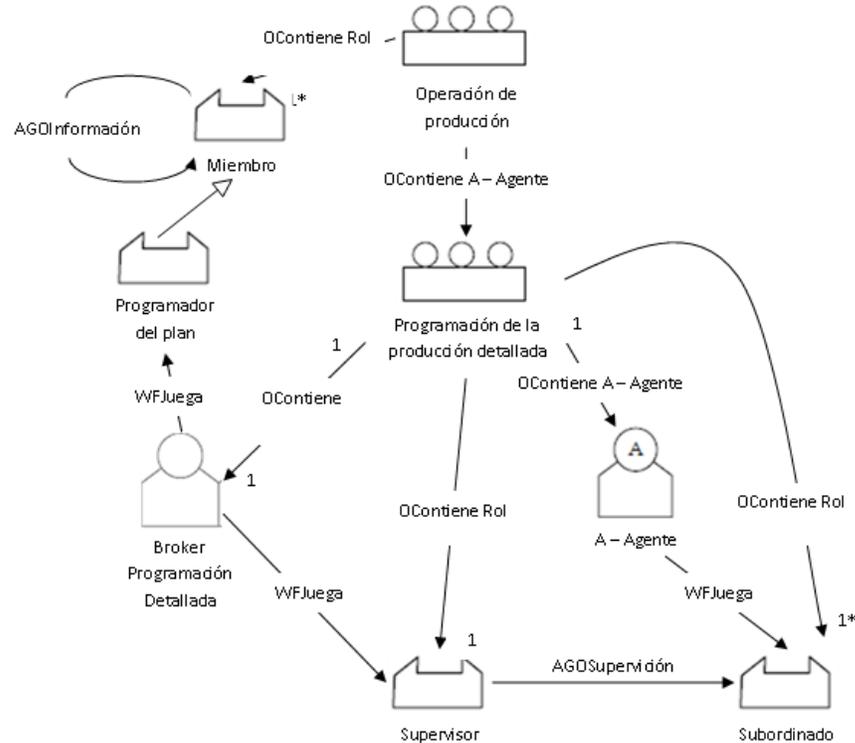


Figura 45. Diagrama actualizado de la vista estructural del modelo de organización al adoptar una estructura tipo federación

También es importante decir que los agentes que juegan el rol de subordinado en las diferentes unidades organizativas son agentes que representan las diferentes dependencias dentro de una empresa, que poseen información específica acerca de los servicios que ofrece dicha unidad organizativa.

Por lo tanto los agentes subordinados pueden ser:

- *Agentes funcionales*: utilizados para encapsular módulos funcionales tales como: recursos humanos, sistemas MRP, adquisición de pedidos, etc.
- *Agentes físicos*: representan entidades del mundo físico, tales como trabajadores, máquinas, herramientas, instalaciones, etc.

Por ejemplo, para la unidad administración de recursos de producción dentro su estructura interna, sus agentes subordinados podrían representar las áreas de recursos humanos, mantenimiento e inventario que contendrían información específica acerca de las características de personal, equipo y materiales

Cuando un usuario o cliente quiere generar un plan de producción para un segmento del proceso específico, entonces lo que desea es asignar unos recursos (personal y equipo) para las tareas que contiene dicho segmento. El funcionamiento general del sistema para la programación es el siguiente:

1. Primero, el usuario o cliente del sistema se contacta con el bróker de la unidad programación detallada, para hacerle la solicitud que genere un plan de producción para un segmento del proceso con una fecha y hora
2. Luego, el bróker de la unidad organizativa programación de la producción detallada realiza las peticiones de información a los bróker de las otras unidades organizativas para poder cumplir con la solicitud.
3. Posteriormente, los bróker de las otras unidades organizativas buscan la información y se la suministran al bróker de la unidad organizativa programación detallada
4. Finalmente, con toda la información recogida en la unidad organizativa programación detallada se crea el plan de producción detallado.

3.4 DISEÑO DE LA DINÁMICA DE LA ORGANIZACIÓN

En esta instancia del desarrollo del sistema, integrada en la fase de diseño, se procede a detallar, cómo y qué interacciones se establecen entre las entidades del sistema

Para ello se aplican las fases E, F y G de la secuencia – guía de la metodología Gormas

3.4.1 Fase E. Diseño de los procesos de información y decisión

En esta fase de la secuencia – guía se detallan los flujos de información y de adopción de decisiones, para así definir como se procesa la información y cómo se trabaja para conseguir los resultados esperados.

Para la definición del diseño de los procesos de información y decisión se emplean los siguientes artefactos:

- Diagramas del modelo de interacción
- Diagramas de secuencia

El acceso a un servicio implica la interacción entre las entidades que lo solicitan y las que los proporcionan

En la Figura 46 se presenta el modelo de interacción para el servicio plan de producción detallado donde el iniciador puede ser el *rol cliente* o el *rol administrador de recursos* donde interaccionan con el *rol programador del plan*; el *rol cliente* busca crear un plan de producción y el *rol administrador de recursos* invoca el servicio para conocer los planes creados.

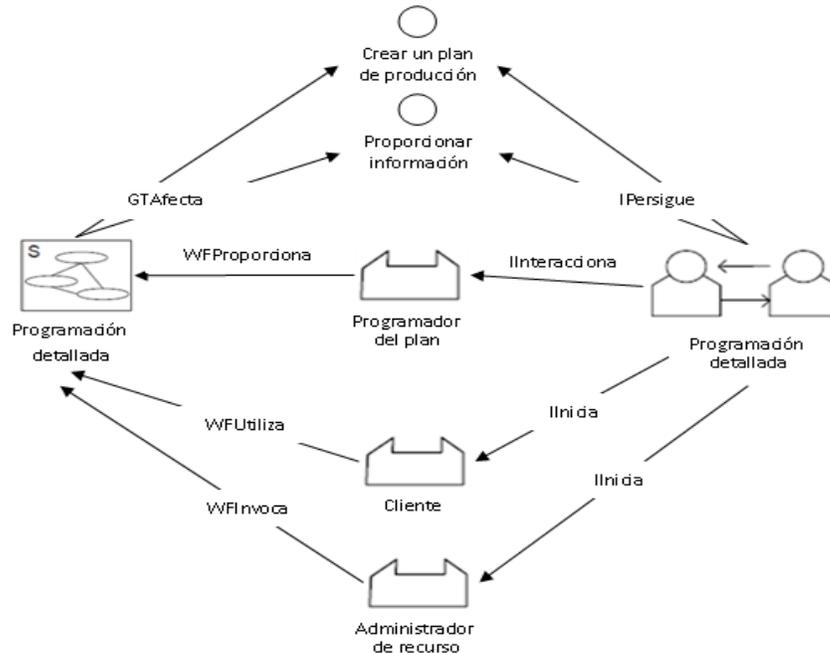


Figura 46. Diagrama del modelo de interacción para el servicio programación detallada

En la Figura 47 se presenta el modelo de interacción para el servicio disponibilidad de recursos donde el iniciador puede ser el *rol cliente* o el *rol programador del plan* donde interaccionan con el *rol administrador de recursos*; donde el *rol cliente* y el rol programador del plan buscan información de las definiciones de tiempo sobre unos recursos en particular.

detallado, proporciona al *agente bróker programación detallada* el segmento, fecha y hora para programar unas tareas específicas en un tiempo específico, el *agente bróker programación detallada* con el *rol programador del plan* genera el plan de producción detallado y lo informa al cliente, y demás agentes que lo soliciten como: el agente bróker administrador de recursos y agente al bróker despacho de producción

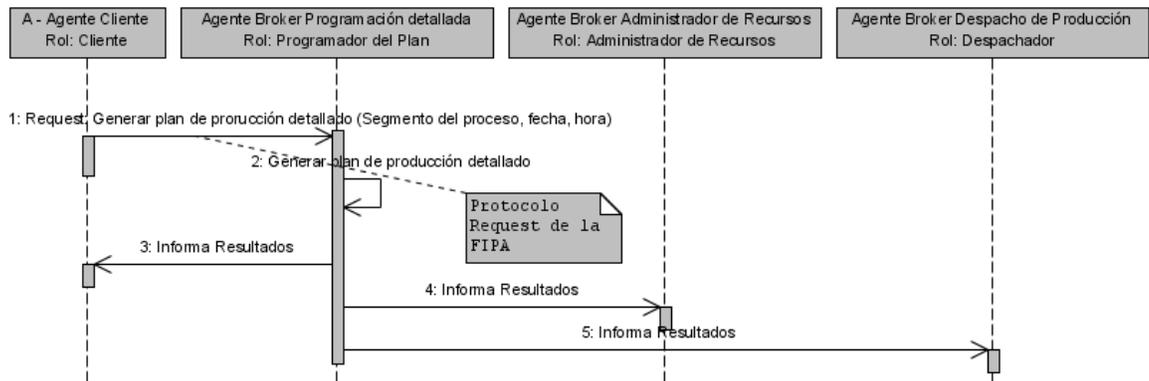


Figura 49. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación del modelo de interacción para el servicio programación detallada

En la Figura 50 se presenta el diagrama de secuencia que representa la interacción que debe realizar el *agente bróker programación detallada* con los bróker de otras unidades organizativas para solicitarles información específica y poder generar el plan de producción detallado; una vez generado el plan de producción detallado se comunica a las unidades organizativas administración de recurso y despacho de producción, tal como los propone la Norma ISA 95

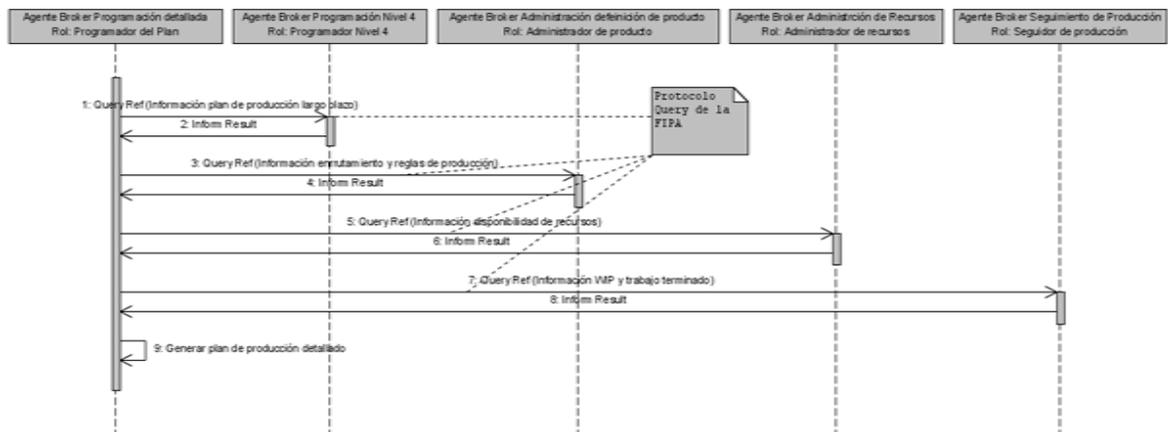


Figura 50. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación entre las unidades organizativas del sistema para el servicio programación detallada

En la Figura 51 se muestra el diagrama de secuencia que especifica la comunicación entre los bróker de la unidad organizativa programación de la producción detallada y

administración de recursos. Para nuestro caso, el iniciador mediante el rol *programador del plan* inicia la interacción utilizando el protocolo de la FIPA del tipo Brokering (Ampliado Anexo C.9) para solicitar información acerca de recursos disponibles para una o varias tareas específicas; el bróker de la unidad organizativa administración de recursos mediante el rol *administrador de recursos* decide si acepta o rechaza la propuesta; en caso que acepte les transfiere la petición del iniciador a los agentes que juegan el rol de *subordinado* dentro de su unidad organizativa; si no encuentra ningún agente que tenga esa información que pide el iniciador se termina la interacción, en el caso contrario, o sea, si encuentra agentes, comienzan las interacciones con dichos agentes, en sub – protocolos por separado. A medida que los sub – protocolos tiene lugar, el bróker de la unidad organizativa administración de recursos reenvía los mensajes recibidos al iniciador.

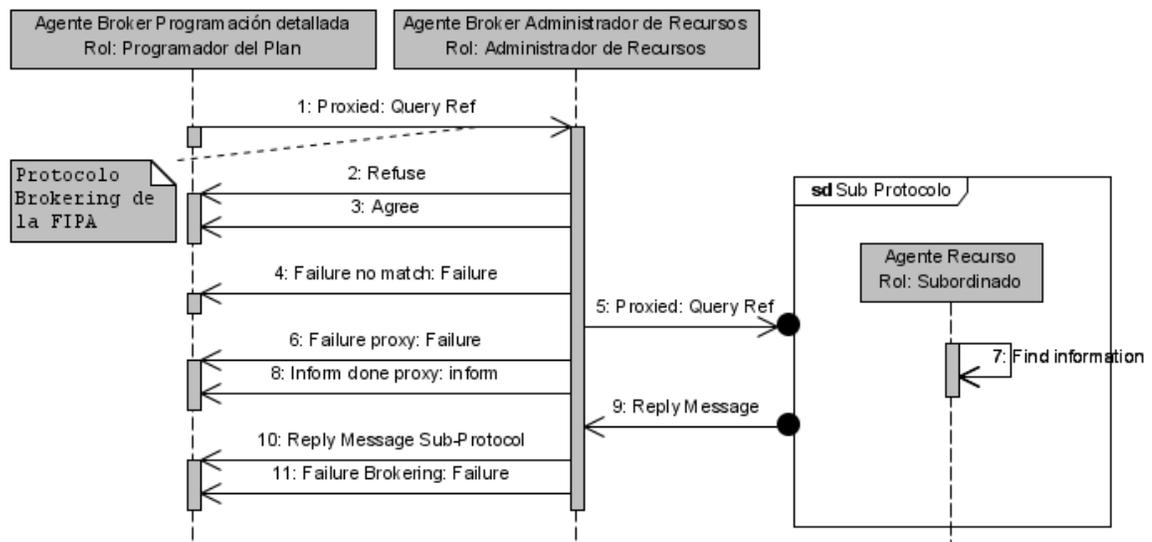


Figura 51. Diagrama de secuencia detallado que especifica la comunicación de un bróker con sus subordinados por petición de un agente iniciador

3.4.2 Fase F. Dinamicidad del Sistema

En esta fase se incluye los servicios que se publicitarán a través de los puertos, se determina los objetivos que persiguen los agentes del.

Para la definición de la dinamicidad del sistema abierto se emplean los siguientes artefactos:

- Diagrama del modelo de entorno para la publicitación de los servicios
- Diagramas del modelo de agente

Para nuestro caso se quieren publicitar los servicios de las unidades organizativas: programación de la producción detallada, seguimiento de la producción y administración

de recursos. Para reflejar la publicitación de estos servicios en la unidad organizativa operación de producción se define la entidad *directorio de servicios*, de tipo puerto de servicios, a través de la cual se accede a los servicios (relación *IAccede*) como lo presenta el diagrama del modelo de entorno para la publicitación de los servicios de operaciones de producción en la Figura 52.

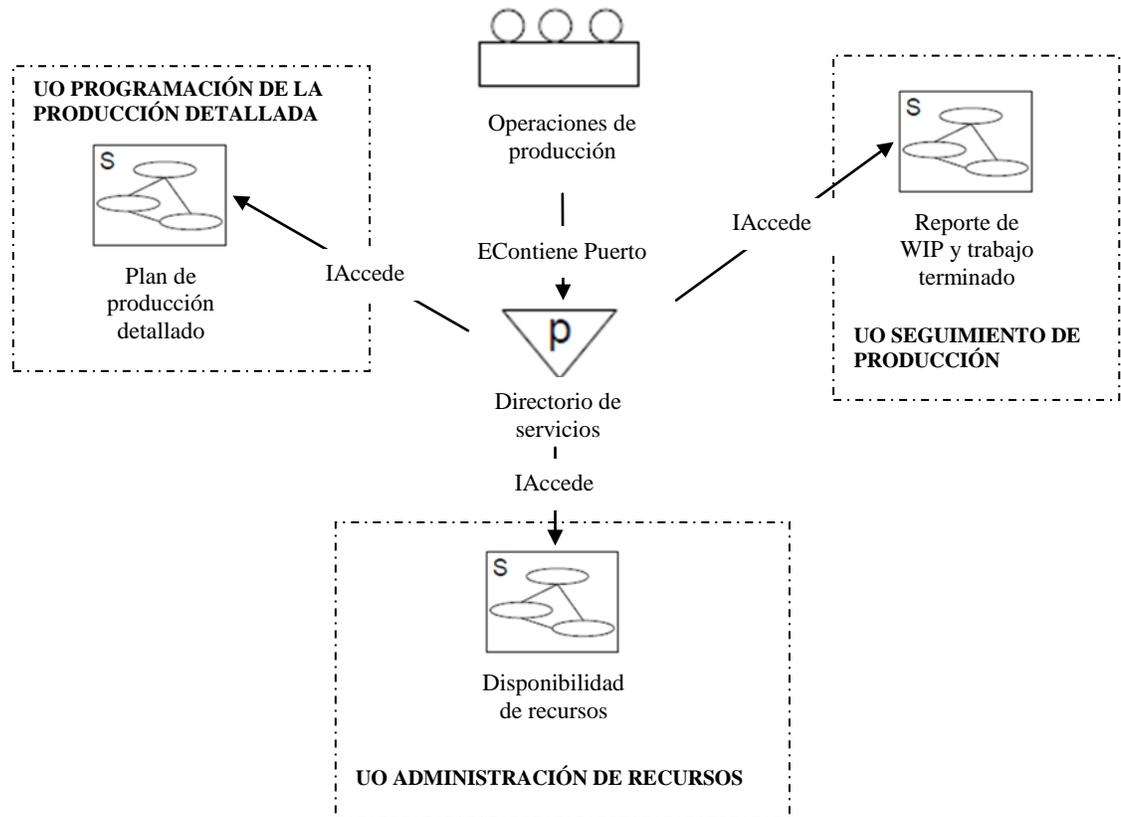


Figura 52. Diagrama del modelo de entorno para la publicitación de los servicios de Operaciones de producción

Como última actividad de esta fase se define el modelo de agente, para los agentes del sistema. Para nuestro caso, se identifican a los bróker diferentes de las unidades como agentes del sistema; pero también se define al agente cliente. Por lo tanto se establecerán los diferentes modelos de agentes los cuales reflejan su comportamiento dependiendo de los objetivos que persigan, así mismo ofrece o consume funcionalidades específicas del sistema, y los estados mentales están directamente relacionados con los objetivos que persigue como se presentan en las Figuras siguientes.

En la Figura 53 se presenta el modelo para el agente bróker programación detallada; cuando juega el *rol programador del plan* persigue el objetivo: crear un plan de producción

y ofrece el servicio plan detallado de producción; de igual forma cuando juega el rol de supervisor persigue el objetivo de informar el plan o los planes creados.

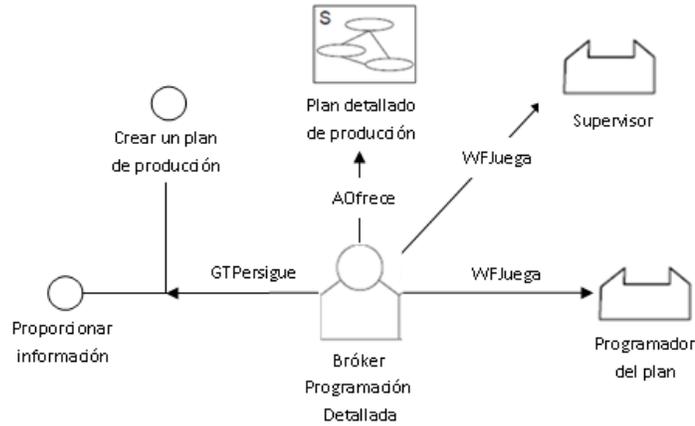


Figura 53. Diagrama del modelo de agente para el agente Broker programación detallada (Agente interno)

En la Figura 54 se muestra el agente cliente solo juega el rol de cliente que persigue el objetivo: consumir los servicios del sistema a través de una interfaz de usuario

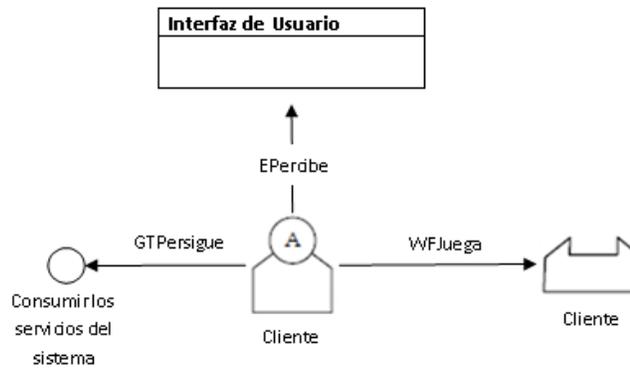


Figura 54. Diagrama del modelo de agente para el agente Cliente

En la Figura 55 mostramos el modelo para el agente bróker administración de recursos, el cual ofrece el servicio disponibilidad de recursos cuando juega el rol administrador de recursos; de igual manera cuando juega el rol de supervisor solicita información a los subordinados de la disponibilidad actual de los recursos.

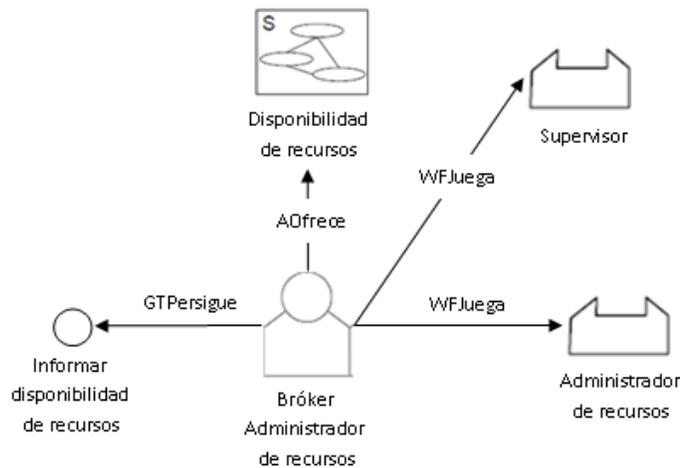


Figura 55. Diagrama del modelo de agente para el agente bróker administrador de recursos

En la Figura 56 se presenta el modelo para el agente bróker seguimiento de la producción, el cual ofrece el servicio reporte de WIP y trabajo terminado cuando juega el *rol seguidor*; de la misma forma cuando juega el *rol supervisor* pide información a los subordinados a cerca de los reportes para proporcionar esa información a los agentes que se la pidan

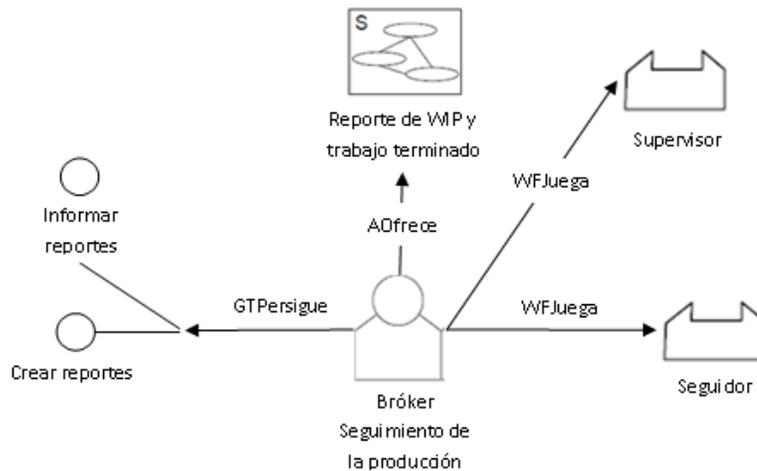


Figura 56. Diagrama del modelo de agente para el agente bróker seguimiento de la producción

3.4.3 Fase G. Sistemas de medición, evaluación y control

En esta fase se realizará la actividad de normalización de tareas, que implica la especificación de normas que regulen la coordinación en las interacciones de los agentes mediante: el orden de invocación y/o ejecución de los servicios; las relaciones de precedencia entre las tareas; sus límites de tiempo requeridos para su ejecución.

Dado que estamos utilizando una tecnología de vinculación prolongada que se definió en el documento *B.1 Tecnología esencial*, para el caso de las unidades organizativas: programación detallada de la producción, administración de recursos de producción y seguimiento de la producción, se observa que sus servicios tienen una relación de presencia entre las tareas y un orden de invocación de los servicios, como se observa en los modelos de actividad de la Fase B.

Se hará la descripción de las normas en el lenguaje Normativo BNF con su respectiva descripción.

Norma 1: Invocación de servicios para el *rol programador del plan*

En la Unidad organizativa programación de la producción detallada, el cliente utiliza el servicio plan de producción detallado, por lo tanto el *rol programador del plan* es quien ofrece ese servicio, para ello necesita invocar otros servicios del sistema, teniendo en cuenta las relaciones de precedencia entre las tareas, como se expone en el modelo de actividad en la fase B Figura 35.

```
OBLIGED ?ag:Rol_ProgramadordelPlan REQUEST
Servicio_PlanDeProducciónALargoplazo AND REQUEST
Servicio_InformarRepoteDeWIPYTrabajoTerminado AND REQUEST
Servicio_EnrutamientoDeLaProducciónYReglas de producción AND REQUEST
Servicio_DisponibilidadDeRecursos
BEFORE ?ag: ProgramadordelPlan REQUEST
Task id: AsignarRecursosATareas
```

Norma 2: Invocación de servicio para el *rol administrador de recursos*

En la Unidad organizativa administración de recursos de producción, el cliente utiliza el servicio disponibilidad de recursos, por lo tanto el *rol administrador de recursos* es quien ofrece ese servicio, para ello necesita invocar otros servicios del sistema, teniendo en cuenta las relaciones de precedencia entre las tareas, como se expone en el modelo de actividad en la fase B Figura 37.

```
OBLIGED ?ag: Rol_id: AdministradorDeRecursos REQUEST
Servicio_EquipoYDatosEspecíficosDeProceso AND REQUEST
Servicio_PlanDeProducciónDetallado AND REQUEST
BEFORE ?ag Rol_id: AdministradorDeRecursos REQUEST
Obligued Task id: AccederABaseDeDatos
Befeore Task id informar disponibilidad
```

Norma 3: Invocación de servicio para el *rol seguidor*

En la Unidad organizativa seguimiento de la producción, el cliente utiliza el reporte de WIP y trabajo terminado, por lo tanto el *rol seguidor* es quien ofrece ese servicio, para ello necesita invocar otros servicios del sistema, teniendo en cuenta las relaciones de precedencia entre las tareas, como se expone en el modelo de actividad en la fase B Figura 39.

```
OBLIGED ?ag:Rol_id: Seguidor REQUEST
Servicio_ListaDeDeapacho AND REQUEST
Servicio_EstadosDeLaProducciónYDatosHistóricosDeRecursos AND REQUEST
Servicio_EnrutamientoDeLaProducciónYReglasDeProducción AND REQUEST
Servicio_DatosDeRendimiento
BEFORE ?ag: Rol_id: Seguidor REQUEST
Task id: CrearReporte
```

Norma 4: La unidad organizativa programación detallada de la producción cuando genera el plan de producción detallado se lo envía a las unidades organizativas administración de recursos de producción y despacho de producción.

3.4.4 Modelo de conocimiento para la toma de decisiones de los agentes

Para establecer el modelo de conocimiento que tienen los agentes del sistema multiagente implementado debemos primero identificar la arquitectura que se desea implementar.

Los agentes que componen el sistema multiagente poseen un modelo de conocimientos que les permite tomar decisiones de manera autónoma; esta toma de decisiones dependerá de la arquitectura que tome el agente.

Las arquitecturas de agentes describen la interconexión de los módulos software/hardware que permiten exhibir las conductas enunciadas en las teorías de agentes.

Para los diferentes agentes desarrollados hasta ahora se aplicará una arquitectura reactiva, en la cual sigue un enfoque conductista, con un modelo estímulo respuesta. Las arquitecturas reactivas siguen un procesamiento ascendente (*bottom – up*), para lo cual mantienen una serie de patrones que se activan bajo ciertas condiciones de los sensores y tiene un efecto directo en los actuadores.

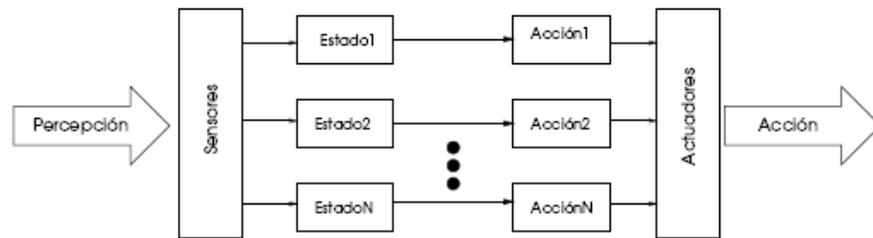


Figura 57. Arquitectura de un agente reactivo

Las arquitecturas reactivas pueden clasificarse como verticales porque los estímulos recibidos del exterior son procesados por capas especializadas que directamente responden con acciones a dichos estímulos y pueden inhibir las capas inferiores como lo presenta la Figura 57

Por ejemplo para el agente bróker programación detallada de la producción, el modelo de conocimiento para la toma de decisiones es el que presenta la Figura 58; donde para ejecutar ya sea la acción 1 o 2 se debe conocer información específica de cuatro estados, si la información que contiene algún estado no es la correcta entonces no se ejecuta ninguna acción.

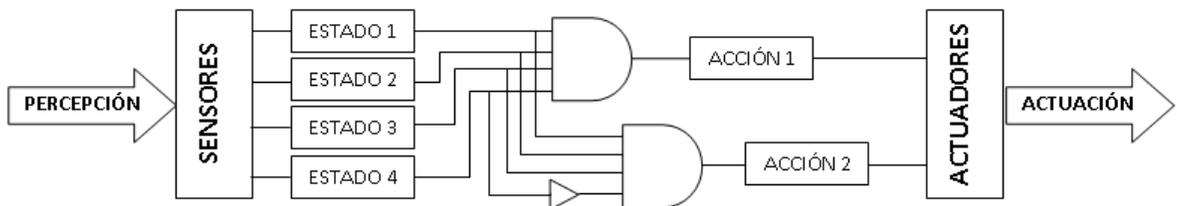


Figura 58. Modelo de conocimiento para la toma de decisiones del agente bróker programación detallada de la producción

En la Tabla 21 se presenta la información que deben contener los estados para que se ejecute la acción correspondiente.

Tabla 21. Relación entre los estados y las acciones para el agente bróker programación detallada de la producción

Estado 1: Conoce el plan de producción a largo plazo	Acción 1: Elabora un plan de producción detallado
Estado 2: Conoce las reglas y la ruta de producción	
Estado 3: Conoce los recursos disponibles	
Estado 4: Conoce el reporte de trabajo en proceso y el terminado	
Estado 1: Conoce el plan de producción a largo plazo	Acción 2: Cancelar el plan que se está elaborando y reprogramar las tareas en las cuales ocurrieron disturbios.
Estado 2: Conoce las reglas y la ruta de producción	

Estado 3: Conoce los recursos disponibles	
Estado 4: Reporte de disturbios en los recursos	

3.5 PROCEDIMIENTO PARA DETALLAR LAS ACTIVIDADES DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN

Como se pudo observar, el modelo de actividades de operaciones de producción de la Norma ISA 95 contiene ocho actividades instauradas en el nivel 3, en esta monografía se creó un modelo estructural (Ver Figura 59) que considera las ocho actividades del modelo de la ISA como unidades organizativas, que se comunican entre sí para poder ofrecer unos servicios. Hasta el momento tan sólo se han detallado los servicios de las unidades organizativas: programación de la producción, administración de recursos de producción y seguimiento de la producción como lo presenta el modelo funcional (Ver Figura 59); también se ha estipulado la estructura interna (Ver Figura 59) de cada una de la unidades del modelo estructural, por lo tanto se establecerá un procedimiento que permita detallar los servicios de las demás unidades organizativas, diseñar las dinámicas de esos servicios y coordinar dichas dinámicas mediante normas.

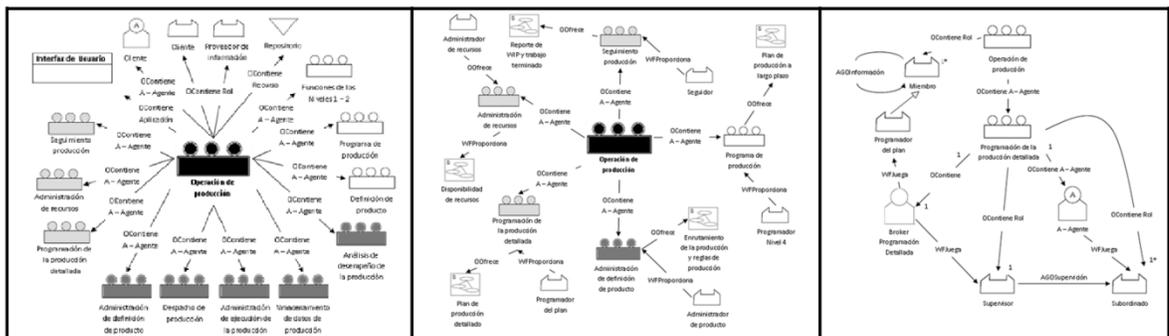


Figura 59. Diagramas de los modelos estructurales y funcionales de la organización.

El procedimiento se establecerá mediante un diagrama de flujo, en el que se indiquen los pasos para llevar a cabo lo establecido anteriormente.

Lo primero que se debe tener en cuenta es el análisis de requisitos del sistema, específicamente en la Fase B. Tareas y proceso, prestando atención a la tecnología de unidad de trabajo donde se detalla cada servicio.

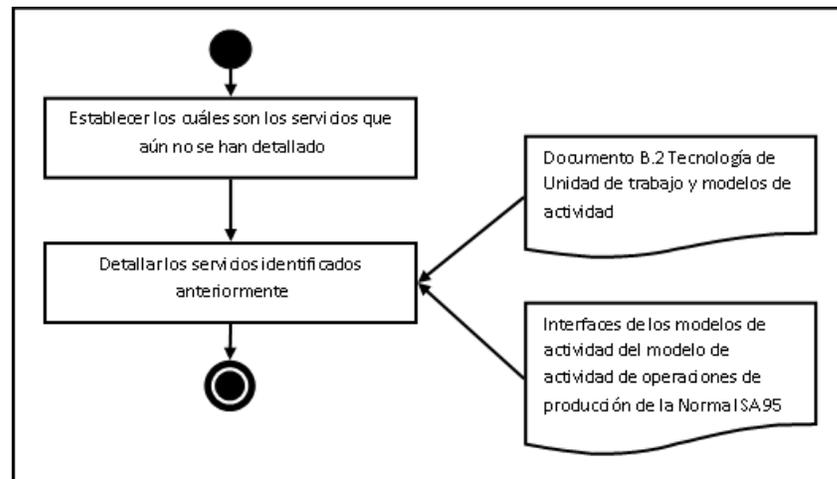


Figura 60. Procedimiento para integrar las actividades no consideradas (Primera parte)

Según la figura 60 en la etapa de análisis se debe seguir el siguiente procedimiento.

1. Se establece el servicio que se quiere detallar, para ello tomaremos como ejemplo el servicio lista de despacho de unidad organizativa despacho de producción que lo proporciona el rol despachador

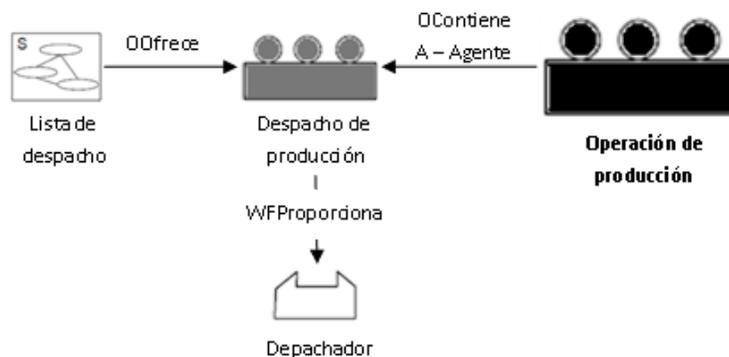


Figura 61. Relación del servicio que se quiere detallar con su unidad organizativa y el rol que los proporciona

2. Ahora se detalla el servicio identificado anteriormente, para ello se tendrán en cuenta la interfaz proporcionada por la FIPA, donde se puede apreciar las entradas y salidas para la actividad

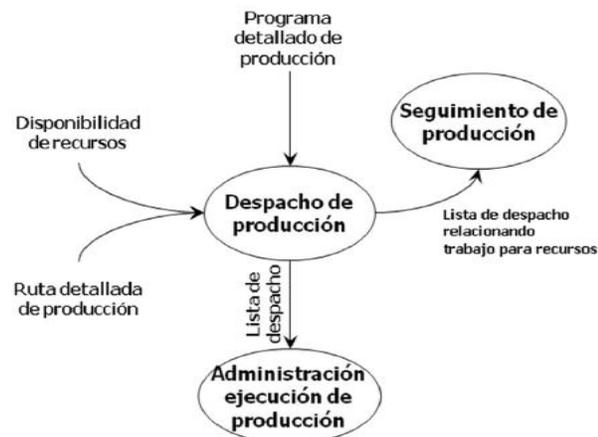


Figura 62. Interfaz de la ISA 95 que proporciona información de las entradas y salidas de una actividad

Teniendo en cuenta la interfaz, se elabora el modelo de actividad y se crea el documento B.2 Tecnología de unidad de trabajo, donde se hace una descripción del servicio

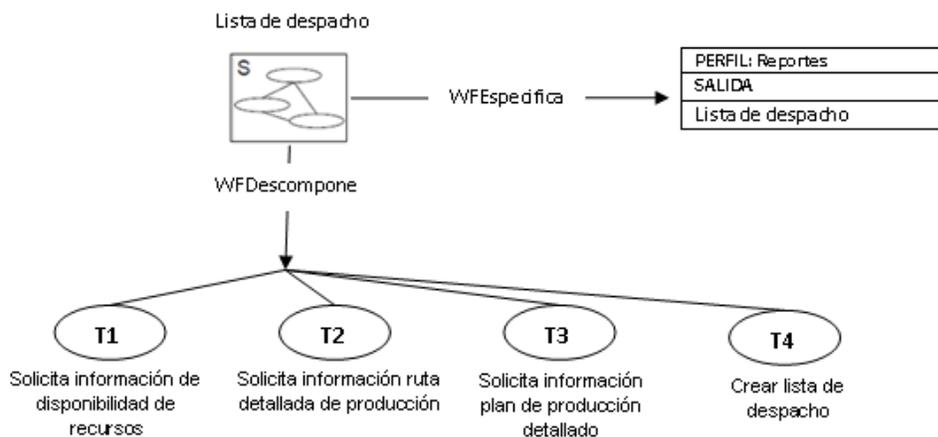


Figura 63. Modelo de tareas para el servicio lista de despacho

Con los servicios detallados se establecen las dinámicas de dichos servicios para ello comenzaremos con la Fase E. Diseño de los procesos de información y decisión, aquí se establecen diferentes modelos que representan las interacciones; la Fase F. Dinamicidad del sistema y G. Sistemas de medición evaluación y control

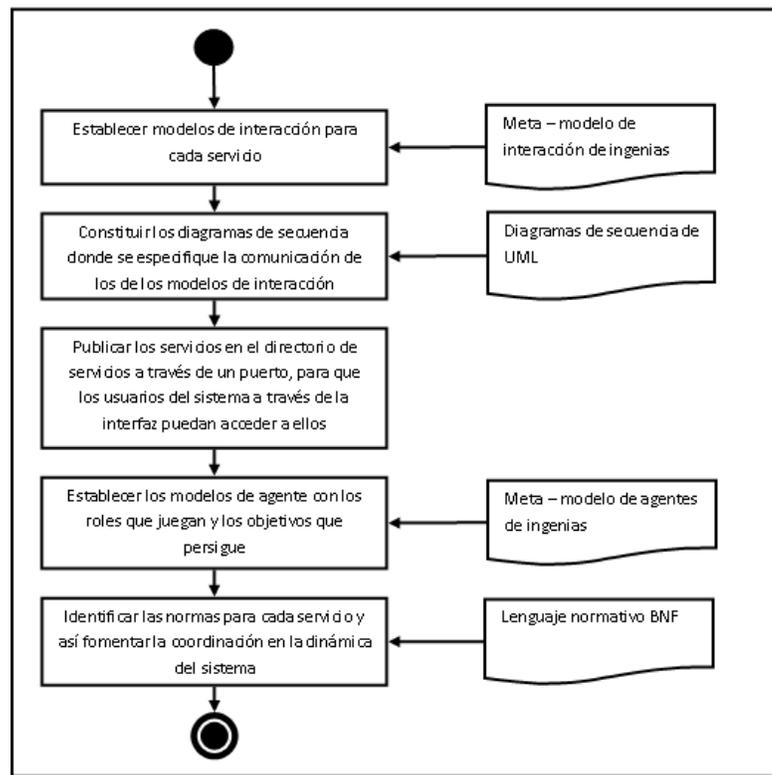


Figura 64. Procedimiento para integrar las actividades no consideradas (Segunda parte)

Siguiendo con el ejemplo ahora se explica el procedimiento de la Figura 64 donde se establecen las dinámicas de los servicios

1. Se establecen los modelos de interacción para el servicio lista de despacho, quien lo utiliza y con qué objetivo

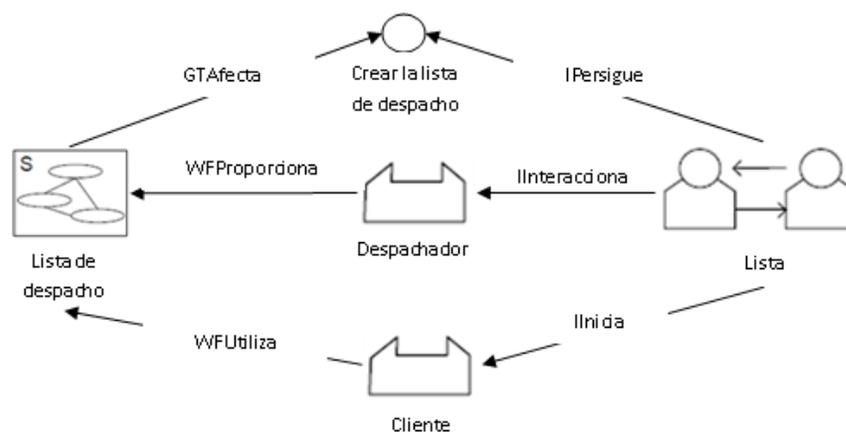


Figura 65. Modelo de interacción para el servicio lista de despacho

- Se construye los diagramas de secuencia donde se especifica la comunicación del modelo de interacción, se establece que con que agentes se comunica para poder ofrecer el servicio

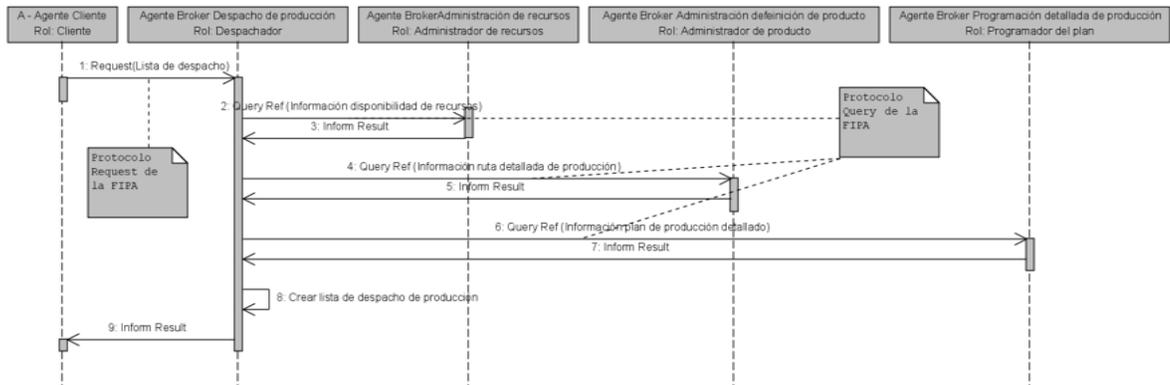


Figura 66. Diagrama de secuencia que especifica la comunicación

- Ahora se debe publicar el servicio en el directorio de servicios, para que los usuarios del sistema puedan acceder a ellos a través de una interfaz

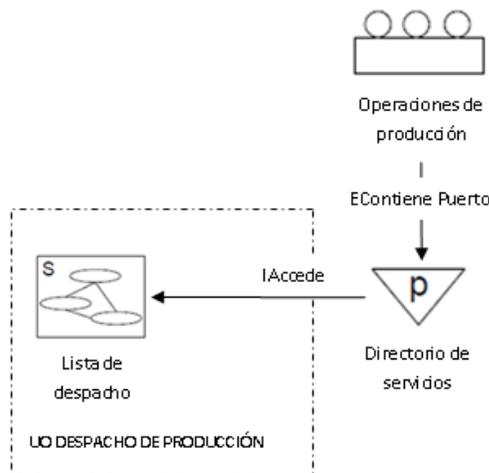


Figura 67. Modelo para la publicitación de servicios

- Se establece el modelo de agente para establecer los roles que juegan y los objetivos que persigue

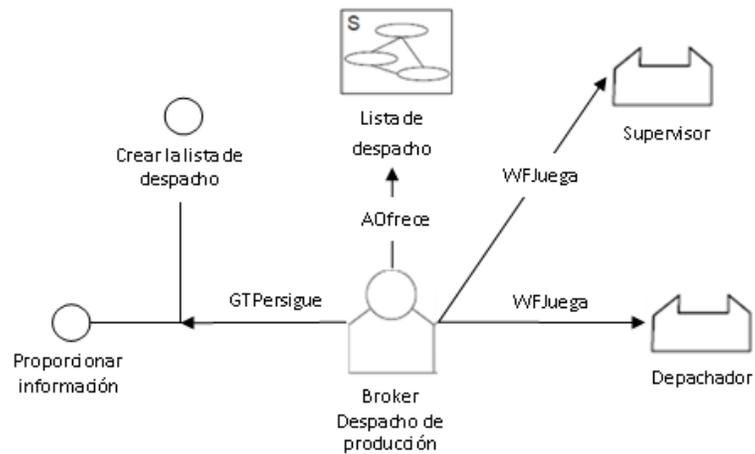


Figura 68. Modelo de agente para el agente bróker despacho de producción

- Identificar las normas del servicio para fomentar la coordinación en las dinámicas del sistema, para ello se utiliza lenguaje BNF

Norma: Invocación de servicios para el rol despachador

*OBLIGED ?ag:Rol_id: Depachador REQUEST
 Servicio_Disponibilidad de recursos AND REQUEST
 Servicio_Ruta Detallada de producción AND REQUEST
 Servicio_Plan de producción detallado
 BEFORE ?ag: Rol_id: Depachador REQUEST
 Task id: Crear ListaDeDepacho*

CAPÍTULO 4

CASO DE ESTUDIO: PROCESO UHT

Primero, se hará una pequeña descripción del proceso de ultra pasteurización de leche UHT; luego, se tomará este proceso y los aplicaremos en nuestro modelo con sistemas multiagentes, pero sólo se hará para la operación programación de la producción; finalmente se comparará la programación habitual y la programación con nuestro sistema para el proceso UHT.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO UHT

4.1.1 Adecuación y tratamiento previo al proceso UHT

Para llevar a término el proceso de adecuación y tratamiento se realizan las siguientes operaciones.

4.1.1.1 Filtrado

Mediante un filtro de placas se realiza un filtrado con el fin de evitar el paso de partículas no deseadas o contaminantes al proceso

4.1.1.2 Termización

Se lleva la leche cruda a una temperatura de inhibición bacteriana de 4°C para evitar el deterioro de la leche durante el proceso o el almacenamiento. Se realiza en un intercambiador de placas que utiliza un sistema de enfriamiento con agua fría recirculada proveniente de un banco de hielo.

4.1.1.3 Almacenamiento

La leche es almacenada en un tanque apropiado para el almacenamiento de leche cruda fría; posterior al almacenamiento se realiza una prueba de análisis fisicoquímico con el fin de verificar ciertas características de la leche como la materia grasa y la densidad; teniendo estos datos, la leche es trasladada a la clarificadora por una bomba impulsora para realizar el siguiente paso en el proceso.

4.1.1.4 Estandarización y clarificación

En la estandarización intervienen dos áreas, el laboratorio de calidad y producción. Según los resultados del laboratorio y las especificaciones del producto que procesar, el flujo de

leche descremada y un porcentaje específico de crema deben ser recombinados. De igual manera, si el porcentaje de sólidos totales son bajos se adiciona lactosa y micro ingredientes, y si es alto se adiciona agua. Este proceso se realiza en el equipo de rehidratación y estandarización. Está compuesto por un tanque, una tolva, un mezclador y un juego de válvulas.

4.1.2 Procesamiento UHT y empaçado

El tratamiento UHT es un proceso que consta de un equipo de calentamiento sumado al equipo apropiado de envasado. Las etapas que lo componen se describirán a continuación.

4.1.2.1 Recepción en el tanque de balance

La leche que ya ha sido adecuada y estandarizada es conducida a través de una tubería de acero inoxidable, impulsada por una motobomba hasta el tanque de balance de la línea UHT; el propósito es garantizar un flujo constante de leche hacia el proceso.

4.1.2.2 Regeneración

Llamada también precalentamiento, el objetivo es acondicionar el fluido en proceso antes de la etapa de calentamiento. La leche que ingresa a una temperatura de 4°C es elevada a una temperatura de 70 a 75°C, temperatura en la cual el producto es correctamente homogenizado. Este sub – proceso se lleva a cabo en el intercambiador de calor, que hace parte del equipo de ultra pasteurización, donde se realiza una transferencia térmica desde la leche caliente ya procesada que fluye de otra sección hacia la leche cruda que ingresa al proceso UHT.

4.1.2.3 Homogenización

Consiste en la dispersión del glóbulo graso de la leche, al punto de no permitir una separación de la leche tras un periodo prolongado en reposo. En este proceso se reduce el tamaño de los glóbulos grasos que tienen un diámetro de 1 – 5 μm a un diámetro uniforme de 0.5 – 1 μm , impidiendo así que éstos se unan, asciendan y formen la capa de nata. Esto se logra aplicando fricción a presiones altas.

4.1.2.4 Ultra Pasteurización – esterilización

El tratamiento de esterilización UHT es un proceso continuo donde el producto se lo calienta hasta llegar a la temperatura de esterilización de 135 a 140°C, el cual se mantiene durante un corto tiempo de 2 a 4 segundos. El propósito del tratamiento UHT es lograr una esterilidad comercial en el producto.

La esterilización de la leche se lleva a cabo a través de un intercambiador térmico en el intercambiador de calor tubular. El elemento de calentamiento es vapor saturado proveniente de la caldera.

4.1.2.5 Retención

A la temperatura de ultra pasteurización y bajo presión, la leche caliente atraviesa el tubo de sostenimiento o serpentín donde permanece aproximadamente durante cuatro segundos, garantizando el tiempo de sostenimiento de la temperatura de ultra pasteurización, según las especificaciones del proceso UHT.

4.1.2.6 Enfriamiento

Se realiza un choque térmico bajando la temperatura del fluido en proceso a temperatura ambiente de aproximadamente 20°C, mediante el intercambio de calor entre el fluido en proceso caliente y agua fría a temperatura de 1°C.

4.1.2.7 Recepción en tanque de producto terminado

Una vez que la leche es sometida al tratamiento UHT debe ser almacenada de manera aséptica como paso intermedio entre el tratamiento UHT y el envase o empaque del producto. Este almacenamiento se realiza en un tanque refrigerado que garantiza la asepsia del producto mientras éste espera ser empacado.

4.1.2.8 Empacado

Se envasa el producto en recipientes previamente esterilizados, que una vez llenados y cerrados garantizan unas condiciones asépticas de conservación.

A continuación en la Figura 69 se establece los segmentos del proceso y la ruta en los procesos para realizar el proceso de UHT.

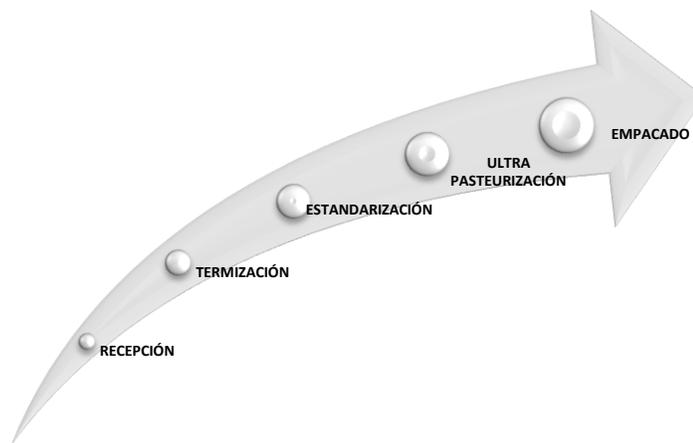


Figura 69. Segmentos del proceso para la elaboración de la leche UHT

4.2 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HABITUAL

En la empresa caso de estudio para el proceso UHT la programación de la producción es llevada a cabo por el gerente de producción con ayuda del jefe de producción y los supervisores de los diferentes centros de trabajo. El gerente de producción recibe el programa de producción desde el área de logística cada viernes de cada semana, este programa de producción inicial está compuesto de las solicitudes de producción en forma de cantidades de producto terminado para una semana específica, pero no especifica que material, equipo o personal se debe utilizar.

En la planta de producción estudiada con base en el programa de producción de del área de logística se realiza un programa detallado de producción para cada día de la semana determinando las necesidades de materia prima, personal y equipo. Para llevar a cabo lo anterior, primero se establece la materia prima que se necesita, para lo cual se determina el lote o los lotes que se van a realizar. En donde un lote es la cantidad en unidades que se piden diariamente en el programa de producción el cual tiene asignado un código (un lote por producto). Prácticamente los lotes vienen diseñados en el sistema, el cual entrega teóricamente las cantidades de materias primas que se necesitan para llevar a cabo un lote en particular basándose en la definición del producto. Las solicitudes de producción entregadas en el programa son ingresados en forma de lotes al sistema OPM – 11, el cual entrega un código, la cantidad de materia prima y la cantidad de materiales que se necesita para cumplir esta solicitud.

Por otra parte, hay ocasiones en donde se puede cambiar el orden del programa, lo cual depende de la prioridad que se tenga o de que surja algún problema que puede involucrar adelantar o atrasar una producción o realizar una reprogramación; esta decisión es tomada por el gerente de producción. Cabe aclarar que en la planta de producción estudiada se puede alterar el orden más no las cantidades que se tienen que producir en

una semana determinada, ya que al final del mes se debe tener un inventario físico y otro en el sistema los cuales deben coincidir para poder hacer el cierre mensual.

A continuación en la Figura 70 se presenta una gráfica que ilustre el programa detallado de producción de la empresa caso de estudio para la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc.

Se puede apreciar el funcionamiento general para programar la producción:

- Primero, el área de logística envía la programación para una semana al gerente de producción, en el que se especifica que se deben hacer 1000 unidades de leche UHT de 900cc
- El gerente de producción con ayuda del jefe de planta y el supervisor UHT, dividen la programación enviada desde el área de logística que se considera a largo plazo, en lotes que ocupen la capacidad de la planta por un día, para ello tiene en cuenta la definición de producto que es desarrollada en el área de R&D, cuyos responsables son: el jefe de calidad, y el gerente de producción y sus colaboradores que serían los supervisores
- Puesto que nos enfocaremos en el segmento de proceso UHT, las solicitudes de producción entregadas en el programa, son ingresadas en forma de lotes al sistema OPM – 11
- El sistema OPM – 11 especifica los recursos necesarios para cumplir con la producción de un día en particular

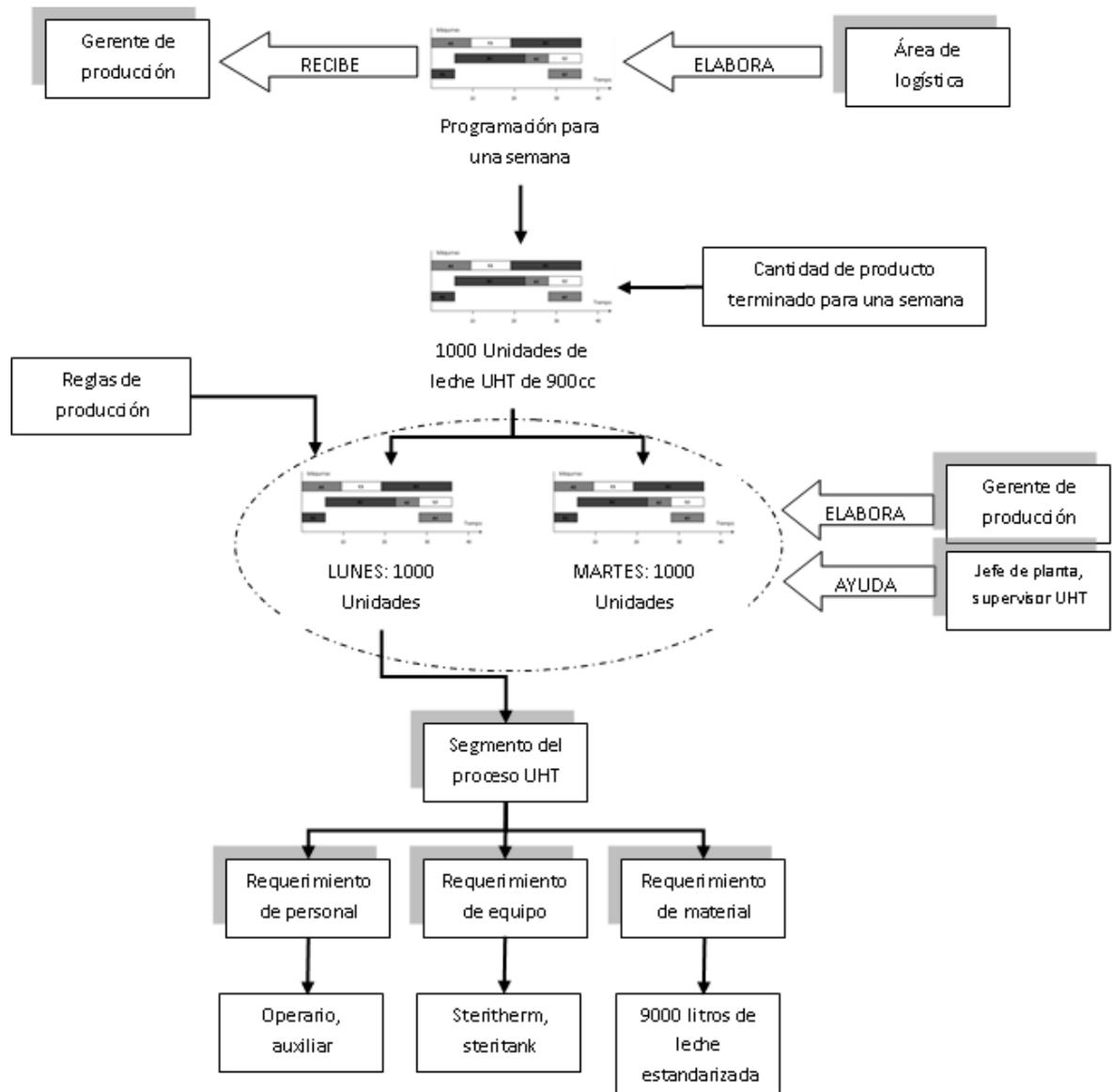


Figura 70. Descripción de la programación de la producción habitual para el proceso UHT

4.3 PROGRAMACIÓN CON SISTEMAS MULTIAGENTES

La programación con sistemas multiagentes se hará teniendo en cuenta los modelos desarrollado en el capítulo anterior, donde se define la vista estructural, funcional, la estructura interna de la unidades organizativas y el modelo de actividades para los servicios que ofrece cada unidad organizativa.

Primero, la vista estructural del modelo de organización: en la que se consideraron cada una de las actividades del modelo de actividad de operaciones de producción de la Norma ISA 95 y se representaron como unidades organizativas como lo presenta la Figura 71.

Vista funcional del modelo de organización: en el que se relacionan las nuevas unidades organizativas con los servicios que ofrecen y los roles que los proporcionan, aunque es una versión reducida, ya que sólo se relacionan los roles y servicios para algunas de las unidades como lo especifica la Figura 71.

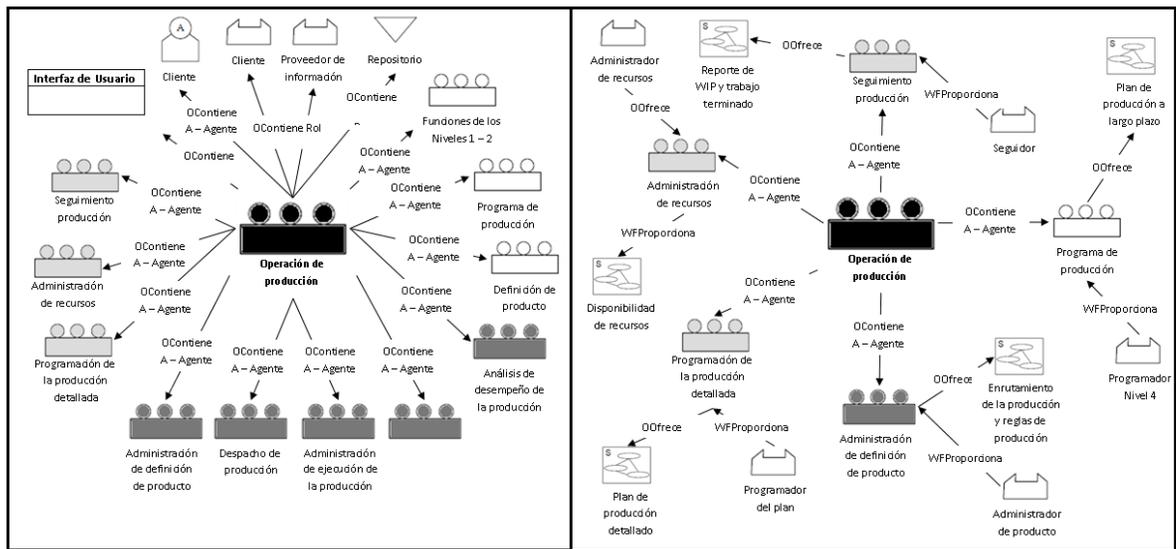


Figura 71. Vista estructural y funcional del modelo de organización.

Ahora definimos la estructura interna de las unidades, donde la unidad organizativa programación de la producción detallada, se modela internamente como un equipo donde sus miembros (los bróker de cada unidad organizativa) pueden comunicarse entre sí para perseguir los objetivos del sistema.

Por ejemplo, la unidad organizativa programación detallada se presentan como una federación, que es una agrupación de agentes en las que existe un delegado o intermediario que representa al grupo, el cual se encarga de recibir o enviar información de los intermediarios de otras federaciones como se observa en la Figura 72.

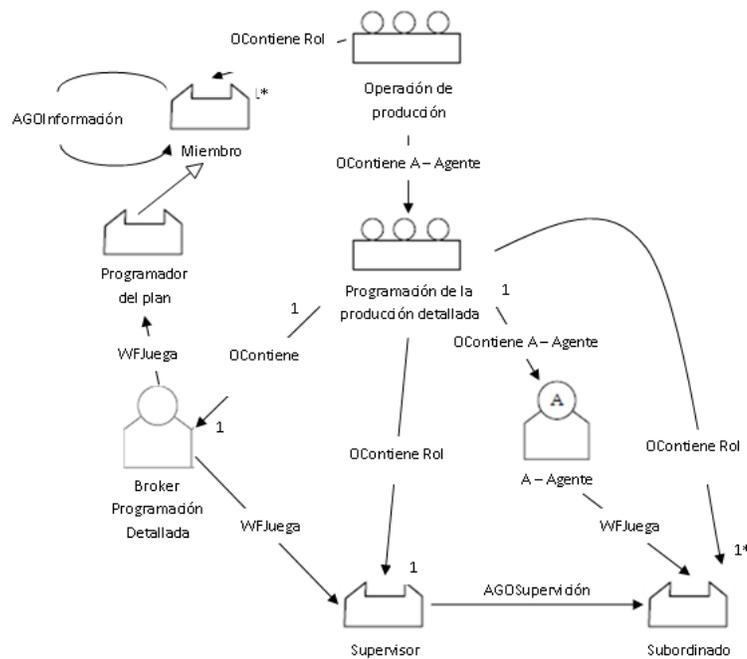


Figura 72. Vista estructural interna de la unidad organizativa programación detallada de la producción

Ahora bien el servicio que ofrece la unidad organizativa programación de la producción detallada es el plan de producción detallado el cual es representado por un modelo de tareas como lo presenta la Figura 73.

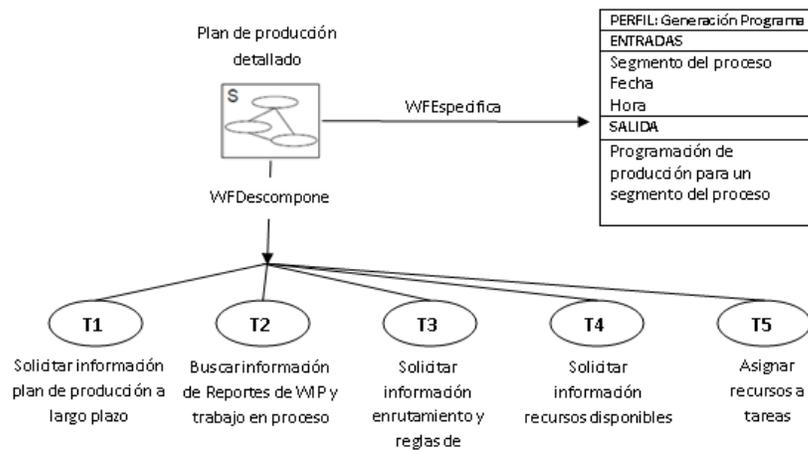


Figura 73. Modelos de tareas para el servicio plan de producción detallado

En la primera tarea solicita el plan de producción a largo plazo, para conocer los requerimientos de producción desde el nivel de negocios; luego, solicita el reporte de WIP y trabajo terminado, para conocer lo que actualmente se está produciendo y lo que ya se ha producido, así mismo informa sobre los eventos, por ejemplo las tareas de producción no culminadas para que sean reprogramadas; posteriormente solicita el enrutamiento y reglas de producción, para saber qué recursos se deben utilizar para la producción de

ciertos productos en cada uno de los segmentos del proceso, como cuarta tarea, solicita información de los recursos disponibles para conocer las definiciones específicas de tiempo en las que se puede programar dichos recursos; finalmente con toda esta información recogida se asignan los recursos encontrados como disponibles a las tareas de producción que se quieran programar.

Ahora bien, teniendo en cuenta los modelos descritos anteriormente se ejemplifica la programación de la producción con un sistema multiagente para el proceso UHT.

Primero el usuario del sistema necesita el servicio plan de producción detallado, para el cual accede través de una interfaz de usuario. El sistema lo representa la unidad organizativa operación de producción, y el usuario toma el *rol cliente* dentro del sistema, y utiliza un puerto para acceder a la interfaz, de esta manera consumir el servicio plan de producción detallado como los presenta la Figura 74

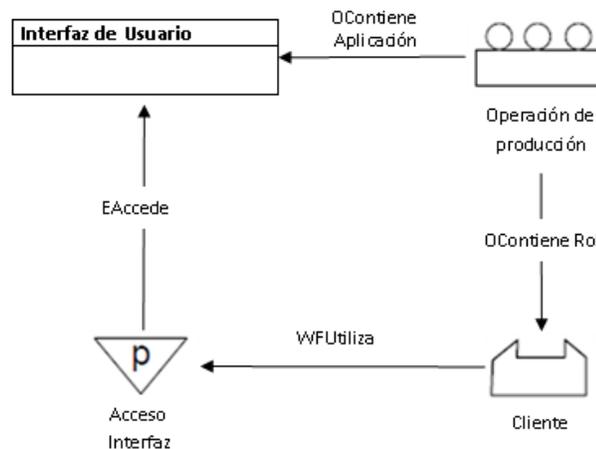


Figura 74. Acceso al servicio plan de producción detallado

Consecutivamente, se observa que el servicio plan de programación detallada lo ofrece el *rol programador del plan* en la unidad organizativa programación de la producción detallada como se observa en la Figura 75.



Figura 75. Relación del servicio con el rol que lo proporciona

Paso siguiente es conocer las tareas en que se descompone el servicio plan de producción detallado, y los servicios que invoca para poder realizar dichas tareas para ello se presenta la tabla 22 y el modelo de tareas detallado Figura 76.

Tabla 22. Relación de la tarea con el servicio que invoca

Tareas		Servicios	
Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
T1	Solicitar información plan de producción a largo plazo	S1	Plan de producción a largo plazo
T2	Buscar información de reportes de WIP y trabajo terminado	S2	Informar reporte de WIP y trabajo terminado
T3	Solicitar información del enrutamiento y reglas de producción.	S3	Enrutamiento de la producción y reglas de producción.
T4	Solicitar información recursos disponibles	S4	Disponibilidad de recursos
T5	Asignar recursos a tareas		

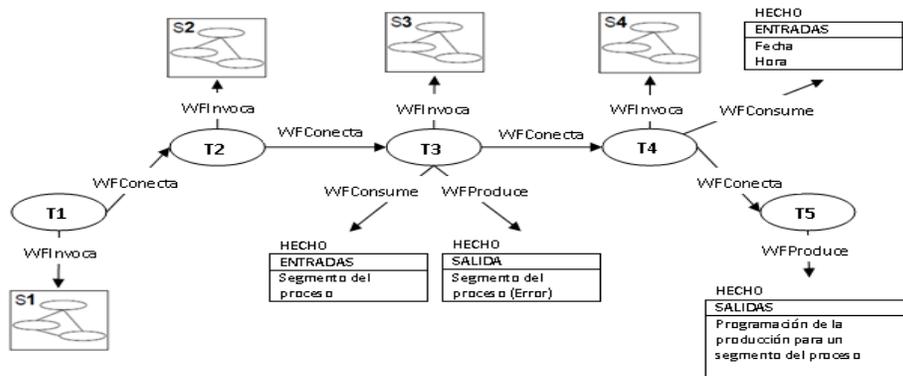


Figura 76. Modelo de tareas detallado para el servicio plan de producción detallado

Conociendo la dependencia entre las tareas y los servicios que invoca cada tarea, se puede establecer la estructura para poder ofrecer el servicio plan de producción detallado; primero, se establecen los bróker como un equipo donde se comunican entre sí para perseguir un objetivo, que en este caso es ofrecer el servicio plan de producción detallado a un cliente; también se observa la estructura federada en los bróker, en la que se presenta una comunicación vertical como lo ilustra la Figura 77.

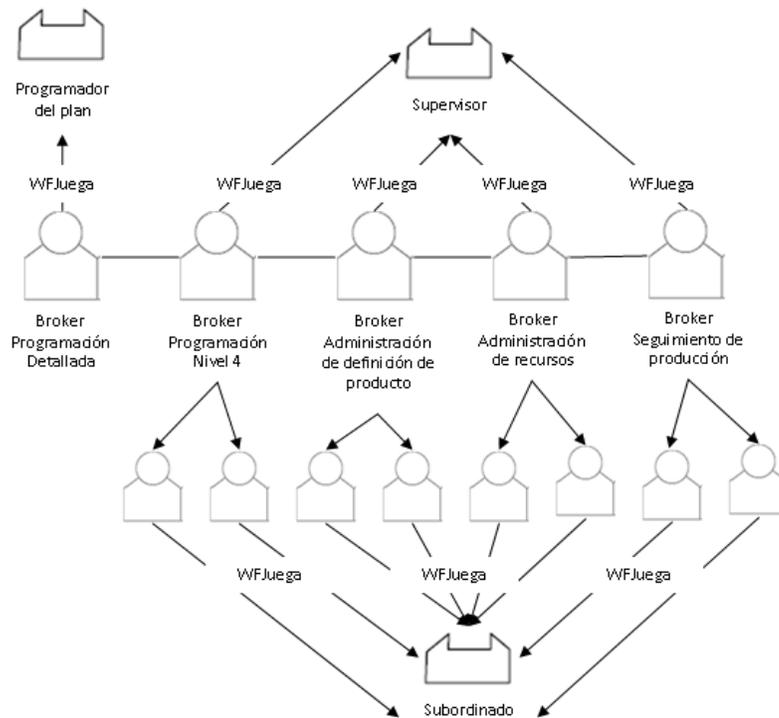


Figura 77. Estructura para el servicio plan de producción detallado

A continuación se debe identificar cuáles son los agentes subordinados para los diferentes bróker de la Figura 77; se debe tener en cuenta que los agentes subordinados pueden ser agentes del tipo funcional o físico siempre y cuando posean información acerca del servicio que representa; para nuestro caso de estudio se han identificado los subordinados, y se presentan en la tabla 23.

Tabla 23. Identificación de los subordinados

Servicio	Bróker que los supervisa	Subordinados que representan el servicio
Plan de producción a largo plazo	Bróker programación Nivel 4	Área de logística
Reporte de WIP y trabajo terminado	Bróker seguimiento de producción	Jefe de planta
Enrutamiento de la producción y reglas de producción	Bróker administración de definición de producto	Área de calidad Área de R&D

Disponibilidad de recursos	Bróker administración de recursos	Área de recursos humanos Área de mantenimiento Área de materiales
----------------------------	-----------------------------------	---

Ahora teniendo en cuenta lo anterior se establecen las interacciones, especificando la comunicación con el diagrama de secuencia

1. El usuario toma el *rol cliente* dentro del sistema y solicita el servicio plan de producción detallado, especificando: el segmento que quiere programar, la fecha y la hora

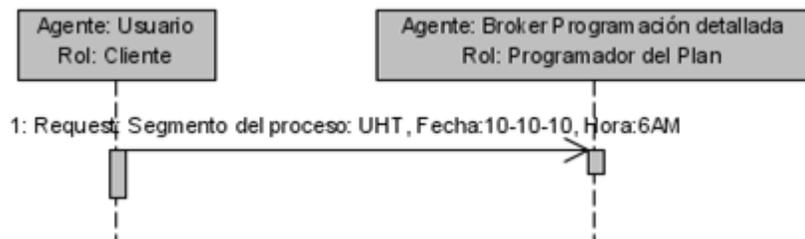


Figura 78. Interacción del agente cliente con el agente bróker programación detallada

2. El agente bróker programación detallada comienza a ejecutar el modelo de tareas detallado, para la tarea uno, solicita información del plan de producción a largo plazo al bróker programación nivel 4, este busca entre sus subordinados la información y se la comunica al iniciador

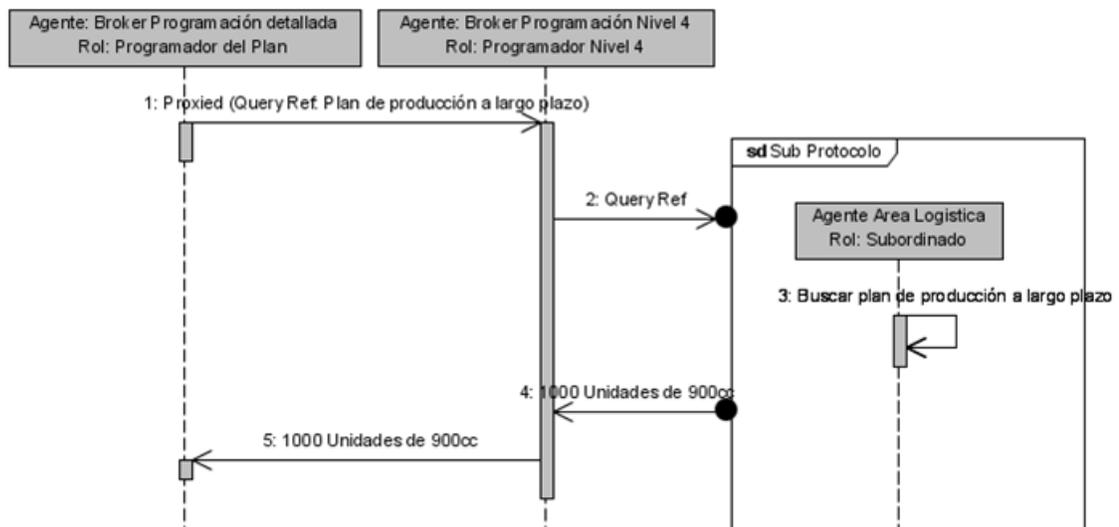


Figura 79. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker programación nivel 4

- Para la tarea dos el agente bróker programación detallada busca información de reportes de WIP y trabajo terminado, este reporte incluye un informe del trabajo completado y el que se está produciendo en el momento

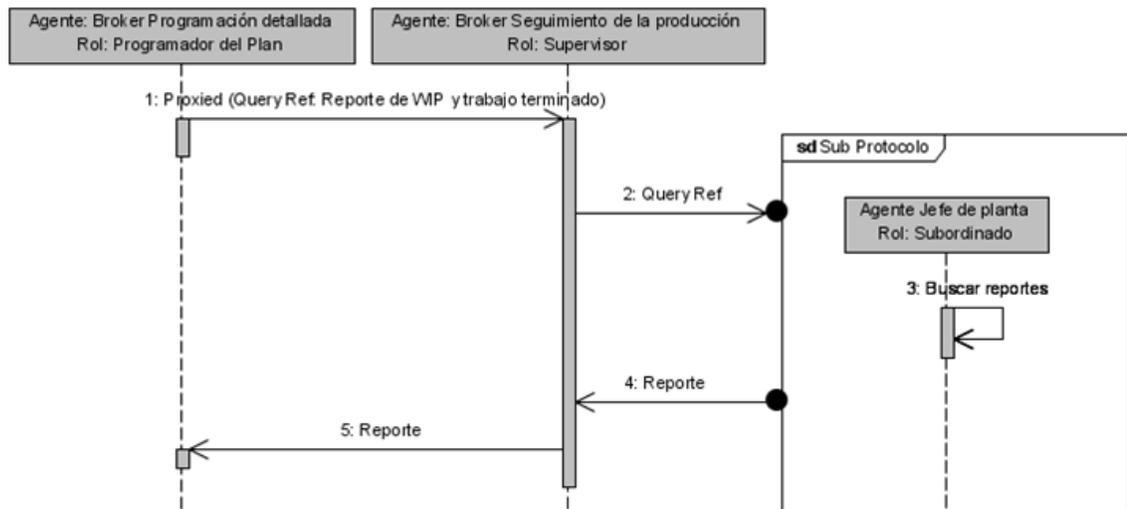


Figura 80. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker seguimiento de la producción

- Para la tarea tres solicita información del enrutamiento de la producción y las reglas de producción, para saber qué recursos se deben utilizar para la producción de ciertos productos en cada uno de los segmentos del proceso



Figura 81. Interacción agente bróker programación detallada con el agente bróker administración de definición de producto

- Para la tarea cuatro solicita información de los recursos disponibles para conocer las definiciones específicas de tiempo en las que se puede programar dicho recurso

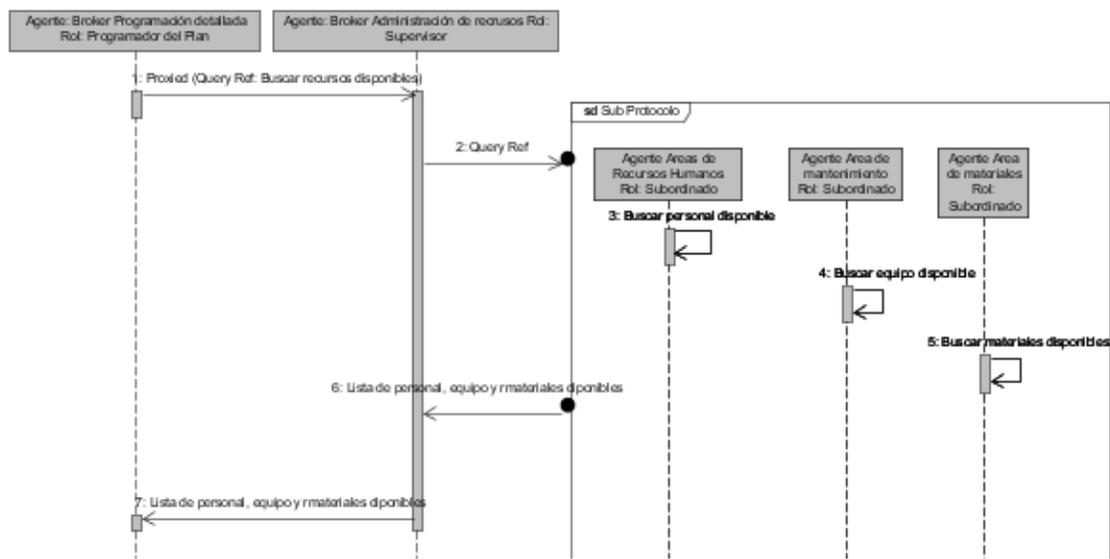


Figura 82. Interacción agente bróker programación detallada con el agente administración de recursos

- Por último, con toda esta información recogida se asignan los recursos encontrados como disponibles a las tareas de producción del segmento del proceso que se quieran programar, adicionalmente se informa el plan generado al bróker administrador de recursos para que establezca los recursos programados como reservados.



Figura 83. Generación del plan de producción detallado

4.4. ANÁLISIS COMPARATIVO

Teniendo en cuenta la descripción de la programación de la producción habitual y la programación aplicando sistemas multiagentes basados en la Norma ISA 95 se hace un análisis comparativo en la Tabla 24

Tabla 24. Análisis comparativo entre la programación habitual y la programación con sistemas multiagentes basados en la Norma ISA 95 para el proceso UHT

Análisis comparativo	
Programación habitual	Programación con sistemas multiagentes basados en la Norma ISA 95
La división del trabajo se identifica en las diferentes áreas de la empresa como, mantenimiento, recursos humanos, producción etc., los encargados de estas áreas cooperan entre ellos para dar soluciones con respecto a la programación	Es notable la división del trabajo, donde diferentes agentes tienen tareas específicas y buscan la cooperación de otros agentes para dar soluciones globales
Las personas encargadas de realizar la programación deben conocer a fondo las áreas que le proporciona información para elaborar la programación.	No es necesario que cada agente conozca toda la información del sistema, sólo lo que es relevante para realizar su actividad
Se pueden notar puntos de centralización, por ejemplo se nota que el gerente de producción es responsable de muchas de las tareas para el proceso de programación	La información no se encuentra centralizada en un solo punto, está diseminada por el sistema
No se puede vislumbrar claramente la jerarquía funcional como lo especifica la Norma ISA 95.	La tecnología de agentes y las normas ISA 95 le proporcionan modularidad, al identificar claramente los niveles de negocios, de manufactura y las funciones de control
La única estructura que posee la empresa caso de estudio es el organigrama, donde se reconoce las diferentes áreas de la empresa	La tecnología de agentes y las normas ISA 95 le proporciona estructuras dinámicas y complejas al sistema, ya que nuestro sistema tiene una estructura semi – heterárquica donde los bróker tienen una comunicación horizontal, y además cada bróker tiene unos subordinados con una comunicación vertical.
También hay reactividad ante los eventos, aunque su respuesta es significativamente menor	El sistema multiagente se caracteriza por mejorar la reactividad ante eventos inesperados como fallas en equipo o fallas en personal

<p>Todos los fallos dentro de la empresa deben ser solucionados para que los procesos de producción sean efectivos</p>	<p>El sistema multiagente puede mantener la funcionalidad a pesar de fallos individuales</p>
--	--

CONCLUSIONES Y LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

CONCLUSIONES

Las empresas actualmente deben estar preparadas para el futuro, un futuro que implica la introducción de las crecientes nuevas tecnologías; por ello, se debe considerar la interoperabilidad de diferentes conceptos en materia teórica y tecnológica, como es nuestro caso con las Normas ISA 95 como fuente de conocimiento, y los sistemas multiagentes como sistemas tecnológicos dinámicos, como una evolución en los nuevos sistemas de automatización.

Se presenta una solución probable al problema de la centralización contemplado como una de dificultades en la programación de la producción; esta solución probable es la inteligencia artificial distribuida, que tiene como principal característica la división de la información, del conocimiento, de los datos etc., este sistema operado por una sociedad de agentes que a través de la solución de problemas particulares generan soluciones globales.

A través de este trabajo se han observado algunos de los métodos, técnicas y metodologías para el desarrollo de los sistemas multiagentes, concepto que aún carece de estandarización; por lo tanto, se ha adoptado una metodología basada en las organizaciones humanas en la cual se incorporan agentes a medida que crece una organización, es simple y fácil de entender, con solidez teórica.

Es sobresaliente la bondad de una aplicación de la Norma ISA 95 para generar las adecuadas interfaces entre los distintos niveles especificados por ella, y como conocimientos base para desarrollo de nuestro modelo para la programación de la producción con una aproximación multiagente, aunque los sistemas multiagentes han sido casi nada o poco probados en industrias reales dado que todavía no cuenta con la madurez suficiente.

Dependiendo del tipo de proceso de fabricación, el sistema multiagente basado en la negociación para la solución de problemas tiene limitantes; para open shop y job shop no existen problemas, puesto que se cuentan varias máquinas capaces de realizar la tarea o ejecutan las tareas en paralelo, lo que aumentaría la distribución en la ejecución de las tareas; el caso contrario sería para flow shop donde el trabajo sigue siempre la misma secuencia, y se cuenta con una sola máquina capaz para realizar el trabajo, lo que nos lleva a decir, que la negociación basada en un sistema multiagente sería ineficaz para este último proceso de fabricación, puesto que su efectividad depende que se cuente como mínimo con dos máquinas y con dos operarios capaces de realizar la misma tarea.

Indudablemente, los agentes para una efectiva interacción necesitan poseer conocimiento con el propósito de proveer soluciones a las tareas que les han encomendado; este conocimiento, comúnmente es representado como ontologías ya que permiten razonar de manera óptima y eficiente sobre las tareas de la organización, puesto que representaría el vocabulario del sistema. Aunque en esta monografía no se especifica el desarrollo de las ontologías porque no era objetivo de este trabajo, sí es importante decir que juegan un papel importante en la implementación de un sistema multiagente.

Los agentes inteligentes consiguen destacarse en el modelado de sistemas, especialmente en la producción, donde se puede instituir una correspondencia clara entre los elementos que lo forman y los agentes. Estos elementos se pueden aprovechar inicialmente para simular la optimización de los recursos en los sub – sistemas (producción, calidad, mantenimiento e inventario) y sus tareas asociadas, transmitiendo posteriormente el mejor programa simulado a la fábrica para su puesta en marcha.

Es necesario ejercer el papel de usuario de las nuevas tecnologías en nuestro radio de alcance, tanto para incrementar el nivel de la investigación aplicada, como para lograr desarrollos tecnológicos que supongan ventajas competitivas y hagan la diferencia al ser aplicadas en las empresas.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Detallar los servicios de las otras cinco actividades del modelo de actividad de operaciones de producción de la Norma ISA 95 para completar nuestro sistema.

Generar los modelos de sistemas multiagentes para las demás categorías de la Norma ISA como los son: mantenimiento, inventario y calidad; representándolas como unidades organizativas que se integran a la ya desarrollada en este trabajo

Con el objeto de facilitar la descripción de las organizaciones en las comunicaciones de los agentes, se debe desarrollar ontologías de organización en las que se describan cada una de las unidades organizativas que tenga el sistema

Desarrollar una herramienta gráfica que de soporte al modelado de la organización y facilite el diseño del sistema, dicha herramienta permita generar los diferentes diagramas que cubran los modelos descritos en este trabajo, así como los diferentes documentos que permiten un mayor entendimiento de los modelos desarrollados.

BIBLIOGRAFÍA

- [Argente, 2008] Argente, E. *“GORMAS: Guías para el desarrollo de sistemas multiagentes abiertos basados en organizaciones”*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2008
- [EURESCOM, 2000] EURESCOM. MESSAGE: Methodology for engineering systems of software agents. Initial methodology. Technical Report P907-D1, EURESCOM, 2000
- [EURESCOM, 2001b] EURESCOM. MESSAGE: Methodology for engineering systems of software agents (Final). Technical Report P907-T11, EURESCOM. 2001b
- [Baumgartner, 1991] Baumgartner H., Knischewski K., Wieding H. *“CIM: Consideraciones Básicas”* Siemens Aktiengesellschaft & Marcombo S.A, Págs. 121 – 131, 1991.
- [Burmeister, 1996] Burmeister B. *“Models and methodologies for agent – oriented analysis and desing”*. Technica Report D = 96 – 06, 1996
- [Ferber, 1996] Ferber J. Reactive *“Distributed artificial intelligence: Principles and applications”*. In G. M. P.O’Hare and J. N. R, editors, *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*, Págs. 287–314. John Wiley & Sons, 1996.
- [Gantt, 1919] Gantt. H. L. *“Organising for Work”*. Harcourt, Brace and Howe (N.Y). 1919
- [Genesereth, 1994] Genesereth M. R., Singh N. P., y Syed M. A. *“A distributed and anonymous knowledge sharing approach to software interoperation. In Proceedings of the Third International Conference on Information and Knowledge Management”* (CIKM’94), Nov. 1994.
- [Giret, 2005] Giret, A. *“ANEMONA: Una metodología multi-agente para sistemas holónicos de fabricación”*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2005.
- [GRUPO I+D, 2005] GRUPO I+D AUTOMÁTICA INDUSTRIAL, *“Panorama de la Norma ISA 95”*. Diapositivas, 2005.
- [Hendler, 1990] Hendler J. Tate A. y Drummond M. *“AI planning: Systems and techniques”*. AI Magazine, 11(2):61–77, 1990.

- [Hernández, 1995] Hernández M. *“Modelaje de Procesos de Negociación como Sistemas de Comunicación”*, 1995.
- [Huhns, 1999] Huhns. Michael N. And Larry M. Stephens. Multiagent Systems and Societies of Agents. In Gerhards Weiss, editor, *“Multiagents Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”*, Págs. 79–120. The MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1999.
- [Iglesias, 1998] Carlos A. Iglesias, Mercedes Garijo and José C. González *“Metodologías orientadas a agentes Inteligencia Artificial”*, 1998
- [ISA, 2000] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA-95.00.01-2000: *“Enterprise – Control Systems Integration Part 1 Models and Terminology”*. North Carolina, USA, 2000.
- [ISA, 2001] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA-95.00.01-2000: *“Enterprise – Control Systems Integration Part 2 Object Model Attributes”*. North Carolina, USA, 2001.
- [ISA, 2005] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA-95.00.01-2000: *“Enterprise – Control Systems Integration Part 3 Activity Models Of Manufacturing Operation Management”*. North Carolina, USA, 2005.
- [Kott, 1998] Kott. A., Saks. V., and Mercer. A. *“A New Technique Enables Dynamic Replanning and Rescheduling of Aeromedical Evacuation”*. Proceedings of 15th National Conference on Artificial Intelligence. pp. 588 – 607. 1998
- [Labbidi, 1993] Labidi S. y Ljouad W. *“De l’ Intelligence Artificielle Distribuée aux Systèmes Multi-Agents”*, 1993.
- [Maturana, 1996] Maturana, F. y Norrie, D. *“Multi–Agente Mediator Architecture for Distributed manufacturind”*. Journal of Intelligent Manufacturing, 1996.
- [Minton, 1994] Minton S., Bresina J., and Drummond M. *“Total-order and partial-order planning: A comparative analysis”*. Journal of Artificial Intelligence Research, 2:227–262, Dec.1994. <http://www.cs.washington.edu/research/jair/volume2/minton94a-html/paper.html>.

- [Moulin, 1996] Moulin B. and Chaib-draa B. “*Foundations of Distributed Artificial Intelligence*”, chapter An Overview of Distributed Artificial Intelligence, pages 3–56. John Wiley & Sons, 1996.
- [Müller, 1994] Müller J., Pischel M., and Thiel M. “*A pragmatic approach to modeling autonomous interacting systems - preliminary report*” In M. Wooldridge and N. Jennings, editors, “Agent theories, architectures, and languages”, pages 226–240. ECAI, Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 1994.
- [Odell, 2000] Odell J., Parunak H. V. D. and Bauer B. “*Extending UML for Agents*”. In: Proceedings Of The Agents – Oriented Information Systems Workshop, pages 3 – 17, 2000
- [Omicini, 2001] Omicini, A. “*SODA: Societies and Infrastructures in the Analysis and Design of Agent-based Systems*”. Agent-Oriented Software Engineering. 1957:185–193, 2001.
- [Rich, 1994] Rich E. y Knight K., “*Inteligencia Artificial*”. McGraw-Hill, 1994.
- [Russell, 1995] Russell S., Norving P. “*Artificial Intelligence: A Modern Approach*”, Prentice Hall International, 1995.
- [Shoham, 1993] Shoham Y. “*Agent-oriented programming*”. Artificial Intelligence, 60(1):51–92, Mar. 1993.
- [Transley et al, 1993] Transley, D. S. W. y Hayball, C. C. “*Knowledge Based system Analysis and Desing a KADS developer’s handbook*”. Libro complete. Prentice Hall, 1993
- [Wagner, 2004] Wagner III J. A., Hollenbeck J. R. “*Comportamiento organizativo. Consiguiendo la ventaja competitiva*”. Thomson. España, 4° Ed. 2004
- [Wooldridge, 1995] Wooldridge M. and Jennings N. R. “*Intelligent agents: Theory and practice*”. The KnowledgeEngineering Review, 10(2):115–152, 1995.
- [Wooldrige, 2000] M. Wooldridge, N. Jennings, and D. Kinny. “*The Gaia Methodology for agent – oriented analysis and design*”. Autonomous agents and Multiagents Systems, 2000
- [Zweben, 1994] Zweben. M and Daun. B., and Deale. M. “*Schedulling and Reschedullng with Iterative Repair*”. Kauffmann Publishers, pp. 241 – 256. 1994