

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE SISTEMAS
POSTGRADO EN COMPUTACION

**Diseño e Implementación de un Sistema Manejador
de Fallas utilizando Agentes Inteligentes**

Autor: Ing. Raúl José Faneite Araque
Tutor Dr. José Lisandro Aguilar Castro

DONACION

Tesis de grado presentada ante la ilustre Universidad de Los Andes como
requisito parcial para optar al grado de Magíster Scientiae en Computación

Mérida, Noviembre 2004.

SERBIULA

Julio Febres Cordero

Licencia Creative Commons
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Dedicatoria

A Dios todopoderoso y a la Virgen Maria por guiarme en este recorrido.

A mi abuela NINA por su apoyo, siempre estarás conmigo.

A mi amigo y compañero Ramón González porque este logro también es de él.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Agradecimientos

Les doy mis más sinceros agradecimientos:

A mis padres Laura y Raúl por todo su apoyo en todo los sentidos.

A mis hermanas Laura y Anny por su aliento y comprensión, este triunfo también es de ustedes y sigan adelante...

Al Prof. José Aguilar por ser más que un tutor, un amigo.

A la Prof. Mariela Cerrada y al Prof. Juan Cardillo por su apoyo gracias.

A Yanmelly por su apoyo y por estar presente en los momentos en que creí que no lo iba a lograr gracias TQMMM.

A la Sra. Teresa por ser como mi segunda mama gracias.

A mis amigos David, Juan Carlos, José de Jesús, José Luís, Yeni, Rosa, Meily, Glenda, Carolina, Yesenia por su apoyo incondicional y por estar en los buenos y malos momentos.

A mis compañeros del postgrado Reina, Lisdrelis, Anny, Icaro y los demás que no nombre, por compartir este camino de triunfos y derrotas, sigan adelante

Al Fonacit por su financiamiento.

Al Prof. Wladimir, a Luisa, Taniana y a los demás miembros del postgrado gracias por todo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo...

Muchas Gracias

Resumen

La automatización es un factor importante que permite aumentar el desempeño de los procesos industriales. En general, las arquitecturas propuestas en esquemas de automatización contemplan cinco niveles: Procesos, Control Local, Supervisión, Planificación y Gestión Administrativa, cada una con tareas particulares. Hoy día, las necesidades de la industria demandan procedimientos de gestión global, integrando los sistemas de información para manipular y utilizar la información en los procesos controlados, y asegurar así un buen comportamiento del proceso. En caso de mal funcionamiento, el desempeño del proceso puede ser degradado de manera importante. Estas consideraciones conllevan al desarrollo de sistemas de manejo de fallas para realizar tareas de detección, diagnóstico, predicción, y toma de decisiones entre otras, cohabitando en los niveles de control y supervisión.

En este trabajo se desarrollo un modelo de referencia para el manejo de fallas basado en sistemas multiagentes. Se pretende que este se adapte de manera general a las características de los sistemas de control. Dependiendo de estas características, los agentes tendrán tareas y objetivos que deben alcanzar para proporcionar una ayuda eficaz a los operadores, en el proceso de detección-diagnostico-decisión, y para la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento en el sistema. Además, se desarrollo el software SISMAF para dar apoyo a este modelo, que brinda un conjunto de servicios básicos y extensibles para la implementación de sistemas multiagentes manejadores de fallas en plataformas de automatización.

En el proceso de desarrollo, se utilizó la metodología MASINA, que facilitó el proceso de descripción de las actividades y tareas de los agentes, así como también permitió la descripción de la arquitectura del sistema. Para la implementación, se extendió la plataforma JADE que cuenta con un conjunto de clases escritas en el lenguaje JAVA para el desarrollo de sistemas multiagentes, así como SISGESADAI que es una plataforma computacional para implementar los agentes propuesto por SADAI y SCDIA Se implementaron los agentes del

Sistema Manejador de Fallas: Agente Principal, Agente Ejecutor, Agente Monitoreo, y el Agente Configuración, estos agentes forman la plataforma para la creación, ejecución y monitoreo de las actividades desarrolladas por los agentes del sistema para el manejo de fallas (SMF) basados en el SCDIA.

EL SMF fue probado con un ejemplo de control de proceso, como es el subsistema de bombeo de agua en una piscina, utilizando algunos eventos a tiempo discretos, donde se muestra el uso de ciertas características del sistema como contextos anormales, fallas abruptas y fallas funcionales, que permiten observar las diferentes comunicaciones entre los agentes del SMF y las acciones que estos toman a la hora de cumplir con los objetivos para los cuales fueron diseñados.

El SISMAF fue desarrollado en función de servir de apoyo a plataformas de automatización, y concretamente al SADAI, donde existe una heterogeneidad en las aplicaciones y recursos disponibles, pero puede también ser utilizado en plataformas computacionales de distinta naturaleza, donde sea necesario la gestión inteligente y dinámica de los recursos y aplicaciones.

Tabla de Contenido

Capitulo 1 Introducción	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación e Importancia	4
Capítulo 2. Marco Teórico	5
2.1. Agentes	5
2.1.1. Características de un agente.....	5
2.1.2. Tipos de Agentes.....	6
2.1.3 Sistemas Multiagentes	7
2.1.4 Metodología MASINA.....	9
2.2 Manejo de Fallas y Mantenimiento preventivo.....	11
2.3 Sistema de Agentes de Automatización Industrial.....	14
2.4 Sistema de Control Distribuido Inteligente basado en agente.....	15
Capitulo 3 Diseño y Especificaciones de los agentes del SMF	18
3.1 Modelo de Referencia para el Manejo de Fallas	18
3.2 Modelo Basado en Sistemas Multiagentes	20
3.2.1 Definición de los Actores y Casos de Uso.....	21
3.2.2 Modelo de Agentes.....	22
3.2.2.1 Estructura del Modelo de Agentes	25
3.2.3 Modelo de Tareas	28
3.2.4 Modelo de Inteligencia	31
3.2.5 Modelo de Coordinación.....	32
3.2.6 Modelo de Comunicación	34
Capitulo 4 Implementacion del Sistema Manejador de Fallas.....	37
4.1.1 Modelo de Comportamientos de JADE.....	38
4.2 Implementación del Sistema Manejador de Fallas.....	40
4.2.1 Paquete Agent.....	41

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.2.1.1 Clase SMF (Agente Principal AP)	41
4.2.1.2 Clase RunAgent (Agente Ejecutor AE)	42
4.2.1.3 Clase MonitorAgent (Agente Monitoreo AM).....	42
4.2.1.4 Clase CAgent (Agente Configuración AC)	42
4.2.2 Paquete gui	43
4.2.2.1 Clase SMFGui.....	43
4.2.2.2 Clase RunAgentGui	44
4.2.2.3 Clase MonitorAgentGui	45
4.2.2.4 Clase CAgentGui	45
4.2.2.4 Clase AddModels	46
4.2.3 Paquete util	47
4.2.3.1 Clase AgentFilter.....	47
4.2.3.2 Clase Custom.....	47
4.2.3.3 Clase MonitoreoFilter	47
4.2.3.4 Clase TableModelUtils	47
4.2.3.5 Clase GeneralTableModel	47
4.2.4 Paquete scadia.kernel.gui.....	48
4.2.4.1 Clase BehaviourAgentGui.....	48
4.2.4.2 Clase AddBehaviourIntelligent	49
4.2.4.3 Clase AddParameterDialog.....	50

Capitulo 5 Caso de Estudio “Subsistema de bombeo de agua en una piscina” **51**

5.1 Subsistema de bombeo de agua en una piscina.....	51
5.2 Esquema del Sistema para el Manejo de Fallas (SMF) para el caso de estudio	54
5.3 Pruebas del SISMAF	55
5.3.1 Falla en la Bomba Principal.....	58

Capitulo 6 Conclusiones **61**

Referencias..... **63**

Anexo 1 Descripción de los Casos de Uso del SMF **65**

A1.1 Casos de Uso del Actor Detección	65
A1.2 Casos de Uso del Actor Localizador.....	66
A1.3 Casos de Uso del Actor Diagnóstico	66
A1.4 Casos de Uso del Actor Predictor.....	66
A1.5 Casos de Uso del Actor Planificador	67

A1.6 Casos de Uso del Actor Ejecutor	67
Anexo 2 Especificación de los Agentes del SMF	69
A2.1 Modelo de Agentes	69
A2.1.1 Agente Esp. Detector	69
A2.1.2 Agente Esp. Localizador	71
A2.1.3 Agente Esp. Diagnosticador	72
A2.1.4 Agente Esp. Predictor	74
A2.1.5 Agente Controlador	76
A2.1.6 Agente Actuador	78
A2.1.7 Agente Observador	79
A2.2 Modelo de Tareas	81
A2.2.1 Tareas del Agente Observador	81
A2.2.2 Tareas del Agente Esp. Detector	82
A2.2.3 Tareas del Agente Esp. Localizador	83
A2.2.4 Tareas del Agente Esp. Diagnosticador	84
A2.2.5 Tareas del Agente Predictor	86
A2.2.6 Tareas del Agente Controlador	87
A2.2.7 Tareas del Agente Actuador	88
A2.3 Modelo de Coordinación	89
A2.3.1 Conversación: Mantenimiento por Condición	89
A2.3.2 Conversación: Tareas de Mantenimiento	91
A2.3.3 Conversación: Tareas Urgentes	93
A2.3.4 Conversación: Estado de Mantenimiento	95
A2.3.5 Conversación: Identificar Falla Funcional	97
A2.4 Modelo de Comunicación	99
Anexo 3 Actividades Realizadas por los Agentes del SMF, del	
caso de estudio	108
A3.1 Falla Abrupta en el sistema	108
A3.2 Contexto Anormal en el sistema	110
A3.3 Replanificación de una Tarea	111
A3.4 Ejecución de una Tarea	113



Capítulo 1 Introducción

1.1. Generalidades

La automatización es un factor importante que permite aumentar el desempeño de los procesos industriales. En general, las arquitecturas propuestas en esquemas de automatización contemplan cinco niveles [1]: Procesos, Control Local, Supervisión, Planificación y Gestión Administrativa, cada una con tareas particulares. En caso de mal funcionamiento, el desempeño del proceso puede ser degradado de manera importante y, en general, las causas de dicho mal funcionamiento no son modeladas de manera exhaustiva. Todas estas consideraciones conllevan al desarrollo de sistemas de manejo de fallas para realizar tareas de detección y diagnóstico, predicción, entre otras, cohabitando en los niveles de control y supervisión [7,8,13,14]. Este trabajo de investigación diseñará y desarrollará un sistema manejador de fallas (SMF) para sistemas de control distribuidos, el cual es un subsistema del nivel de supervisión, [15] y [17].

1.2. Antecedentes

En [10] se presenta un marco conceptual para el manejo de fallas en sistemas de control. El desarrollo de este marco permite proponer una metodología, estableciendo un conjunto de pasos para el análisis de una falla, que va desde la detección hasta las tareas correctivas o de mantenimiento. En este trabajo el uso de modelos a eventos discretos permite estudiar los aspectos cualitativos del manejo de fallas en sistemas de control a partir de los estados del sistema, de los eventos de ocurrencia de las fallas, y de los elementos involucrados en el sistema de control.

En [26] se presenta una arquitectura general y una plataforma de desarrollo para implementar aplicaciones distribuidas como un conjunto de agentes inteligentes que cooperan entre ellos. Además, muestra como esta arquitectura ha

Licencia Creative Commons:



sido usada para implementar un sistema de control distribuido para un proceso complejo: “el control económico del encendido de una planta por medio de combustible fósil”. Los agentes en esta aplicación encapsulan diferentes entidades de hardware/software controladores difusos y neuronales, sistemas de adquisición de datos, entre otros.

En [15] se propone un marco de referencia de automatización basado en sistemas multiagentes que abarca los elementos generales de un proceso de producción. De allí, los modelos para el lazo de control y para el manejo de situaciones anormales han sido desarrollados en [16] y [15], respectivamente.

En este trabajo nosotros proponemos el modelo para el manejo de fallas del marco de referencia [17], el cual realiza la gestión de los planes de mantenimiento preventivo, y ejecuta las tareas de detección, localización y diagnóstico de fallas en las diferentes instancias del sistema.

Como menciona Jennings en [19], el uso de SMA en procesos de negocio supone modelar los procesos como una colección de entidades autónomas con habilidades y responsabilidades específicas, cada una con una visión parcial del proceso y que, por medio de la cooperación, logran la consecución de los objetivos generales de la organización. Partiendo de esta idea, se propone construir una aplicación de manejo de fallas basada en una arquitectura multiagentes que sigue el modelo de referencia SCDIA [5,16]. El sistema a desarrollar se compone de una colección de agentes que desempeñan tareas para:

- Detectar un comportamiento anormal, global o local, del proceso controlado.
- Localizar y caracterizar la falla (diagnóstico).
- Encontrar las causas.
- Tomar acciones correctivas-preventivas.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



- Establecer planes de mantenimiento.
- Desarrollar modelos de predicción.

La interacción coordinada de los diferentes agentes permite la consecución de dichos objetivos, y la incorporación de elementos inteligentes ayuda a la interpretación de los datos disponibles, los cuales, en general, provienen de fuentes variadas y de distinta naturaleza, así como también incorporar aspectos adaptativos y de aprendizaje en el comportamiento del sistema multiagente. De esta manera, el sistema manejador de fallas basado en agentes provee al operador de una ayuda en el proceso de detección-diagnóstico-decisión, así como en la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un Sistema Manejador de Fallas utilizando Sistemas Multiagentes.

Objetivos Específicos

1. Especificar el sistema manejador de fallas para sistemas de control distribuidos.
2. Implementar el sistema manejador de fallas utilizando la teoría de Agentes .
3. Integrar el sistema manejador de fallas en la arquitectura propuesta en [15].



1.4. Justificación e Importancia

Hoy día, las necesidades de la industria demandan procedimientos de gestión global, integrando los sistemas de información para manipular y utilizar la información en los procesos controlados, y asegurar así un buen comportamiento del proceso. Estas consideraciones conllevan, entre otras, al desarrollo de sistemas de detección de fallas, de diagnóstico y de toma de decisiones.

Basado en el modelo de referencia propuesto en [15], se requiere definir el proceso de gestión del mantenimiento en plataformas de automatización industrial. El modelo a desarrollar debe estar basado en un sistema multiagente que permita la toma de decisiones, diseño y la ejecución de planes de mantenimiento preventivo, orientado a la aplicación de tareas específicas de mantenimiento DLDP (Detección, Localización, Diagnóstico y Predicción), así como también a la aplicación de acciones correctivas.

El SMF debe proveer los medios para la aplicación de tareas específicas de mantenimiento. De ésta manera, el SMF se auto-organiza dinámicamente para responder de manera eficiente a la presencia de condiciones anormales en el sistema. El SMF tiene que ser diseñado de manera que permita la detección, diagnóstico y predicción de fallas en las instancias accesibles del proceso, en cualquier momento que se produzca una condición anómala. Así, el SMF debe proveer un modelo computacional, con las herramientas asociadas para permitir un uso interactivo y un compartimiento ubicuo con el resto del sistema automatizado.



Capítulo 2. Marco Teórico

En Este capítulo se habla de los aspectos teóricos cubiertos por el desarrollo de esta tesis.

2.1. Agentes

Un agente es un sistema de software que se sitúa en un ambiente y que opera en un ciclo continuo de Percepción – Razonamiento – Actuación. El agente percibe los cambios en su entorno, aplica un razonamiento empleando la información conocida por él y la nueva información disponible, y en consecuencia selecciona una acción a tomar. En la figura 2.1, se puede apreciar el esquema de comportamiento de un agente [20].

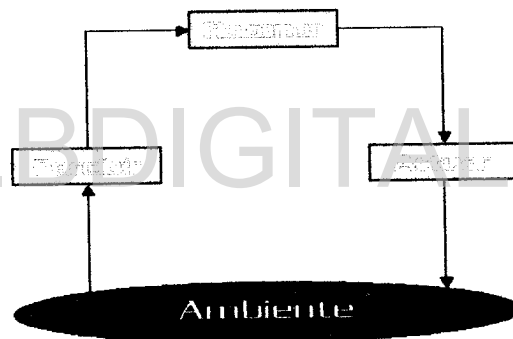


Figura 2.1. Esquema de comportamiento de un agente [20].

2.1.1. Características de un agente

Entre las características deseables de un agente se tiene [21]:

- **Autonomía:**

El agente debe ser capaz de actuar sin necesidad de intervención humana, así como poder controlar de alguna manera su estado interno y sus acciones.

- **Sociabilidad:**

Los agentes deben interactuar con otros agentes y humanos a través de un lenguaje de comunicación definido.

Licencia Creative Commons:



- **Reactividad:**

Un agente debe percibir su entorno, ya sea éste el mundo físico, una interfaz gráfica de usuario, otros agentes, etc. El agente debe cambiar y adaptarse a los cambios que se produzcan en ese entorno.

- **Proactividad:**

Un agente no debe responder sólo como consecuencia de cambios en su entorno, también debe realizar acciones por iniciativa propia (orientación a logros).

- **Movilidad:**

Es la habilidad de un agente para moverse a través de los nodos de una red.

- **Inteligencia:**

Debido a que un agente debe analizar y tomar una acción de forma autónoma, es necesario implementar esta característica utilizando alguna tecnología o técnica computacional, para lo cual generalmente se utilizan técnicas inteligentes como: Sistemas Expertos y reglas difusas para analizar situaciones dinámicamente o para razonar, redes neuronales para predecir comportamientos y variables del ambiente o para aprender, colonias de hormigas como técnica de coordinación entre agentes o para generar comportamientos colectivos inteligentes, algoritmos genéticos como método de búsqueda o auto utilización del conocimiento, entre otros.

2.1.2. Tipos de Agentes

Existen varias clasificaciones de tipos de agentes, las cuales han sido definidas en la literatura por varios autores. Aquí presentamos una de esas clasificaciones [22].



- **Reactivo:**

Actúa del modo evento-condición-acción. Estos agentes no tienen modelos internos del mundo. Responden sólo al estímulo externo usando la información de su entorno.

- **Deliberativo:**

Tienen conocimiento del dominio en el que se desenvuelven y la capacidad de planificación necesaria para llevar a cabo una secuencia de acciones para lograr una meta fijada.

- **Colaborativos:**

En general, en estos casos los agentes trabajan juntos para resolver un problema. En los sistemas de agentes colaborativos, los agentes deben ser capaces de intercambiar información acerca de creencias, deseos e intenciones, e inclusive compartir sus conocimientos.

WWW.BDIGITAL.UJAVE

Los agentes que manejan intenciones, deseos y creencias son conocidos como agentes BDI (Believes, Desires and Intentions) por sus siglas en inglés. Las creencias representan el conocimiento acerca del estado del mundo. Es decir, lo que cree el agente que es cierto acerca del mundo. Los deseos son asignaciones de bondad acerca de estados del mundo, desde la perspectiva del agente. Estos deseos se convierten en metas a través del razonamiento del agente. Cuando un agente razona acerca del estado del mundo (creencias) y sus deseos (metas), debe decidir que acciones tomar. Estos planes de acción se denominan intenciones.

2.1.3 Sistemas Multiagentes

Los Sistemas Multiagentes (SMA) se caracterizan por la interacción de varios agentes en un mismo entorno, ya sea este físico o virtual. Un concepto principal de los SMA es la interacción coordinada entre agentes, que no se limita a

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
Ing. Raúl J. Fancito A
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



la comunicación o al envío de mensajes entre estos, sino a la forma como un agente se relaciona con otros agentes.

[23] propone como características de todo sistema multiagente las siguientes:

- **Diseño:**

Los agentes que conforman un SMA pueden ser de distinta naturaleza desde el punto de vista del software o hardware que emplean en su funcionamiento, Estos agentes son denominados agentes heterogéneos.

- **Entorno:**

El entorno en el cual se desenvuelve un agente puede ser estático (invariante en el tiempo) o dinámico (no estacionario). En el caso de sistemas de un solo agente, es frecuente asumir su entorno como estático debido a que la complejidad de su tratamiento es menor. En un SMA la presencia de varios agentes añade complejidad al entorno ya que cada agente actúa sobre él, y los efectos de estas acciones deben ser percibidos por los demás agentes, esto hace que el entorno de un SMA sea dinámico en muchos casos.

- **Percepción:**

En un SMA la información de entorno percibida por los agentes es distribuida: los agentes pueden recoger datos que varían de acuerdo a la ubicación de éste, puede ser percibida en distintos momentos por los agentes o puede ser interpretada de distinta manera. Esto hace que el estado del mundo sea parcialmente observable para cada agente, lo que afecta la toma de decisiones de cada uno.

- **Coordinación:**

La Coordinación permite evitar que los agentes se encuentren en situaciones extrañas como la disputa por recursos, los bloqueos, etc. El concepto de coordinación puede ser alcanzado de manera explícita, o de manera implícita.

Licencia Creative Commons:



De manera explícita existe un líder que coordina a los demás agentes, por ejemplo el director de una orquesta, de manera implícita cada agente se coordina de manera de alcanzar los objetivos del SMA.

- **Conocimiento:**

En sistemas de un solo agente se asume que el agente conoce sus acciones y como éstas afectan su entorno. En un SMA el nivel de conocimiento del entorno varía en cada agente, por tanto, los agentes al realizar acciones pueden no solo afectar su entorno sino el comportamiento de los demás agentes, un ejemplo de esto son las colonias de hormigas.

- **Comunicación:**

En un SMA la comunicación entre agentes es crucial. Generalmente esta comunicación está planteada en términos de envío y recepción de mensajes entre los agentes. La comunicación puede emplearse, por ejemplo, para la coordinación entre varios agentes cooperativos para alcanzar una meta. La comunicación es la base para la interacción de los agentes en un SMA.

2.1.4 Metodología MASINA

Para el análisis y diseño del sistema, nos apoyamos en la metodología de desarrollo de sistemas multiagentes MAS-CommonKADS propuesto en [4], la cual ha sido extendido en [16] incorporándole nuevos elementos para el modelado de agentes. La propuesta de MASINA, se basa en varias etapas:

La de **Conceptualización y Análisis** [2,3], donde se determinan los requisitos del sistema partiendo del enunciado del problema. Durante esta fase se desarrollan los actores y casos de usos, los modelos de agentes, tareas, inteligencia, comunicación y coordinación. Se describe la estructura de cada modelo a través de plantillas textuales y otras herramientas de modelado como las que provee UML.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



La de **Diseño**, donde se determina como los requisitos de la etapa de análisis pueden ser logrados. Se determinan las arquitecturas tanto de la red de agentes como de cada agente.

La Codificación y Prueba de cada agente.

La Integración, donde el sistema completo es probado.

Finalmente, la Operación y el Mantenimiento del SMA.

El propósito del modelo de agente es describir los agentes que participan en la resolución del problema. Este es el modelo central de la metodología. El modelo de agente recoge las características de los agentes del sistema, y sirve de puente con el resto de los modelos [5].

En el modelo de tareas se describen las tareas que realizan los agentes dentro del sistema para alcanzar sus objetivos. Además, se define el macroalgoritmo así como las técnicas utilizadas (por ejemplo, las técnicas inteligentes).

En el modelo de inteligencia se identifican los mecanismos de razonamiento y de aprendizaje, así como el conocimiento estratégico, de dominio y de tareas, y la experiencia necesaria para que los agentes del sistema puedan alcanzar sus objetivos.

El modelo de comunicación de MASINA, describe las interacciones entre los agentes involucrados en la resolución de un problema, por medio de Actos de Habla. Cada interacción entre dos agentes se realiza mediante el envío de mensajes.



El modelo de coordinación, describe los esquemas de coordinación entre los agentes, así, como también estrategias de resolución de conflictos. Este modelo posee una serie de plantillas de especificaciones, en las cuales se describen los mecanismos de comunicación directa, los mecanismos de comunicación indirecta, estímulo-respuesta, metalenguajes y ontología. Además, en este modelo se describe el conjunto de conversaciones, que no son más que grupos de interacciones.

2.2 Manejo de Fallas y Mantenimiento preventivo

Las tareas de mantenimiento han alcanzado los primeros lugares de importancia en las tareas que se desarrollan en procesos de producción. Estas tareas deben asegurar el cumplimiento de la función de la planta, por consiguiente, las principales tareas deben ser las preventivas apuntando a la detección, diagnóstico y predicción (las tareas sobre-condición) [13], así como a la comprobación funcional del sistema a intervalos de tiempo dado (las tareas a tiempo), esta seguido por tareas de reparación que restauran la funcionalidad del equipo. En este sentido, el mantenimiento preventivo trata con la ejecución de tarea de inspección y servicio pre-fijadas en algún momento específico, con el fin de asegurar las capacidades del equipo y evitar una falla funcional.

En el desarrollo de un programa de mantenimiento, debe estipularse qué tareas se necesitan hacer y cuando se deben hacer. Esto es guiado por el conocimiento extenso sobre mecanismos de falla, las experiencias y la información proporcionadas por los diseñadores de equipos entre otros. Así, los datos e información que permiten eficazmente manejar la tarea de detección-diagnóstico-predicción, deben estar disponibles. Por otro lado, un programa de mantenimiento debe satisfacer nuevas expectativas, considerar las nuevas investigaciones sobre los mecanismos de falla, así como la incorporación de nuevas técnicas y conceptos en el área de mantenimiento [10]. La confiabilidad y disponibilidad son conceptos claves: en los ambientes automatizados, las fallas



impactan el servicio y la calidad del producto. La industria y la seguridad ambiental también demandan el desarrollo de programas de mantenimiento que satisfagan estos requisitos. Todos estos aspectos incluyen la expectativa suplementaria de que se alcance con el más bajo costo.

Teniendo en cuenta lo anterior, un programa de mantenimiento debe considerar los siguientes aspectos [10]:

- Mecanismos para la potencial detección de fallas, basado en el desarrollo de nuevas tecnologías para el mantenimiento preventivo.
- Tecnologías para análisis de fallas, los cuales están soportadas por mecanismo que permiten reportar las fallas y analizarlas (para determinar la raíz de las fallas).
- El manejo de la información que apunta al desarrollo de sistemas de información que permiten guardar el registro de mantenimiento correctivo sobre el equipo, el registro de análisis de falla (histórico de detección, diagnóstico y predicción), las alarmas, y los costos de mantenimiento.
- Sistemas de ayuda a la toma de decisiones que usan la información disponible para proponer nuevos programa de mantenimiento acordes a los objetivos actuales de la empresa

Otro aspecto a tomar en cuenta para el manejo de fallas, es el **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)**, el cual busca definir cuales son las tareas de mantenimiento preventivo que se deben aplicar a una planta, dónde aplicarlas y cuándo aplicarlas, con el fin de mantener la confiabilidad inherente de cada equipo [29,30]. Se define la **confiabilidad** como la probabilidad de que un dispositivo ejecute satisfactoriamente una función específica por un periodo de tiempo bajo condiciones de operación dada. Los elementos para determinar la confiabilidad de un equipo son la frecuencia de ocurrencia de fallas y el tiempo. Si se puede acumular suficientes datos para definir la distribución en el tiempo de la

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



ocurrencia de fallas para un equipo, entonces se puede definir una función de densidad de fallas, también llamada **Curva de Confiabilidad ó Patrón de Falla**.

La metodología del MCC desarrolla estrategias basadas en el entendimiento de la función del equipo y los modos de fallas, para determinar requerimientos de mantenimiento en sus contextos operacionales, proponiendo tareas de mantenimiento que son técnicamente y económicamente factibles. La metodología del MCC posee dos categorías de tareas preventivas, que son las tareas Sobre Tiempo y las Tareas sobre Condición, estas tareas permiten prevenir fallas reales, evitando sus consecuencias:

- **Tareas Sobre Tiempo:** Apuntan directamente a la prevención o retardo de fallas, basado en acciones de revisión y servicios a un equipo cada cierto intervalo de tiempo. Las acciones son programadas y pueden ir desde una revisión completa del equipo con reemplazamiento de algunas piezas, llamadas Tareas de Restauración, hasta la sustitución completa por un nuevo equipo, llamadas Tareas de Descarte. Los intervalos de tiempo de aplicación de este tipo de tareas depende del estimado de vida útil de dicho equipo.
- **Tareas Sobre Condición:** Apunta a la detección del principio de una falla o síntomas de falla incipiente, prediciendo el punto en el tiempo donde ocurrirá el estado de falla total. Se lleva a cabo midiendo un parámetro correlacionado con la condición de falla del equipo. La aplicación de esta tarea es periódica en el tiempo, y las acciones correctivas son tomadas cuando se dé una señal de falla incipiente, la cual se hará sobre la base de un valor específico del parámetro medido.



2.3 Sistema de Agentes de Automatización Industrial

El sistema de Agentes de Automatización Industrial (SADAI) [15], está compuesto por diferentes niveles de abstracción (ver figura 2.2), cada uno representado por SMA's que, en el nivel más alto modelan los elementos componentes del proceso productivo, y en los niveles inferiores modelan la arquitectura de las aplicaciones que dan apoyo a dicho proceso, tales como control de proceso, supervisión o manejo de fallas.

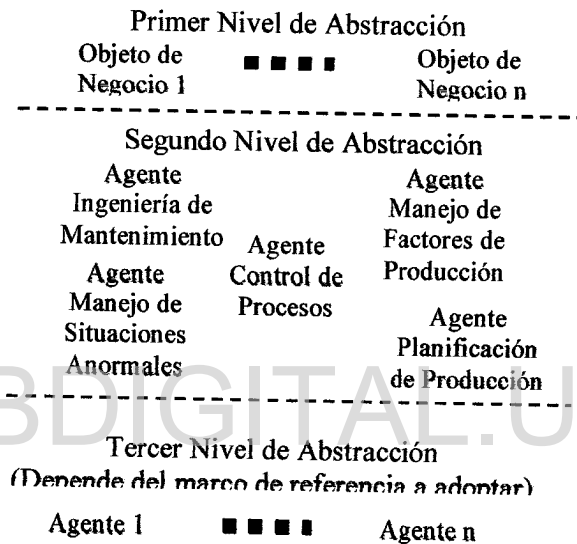


Figure 2.2. Modelo SADAI

En un primer nivel se modelan los objetos del negocio como agentes, esto es, el proceso productivo es visto como un SMA, donde las diversas unidades de producción son modeladas como agentes. Los agentes de este nivel negocian entre si para llegar a acuerdos que permitan cumplir con las metas de producción establecidas; dichos acuerdos representan la lógica del negocio que rige el proceso productivo.

En un segundo nivel, cada agente del primer nivel es visto como un SMA compuesto por agentes que se ocupan de las actividades necesarias para cumplir con las metas de los objetos de negocio: control de proceso, ingeniería de mantenimiento, manejo de situaciones anormales, manejo de los factores de

Licencia Creative Commons:



producción y planificación de la producción. Las actividades antes listadas son comunes para cada agente del primer nivel, y en consecuencia, todos los agentes de dicho nivel tendrán una arquitectura base constituida por agentes que desempeñan cada una de dichas actividades. Sin embargo, existen actividades que son exclusivas de un objeto de negocio en particular, las cuales son modeladas por medio de agentes especializados, que complementan la arquitectura base de cada agente del primer nivel.

Finalmente, ya que las actividades que desempeñan los agentes del segundo nivel son complejas, se propone un tercer nivel de abstracción en donde los agentes del segundo nivel son vistos como SMA's, distribuyendo las tareas involucradas en el desarrollo de cada actividad entre diversos agentes. Como se verá más adelante, se hace uso del marco de referencia SCDIA como modelo de los agentes del tercer nivel de abstracción.

2.4 Sistema de Control Distribuido Inteligente basado en agente

Los Sistemas de Control Distribuidos Inteligentes basados en agentes (SCDIA) es específicamente una plataforma de SMA diseñada para sistemas de control. El modelo de referencia [15,16,24], propone una colección de agentes que representan los elementos presentes en un lazo de control de procesos, con la intención de establecer un mecanismo genérico para el manejo de las actividades de organizaciones relacionadas con automatización industrial.

Como se puede observar en la figura 2.3. El SCDIA es dividido en dos niveles: un nivel de interacción con el ambiente, en donde se encuentran el agente medición y el agente actuador; y por otro lado un nivel de decisión en donde se encuentran los demás agentes.



Los agentes del SCDIA se describen a continuación:

- **Agente Medición:** recoge la información necesaria para obtener el estado del proceso.
- **Agente Controlador:** toma acciones basadas en el estado del sistema.
- **Agente Coordinador:** flexibiliza y/o modifica las decisiones del agente controlador y establece nuevos objetivos y servicios. Dirige a los agentes presentes en su comunidad.
- **Agente Actuador:** ejecuta las decisiones tomadas por el agente controlador, agente coordinador, y/o agentes especializados.
- **Agentes Especializados:** ejecutan las tareas especiales necesarias en la comunidad de control.

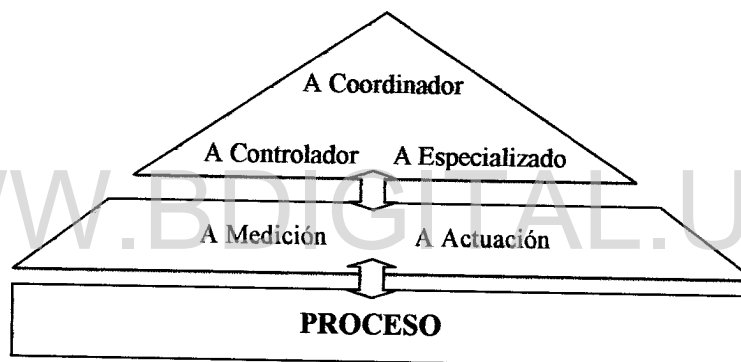


Figure 2.3. Modelo SCDIA

El SCDIA propone además una comunidad de agentes que se encarga de las labores de gestión dentro del SCDIA. A esta comunidad se le denomina Medio de Gestión de Servicio (MGS) [24], y se encarga de dar soporte a la comunidad de agentes. El MGS del SCDIA [24] permite la administración del SMA, permitiendo la migración, el nombramiento, la activación/desactivación de agentes, y el conocimiento del estado del SMA; todas estas labores son llevadas a cabo por el Agentes Administrador de Agentes (AAA). Otra labor que el MGS realiza es llevar el inventario de todas las aplicaciones y recursos que se manejan y/o proveen los agentes, estos trabajos los realizan los Agentes de Gestión de Aplicaciones (AGA) y los Agentes de Gestión de Recursos (AGR), respectivamente. Por otro lado,

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



también se necesita la administración de los datos almacenados dentro del sistema; esto se lleva a cabo por medio del Agente de Base de datos (ABD).

Finalmente, el SCDIA tiene la capacidad de comunicarse con otros SMA por medio del MGS, y específicamente a través del Agente de Control de Comunicaciones (ACC). Este MGS también soporta las labores de gestión de agentes dentro del SADAI.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Capítulo 3

Diseño y Especificaciones de los agentes del SMF

3.1 Modelo de Referencia para el Manejo de Fallas

El Sistema para el Manejo de Fallas (SMF) propuesto en [17] está compuesto por dos módulos, el primero realiza tareas de Monitoreo y Análisis de la Falla, y el segundo realiza tareas de apoyo para la gestión del mantenimiento del sistema. El SMF interactúa con la Gerencia de Ingeniería para todo lo que tiene que ver con los índices de productividad del proceso, manejo de recursos, etc, y con el Proceso Controlado Tolerante a Fallas, donde se aplica el proceso de detección-diagnóstico-decisión del SMF, como se muestra en la figura 2.3.

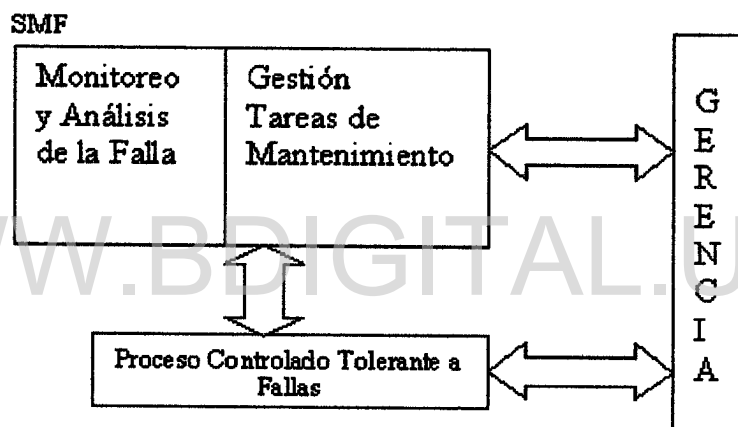


Figura 2.3 Sistema Manejador de Fallas

EL Módulo de Monitoreo y Análisis de la Falla, comprende las tareas de:

Detección: identifica si el sistema se encuentra en un estado inválido. La presencia de la falla se indica a partir del comportamiento de variables significativas asociadas al buen funcionamiento del proceso; en consecuencia, sobre la base de tal comportamiento, el proceso puede estar sin falla o, en caso contrario, la presencia de la falla es clasificada como abrupta ó incipiente.

Confinamiento (o Localización): se encarga de determinar la región en donde se encuentra la parte o equipo que está en falla.



Diagnóstico: analiza el comportamiento de las variables, y a partir de dicho análisis, identifica el modo de falla del componente asociado a la falla detectada, sus posibles causas y sus consecuencias.

El Módulo de Apoyo a las Tareas de Mantenimiento, comprende las tareas de:

Predicción: se encarga de predecir la ocurrencia de una falla funcional, a partir de la detección de una falla incipiente. Para ello, es necesario contar con modelos de predicción, los cuales pueden usar la información proveniente de las tareas de detección y de diagnóstico.

Planificación: propone un plan para la realización de tareas de mantenimiento preventivo que ayuden a evitar la ocurrencia de una falla funcional. Igualmente, propone la realización de tareas de mantenimiento correctivo para que la ocurrencia de una falla abrupta tenga un efecto limitado en el sistema. Este módulo realiza el estudio de factibilidad de los recursos necesarios asociados a las tareas de mantenimiento a realizar (costos, recursos humanos, inventarios, etc.).

Ejecución del Mantenimiento: se encarga de ejecutar las tareas de mantenimiento correctivo o preventivo propuestas en el plan de mantenimiento.

El modelo de referencia [10] que permite la interrelación adecuada de los módulos del SMF antes descritos se muestra en la figura 2.4. En dicho modelo de referencia se observa que las acciones del SMF sobre el proceso (mantenimiento), están asociadas a la aplicación de tareas de mantenimiento preventivo (basado en condición y/o tiempo), las cuales se apoyan en la realización de tareas específicas de detección de fallas incipientes, localización y diagnóstico, o de mantenimiento correctivo debido a fallas abruptas o imprevistas. Las tareas de predicción cumplen con el importante rol de minimizar la ocurrencia de fallas funcionales y, por ende, la minimización del mantenimiento correctivo. En este sentido, el



resultado de la predicción contribuye a la replanificación de las tareas de mantenimiento, según una agenda específica en el tiempo.

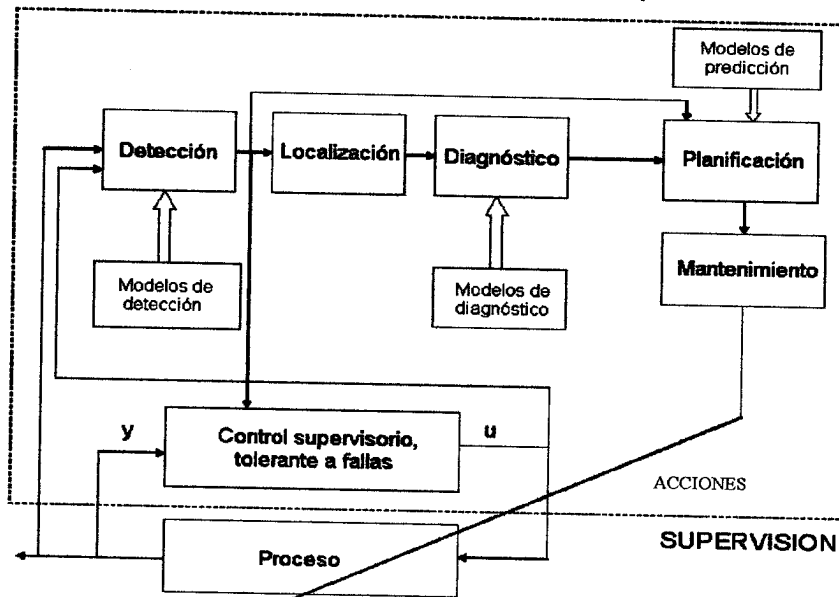


Figura 2.4 Sistema Manejador de Fallas

3.2 Modelo Basado en Sistemas Multiagentes

El SMF es un subsistema del nivel de supervisión del sistema. Para efectos de diseño, el SMF, como sistema multiagente, debe considerar los siguientes aspectos:

- ❖ Intercambio de información con los diferentes niveles del sistema.
- ❖ Análisis y monitoreo de variables de los niveles mas bajos del sistema.
- ❖ Incorporación de mecanismos para la detección, localización, y posible corrección, de la ocurrencia de una falla.
- ❖ Incorporación de mecanismos de razonamiento para la detección, diagnóstico, predicción, prevención y corrección de fallas.
- ❖ Soporte el acceso a múltiples nodos, para la localización de los datos del sistema.

En consecuencia, el SMF funciona como un sistema donde sus módulos interactúan de forma cooperativa, de manera de alcanzar el objetivo del proceso. Así, el SMF puede verse como un sistema compuesto por agentes inteligentes, capaces de cooperar para la solución de problemas relacionados con el manejo de

Licencia Creative Commons:



las fallas en el sistema. Por otro lado, algunas actividades realizadas por el SMF deben ajustarse a un modelo computacional distribuido, como, por ejemplo, las realizadas para la detección de la falla en equipos o en procesos, estimación de índices de funcionamiento, entre otras.

3.2.1 Definición de los Actores y Casos de Uso.

Cada uno de los cinco módulos del SMF descrito en la sección anterior, desempeñan roles fundamentales para el manejo de fallas. En la Tabla 3.1 se identifican y describen los actores presentes en el problema de manejo de fallas, y se identifican los casos de uso asociados a cada uno de los actores.

Actores	Descripción	Casos de Usos
Detección	Recibe información del proceso, e identifica si el sistema se encuentra en un estado inválido. Analiza si el estado inválido es debido a la presencia de una falla, y la clasifica como falla incipiente o abrupta.	Monitorea Sistema Identifica Estado Sistema
Localizador	Localiza la región donde ocurre la falla incipiente	Ubicar Falla
Diagnóstico	Identifica el modo de falla, sus causas y sus consecuencias. Identifica nuevos modos de fallas y sus posibles causas y consecuencias	Analiza Falla
Predictor	Predice el lapso de tiempo en el cual una falla incipiente puede apuntar a una falla funcional.	Predice Falla
Planificador	Planifica la realización de tareas de mantenimiento y estudia la disponibilidad de recursos para la realización de dicha tarea. También, Replanifica la realización de las tareas de mantenimiento en el caso de no haber sido realizadas.	Planifica Tarea Replanifica Tarea
Ejecutor	Ejecuta la tarea de mantenimiento, según el caso, y propone planes de contingencia en el caso de no poder realizar la tarea.	Ejecuta Tarea Reporta Tarea

Tabla 3.1 Actores y Casos de Uso del SMF



Para la descripción de los casos de uso, se utiliza la notación textual propuesta por Rumbangh [6], donde los casos de uso se describen a través de plantillas. La descripción detallada de cada caso de uso se puede ver en el anexo # 1.

La etapa de análisis corresponde a la segunda fase de la metodología MAS-CommonKADS extendida. En esta parte aplicamos los modelos agente, tareas, comunicación, coordinación e inteligencia, para obtener las especificaciones y requerimientos del Sistema Multiagente.

3.2.2 Modelo de Agentes

La identificación de los agentes se hace en base a los actores definidos en la fase de conceptualización. Según los roles definidos durante esta fase, tenemos que el SMF provee las siguientes funcionalidades: monitorear, detectar, localizar, analizar, predecir la ocurrencia de una falla, y corregirla en el sistema de control. Estas funciones representan los roles de los actores definidos en la fase de conceptualización. Todos estos actores pueden permanecer como agentes en nuestro sistema, aunque algunos actores fueron divididos en varios agentes, lo que hace que no exista una correspondencia directa uno a uno, entre los actores y los agentes. Así pues, se definen ocho agentes, a los cuales hemos denominado:

- Agente Especializado Detector
- Agente Especializado Localizador
- Agente Especializado Diagnosticador
- Agente Especializado Predictor
- Agente Coordinador
- Agente Controlador
- Agente Actuador
- Agente Observador



El agente **Esp. Detector** es el encargado de identificar si un componente se encuentra bajo la presencia de una falla incipiente. El agente **Esp. Localizador** es el encargado de buscar el sitio exacto donde ocurre la falla en el sistema si está no es determinada por el agente **Esp. Detector**. El agente **Esp. Diagnosticador** es el encargado de determinar el modo de falla, sus causas y sus consecuencias, y compartir esta información con el resto del sistema multiagente. El agente **Esp. Predictor** es el encargado de prevenir que una falla incipiente desemboque en una falla funcional total en el sistema, y comparte esta información con el resto del sistema multiagente. El agente **Coordinador** es el encargado de recolectar la información obtenida por los agentes **Detector**, **Localizador**, **Diagnosticador** y **Predictor** de la(s) instancia(s) del sistema; basada en esta información toma la decisión sobre la realización del mantenimiento correctivo, en caso contrario efectúa la replanificación de la(s) tarea(s) de mantenimiento preventivo a realizar.

El agente **Controlador** es el encargado de proporcionar el plan de mantenimiento a realizar según la falla que este ocurriendo en el sistema y comparte esta información con el resto del sistema multiagente. El agente **Observador** es el encargado de recolectar información del proceso e identificar si el sistema se encuentra en un estado invalido, también, observa el estado del mantenimiento y detecta las fallas abruptas en el sistema. El agente **Actuador** es el encargado de ejecutar el plan de mantenimiento en el sistema, y compartir esta información con el resto del sistema.

Este modelo de agentes, está basado en el modelo de referencia SCDIA [5], el cual ha sido diseñado para sistemas de control usando sistemas multiagentes [9,11,12], El SCDIA ha sido adaptado al problema de manejo de fallas, visualizando dicho problema como un problema genérico de control en lazo cerrado. En la figura 3.1, se observa que el SMF basado en agentes tiene la estructura del SCDIA, tal que los agentes especializados y el agente **Coordinador** se encuentra en el nivel Supervisor, y en el nivel de Proceso se encuentra los agentes **Controlador**, **Observador** y **Actuador**. Además, el SMF interactúa con el



SCDIA de control de proceso a través del Medio de Gestión de Servicios (MGS) [18].

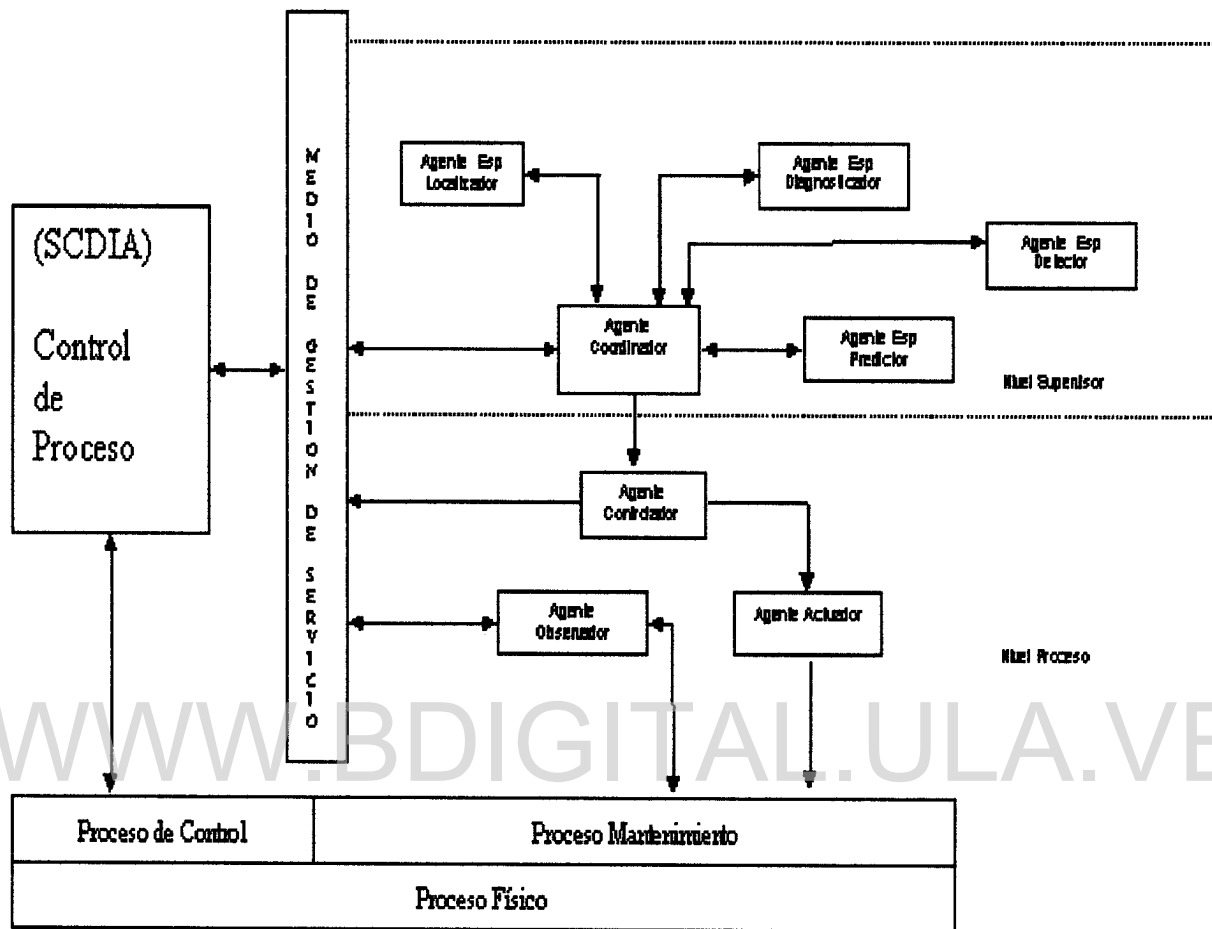


Figura 3.1 Modelo de Agentes

A continuación se define en detalle las características del agente Coordinador: sus objetivos, capacidades de razonamiento, habilidades, restricciones, servicios, etc. Para las características de los demás agentes, ver anexo #2.



3.2.2.1 Estructura del Modelo de Agentes

A continuación veremos un conjunto de plantillas que describen al agente Coordinador, que es el agente principal del modelo de agentes del SMF.

Agente Coordinador

<p>Agente: Coordinador</p> <p>Nombre: Coordinador</p> <p>Tipo: Agente software.</p> <p>Papel: Tomar decisión para la planificación de las tareas de mantenimiento y coordinar todo lo que tiene que ver con las tareas del SMF</p> <p>Descripción: El agente <i>Coordinador</i> es el encargado de recolectar la información obtenida por los agentes Detector, Localizador, Diagnosticador y Predictor de la(s) instancia(s) del sistema; basado en esta información toma la decisión sobre la realización de tareas de mantenimiento en el sistema, también efectúa la replanificación de la(s) tarea(s) de mantenimiento preventivo a realizar.</p>	1.1
---	-----

Tabla 3.2 Agente Coordinador

<p>Objetivo - Agente Coordinador</p> <p>Nombre: Planificar las tareas de mantenimiento a realizar en las instancias del sistema según disponibilidad de recurso.</p> <p>Tipo: Objetivo por condición</p> <p>Parámetro de entrada: Datos de los agentes del nivel supervisor del sistema y del agente Controlador</p> <p>Parámetro de salida: El plan de mantenimiento y/o orden de mantenimiento correctivo (tareas urgentes)</p> <p>Condición de activación: Recibir información de los agentes especializados o del agente Observador.</p> <p>Condición de finalización: Establecer un macro-plan de mantenimiento a realizar en el sistema.</p> <p>Condición de éxito: Obtener un macro plan de mantenimiento para lograr niveles de confiabilidad aceptables en las instancias supervisadas</p> <p>Condición de fracaso: ¬Condición de éxito.</p> <p>Lenguaje de representación: Lenguaje natural.</p> <p>Descripción: El agente Coordinador evalúa los diferentes escenarios para la elaboración ó replanificación de los planes generales de mantenimiento preventivo y/o ordenar la ejecución de mantenimiento correctivo (tareas urgentes)</p>	1.2
---	-----

Tabla 3.3 Objetivo del agente Coordinador



Servicio - Agente Coordinador

1.3

Nombre: Proporcionar- Plan de mantenimiento

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: datos provenientes de los agentes especializados y del agente Observador.

Parámetros de salida: Macro plan de mantenimiento

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla 3.4 Servicio del Agente Coordinador

Servicio - Agente Coordinador

1.4

Nombre: Replanificar mantenimiento preventivo en el sistema

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: Condición de que no se realizó las tareas de mantenimiento (tareas pendientes) o detección de fallas funcionales abruptas (tareas urgentes)

Parámetros de salida: La replanificación de la(s) tarea(s) de mantenimiento. Orden de mantenimiento correctivo.

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla 3.5 Servicio del Agente Coordinador

Servicio - Agente Coordinador

1.5

Nombre: Llamar a agentes especializados

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: Condición de que se necesita realizar una tarea DLDP en el sistema

Parámetros de salida: Macro Plan de Mantenimiento a realizar en el sistema

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla 3.6 Servicio del Agente Coordinador

Capacidad General – Agente Coordinador

1.6

Habilidad: Ser capaz de proporcionar un macro plan de mantenimiento adecuado y ser capaz de replanificar las tareas de mantenimiento.

Lenguaje de Representación: Lenguaje natural

Tabla 3.7 Capacidad General del Agente Coordinador



Restricción - Agente Coordinador

1.7

Tipo: Temporal

Descripción: Se debe garantizar los tiempos de respuestas para la replanificación de las tareas de mantenimiento preventivo y la ejecución de las tareas de mantenimiento correctivo.

Tabla 3.8 Restricción del Agente Coordinador

Todos los agentes poseen propiedades en los servicios que ofrecen y que son comunes a todos ellos, esas propiedades están asociadas a: la Obtención del Servicio, La Complejidad del Servicio, la Calidad del Servicio. A continuación se caracterizan de forma general dichas Propiedades:

Propiedad-Servicio

Nombre: Obtención

Valor: Estándar

Descripción: Se asume que la consolidación de los datos es tal, que asegura una confiabilidad adecuada en los resultados asociados a las diferentes tareas de los agentes del SMF.

Tabla 3.9 Propiedad-servicio Obtención

Propiedad-Servicio

Nombre: Complejidad

Valor: Estándar ó avanzada

Descripción: Los servicios ofrecidos por el SMF pueden ser lo suficientemente complejos, según el tipo de información ó proceso que manipule.

Tabla 3.10 Propiedad-servicio Complejidad

Propiedad-Servicio

Nombre: Calidad

Valor: Buena

Descripción: La calidad de los servicios ofrecidos depende de la fiabilidad de los datos y de la rigurosidad de los métodos utilizados.

Tabla 3.11 Propiedad-servicio Calidad

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



3.2.3 Modelo de Tareas

La identificación de las tareas del SMF se deriva de los actores y casos de usos definidos durante la fase de conceptualización. Las tareas identificadas se presentan en la tabla 3.12.

Tareas del SMF	
1. Tareas de Observación	1.1 Identificar Fallas Funcionales Abruptas Calcular índices de funcionamiento Determinar el estado del mantenimiento
2. Tareas de Detección	2.1 Llevar estadísticas sobre la ocurrencia de fallas Seleccionar Técnica de detección 2.3 Incorporar nuevos métodos de detección.
3. Tareas de Localización	3.1 Ubicar Falla
4. Tareas de Diagnóstico	4.1 Llevar estadísticas de los modos de fallas Llevar estadísticas sobre las causas de las fallas Realizar análisis sobre las consecuencias de las fallas en el sistema Reajustar modelos de diagnósticos Incorporar nuevos modelos de diagnóstico Incorporar nuevos modos de fallas Incorporar nuevas causas de fallas Identificar modos de fallas y sus causas
5. Tareas de Predicción	5.1 Calcular curvas de confiabilidad en equipos Generar índices de confiabilidad del proceso Incorporar nuevos modelos de predicción
6. Tareas de Control	6.1 Proponer Plan de Mantenimiento Procesar Plan de Mantenimiento
7. Tareas de Coordinación	7.1 Proponer Macro Plan de Mantenimiento 7.2 Evaluar Recursos 7.3 Ordenar Realización de Tarea DLDP 7.4 Ordenar Mantenimiento Correctivo 7.5 Replanificar el Mantenimiento preventivo
8. Tareas de Actuador	8.1 Ejecuta las Tareas de Mantenimiento 8.2 Ejecuta Planes de Contingencia

Tabla 3.12 Tareas del SMF



A continuación describiremos las tareas del agente Coordinador en detalle, el resto de especificaciones de las tareas de los agentes se encuentra en el anexo #2.

Tareas del Agente Coordinador

Tarea: Proponer Macro Plan de Mantenimiento

Tarea: *Proponer Macro Plan de Mantenimiento*

Objetivo: Elaborar un macro plan de mantenimiento para cada equipo del proceso.

Precondición: La información proveniente de los agentes Detector, Diagnosticador, Predictor debe ser clara y completa

Frecuencia: Relativa a la información provista por los agentes Detector, Diagnosticador y Predictor

Descripción: A través de esta tarea el agente *Coordinador* propone un macro plan de mantenimiento a realizar en el sistema, tomando en cuenta aspectos técnicos, tales como ciclos de vida de los equipos, predicción en el tiempo de fallas funcionales, etc.

Tabla 3.13 Tarea Proponer Macro Plan de Mantenimiento

Tarea: Evaluar Recurso

Tarea: *Evaluar Recurso*

Objetivo: Evaluar los recursos disponibles (mano de obra, repuestos, etc) en el sistema para la realización de las tareas de mantenimiento correctivo ó tareas urgentes.

Precondición: La información proveniente del agente Base de Datos debe ser clara y completa

Frecuencia: Relativa a la realización de una tarea urgente.

Descripción: A través de esta tarea el agente *Coordinador* evalúa los recursos disponibles para la realización de una tarea de mantenimiento correctivo (ó tareas urgentes) en el sistema.

Tabla 3.14 Tarea Evaluar Recurso



Tarea: Ordenar Realización de Tarea DLDP

Tarea: Ordenar Realización de Tarea DLDP

Objetivo: Ordenar la ejecución de una tarea de Detección, Localización, Diagnóstico o Predicción (DLDP)
Precondición: Identificación de la existencia de una falla funcional.
Frecuencia: Relativa a la ejecución de mantenimiento por condición en el sistema
Descripción: A través de esta tarea el agente *Coordinador* ordena la ejecución de tareas DLDP sobre alguna instancia en el sistema.

Tabla 3.15 Tarea Ordenar Realización de Tarea DLDP

Tarea: Ordenar Mantenimiento Correctivo

Tarea: Ordenar Mantenimiento Correctivo

Objetivo: Ordenar la ejecución de una tarea de mantenimiento correctivo
Precondición: La información proveniente de los agentes especializados DLDP y Observador debe ser clara y completa.
Frecuencia: Relativa a la presencia de fallas funcionales abruptas en el sistema
Descripción: A través de esta tarea el agente *Coordinador* ordena la ejecución de una tarea de mantenimiento correctivo sobre alguna instancia en el sistema.

Tabla 3.16 Tarea Ordenar Mantenimiento Correctivo

Tarea: Replanificar el Mantenimiento

Tarea: Replanificar el Mantenimiento

Objetivo: Replanificar las tareas de mantenimiento que no se pudieron realizar en el sistema
Precondición: La información proveniente del agente *Observador* debe ser clara y completa
Frecuencia: Relativa a la información provista por el agente *Observador*
Descripción: A través de esta tarea el agente *Coordinador* replanifica las tareas de mantenimiento que no se pudieron realizar en el proceso.

Tabla 3.17 Tarea Replanificar el Mantenimiento



3.2.4 Modelo de Inteligencia

En nuestro sistema, inicialmente los agentes son agentes reactivos, pero se le puede integrar capacidades inteligentes. A continuación se presenta la estructura del modelo de inteligencia para éstos agentes:

Experiencia	1
Representación: Reglas	
Tipo: Basada en Casos	
Grado de Confiabilidad: Medianamente confiable	
Esquema de Procesamiento: Reajuste de parámetros de conocimiento e incorporación de nuevos modelos	

Tabla 3.18 Experiencia de los Agentes

Mecanismo de Aprendizaje	2
Tipo: Adaptativo	
Técnica de Representación: Reglas	
Fuente de Aprendizaje: Condiciones de las instancias en el sistema, éxitos y/o fracasos ocurridos durante la detección, localización, diagnóstico o predicción de una falla en el sistema	
Mecanismo de Actualización: Retroalimentación, las experiencias previas son utilizadas para actualizar el conocimiento	

Tabla 3.19 Mecanismo de Aprendizaje de los Agentes

Mecanismo de Razonamiento	3
Fuente de Información: Resultados previos obtenidos por los agentes del sistema manejador de fallas	
Fuente de Activación: Las Tareas de detección, localización, diagnóstico o predicción	
Tipo de Inferencia: Basada en Reglas	
Relación Tarea-Objetivos: Decide si el algoritmo utilizado es bueno para la detección, localización, diagnóstico o predicción de la falla en el sistema	
Estrategia de Razonamiento: Coordinar estrategias para realizar detección, localización, diagnóstico o predicción de la falla en el sistema. Enfrentar situaciones desconocidas para enriquecer la experiencia. De manera, deductiva o inductiva, según el caso.	

Tabla 3.20 Mecanismo de Razonamiento de los Agentes

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



3.2.5 Modelo de Coordinación

A través de este modelo representamos las estructuras de comunicación del sistema, describimos las conversaciones a través de un *diagrama de interacción* UML, además de los protocolos y lenguajes asociados a las comunicaciones. A continuación presentamos la estructura del Modelo de Coordinación del SMF. Describiremos la conversación “Replanificación de Tarea” en detalle, para ver la descripción de las demás conversaciones ver anexo #2.

Conversación: Replanificación de Tarea

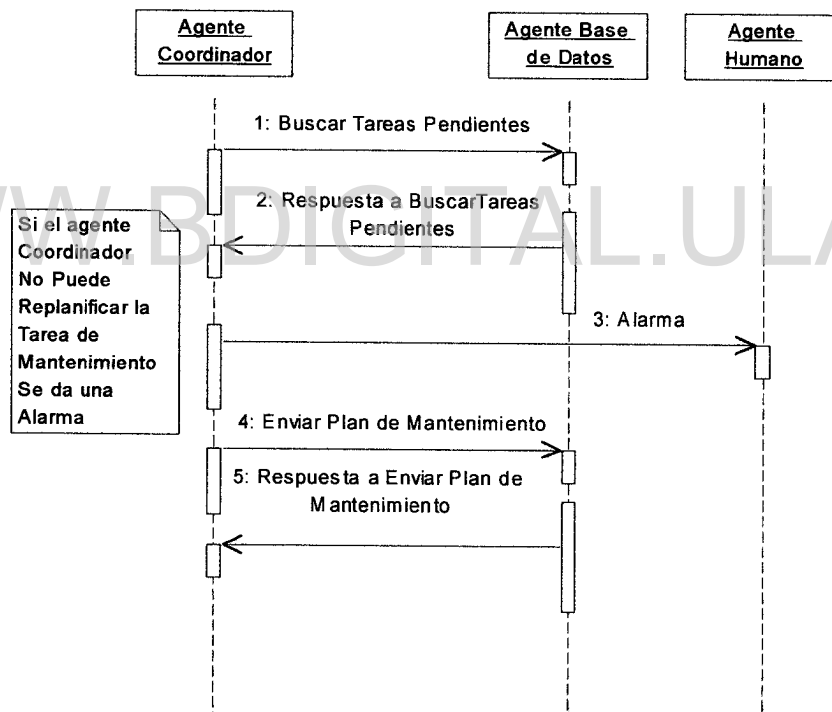


Figura 3.2 Diagrama de Interacción de la Conversación Replanificación de Tarea



Conversación: Replanificación de Tarea	4.1
Objetivo: Replanificar las tareas de mantenimiento que no hayan sido realizadas en el sistema	
Agentes: Controlador , Base de Datos (SCDIA gestión de servicio) y Humano	
Iniciador: Coordinador	
Actos de Habla: Buscar Tareas Pendientes, Alarma, Enviar Plan de Mantenimiento	
Precondición: No haberse realizado una tarea de mantenimiento en el sistema	
Condición de terminación: Si no se pudo realizar la replanificación de la tarea se da una alarma, de lo contrario, se almacena el plan de mantenimiento	
Descripción: Mediante esta conversación el agente Coordinador busca la información proveniente del agente Base de Datos, sobre las tareas de mantenimiento que no fueron realizadas, para luego replanificarlas, y guardar dicha replanificación en un nuevo plan de mantenimiento. Si no se puede replanificar se da una alarma.	

Tabla 3.21 Esquema de Coordinación de la conversación Replanificación de Tarea

Esquema de Coordinación	4.2
Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre los agentes <i>Coordinador</i> , Base de Datos y <i>Humano</i>	
Tipo: Predefinido	
Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes entre los agentes que participan en la conversación.	

Tabla 3.22 Esquema de Coordinación de la conversación Replanificación de Tarea

Planificación	4.3
Tipo: Predefinido	
Técnica: Se utilizan protocolos para consultas e información entre el agente Base de Datos y el agente <i>Coordinador</i> y el agente <i>Coordinador</i> con el agente <i>Humano</i>	

Tabla 3.23 Planificación de la conversación Replanificación de Tarea



Mecanismo de Comunicación	
Tipo: Directa	4.4
Técnica empleada : Pase de mensaje	
Metalenguaje: KQML	
Ontología: SMF (Ver tabla 3.25)	

Tabla 3.24 Mecanismo de Comunicación de la conversación Replanificación de Tarea

Ontología	
Nombre: Ontología SMF	4.5
Representación: KIF	
Agentes que las conocen: Coordinador, Detector, Localizador, Predictor, Diagnosticador, Controlador, Observador Actuador y Humano	
Vocabulario: El vocabulario está definido a través de clases y relaciones entre las clases	
Descripción: Esta ontología describe las entidades, conceptos y relaciones empleadas para satisfacer las peticiones de servicio en el SMF.	

Tabla 4.25 Ontología

3.2.6 Modelo de Comunicación

El modelo de comunicación de MASINA nos describe las interacciones entre los agentes involucrados en la resolución de un problema. Este modelo estructura las interacciones en conversaciones. Cada interacción entre dos agentes se realiza mediante el envío de mensajes, y tiene asociado un acto de habla.

El modelo se estructura en torno a los conceptos de agentes y tareas, e introduce los siguientes conceptos:

Mensaje: estructura de datos que intercambian los agentes para comunicarse.



Acto de habla: intención del emisor del mensaje al transmitir el contenido del mismo.

Basándonos en los casos de uso definidos en la fase de conceptualización, podemos representar las interacciones entre los agentes del sistema. El resto de la estructura del modelo se complementa con la descripción de las conversaciones a través de las plantillas textuales de MASINA.

A continuación definiremos los actos de habla establecidos en la conversación “Replanificación de Tarea”, los demás actos de habla están especificados en el anexo #2.

Acto de Habla: Buscar Tareas Pendientes	1
Nombre: Buscar Tareas Pendientes	
Tipo: Consulta	
Objetivo: Buscar en la base de datos las tareas de mantenimiento pendientes a realizar en el sistema	
Agentes: Coordinador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)	
Iniciador: Coordinador	
Precondición: Existir tareas pendientes en el sistema	
Condición de terminación: El agente <i>Coordinador</i> recibe la información sobre las tareas de mantenimiento pendientes en el sistema por el agente <i>Base de Datos</i> .	
Conversaciones: Replanificación de Tarea, Tareas Urgentes	
Descripción: El agente Coordinador solicita la información sobre las tareas de mantenimiento pendientes que están almacenadas en la base de datos	

Tabla 3.26 Acto de Habla Buscar Tareas Pendientes

Acto de Habla: Alarma	2
Nombre: Alarma	
Tipo: Informar	
Objetivo: Activar las alarmas	
Agentes: Coordinador - Humano (Gerencia de Mantenimiento)	
Iniciador: Coordinador	
Conversaciones: Mantenimiento por Condición, Tareas Urgentes, Replanificación de Tarea	
Precondición: No poder proporcionar una tarea de mantenimiento apropiada en el sistema	
Condición de terminación: El agente <i>Humano</i> recibe el estado de alerta en el sistema	
Descripción: El agente Coordinador envía el estado de alarma al agente <i>Humano</i> , ya que no pudo proporcionar un plan de mantenimiento, y el sistema se puede volver inestable	

Licencia Creative Commons:



Tabla 3.27 Acto de Habla Alarma

Acto de Habla: Enviar plan de mantenimiento	3
Nombre: Enviar plan de mantenimiento	
Tipo: Informar	
Objetivo: Depositar en la base de datos el plan de mantenimiento a realizar por el agente Controlador	
Agentes: Coordinador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)	
Iniciador: Coordinador	
Conversaciones: Replanificación de Tarea, Mantenimiento por Condición	
Precondición: Existir una detección de falla en el sistema	
Condición de terminación: El agente <i>Coordinador</i> envía toda la información sobre el plan de mantenimiento al agente <i>Base de Datos</i> .	
Descripción: El agente <i>Coordinador</i> envía la información sobre el plan de mantenimiento que será almacenada por el agente <i>Base de Datos</i>	

Tabla 3.28 Acto de Habla Enviar plan de mantenimiento

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Capítulo 4

Implementación del Sistema Manejador de Fallas

Este capítulo presenta el proceso de implementación del componente de software del Sistema Manejador de Fallas (SISMAF). En primer lugar se presenta una breve descripción acerca de la plataforma para Sistemas Multiagente (SMA) JADE. Posteriormente se tratan aspectos relativos a la implementación del componente de software.

4.1 Java Agent Development Framework (JADE)

JADE [27] es una plataforma para sistemas Multiagentes desarrollada por Telecom Italia Lab¹ (Tilab), que tiene por finalidad permitir el desarrollo de aplicaciones basadas en agentes que cumplan con las especificaciones de interoperabilidad FIPA [25] para SMA. JADE es un software de código abierto desde febrero del 2000. Su código fue desarrollado totalmente en Java y está disponible bajo la licencia "Lesser General Public License"² (LGPL).

JADE proporciona un conjunto de servicios para agentes tales como: servicios de nombramiento, servicio de páginas amarillas, protocolos de transporte, y protocolos de interacción. Esta plataforma Multiagentes puede distribuirse entre varios servidores requiriendo sólo una máquina virtual Java (JVM) en cada una que sirva como contenedor³. La infraestructura de comunicaciones permite a los agentes acceder a colas de mensajes que manejan protocolos y ontologías FIPA. JADE proporciona soporte a distintas interfaces de comunicación remota como: Remote Method Invocation (RMI), Common Object Request Broker Architecture Internet Inter-ORB Protocol (CORBA-IIOP) y protocolos de transporte de notificación de eventos.

¹ <http://www.telecomitalialab.com/>

² <http://www.gnu.org/>

³ Ambiente creado por JADE en el cual corren los agentes.



4.1.1 Modelo de Comportamientos de JADE

JADE propone un modelo de agentes orientado a comportamientos. Los comportamientos representan acciones que un agente ejecuta en un momento dado como respuesta a un evento. Particularmente, los servicios que ofrecen los agentes del SMF son descritos por comportamientos. El modelo JADE define una jerarquía de comportamientos que pueden extenderse de acuerdo a las necesidades de cada caso.

Los agentes de JADE pueden ejecutar sus comportamientos en cualquier momento de tiempo de su ejecución, previamente agregados a la lista de comportamientos⁴, de igual manera, los comportamientos pueden ser eliminados de la lista de comportamientos del agente en cualquier instante del tiempo de corrida.

La figura 4.1 muestra la jerarquía de comportamientos. A continuación se describen brevemente las clases que conforman esta jerarquía [27].

- **Behavior:** Es la clase abstracta base para el modelado de tareas de un agente. Esta clase define una base para la transición de estados de un comportamiento permitiendo iniciar, detener y reanudar su ejecución. También proporciona métodos para el intercambio de información con otros comportamientos.
- **SimpleBehaviour:** Esta clase abstracta modela comportamientos atómicos simples.
- **OneShotBehaviour:** Clase abstracta que modela un comportamiento atómico simple que se ejecuta una sola vez y cuya ejecución no puede ser bloqueada.

⁴ Estructura en la cual se encuentran registrados los comportamientos que un agente debe ejecutar en un momento dado.



- **CyclicBehaviour:** Esta clase abstracta modela un comportamiento que se ejecuta en forma cíclica.
- **CompositeBehaviour:** Clase abstracta que modela comportamientos compuestos por sub-comportamientos (hijos) en los cuales se definen las acciones que deben ser ejecutadas para que el comportamiento padre se cumpla. Proporciona una interfaz para la programación de comportamientos hijos.
- **SequentialBehaviour:** Es una subclase de CompositeBehaviour que tiene como particularidad la ejecución de sus sub-comportamientos de manera secuencial.
- **ParallelBehavior:** Es una subclase de CompositeBehaviour que ejecuta sub-comportamientos concurrentemente.
- **FSMBehaviour:** Es una subclase de CompositeBehaviour que ejecuta un sub-comportamiento de acuerdo a una máquina de estado finito definida por el usuario.
- **SenderBehaviour:** Este comportamiento realiza el envío de un mensaje ACL y es una subclase de OneShotBehaviour.
- **ReceiverBehaviour:** Encapsula la recepción de un mensaje y su ejecución termina con la recepción de éste.
- **WakerBehaviour:** Esta clase modela un comportamiento que se ejecuta después de que ha transcurrido un lapso de tiempo.
- **TickerBehaviour:** Esta clase modela un comportamiento que se ejecuta en intervalos de tiempo establecidos por el usuario de la clase.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

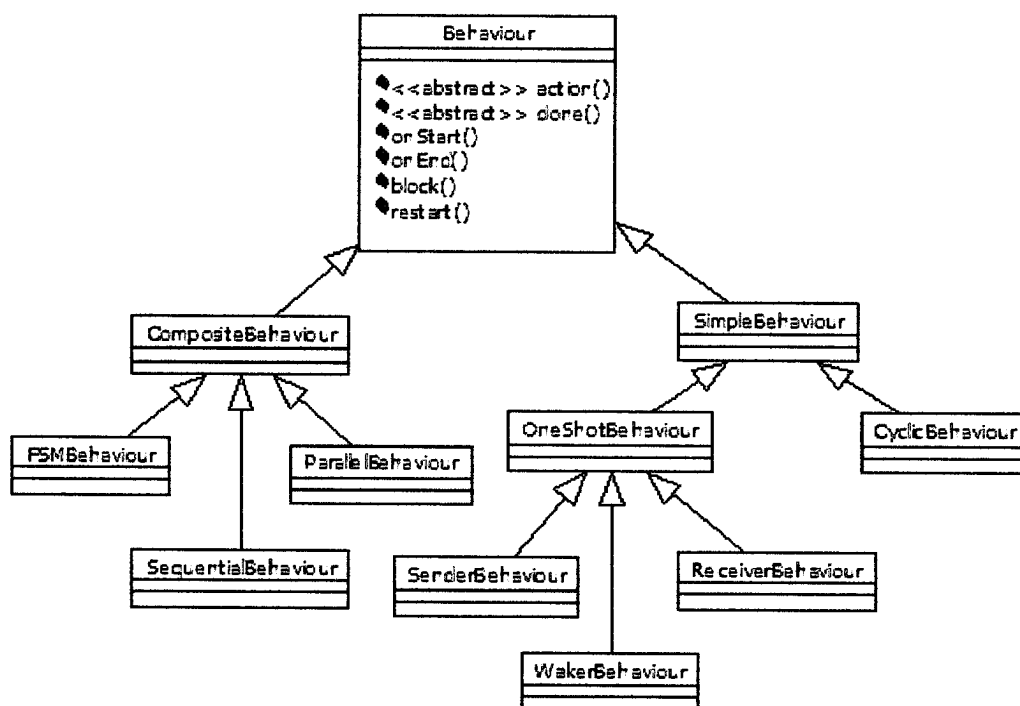


Figura 4.1. Jerarquía de comportamientos de JADE.

4.2 Implementación del Sistema Manejador de Fallas

El Sistema Manejador de Fallas (SISMAF) es un SMA desarrollado sobre la plataforma Multiagentes JADE. El SISMAF consiste de 4 agentes, a saber: Agente Principal (AP), Agente Ejecutor (AE), Agente Monitoreo (AM), Agente Configuración (AC) y Los agentes de la Comunidad de Generación de Código del SCDIA [28]. Estos agentes se incorporan a la plataforma JADE, y a través de ésta interactúan entre sí con el fin de manejar los Agentes del Sistema para el Manejo de Fallas (SMF) basados en el SCDIA, de acuerdo a la especificación presentada en el capítulo III.

El SISMAF forma parte del núcleo del SCDIA, por esta razón se crearon paquetes de Java en los cuales los distintos elementos del SISMAF estarían contenidos. La figura 4.2 muestra la jerarquía de paquetes del SCDIA.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

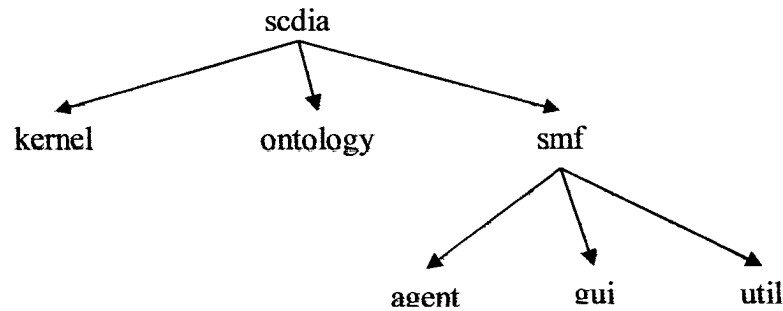


Figura 4.2. Jerarquía de paquetes del SCDIA.

Los paquetes **kernel** y **ontology** forman el núcleo del sistema de la Comunidad de Generación de Código del SCDIA [28], los cuales contienen las clases necesarias para generar el código fuente, y los agentes posteriormente del SMF. El paquete **smf** agrupa los paquetes que forman el núcleo del SISMAF, como son: el paquete **agent** que contiene los agentes principales para el manejo y ejecución del SISMAF (los cuatro agentes descritos anteriormente), el paquete **gui** que contiene toda la interfaz gráfica del SISMAF, y el paquete **util** que contiene clases de utilidad para la aplicación.

A continuación se describen las clases desarrolladas en este trabajo, que conforman cada paquete y sus funcionalidades.

4.2.1 Paquete Agent

Contiene los agentes del SISMAF necesarios para crear, ejecutar, configurar y monitorear, los agentes del SMF. A continuación se describen las clases que forman parte del SISMAF.

4.2.1.1 Clase SMF (Agente Principal AP)

El AP es el agente principal del SISMAF, es un agente con interfaz gráfica que maneja todos los requerimientos por parte del usuario. El AP permite recoger toda la información para la creación, ejecución, monitoreo y configuración de los agentes del SMF.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Para la creación de los agentes del SMF, el agente AP invoca a los agentes de la Comunidad de Generación de Código del SCDIA [28], los cuales a través de la interacción con el usuario generan a los agentes del SMF.

La ejecución de los agentes del SMF se realiza por intermedio del agente Ejecutor, el monitoreo de las acciones de los agentes por medio del agente Monitoreo y la configuración de los modelos que necesitara utilizar algún agente del SMF lo realiza el agente Configuración. Dependiendo del requerimiento del usuario estos agentes son invocados a través del AP, por medio de los menús que este incorpora en su interfaz.

4.2.1.2 Clase RunAgent (Agente Ejecutor AE)

El agente AE es el encargado de ejecutar los agentes del SMF, es un agente con interfaz gráfica que interactúa con el usuario con el fin de ejecutar los agentes que forman parte del SMF.

4.2.1.3 Clase MonitorAgent (Agente Monitoreo AM)

EL agente AM es el encargado de monitorear las actividades realizadas por los agentes del SMF. Posee una interfaz gráfica en la cual se presenta al usuario las actividades que realiza cada agente del SMF.

4.2.1.4 Clase CAgent (Agente Configuración AC)

El agente AC es el encargado de recoger la información para configurar los modelos de detección, diagnóstico, predicción u otro, dependiendo del agente del SMF, si se necesitará algún modelo para estos agentes. Para ello posee una interfaz gráfica en la cual el usuario va incorporando esa información. Este agente posee dos comportamientos que son:

- **RegisterInDF:** Extiende el OneShotBehaviour. Realiza el registro del AC en el servicio de páginas amarillas a través del agente de servicio de directorio de la plataforma JADE.

Licencia Creative Commons:



- **CAgentBehaviour:** Extiende el SimpleBehaviour. Permite ejecutar las tareas para la configuración de los modelos para los agentes.

4.2.2 Paquete gui

Contiene las clases de interfaz gráfica del SISMAF, y a través de estas se le muestra o se le requiere información al usuario.

4.2.2.1 Clase SMFGui

Esta es la interfaz gráfica del AP. A través de ella el AP obtiene información del usuario, para el manejo del SMF (ver figura 4.3).

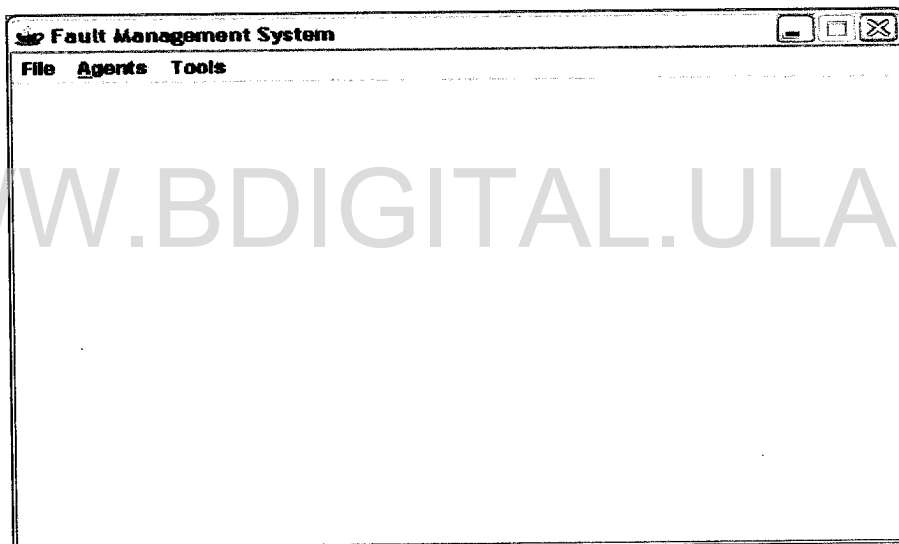


Figura 4.3. Interfaz Gráfica del Agente Principal.

Posee tres menús File, Agents, y Tools. El menú File posee la opción "Exit" que permite salir de la aplicación. El menú Agents posee tres submenús "Build Agents", "Run Agents", y "Monitoring of Agents"; la opción de "Build Agents" permite construir los agentes del SMF (ver figura 4.4 y [28]), la opción "Run Agents" permite ejecutar los agentes del SMF (ver RunAgentGui), y la opción "Monitoring of Agents" permite ver las actividades de los agentes del SMF (ver MonitorAgentGui). Por último, el menú Tools posee la opción de "Customize

Licencia Creative Commons:



Models” que permite configurar los modelos de detección, diagnóstico, predicción u otros, que utilizaran los agentes del SMF (ver CAgentGui).

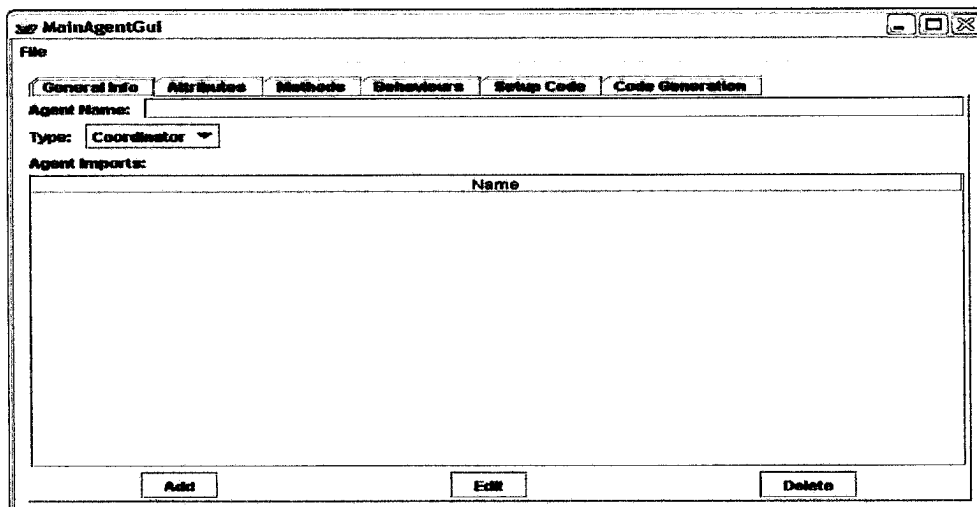


Figura 4.4. Interfaz Gráfica de la Comunidad de Generación de Código del SCDIA.

4.2.2.2 Clase RunAgentGui

Esta es la interfaz gráfica del AE. A través de ella el AE obtiene información del usuario, para ejecutar los agentes del SMF (ver figura 4.5). Mediante el botón “Add” agrega los agentes que se quieren ejecutar, y por medio del botón “Run” se ponen en ejecución los agentes seleccionados.

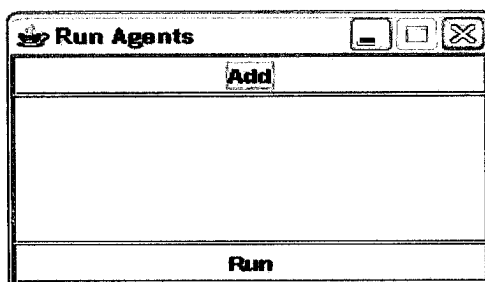


Figura 4.5. Interfaz Gráfica del Agente Ejecutor.



4.2.2.3 Clase MonitorAgentGui

Esta es la interfaz gráfica del AM. A través de ella el AM le muestra información al usuario de las actividades realizadas por los agentes del SMF (ver figura 4.6). El usuario puede escoger el tipo de agente (“Type Agent”) que quiere observar, y pulsando el botón “Monitoring”, en la interfaz se mostrará las tareas realizadas (“Carried out Tasks”) y las Alarmas (“Alarms”) que este genere, si fuese el caso. El botón “Cancel” permite salir del monitoreo.

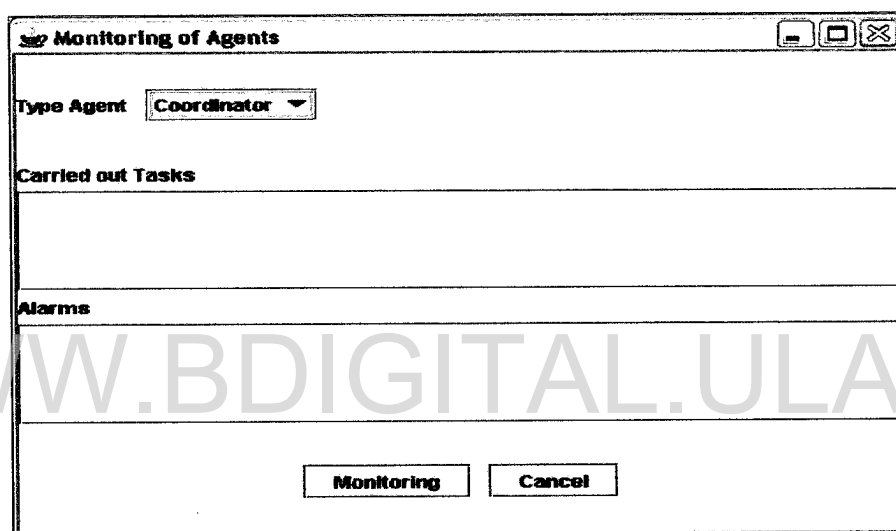


Figura 4.6. Interfaz Gráfica del Agente Monitoreo.

4.2.2.4 Clase CAgentGui

Esta es la interfaz gráfica del AC. A través de ella el AC le muestra al usuario una tabla con los modelos disponibles que el ha incorporado en un determinado momento a un agente del SMF (ver figura 4.7). En esta tabla se aprecia las opciones de nombre del agente (“Name Agent”), el tipo de programa (“Type Program”) en el que fue realizado el modelo, y la ruta física (“Path Program”) en la que se encuentra el programa. Los botones “Add Model” y “Delete Model”, agregan y borran respectivamente los modelos de detección, diagnóstico, predicción u otros, de la tabla. El botón “Accept” permite guardar la configuración, y el botón “Exit” permite salir de la Configuración del SMF.

Licencia Creative Commons:

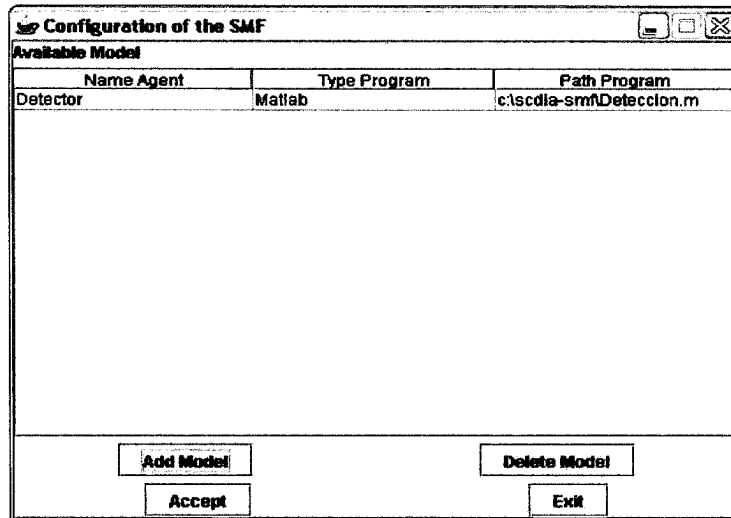


Figura 4.7. Interfaz Gráfica del Agente Configuración.

4.2.2.4 Clase AddModels

Esta clase es llamada por el AC (ver figura 4.8) y permite al usuario incorporar la información referente al modelo de detección, diagnóstico, predicción u otro, que utilizará si es necesario, el agente detector, diagnosticador, predictor u otro del SMF. El usuario selecciona el tipo de agente ("Type Agent"), el tipo de programa ("Type Program") que puede ser Matlab, Visual C++, o Mathematic, y la ruta física ("Path") donde este se encuentra, el usuario puede escribir la ruta en el cuadro de texto de la interfaz o puede seleccionarla a través del botón "Browser". Mediante el botón "Accept" se agrega el modelo a la tabla del agente AC, y mediante el botón "Cancel" se cancela la inserción del modelo.

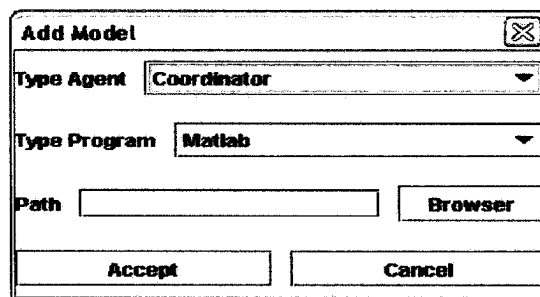


Figura 4.8. Interfaz Gráfica para agregar un modelo a un agente del SMF.



4.2.3 Paquete util

Contiene clases de utilidad con métodos que realizan tareas repetitivas que se ejecutan a lo largo de la aplicación.

4.2.3.1 Clase AgentFilter

Los métodos de esta clase permiten que se muestren solo los agentes que serán escogidos para ejecutarse a través del AE.

4.2.3.2 Clase Custom

Esta clase contiene métodos para manejar la configuración de los agentes del SMF por parte del AC.

4.2.3.3 Clase MonitoreoFilter

Los métodos de esta clase permiten dar formato a los programas que serán escogidos para configurar los modelos de los agentes del SMF a través del AC.

4.2.3.4 Clase TableModelUtils

Contiene métodos de utilidad necesarios para la presentación y manejo de información en forma tabular.

4.2.3.5 Clase GeneralTableModel

Esta clase define un modelo de presentación de datos genérico que es empleado en la presentación de información de forma tabular de la interfaz gráfica del agente AC.



4.2.4 Paquete scadia.kernel.gui

Este paquete maneja las clases de interfaz gráfica de los agentes de la Comunidad de Generación de Código del SCDA [28]. Para nuestro caso fue modificada la clase **BehaviourAgentGui** y fue agregada la clase **AddBehaviourIntelligent** para incorporar la interfaz necesaria para generar comportamientos inteligentes, a los agentes del SMF Detector, Diagnosticador y Predictor. A continuación se describe cada una de estas clases.

4.2.4.1 Clase BehaviourAgentGui

Esta clase es la interfaz gráfica del Agente de Comportamientos. Permite que el usuario seleccione los parámetros a partir de los cuales se generará el código de comportamiento que el usuario ajustará a sus requerimientos particulares (ver figura 4.9). El usuario puede seleccionar el tipo de agente (“Select a type of agent”) al cual se le incorporará el comportamiento, y seleccionar el tipo de comportamiento que el desea agregar (“Select the type of behaviour that you want to add”), estas dos opciones fueron modificadas agregando los agentes del SMF y los comportamientos propios de estos, además de incorporar la opción de agregarle inteligencia a ciertos comportamientos (ver **AddBehaviourIntelligent**).

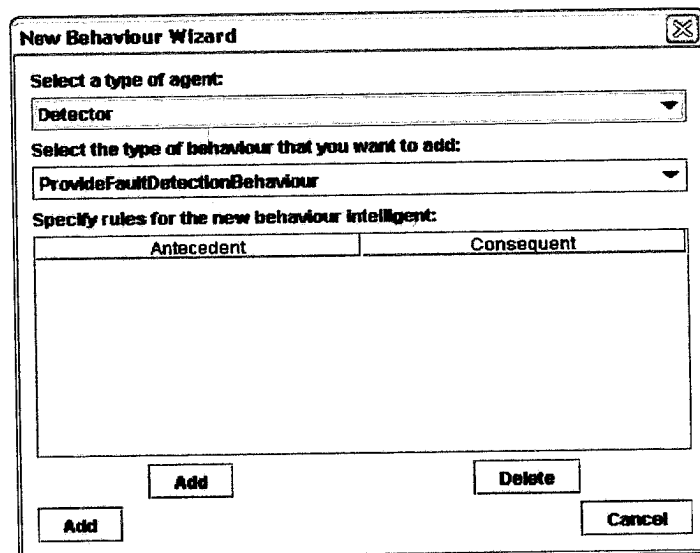


Figura 4.9. Interfaz Gráfica del agente de Comportamientos.



4.2.4.2 Clase AddBehaviourIntelligent

Esta clase permite incorporar inteligencia al comportamiento de un agente por medio de una interfaz gráfica (ver figura 4.10) creando así un comportamiento inteligente. Esto lo realiza mediante reglas si-entonces. Primero el usuario tiene que agregar las variables utilizadas en los antecedentes y consecuencias, esto lo realiza por medio del primer botón "Add" el cual despliega la interfaz de la clase AddParameterDialog. El usuario puede eliminar alguna variable por medio del primer botón "Delete", previamente seleccionada de la tabla. Una vez incorporada las variables, se procede a construir una a una las reglas, si va a utilizar operadores tiene que seguir la sintaxis presente en el cuadro "Note". Mediante el segundo botón "Add" las reglas se van incorporando a la tabla mostrada en la interfaz del agente de comportamientos (ver figura 4.9), por último el botón "Cancel" permite cancelar la incorporación de una regla.

Add Rule Base of Knowledge

Rule Base of Knowledge

Variables:

Name	Type
------	------

Add **Delete**

If

Then

Note: Use the Operators: And --> && ; Or --> || ; Not --> ! ; Equal --> == ; Different --> != ; < ; > ; >= ; <= ;

Add **Cancel**

Figura 4.10. Interfaz Gráfica para agregar inteligencia a un comportamiento.



4.2.4.3 Clase AddParameterDialog

Esta clase permite agregar variables a las reglas (ver figura 4.11).

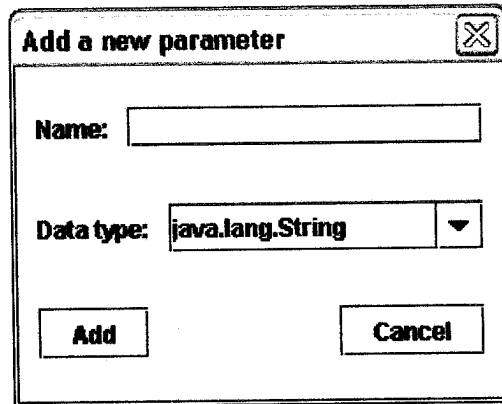


Figura 4.11. Cuadro de diálogo para agregar/editar variables.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Capítulo 5

Caso de Estudio “subsistema de bombeo de agua en una piscina”

Este capítulo presenta la utilización de los agentes del Sistema para el Manejo de Fallas (SMF) basados en el SCDIA, en un caso de estudio sobre actividades de mantenimiento en un subsistema de bombeo de agua en una piscina [8].

5.1 Subsistema de bombeo de agua en una piscina

El caso de estudio es un subsistema de bombeo de agua en una piscina. Tomaremos como estado funcional el flujo de agua. Para la ejecución del prototipo, se supone por un lado, la llegada de mensajes provenientes del ambiente en distintos instantes de tiempo; dichos mensajes contienen distintos valores del estado funcional dentro de su dominio, así como del contexto operativo. Por otro lado, se generan los mensajes desde el agente Controlador, solicitando la ejecución de tareas de mantenimiento, según un plan establecido. La función del subsistema es mantener el flujo de agua circulante desde la piscina a los subsistemas de calentamiento y acondicionamiento de agua sobre los 7 GPM.

El Subsistema posee los siguientes equipos:

1. Bomba Principal
2. Filtro Principal
3. Filtro de Bloqueo
4. Timers electromecánicos
5. Tuberías de aguas
6. Válvulas

Para nuestro caso de estudio, sólo se considera la existencia de los equipos 1 y 2.



Para el análisis del contexto operativo, suponemos que el suministro del agua es con buena presión, con ello la función del subsistema debe ser satisfecha. Los elementos externos que pueden influir en el incumplimiento de la función son una baja de presión en el suplidor de agua (acueducto local) ó la suspensión del servicio de agua. Para efectos de las pruebas se considera la ocurrencia de contextos operativos normales y anormales para el estado funcional bajo estudio, y el monitoreo de las variables críticas, que son las variables asociadas a los modos de fallas de los equipos involucrados. Para los equipos seleccionados, los modos de fallas asociados son:

- 1.1 Rodamientos Deteriorados (Bomba Principal)
- 1.2 Filtración en las juntas del motor (Bomba Principal)
- 2.1 Cesta rota (Filtro Principal)

Las causas asociadas para cada modo de falla son:

- 1.1.1 Etapa fuera de uso (Rodamientos Deteriorados)
- 1.2.1 Juntas Rotas (Filtración en las juntas del motor)
- 1.2.2 Pernos Flojos (Filtración en las juntas del motor)
- 2.1.1 Etapa fuera de uso (Cesta rota)

Las variables críticas consideradas son:

- 1.1.1 Vibraciones
- 2.1.1 Signos de agua

Por ultimo, las Tareas de Mantenimiento que se realizaran en el subsistema son:

- Tareas Sobre Condiciones (Basadas en las variables criticas)
- 1.1.1 Monitoreo de vibraciones en los rodamientos del motor
- 2.1.1 Revisión de signos de agua en el área



Tareas Sobre Tiempo (Basadas en las causas asociadas a cada modo de falla)

1.1.1 Cambio de Rodamientos

1.2.1 Cambio de las juntas

1.2.2 Revisión de los pernos

2.1.1 Cambio de la cesta del filtro

El nivel de conocimiento del límite de vida asociado a cada causa considerada se define en la tabla 5.1, el límite de vida es expresado en unidades de tiempo (u.t)

Causa de Modo de Falla CMF	Límite de vida (u.t)
111	40
121	55
122	150
211	65

Tabla 5.1 límite de vida asociado a cada causa

Los costos de las tareas involucradas (mano de obra, material, observación), vienen expresados en unidades monetarias (u.m) y se describen en las tablas 5.2, 5.3, y 5.4. Estos costos se utilizan en la simulación del prototipo, para poder replanificar las tareas de mantenimiento por falta de presupuesto, es decir, cada vez que se realiza una tarea de mantenimiento sobre tiempo o sobre condición se disminuye el presupuesto general y cuando no hay presupuesto se replanifica la tarea que se tenía que realizar.

Tareas Sobre Tiempo TST	Costo de mano de obra CMO (0 u.m -1000 u.m)	Costo de material CM (0 u.m -1000 u.m)	Costo de observación CO (0 u.m -1000 u.m)
111	60	90	10
121	120	150	90
122	150	100	90
211	300	250	140

Tabla 5.2 Costos de las Tareas Sobre Tiempo

Licencia Creative Commons:



Tareas Sobre Condición TSC	Costo de mano de obra CMo (0 u.m -1000 u.m)	Costo de material CM (0 u.m -1000 u.m)	Costo de observación CO (0 u.m -1000 u.m)
111	150	300	200
211	300	500	120

Tabla 5.3 Costos de las Tareas Sobre Condiciones

Otras Tareas	Costo de mano de obra CMo (0 u.m -1000 u.m)	Costo de material CM (0 u.m -1000 u.m)	Costo de observación CO (0 u.m -1000 u.m)
Falla Abrupta en el Filtro Principal	400	1000	200
Falla Abrupta en la Bomba Principal	500	1500	200
Plan de Contingencia	300	200	200

Tabla 5.4 Costos de Otras Tareas

5.2 Esquema del Sistema para el Manejo de Fallas (SMF) para el caso de estudio

En la Figura 5.1 se muestra el esquema del Sistema Manejador de Fallas Basado en Agentes, para nuestro caso de estudio. En el se puede observar que los agentes Detector 1, Predictor 1, Diagnosticador 1, son los encargados de detectar, predecir, y diagnosticar, respectivamente, las fallas que se presenten en la Bomba Principal; mientras que el Detector 2, Predictor 2, Diagnosticador 2, son los encargados de detectar, predecir, y diagnosticar, respectivamente, las fallas que se presenten en del Filtro Principal. El agente Observador es el encargado de ver si el estado funcional se encuentra en sus valores normales, también chequea el estado del mantenimiento y el contexto operacional. El Agente Coordinador planifica y ordena la realización de las tareas de mantenimiento que se realizaran sobre un largo horizonte de tiempo. El Agente Controlador es el encargado de seleccionar y ordenar por orden de prioridad la realización de la tarea de mantenimiento, y el Agente Actuador es el encargado de realizar las tareas de mantenimiento y activar los planes de contingencia.

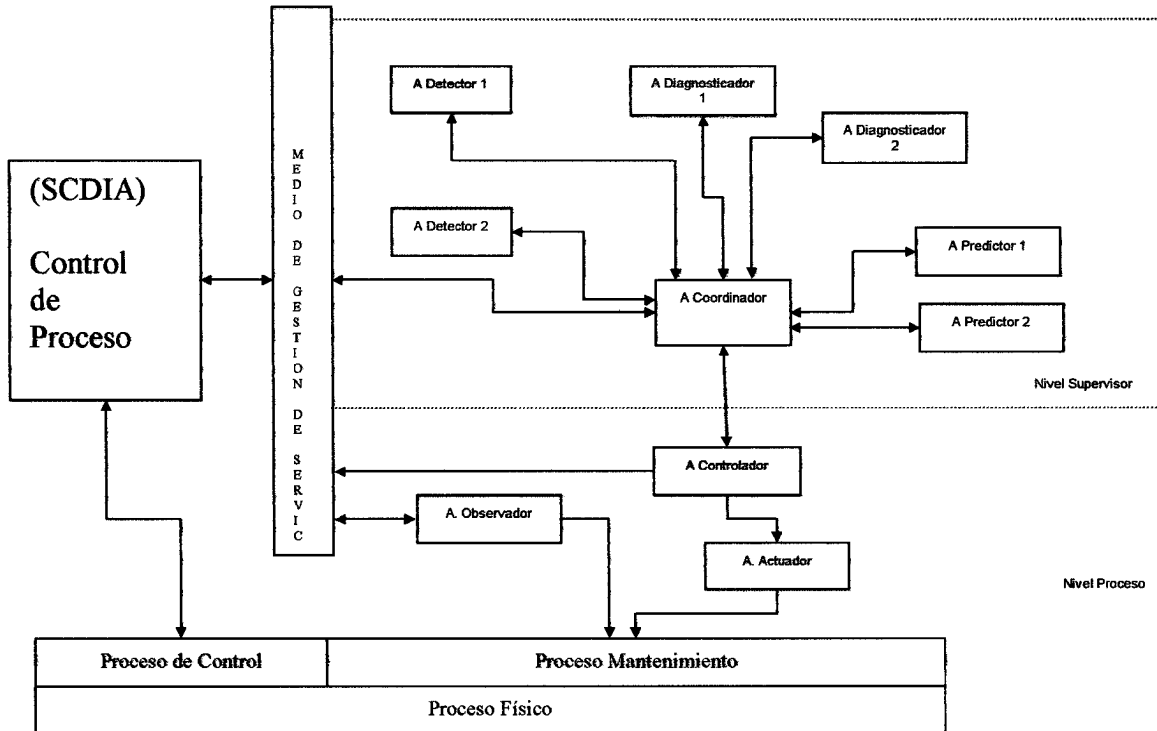


Figura 5.1 Agentes del SMF para el caso de estudio

5.3 Pruebas del SISMAF

Para iniciar la ejecución del Sistema Manejador de Fallas (SISMAF), se definió un plan de mantenimiento inicial (ver figura 5.2), y se propusieron una serie de eventos que se darían en un contexto de operación normal y anormal. Para ello utilizamos un agente generador de eventos discretos denominado EventAgent, estos eventos se realizarán en un intervalo de 1 a 210 u.t. En la figura 5.3 se muestra la nomenclatura utilizada para los eventos que ocurren en la simulación.

Revisión de Signos de Agua se realizará cada 7 u.t Monitoreo de Vibraciones en el motor se realizará cada 10 u.t Cambio de Rodamientos se realizará 10 u.t después de la detección de la falla en la bomba Cambio de Juntas se realizará 15 u.t después de la detección de la falla en la bomba Revisión de Pernos se realizará 30 u.t después de la detección de la falla en la bomba Cambio de Cesta se realizará 15 u.t después de la detección de la falla en el filtro
--

Figura 5.2 Plan de mantenimiento inicial

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Capítulo 5 Caso de Estudio “Subsistema de bombeo de agua en una piscina”



“R” Revisión de Signos de Agua	“CR” Cambio de Rodamientos
“M” Monitoreo de Vibraciones	“CJ” Cambio de Juntas
“CA” Contexto Anormal	“CC” Cambio de Cesta
“PC” Plan de Contingencia	“RP” Revisión de Pernos
“NM” No hay Recursos	“FAF” Falla Abrupta debido al Filtro
“NP” No hay Presupuesto	“FAB” Falla Abrupta debido a la Bomba
“RPL” Replanificar	

Figura 5.3 Nomenclatura utilizada para los eventos que ocurren en la simulación.

En la figura 5.4 se observa los eventos que ocurren durante el intervalo de tiempo señalado anteriormente. El cuadro superior señala el tiempo de simulación (T_s) y el cuadro inferior señala el evento que ocurre según el plan de mantenimiento inicial y utilizando la nomenclatura definida en la figura 5.3. Por ejemplo en “ $T_s=14$ ” se produce una falla en el filtro principal y hay que realizar un cambio de cesta (CC1), el número indica las veces que se realiza la tarea de mantenimiento sobre tiempo, en este caso sería la primera vez que se realiza el cambio de la cesta. Cuando ocurren varios eventos en el mismo tiempo de simulación estos son separados por comas, por ejemplo en “ $T_s=160$ ”, se realiza el monitoreo de vibraciones en los rodamientos del motor (M), se ordena realizar el cambio de rodamientos (CR1), y se replanifica esta tarea (RPL) porque no hay recursos disponibles (NM).

Una vez descritos los agentes del SMF (ver sección 5.2), procedemos a construir cada agente por medio de la herramienta SISMAF pulsando en el menú “Agents” la opción “Build Agents”, donde aparece la pantalla mostrada en la figura 4.4. Esta herramienta permite generar los agentes del SMF, de acuerdo a las especificaciones vistas en el capítulo 3 y a las propias de nuestro caso de estudio.

Generados los agentes del SMF, procedemos a ejecutarlos pulsando en el menú “Agents” la opción “Run Agents”, donde aparece la pantalla mostrada en la figura 4.5. Seleccionamos los agentes del SMF, como se muestra en la figura 5.5, y los ejecutamos.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
Ing. Raúl J. Faneite A.
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Capítulo 5 Caso de Estudio “Subsistema de bombeo de agua en una piscina”



Ts	1	7	10	14	20	21	28	29	30	35	38
Evento	M, R	R	M	R, CC1	M, CJ1	R	R	CC1	M	R, CJ1	CA, PC

Ts	40	42	49	50	56	60	63	70	77	80	84
Evento	M	R	R	M, CJ2	R	M, RP1	R	R, CC2, M	R	M	R

Ts	85	90	91	94	98	100	105	110	112	115	119
Evento	CC2, RPL, NP, NM	M, RP1	R	FAB	R	M, CC2, RPL, NM	R	M	R	CC2	R

Ts	120	122	126	130	133	140	147	150	154	160	161
Evento	M	CA, PC	R	M	R	M, R	R	M, CR1	R	M, CR1, RPL, NM	R

Ts	168	170	175	180	182	183	189	190	194	196	200
Evento	R, CC3	M, CR1, RPL, NP, NP	R	M, CR1, RPL, NP	R	CC3	R	M, CR1, RPL, NP	CA, PC	R	M, CR2

Ts	203	205	210
Evento	R	FAF	M, R

Figura 5.4 Eventos que ocurren en la simulación

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

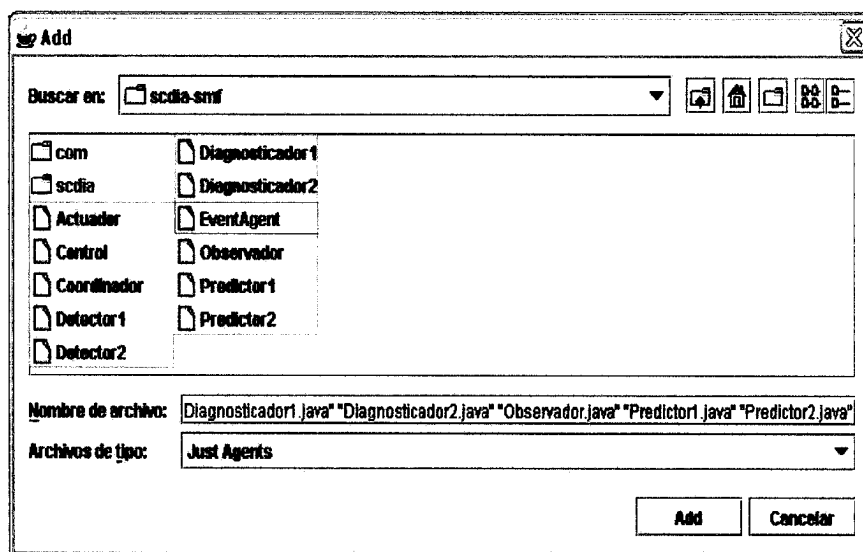


Figura 5.5 Pantalla para seleccionar los agentes a ejecutar



Para ver las actividades que realizan los agentes del SMF, utilizaremos el plan de mantenimiento, los eventos generados, y la opción “Monitoring of Agents” en el menú “Agents” (ver figura 4.6). A continuación mostraremos las actividades llevadas a cabo por los agentes en el caso de ocurrir una falla en la bomba principal, lo cual ocurre a 150 u.t en la simulación. Los demás casos son mostrados en el anexo 3.

5.3.1 Falla en la Bomba Principal.

El agente Controlador envía una solicitud al agente Coordinador para que este realice una tarea DLDP: “monitorear las vibraciones en los rodamientos del motor en la bomba principal”, esta solicitud se muestra en la figura 5.6.

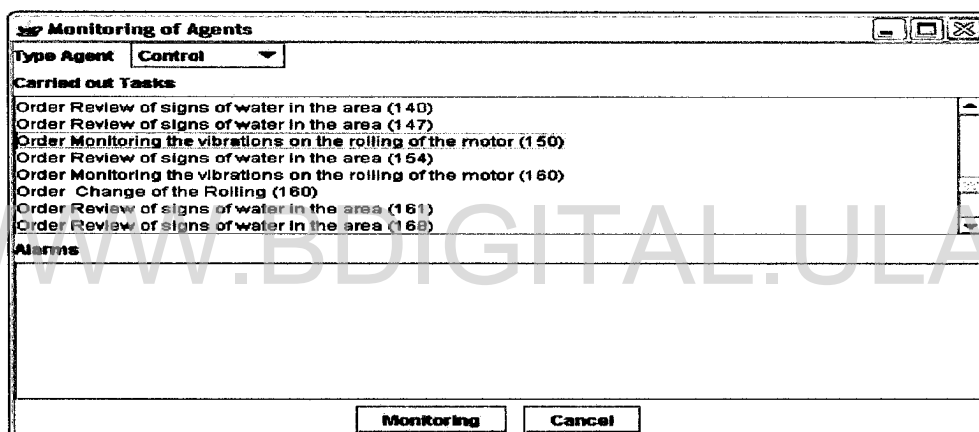


Figura 5.6 Monitoreo del Agente Controlador, realizando una petición de realización de una tarea DLDP

Después de enviada esta solicitud por parte del agente Controlador, el agente Coordinador le envía una solicitud al agente Detector 1, para que realice la detección, este le informa si consigue una falla en la bomba principal. Esto se observa en la figura 5.7, en el tiempo de simulación 150 u.t se produce una falla en la bomba principal.



Capítulo 5 Caso de Estudio “Subsistema de bombeo de agua en una piscina”

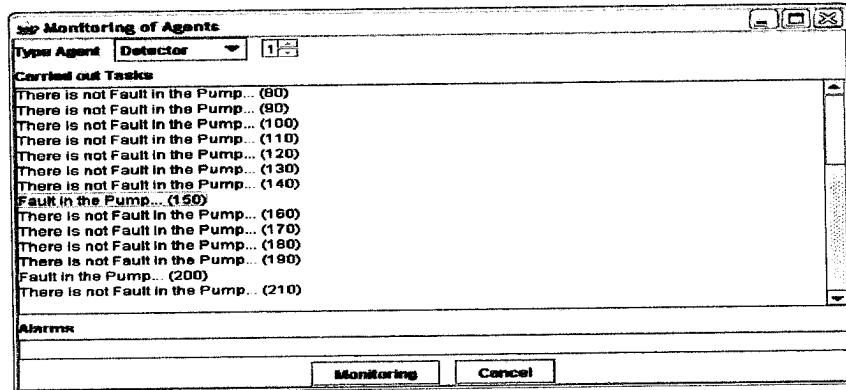


Figura 5.7 Monitoreo del Agente Detector 1, realizando la detección de una falla en la bomba principal

Una vez obtenido el reporte del agente Detector 1, el agente Coordinador le solicita al agente Diagnosticador 1 que le de información sobre el diagnóstico de la falla (modo de falla y causas). En este caso el modo de falla es rodamientos deteriorados del motor y la causa es etapa fuera de uso, esta información se muestra en la figura 5.8.

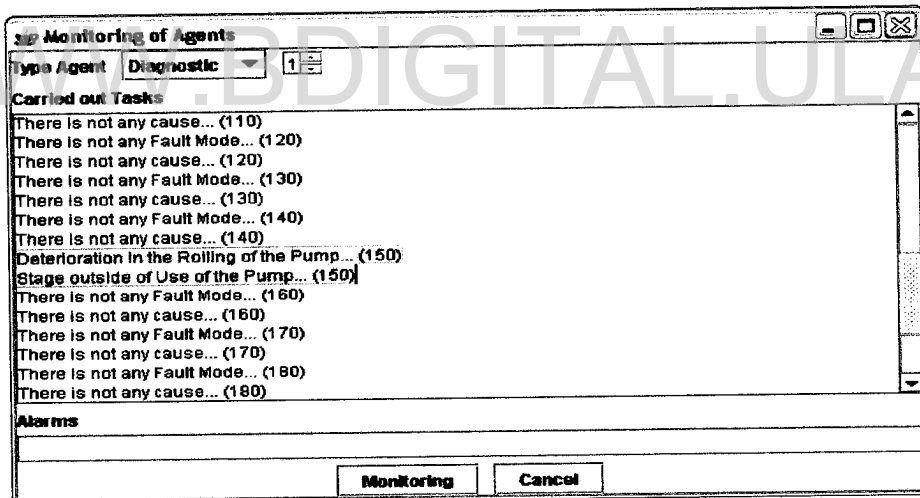


Figura 5.8 Monitoreo del Agente Diagnosticador 1, realizando el diagnóstico de una falla en la bomba principal

Después de la información dada por el agente Diagnosticador 1, el agente Coordinador solicita al agente Predictor 1 la información sobre cuando la falla presente en la bomba principal se convertirá en una falla funcional, la cual ocurrirá a 40 u.t después, según indica el agente predictor en la figura 5.9.

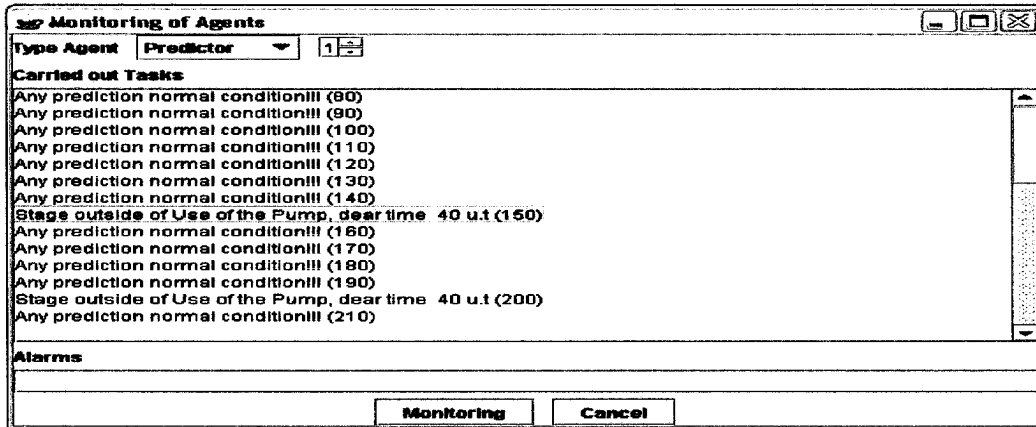


Figura 5.9 Monitoreo del Agente Predictor 1, realizando la predicción de una falla funcional en el sistema de bombeo de agua debido a una falla en la bomba

Por último, el agente Coordinador planifica la realización de la tarea de mantenimiento, que en este caso es el cambio de los rodamientos del motor, y la almacena en el plan de mantenimiento, esto se puede observar en la figura 5.10. Análogamente, estos pasos se siguen para los otros modos y causas de falla de la bomba principal. En el caso de la falla funcional del filtro principal, estos pasos se siguen de la misma manera solo que los agentes que intervendrán serán: el agente Detector 2, el agente Diagnosticador 2, y el agente Predictor 2.

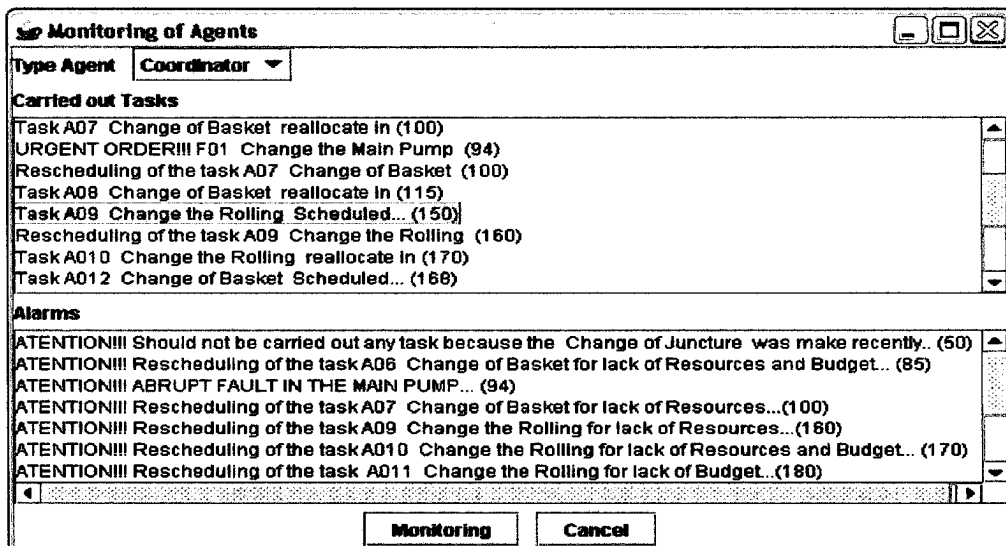


Figura 5.10 Monitoreo del Agente Coordinador, realizando la planificación de la tarea de mantenimiento para una falla en la bomba principal



Capítulo 6 Conclusiones

La programación multiagente brinda la posibilidad para el desarrollo de sistemas para computadoras. El concepto de agente ofrece un marco de trabajo que permite utilizar características que han estado presentes desde hace años en el campo de la computación, pero que por su complejidad ha resultado difícil de integrar en una única entidad. De estas características atribuidas a los agentes, las principales son la autonomía, la movilidad, la inteligencia y la comunicación.

En este trabajo se desarrolló un modelo de referencia para el manejo de fallas basado en sistemas multiagentes. Se pretende que este se adapte de manera general a las características de los sistemas de control. Dependiendo de estas características, los agentes tendrán tareas y objetivos que deben alcanzar para proporcionar una ayuda eficaz a los operadores, en el proceso de detección-diagnóstico-decisión, y para la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento en el sistema. Además, se desarrolló el software SISMAF para dar apoyo a este modelo, que brinda un conjunto de servicios básicos y extensibles para la implementación de sistemas multiagentes manejadores de fallas en plataformas de automatización.

En el proceso de desarrollo, se utilizó la metodología MASINA, que facilitó el proceso de descripción de las actividades y tareas de los agentes, así como también permitió la descripción de la arquitectura del sistema. Para la implementación, se extendió la plataforma JADE que cuenta con un conjunto de clases escritas en el lenguaje JAVA para el desarrollo de sistemas multiagentes, así como SISGESADAI que es una plataforma computacional para implementar los agentes propuesto por SADAI y SCDIA. Se implementaron los agentes del Sistema Manejador de Fallas: Agente Principal, Agente Ejecutor, Agente Monitoreo, y el Agente Configuración, estos agentes forman la plataforma para la creación, ejecución y monitoreo de las actividades desarrolladas por los agentes del sistema para el manejo de fallas (SMF) basados en el SCDIA.

Licencia Creative Commons:



Capítulo 6 Conclusiones



EL SMF fue probado con un ejemplo de control de proceso, como es el subsistema de bombeo de agua en una piscina, utilizando algunos eventos a tiempo discretos, donde se muestra el uso de ciertas características del sistema como contextos anormales, fallas abruptas y fallas funcionales, que permiten observar las diferentes comunicaciones entre los agentes del SMF y las acciones que estos toman a la hora de cumplir con los objetivos para los cuales fueron diseñados.

El SISMAF fue desarrollado en función de servir de apoyo a plataformas de automatización, y concretamente al SADAI, donde existe una heterogeneidad en las aplicaciones y recursos disponibles, pero puede también ser utilizado en plataformas computacionales de distinta naturaleza, donde sea necesario la gestión inteligente y dinámica de los recursos y aplicaciones. Como ya se dijo, el SISMAF utilizó el SIGESADAI que es la comunidad de generación de código del SCDA [28], para la generación de los agentes del SMF, agregando nuevos comportamientos propios del SMF y algunos de naturaleza inteligente.

Como futuros trabajos quedan, la generación de comportamientos inteligentes para dotar de mecanismos de razonamiento más avanzados a los agentes, al igual que el desarrollo de una interfaz de monitoreo de los agentes mas sofisticada. Además, se debe integrar el SISMAF a los otros sistemas que deberán componer al SADAI.



Referencias

- [1] T.J Williams, P. Bernous, J Brosvic, D Chen, G Doumeingts, *Architectures for integrating manufacturing activities and enterprises*, Computer in Industry **24** (1994), 11-39.
- [2] I Jacobson, M Christerson, P Jonsson and Overgaard. "Object-Oriented Software Engineering. A Use Case Driven Approach". *ACM Press*, 1992.
- [3] C. Potts, K Takahashi and A. Anton. "Inquiry-Based Scenario Analysis of System Requirements". *Technical Report GIT-CC-94/14*, Georgia Institute of Technology, 1994.
- [4] C. Iglesias, *Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagentes*, PhD Thesis, Dpto. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid-España, Febrero 1998.
- [5] Aguilar J, Mousalli G y Rivas F. "Especificación de los Agentes del Modelo de Referencia SCDA". Reporte Técnico, CEMISID, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 2003.
- [6] J Rumbangh. "OMT: The Development Process". *Journal of Object Oriented Programming*, Vol. 8, N. 2, pp. 8-16, 1995.
- [7] J. Aguilar, M. Cerrada y K. Morillo, "Intelligent Hybrid Systems: A Reliability-Based Failure Management Application", *Journal of Advanced Computational Intelligence*, Vol. 5, N. 6, pp. 307-314, Diciembre 2001.
- [8] J. Aguilar y M. Cerrada. "Un Sistema Clasificador Difuso para el Manejo de Fallas". *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, Vol. 23, N. 2, pp. 98-108, 2000.
- [9] J. Aguilar, G. Mousalli, V. Bravo, H. Daz, "Agentes de control y de gestión de servicio para el modelo de referencia SCDA", *Proceedings of the II Simposio Internacional de Automatización y Nuevas Tecnologías, TECNO2002*, pp. 45-50, Mérida, Venezuela. Noviembre 2002.
- [10] J. Aguilar, M. Cerrada, J. Martínez, "Definición de un Marco Metodológico para el Manejo de Fallas en los Sistemas de Control", *Proceeding of the V Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Ingeniería*, pp. 200-203, Mérida, Venezuela, Marzo 2002
- [11] J. Aguilar, M. Cerrada, H. Daz, F. Hidrobo, G. Mousalli, F. Rivas, "Especificación de Agentes para Sistemas de Control Distribuido

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Inteligente", Proceeding of the V Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Ingeniería, pp. 204-213, Mérida, Venezuela, Marzo 2002

[12] J. Aguilar, M. Cerrada, F. Hidrobo, G. Mousalli, F. Rivas, "Aplicaciones de Sistemas Multi-Agentes en Problemas del Mundo Real", Proceeding of the XXVII Latinoamericana Informatics Conference. Mérida, Venezuela (12 páginas, CD). Septiembre 2001.

[13] J. Aguilar, M. Cerrada, K. Morillo, "A Reliability-Based Failure Management Application Using Intelligent Hybrid Systems", Proceeding of the 4Th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes-SAFEPROCESS (Ed. A. Edelmayer), Vol. 1, pp. 197-202, Budapest, Hungria, Junio 2000.

[14] M. Cerrada y J. Aguilar, "Fuzzy Classifier System: an application for Fault Tolerance in industrial processes". Proceeding of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (Ed. M. Hamza), pp. 453-456, Cancun, Mexico, Mayo 1998

[15] Aguilar J, Bravo C, Rivas F. *Diseño de una Arquitectura de Automatización Industrial Basada en Sistemas Multiagentes*. Revista Ciencia e Ingeniería, Facultad de Ingeniería. ULA, vol 25, #2, pp 77-88, 2004.

[16] Aguilar J., Cerrada M., Hidrobo F., Mousalli G., Rivas F., *Application of the Agent Reference Model for Intelligent Distributed Control System*, in: N. Mastorakis and L. Pecorelli-Peres (Eds.), "Advances in System Sciences: Measurements, Circuits and Control", p.p. 204-210.

[17] M Cerrada, J. Aguilar, J Cardillo, R Faneite, *Agent-based reference model for fault management, technical report*, Grant Project I-621-98-02-A, CDCHT-ULA, Venezuela, 2002.

[18] J. Aguilar, V Bravo, F Rivas, M Cerrada. *Diseño de un modelo de gestión de servicios para sistemas multiagentes*, Proceeding XXX Conferencia Latinoamericana de Informática, pp 440-450, Perú, 2004.

[19] Jennings N.R, Wooldridge M.: "Intelligent Agents: Theory and Practice". Knowledge Engineering Review. 1994.

[20] Lind J. (2003) General Concepts of Agents and Multiagent Systems. <http://www.agentlab.de>

[21] Hermans, Björn. Intelligent Software Agents on the Internet. <http://www.hermans.org/agents/h22.htm>.



Referencias



[22] Weiss, G. (1999) *MultiAgent Systems*. The MIT Press. Cambridge. Massachusetts.

[23] Vlassis, N. *A concise introduction to Multiagent Systems and Distributed AI*. University of Amsterdam. 2003. Tomado de:
<http://carol.science.uva.nl/~vlassis/cimasdai/cimasdai.pdf>.

[24] G. Mousalli *Sistema de Control Distribuido Inteligente basado en Agentes (SCDIA)*. MSc. Thesis, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela, 2002.

[25] Foundation for Intelligent Physical Agents. Specifications. 1997. Available from <http://www.fipa.org>

[26] J Velasco, J González, L Magdalena, C Iglesias. *MULTIAGENT-BASED CONTROL SYSTEMS: a HIBRID APPROACH TO DISTRIBUTED PROCESS CONTROL*. 1996. Universidad Politécnica de Madrid –E.T.S.I Telecomunicación. Madrid, Spain.

[27] Java Agent Development Framework (JADE). 2000. Disponible desde: <http://sharon.csel.it/projects/jade>

[28] W. Zayas *Diseño e Implementación de la Comunidad de Agentes De Generación de Código del SCDIA*. MSc. Thesis, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela, 2004.

[29] J Moubray, *Reliability – Centred Maintenance*, Industrial Press Inc, 1992.

[30] A Smith, *Reliability – Centred Maintenance*, McGraw-Hill Inc, 1993.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Anexo 1

Descripción de los Casos de Uso del SMF

En este anexo se presenta la descripción de los diferentes casos de uso de cada uno de los actores del SMF. Para la descripción de los casos de uso, se utiliza la notación textual propuesta por Rumbangh [6], donde los casos de uso se describen a través de plantillas. A continuación se presentan cada una de las plantillas que describen cada uno de nuestros casos de uso.

A1.1 Casos de Uso del Actor Detección

Caso de Uso: *Monitorea Sistema*

Resumen: El actor *Detección* recibe o toma valores de las variables del proceso para ser procesadas.

Actores: *Detección, Base de Datos del Sistema*

Precondición: Disponibilidad física de los datos asociados a las variables de interés.

Excepción: Recibir una información errónea que pudiera generar un error mas adelante en el SMF.

Tabla A1.1 Caso de uso Monitorea Sistema para el Actor Detección

Caso de Uso: *Identifica Estado Sistema*

Resumen: El actor *Detección* analiza los valores de las variables del proceso, e identifica si el estado del sistema es invalido o nó. Una vez detectado este estado y determinada la presencia de una falla, la clasifica en falla incipiente o en falla abrupta, y transmite esta información al resto del sistema.

Actores: *Detección, Localizador, Diagnóstico, Predictor y Planificador*

Precondición: Monitoreo del proceso

Excepción: Identificar un estado válido del sistema como un estado invalido. No poder identificar la falla.

Tabla A1.2 Caso de uso Identifica Estado Sistema para el Actor Detección



A1.2 Casos de Uso del Actor Localizador

Caso de Uso: Ubica Falla

Resumen: El actor *Localizador* ubica la región donde se encuentra el dispositivo donde ocurra la falla incipiente, y lo transmite al resto del sistema

Actores: *Localizador, Detección y Diagnóstico*

Precondición: Recibir información del actor *Detección* sobre la ocurrencia de una falla incipiente en el sistema

Excepción: No ubicar con exactitud el sitio de la falla o no poder suministrar información al sistema.

Tabla A1.3 Caso de uso Ubica Falla para el Actor Localizador

A1.3 Casos de Uso del Actor Diagnóstico

Caso de Uso: Analiza Falla

Resumen: El actor *Diagnóstico* identifica el modo de falla del sistema, sus causas y sus consecuencias, y transmite esta información al actor *Planificador*.

Actores: *Diagnóstico, Detección, Localizador y Planificador*

Precondición: Recibir información del actor *Detección* sobre la ocurrencia de una falla incipiente en el sistema y del actor *Localizador* sobre su ubicación.

Excepción: no poder suministrar un diagnóstico sobre la falla en el sistema o no poder transmitir esta información al sistema.

Tabla A1.5 Caso de uso Analiza Falla para el Actor Diagnóstico

A1.4 Casos de Uso del Actor Predictor

Caso de Uso: Predice Falla

Resumen: El actor *Predictor* predice cuando la falla incipiente puede convertirse en una falla funcional. Transmite esta información al actor *Planificador*.

Actores: *Predictor, Base de Datos del Sistema y Planificador*

Precondición: Recibir información del actor *Detección* sobre la falla incipiente que ocurrió en el sistema

Excepción: no disponer de información histórica para la construcción de modelos de predicción adecuados, no poder transmitir información al actor *Planificación* sobre la predicción

Tabla A1.6 Caso de uso Predice Falla para el Actor Predictor



A1.5 Casos de Uso del Actor Planificador

Caso de Uso: Planifica Tarea

Resumen: El actor *Planificador* propone la realización de tareas de mantenimiento preventivo o correctivo a realizar, según la disponibilidad de recursos para poder ejecutarlas. Además, planifica el lapso de tiempo en el cual se deben realizar dichas tareas.

Actores: *Planificador, Predictor, Base de Datos del Sistema y Ejecutor*

Precondición: Recibir información del actor *Predictor* y del actor *Diagnóstico* sobre la ocurrencia de una falla incipiente en el sistema, o del actor *Detección* sobre la ocurrencia de una falla abrupta

Excepción: no poder recibir información del actor *Diagnóstico, Predictor, Detección o Base de Datos del Sistema*. No poder transmitir información al actor *Ejecutor*.

Tabla A1.7 Caso de uso Planifica Tarea para el Actor Planificador

Caso de Uso: Replanifica Tarea

Resumen: El actor *Planificador* replanifica la realización de tareas de mantenimiento preventivo, si éstas no se han podido ejecutar, u ordena la realización de mantenimiento correctivo urgente. Establece el nuevo lapso de tiempo en el cual se deben realizar dichas tareas.

Actores: *Planificador y Ejecutor*

Precondición: Recibir información del actor *Ejecutor*, sobre la no realización de la tarea de mantenimiento preventiva o correctiva.

Excepción: no poder recibir información del actor *Ejecutor*, y no poder transmitir la nueva información al actor *Ejecutor*.

Tabla A1.8 Caso de uso Replanifica Tarea para el Actor Planificador

A1.6 Casos de Uso del Actor Ejecutor

Caso de Uso: Ejecuta Tarea

Resumen: El actor *Ejecutor* efectúa la tarea de mantenimiento correctivo o preventivo, según el caso.

Actores: *Ejecutor, Planificador y Base de Datos del Sistema*

Precondición: Recibir información del actor *Planificador*, sobre la tarea de mantenimiento a realizar.

Excepción: no tener información acerca de la tarea a realizar, y no poder transmitir información al resto del sistema.



Tabla A1.9 Casos de uso Ejecuta Tarea para el Actor Ejecutor.

Caso de Uso: Reporta Tarea

Resumen: El actor *Ejecutor* reporta si pudo realizar la tarea de mantenimiento, y de no poder realizarla transmite esta información al actor *Planificador*.

Actores: *Ejecutor*, *Planificador* y *Base de Datos del Sistema*

Precondición: Recibir información del actor *Planificador* sobre la tarea de mantenimiento a realizar.

Excepción: no tener información acerca de la tarea a realizar y no poder transmitir información al agente *Planificador* o a la *Base de Datos del Sistema*.

Tabla A1.10 Casos de uso Proponer Plan para el Actor Ejecutor.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Anexo 2

Especificación de los Agentes del SMF

En este anexo se presenta la descripción de las especificaciones de cada uno de los agentes del SMF. Para la descripción de cada uno de los agentes, aplicamos los modelos de agente, tareas, comunicaciones y coordinación, donde cada modelo utiliza plantillas textuales provistas por la metodología MASINA, para su descripción. A continuación se presentan cada uno de estos modelos.

A2.1 Modelo de Agentes

A2.1.1 Agente Esp. Detector

Agente: Detector	1.1
Nombre: Detector.	
Tipo: Agente software.	
Papel: Detectar la ocurrencia de una falla.	
Descripción: El agente <i>Detector</i> es el encargado de identificar si un componente se encuentra bajo la presencia de una falla incipiente.	

Tabla A2.1 Agente Detector

Objetivo - Agente Detector	1.2
Nombre: Determinar cuando una falla incipiente esta ocurriendo en un componente.	
Tipo: Objetivo por tiempo o por evento.	
Parámetro de entrada: Datos provenientes del nivel de proceso del sistema.	
Parámetro de salida: Estado del componente y donde ocurre la falla, si es posible.	
Condición de activación: Orden de ejecución por parte del agente Coordinador.	
Condición de finalización: Dar la información sobre la ocurrencia de una falla y su ubicación, si es posible.	
Condición de éxito: Se identificó la presencia de una falla	
Condición de fracaso: ¬Condición de éxito, falsa alarma, no se recibieron los datos sobre las variables de interés.	
Lenguaje de representación: Lenguaje natural, interfaces gráficas	
Descripción: El agente <i>Detector</i> tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan evaluar si un componente se encuentra bajo la presencia de una falla incipiente. En algunos casos, el mecanismo permitirá ubicar el lugar donde ocurre la falla.	

Tabla A2.2 Objetivo del agente Detector

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

**Servicio - Agente Detector**

1.3

Nombre: Proporcionar-detección**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del proceso.**Parámetros de salida:** Resultado sobre la detección de la falla incipiente**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural, gráfico.**Tabla A2.3 Servicio del Agente Detector****Servicio - Agente Detector**

1.4

Nombre: Proporcionar-ubicación**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del proceso.**Parámetros de salida:** La ubicación del equipo o proceso en falla**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.4 Servicio del Agente Detector****Capacidad General - Agente Detector**

1.5

Habilidad: Alimentar al resto del sistema multiagente de la información sobre el estado del componente.**Lenguaje de Representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.5 Capacidad General del Agente Detector****Restricción - Agente Detector**

1.6

Normas: Una vez se haya iniciado la obtención de la información del proceso, el agente Detector debe esperar hasta que se haga el análisis sobre el estado del sistema e informar al Agente Coordinador si el sistema se encuentra bajo una falla incipiente, o sin falla.**Preferencias:** La información que llegue al agente Detector será procesada mientras haya disponibilidad.**Permisos:** Sólo el agente *Coordinador* puede activarlo y tiene acceso al agente Base de Datos.**Tabla A2.6 Restricción del Agente Detector**

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



A2.1.2 Agente Esp. Localizador

Agente: Localizador	2.1
Nombre: Localizador.	
Tipo: Agente software	
Papel: Comunicación con otros agentes de otros sistemas, u otros SCDA, para la localización del sitio donde ocurre la falla, si esta no es ubicada por el agente <i>Detector</i>	
Descripción: El agente <i>Localizador</i> es el encargado de buscar el sitio donde ocurre la falla en el sistema, si está no es ubicada por el agente <i>Detector</i>	

Tabla A2.7 Agente Localizador

Objetivo - Agente Localizador	2.2
Nombre: Localizar el proceso, dispositivo ó componente donde esta ocurriendo la falla.	
Tipo: Objetivo por evento de detección	
Parámetro de entrada: Información proveniente del agente <i>Base de Datos</i> y de agentes remotos.	
Parámetro de salida: el lugar donde se presenta la falla	
Condición de activación: Que los métodos de detección no puedan localizar la falla. Recibir orden de activación del agente Coordinador.	
Condición de finalización: Encontrar el sitio donde ocurre la falla incipiente que se presenta en el sistema.	
Condición de éxito: Obtener el sitio exacto donde se presenta la falla incipiente en el sistema	
Condición de fracaso: ¬Condición de éxito, que no exista comunicación con el agente Coordinador.	
Lenguaje de representación: Lenguaje natural.	
Descripción: El agente <i>Localizador</i> tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan determinar la localización de la falla incipiente que se presenta en el sistema, la búsqueda la realiza a través de la comunicación con agentes de otros sistemas	

Tabla A2.8 Objetivo del agente Localizador



Servicio - Agente Localizador	2.3
Nombre: proporcionar-sitio	
Tipo: gratuito, concurrente	
Parámetros de entrada: Informaciones proveniente del agente <i>Coordinador</i> , del agente <i>Base de Datos</i> y de agentes de otros sistemas	
Parámetros de salida: El sitio donde ocurre la falla incipiente	
Lenguaje de representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.9 Servicio del Agente Localizador

Capacidad General – Agente Localizador	2.4
Habilidad: Posee capacidades para coordinar la comunicación con agentes remotos. Posee capacidades para realizar búsquedas inteligentes.	
Lenguaje de Representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.10 Capacidad General del Agente Localizador

Restricción - Agente Localizador	2.5
Normas: El agente <i>localizador</i> debe activar mecanismos que le permitan una comunicación efectiva con otros agentes.	
Preferencias: Se busca en lo posible satisfacer los requerimientos de servicios a nivel local.	
Permisos: Sólo el agente <i>Coordinador</i> tiene acceso al agente Localizador.	

Tabla A2.11 Restricción del Agente Localizador

A2.1.3 Agente Esp. Diagnosticador

Agente: Esp. Diagnosticador	3.1
Nombre: Diagnosticador.	
Tipo: Agente software	
Papel: Analizar la falla incipiente.	
Descripción: El agente <i>Esp. Diagnosticador</i> es el encargado de determinar el modo de falla, sus causas y sus consecuencias, y compartir esta información con el resto del sistema multiagente.	

Tabla A2.12 Agente Esp. Diagnosticador

**Objetivo - Agente Esp. Diagnosticador**

3.2

Nombre: Identificar el modo de falla, sus causas, y sus consecuencias**Tipo:** Objetivo a evento**Parámetro de entrada:** Información provenientes del agente *Base de Datos* y de agentes de otros sistemas.**Parámetro de salida:** el análisis de la falla**Condición de activación:** Recibir la orden de activación del agente Coordinador.**Condición de finalización:** La identificación del modo de falla, sus causas y consecuencias.**Condición de éxito:** Obtener un Diagnóstico confiable sobre la falla en el sistema**Condición de fracaso:** ¬Condición de éxito, que no exista comunicación con el agente Coordinador.**Lenguaje de Representación:** Lenguaje natural.**Descripción:** El agente *Esp. Diagnosticador* tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan identificar el modo de falla que esta ocurriendo, y mecanismos que permitan identificar las causas y consecuencias del modo de falla.**Tabla A2.13 Objetivo del agente Esp. Diagnosticador****Servicio - Agente Esp. Diagnosticador**

3.3

Nombre: Proporcionar-Modo de falla**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del agente *Coordinador*, del agente *Base de Datos* y de agentes de otros sistemas**Parámetros de salida:** Identificación del modo de falla**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.14 Servicio del Agente Esp. Diagnosticador****Servicio - Agente Esp. Diagnosticador**

3.4

Nombre: Proporcionar- Causas de la Falla**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del agente *Coordinador*, del agente *Base de Datos* y de agentes de otros sistemas**Parámetros de salida:** Resultado sobre la(s) causa(s) de la falla**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.15 Servicio del Agente Esp. Diagnosticador**

**Servicio - Agente Esp. Diagnosticador**

3.5

Nombre: Proporcionar-Consecuencia de la falla**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del agente *Coordinador*, del agente *Controlador*, el agente *Localizador* y de agentes de otros sistemas**Parámetros de salida:** Resultado sobre la(s) consecuencia(s) de la falla**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.16 Servicio del Agente Esp. Diagnosticador****Capacidad General - Agente Esp. Diagnosticador**

3.6

Habilidad: Posee capacidades para realizar el análisis de la falla, incorporando, quizás, un comportamiento inteligente..**Lenguaje de Representación:** Lenguaje natural**Tabla A2.17 Capacidad General del Agente Esp. Diagnosticador****Restricción – Agente Esp. Diagnosticador**

3.7

Normas: El agente *Esp. Diagnosticador* debe activar mecanismos que le permitan una comunicación efectiva con otros agentes, para poder realizar su análisis.**Preferencias:** Se busca en lo posible satisfacer los requerimientos de servicios a nivel local.**Permisos:** Sólo el agente *Coordinador* tiene acceso al agente *Esp. Diagnosticador*.**Tabla A2.18 Restricción del Agente Esp. Diagnosticador****A2.1.4 Agente Esp. Predictor****Agente:** Esp. Predictor

4.1

Nombre: Predictor.**Tipo:** Agente software**Papel:** Predice la ocurrencia de una falla funcional**Descripción:** El agente *Esp. Predictor* es el encargado de prevenir cuándo una falla incipiente se puede transformar en una falla funcional. Comparte esta información con el resto del sistema multiagente.**Tabla A2.19 Agente Esp. Predictor**

**Objetivo - Agente Esp. Predictor**

4.2

Nombre: Predecir la ocurrencia de una falla funcional**Tipo:** Objetivo a evento**Parámetro de entrada:** Información proveniente del agente *Base de Datos***Parámetro de salida:** el periodo de tiempo en el cual la falla incipiente se puede convertir en falla funcional.**Condición de activación:** Recibir la orden de activación del agente Coordinador**Condición de finalización:** La información sobre el tiempo estimado de ocurrencia de una falla funcional.**Condición de éxito:** Obtener el periodo de tiempo con alta confiabilidad**Condición de fracaso:** \neg Condición de éxito.**Lenguaje de Representación:** Lenguaje natural, gráfico**Descripción:** El agente *Esp. Predictor* tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan predecir cuando la falla incipiente se convertirá en falla funcional total**Tabla A2.20 Objetivo del agente Esp. Predictor****Servicio - Agente Esp. Predictor**

4.3

Nombre: periodo-falla**Tipo:** gratuito, concurrente**Parámetros de entrada:** Información proveniente del agente *Coordinador*, agente *Base de Datos* y agentes de otros sistemas**Parámetros de salida:** el periodo de tiempo en el cual la falla incipiente se transforma en una falla funcional.**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural, gráfico**Tabla A2.21 Servicio del Agente Esp. Predictor****Servicio - Agente Esp. Predictor**

4.4

Nombre: Proporcionar- Indices de Confiabilidad.**Tipo:** gratuito, concurrente.**Parámetros de entrada:** Información proveniente del agente *Coordinador*, agente *Base de Datos* y de agentes de otros sistemas.**Parámetros de salida:** El índice de confiabilidad de la instancia bajo estudio.**Lenguaje de representación:** Lenguaje natural, gráfico.**Tabla A2.22 Servicio del Agente Esp. Predictor**

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

**Capacidad General - Agente Esp. Predictor**

4.5

Habilidad: Posee capacidades para pronosticar cuando una falla incipiente se puede convertir en una falla funcional, proporcionar índices de confiabilidad de la Instancia bajo estudio.

Lenguaje de Representación: Lenguaje natural, gráfico.

Tabla A2.23 Capacidad General del Agente Esp. Predictor**Restricción - Agente Esp. Predictor**

4.6

Normas: El agente *Esp. Predictor* debe activar mecanismos que le permitan una comunicación efectiva con otros agentes, para poder realizar su pronóstico y análisis.

Preferencias: Se busca en lo posible satisfacer los requerimientos de servicios a nivel local.

Permisos: Sólo el agente *Coordinador* tiene acceso al agente *Esp. Predictor*.

Tabla A2.24 Restricción del Agente Esp. Predictor**A2.1.5 Agente Controlador****Agente: Controlador**

5.1

Nombre: Controlador.

Tipo: Agente software ó agente físico

Papel: Gestionar el plan de mantenimiento a realizar

Descripción: El agente *Controlador* gestiona el plan de mantenimiento a realizar según una agenda (calendario) propuesto sobre un horizonte de tiempo dado. Comparte esta información con el resto del sistema multiagente.

Tabla A2.25 Agente Controlador

**Objetivo - Agente Controlador**

5.2

Nombre: Propone y gestiona el plan de mantenimiento a realizar.

Tipo: Objetivo temporal.

Parámetro de entrada: Información proveniente del agente *Coordinador* y del agente *Base de Datos*.

Parámetro de salida: el plan de mantenimiento a realizar.

Condición de activación: Siempre activo

Condición de finalización: Dar la información sobre el plan de mantenimiento a realizar.

Condición de éxito: Proporcionar el plan de mantenimiento técnicamente factible.

Condición de fracaso: ¬Condición de éxito, que no haya comunicación con el agente *Base de Datos*.

Lenguaje de Representación: Lenguaje natural.

Descripción: El agente *Controlador* tiene como objetivo proveer de mecanismos que permita proporcionar el plan de mantenimiento que debe aplicarse según el caso, tomando en cuenta restricciones técnicas y económicas.

Tabla A2.26 Objetivo del agente Controlador**Servicio - Agente Controlador**

5.3

Nombre: Proponer plan

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: Información proveniente del agente *Coordinador*

Parámetros de salida: Proponer el plan de mantenimiento a realizar.

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla A2.27 Servicio del Agente Controlador**Servicio - Agente Controlador**

5.4

Nombre: Gestionar plan

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: Plan de mantenimiento

Parámetros de salida: Orden de ejecución de tareas específicas de mantenimiento.

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla A2.28 Servicio del Agente Controlador

**Capacidad General - Agente Controlador**

5.5

Habilidad: Posee capacidades para proponer y gestionar el plan de mantenimiento adecuado según el caso.

Lenguaje de Representación: Lenguaje natural

Tabla A2.29 Capacidad General del Agente Controlador**Restricción - Agente Controlador**

5.6

Normas: El agente *Controlador* debe activar mecanismos que le permitan una comunicación efectiva con el agente *Actuador*, para poder realizar sus actividades. Debe comunicarse con el agente *Coordinador* para solicitar la ejecución de tareas especializadas de detección (basada en condición).

Preferencias: Se busca en lo posible satisfacer los requerimientos de servicios a nivel local.

Permisos: Sólo los agentes *Coordinador*, *Actuador* y *Humano* tienen acceso al agente *Controlador*.

Tabla A2.30 Restricción del Agente Controlador**A2.1.6 Agente Actuador****Agente: Actuador**

6.1

Nombre: Actuador.

Tipo: Agente software o Agente humano.

Papel: Ejecuta una tarea de mantenimiento sobre el proceso.

Descripción: El agente *Actuador* es el encargado de ejecutar una tarea de mantenimiento en el sistema, y depositar esta información para el agente *Observador*

Tabla A2.31 Agente Actuador**Objetivo - Agente Actuador**

6.2

Nombre: Efectuar la tarea de mantenimiento

Tipo: Objetivo a evento

Parámetro de entrada: Información proveniente del agente *Controlador*

Parámetro de salida: la ejecución de la tarea de mantenimiento

Condición de activación: Recibir orden del agente *Controlador*

Condición de finalización: Dar la información sobre la ejecución de la tarea de mantenimiento realizado

Condición de éxito: Ejecutar la tarea de mantenimiento

Condición de fracaso: ¬Condición de éxito.

Lenguaje de Representación: Lenguaje natural.

Descripción: El agente *Actuador* tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan implementar un tarea de mantenimiento, lo que va desde chequear la disponibilidad de cuadrillas de mantenimiento, registrar tiempo de ejecución o emplear mecanismo de comunicación con otros agentes remotos.

Tabla A2.32 Objetivo del agente Actuador

Licencia Creative Commons:

Atribución: No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Servicio - Agente Actuador	6.3
Nombre: aplicar-tarea	
Tipo: gratuito, concurrente	
Parámetros de entrada: Información proveniente del agente <i>Controlador</i>	
Parámetros de salida: orden de mantenimiento	
Lenguaje de representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.33 Servicio del Agente Actuador

Capacidad General - Agente Actuador	6.4
Habilidad: Posee capacidades para implementar una tarea de mantenimiento.	
Lenguaje de Representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.34 Capacidad General del Agente Actuador

Restricción - Agente Actuador	6.5
Normas: El agente Actuador debe activar mecanismos que le permitan una comunicación efectiva con el servicio de personal de mantenimiento.	
Preferencias: Se busca en lo posible satisfacer los requerimientos de servicios del sistema.	
Permisos: Sólo el agente <i>Controlador</i> tiene acceso al agente Actuador.	

Tabla A2.35 Restricción del Agente Actuador

A2.1.7 Agente Observador

Agente: Observador	7.1
Nombre: Observador	
Tipo: Agente software.	
Papel: Recolectar información sobre el estado del sistema	
Descripción: El agente <i>Observador</i> es el encargado de observar el estado del mantenimiento y del proceso, bajo contextos operacionales normales. Detecta las fallas funcionales abruptas en el sistema.	

Tabla A2.36 Agente Observador

**Objetivo - Agente Observador**

7.2

Nombre: Informar sobre la ocurrencia de fallas funcionales abruptas, así como el estado del mantenimiento realizado.

Tipo: Objetivo persistente o por tiempo.

Parámetro de entrada: Datos provenientes del proceso controlado y del agente *Actuador*

Parámetro de salida: Índice de mantenimiento, Índice de funcionamiento.

Condición de activación: Recibir información del proceso y del agente *Actuador*

Condición de finalización: Dar un valor sobre los índices mencionados.

Condición de éxito: Calcular índices con confiabilidad.

Condición de fracaso: ¬Condición de éxito.

Lenguaje de representación: Lenguaje natural.

Descripción: El agente *Observador* tiene como objetivo proveer de mecanismos que permitan calcular índices de funcionamiento y de mantenimiento confiables, bajo contextos operacionales normales, usando información proveniente del proceso y del registro de las tareas de mantenimiento realizado.

Tabla A2.37 Objetivo del agente Observador

Servicio - Agente Observador

7.3

Nombre: Proporcionar- Índices de Desempeño

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: variables medidas del proceso y registro del mantenimiento realizado.

Parámetros de salida: Resultado del índice de desempeño del proceso y del índice de desempeño del mantenimiento.

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla A2.38 Servicio del Agente Observador

Servicio - Agente Observador

7.4

Nombre: Informar-Ocurrencia de falla abrupta

Tipo: gratuito, concurrente

Parámetros de entrada: Variables medidas del proceso

Parámetros de salida: señal de alarma

Lenguaje de representación: Lenguaje natural

Tabla A2.39 Servicio del Agente Observador

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela

Ing. Raúl J. Fanette A.

80

(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Servicio - Agente Observador	7.5
Nombre: Informar-Estado del Mantenimiento	
Tipo: gratuito, concurrente	
Parámetros de entrada: Información sobre el estado del proceso y sobre la realización de las tareas de mantenimiento.	
Parámetros de salida: el estado del mantenimiento.	
Lenguaje de representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.40 Servicio del Agente Observador

Capacidad General – Agente Observador	7.6
Habilidad: Alimentar al resto del sistema multiagente de la información sobre el estado del sistema de manejo de fallas.	
Lenguaje de Representación: Lenguaje natural	

Tabla A2.41 Capacidad General del Agente Observador

Restricción - Agente Observador	7.7
Normas: Relativas los objetivos del agente.	
Preferencias: Ninguna	

Tabla A2.42 Restricción del Agente Observador

A2.2 Modelo de Tareas

A2.2.1 Tareas del Agente Observador

Tarea: Identificar Fallas Funcionales Abruptas

Tarea: <i>Identificar Falla Abrupta</i>
Objetivo: Determinar la presencia de una falla funcional.
Precondición: Disponibilidad de los valores asociadas a las variables funcionales de interés.
Frecuencia: Continua
Descripción: A través de esta tarea, el agente Observador percibe la existencia de una falla funcional abrupta y lo informa al agente Coordinador, quien ejecuta las actividades apropiadas para corregir dicha falla.

Tabla A2.43 Tarea Identificar Fallas Funcionales Abruptas



Tarea: Calcular Indices de Desempeño

Tarea: *Calcular Indices de Desempeños*

Objetivo: Calcular índices de desempeño del proceso para la gestión del mantenimiento.

Precondición: cambio en el estado del mantenimiento y/o en la operación del proceso, contexto operacional normal

Frecuencia: Temporal (dada por el agente humano)

Descripción: A través de esta tarea el agente Observador realiza el cálculo de los índices de desempeño que relaciona la forma de operación del proceso y la gestión del mantenimiento, en un contexto operacional normal.

Tabla A2.44 Tarea Calcular Indices de Funcionamiento

Tarea: Determinar el estado del mantenimiento

Tarea: *Determinar el estado del mantenimiento*

Objetivo: Analizar el estado de mantenimiento actual

Precondición: La información proveniente del proceso de mantenimiento debe ser clara y completa

Frecuencia: Temporal (dada por el agente humano)

Descripción: A través de esta tarea el agente Observador analiza la información relacionada sobre el estado del mantenimiento del sistema, y lo transmite al resto del SMF.

Tabla A2.45 Tarea Verificar el estado del mantenimiento

A2.2.2 Tareas del Agente Esp. Detector

Tarea: Seleccionar Técnica de detección

Tarea: Seleccionar Técnica de detección

Objetivo: Seleccionar la técnica de detección apropiada para la detección de fallas incipientes.

Precondición: La información ingresada debe ser coherente y estar completa

Frecuencia: Relativa a la entrada

Descripción: A través de esta tarea el agente Detector, selecciona la técnica de detección adecuada para determinar, a partir de la información proveniente del proceso, o por observación de los componentes del mismo, si éste se encuentra en un estado inválido.

Tabla A2.46 Tarea Seleccionar Técnica de detección



Tarea: Incorporar nuevos métodos de detección

Tarea: *Incorporar nuevos métodos de detección*

Objetivo: Incorporar mejoras en los métodos de detección, así como nuevos métodos de detección

Precondición: No generar resultados confiables a partir de los métodos disponibles.

Frecuencia: Temporal

Descripción: A través de esta tarea el agente *Detector* puede incorporar o solicitar la incorporación de nuevos métodos para realizar una mejor detección de fallas. Para ello, puede disponer de mecanismos adecuados, tal vez inteligentes.

Tabla A2.47 Tarea Incorporar nuevos métodos de detección

Tarea: Llevar estadísticas sobre la ocurrencia de fallas

Tarea: *Llevar estadísticas sobre la ocurrencia de fallas*

Objetivo: Almacenar en la base de datos un registro sobre las fallas que se producen en la instancia bajo estudio.

Precondición: La información proveniente del agente base de datos debe ser clara y completa

Frecuencia: Relativa a la detección de una falla.

Descripción: A través de esta tarea el agente *Detector* lleva estadísticas sobre las fallas que se presentan en las instancias bajo estudio.

Tabla A2.48 Tarea Obtener datos de los equipos o procesos

A2.2.3 Tareas del Agente Esp. Localizador

Tarea: Ubicar Falla

Tarea: *Ubicar Falla*

Objetivo: Localiza el sitio donde se produce la falla incipiente, cuando los mecanismos de detección no lo pueden realizar

Precondición: La información proveniente del agente *Detector* debe ser clara y completa

Frecuencia: Por orden del agente *Coordinador*

Descripción: A través de esta tarea el agente *Localizador* ubica el sitio donde ocurre la falla incipiente y lo transmite al agente *Coordinador*.

Tabla A2.49 Tarea Ubicar Falla



A2.2.4 Tareas del Agente Esp. Diagnosticador

Tarea: Identificar modos de falla y sus causas

Tarea: *Identificar modos de falla y sus causas*

Objetivo: Identificar los modos de fallas que se producen en el sistema.

Precondición: Detección de una falla incipiente o funcional en el sistema.

Frecuencia: Relativa a la detección de fallas en el sistema

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* identifica el modo de falla asociado a la detección de una falla incipiente o funcional, indicando también sus causas, usando métodos y mecanismos adecuados.

Tabla A2.50 Tarea Identificar modos de falla y sus causas

Tarea: Llevar estadísticas de los modos de falla

Tarea: *Llevar estadísticas de los modos de falla*

Objetivo: Realizar análisis estadístico sobre los modos de fallas que se producen en el sistema.

Precondición: Identificación del modo de falla que está ocurriendo. Existencia de datos históricos sobre los modos de falla ocurridos.

Frecuencia: Relativa a la detección de fallas en el sistema

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* lleva la estadística sobre los modos de fallas que se presentan en los equipos o procesos del sistema, usando métodos y mecanismos adecuados, para poder realizar un mejor diagnóstico.

Tabla A2.51 Tarea Llevar estadísticas de los modos de fallas

Tarea: Llevar estadísticas sobre las causas de las fallas

Tarea: *Llevar estadísticas sobre las causas de las fallas*

Objetivo: Realizar análisis estadístico sobre las causas de las fallas que se producen en el sistema.

Precondición: Identificación de las causas de un modo de falla. Existencia de datos históricos sobre los modos de falla ocurridos.

Frecuencia: Relativa a la ocurrencia de fallas en el sistema

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* lleva la estadística sobre las causas de fallas que se presentan en los equipos o procesos del sistema, usando métodos y mecanismos adecuados, para realizar un mejor diagnóstico en el futuro.

Tabla A2.52 Tarea Llevar estadísticas sobre las causas de las fallas



Tarea: Realizar análisis sobre las consecuencias de las fallas

Tarea: *Realizar análisis sobre las consecuencias de las fallas*

Objetivo: Determinar las consecuencias de la falla en el sistema

Precondición: Tener el análisis sobre el modo de falla y las causas de la falla en el sistema.

Frecuencia: Relativa a la ocurrencia de una falla incipiente

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* realiza un análisis sobre las consecuencias de las fallas en el sistema, a partir del conocimiento del modo de falla y sus causas, así como del conocimiento experto.

Tabla A2.53 Tarea Realizar análisis sobre las consecuencias de las fallas

Tarea: Reajustar modelos de diagnóstico

Tarea: *Reajustar modelos de diagnóstico*

Objetivo: Realizar ajustes en los modelos de diagnóstico.

Precondición: Conocimiento de no haber realizado un diagnóstico adecuado.

Frecuencia: A evento

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* realiza un reajuste a sus modelos de diagnóstico, con el fin de realizar un diagnóstico confiable.

Tabla A2.54 Tarea Reajustar modelos de diagnóstico

Tarea: Incorporar nuevos modos de fallas

Tarea: *Incorporar nuevos modos de fallas*

Objetivo: Incorporar nuevos modos de fallas asociados a los equipos o procesos

Precondición: Conocimiento de la presencia de un modo de falla no identificado en equipos o procesos

Frecuencia: A evento

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* puede incorporar o solicita la incorporación de nuevos modos de fallas de los equipos y procesos bajo estudio, usando mecanismos adecuados, posiblemente inteligentes.

Tabla A2.55 Tarea Incorporar nuevos modos de fallas



Tarea: Incorporar nuevas causas de fallas

Tarea: *Incorporar nuevas causas de fallas*

Objetivo: Incorporar nuevas causas de las fallas presentes en los equipos o procesos

Precondición: Conocimiento de una causa de modo de falla no identificada en equipos o procesos

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* puede incorporar o solicita la incorporación de nuevas causas de modos de fallas de los equipos y procesos bajo estudio, usando mecanismos adecuados, posiblemente inteligentes.

Tabla A2.56 Tarea Incorporar nuevas causas de fallas

Tarea: Incorporar nuevos modelos de diagnóstico

Tarea: *Incorporar nuevos modelos de diagnóstico*

Objetivo: Añadir nuevos modelos de diagnóstico.

Precondición: Conocimiento de no haber realizado un diagnósticos adecuado.

Frecuencia: A eventos

Descripción: A través de esta tarea el agente *Esp. Diagnosticador* puede proponer o solicitar la incorporación de nuevos modelos de diagnóstico, usando mecanismos adecuados, posiblemente intellegentes.

Tabla A2.57 Tarea Incorporar nuevos modelos de diagnóstico

A2.2.5 Tareas del Agente Predictor

Tarea: Calcular curvas de confiabilidad en equipos

Tarea: *Calcular curvas de confiabilidad en equipos*

Objetivo: Calcular las curvas de confiabilidad en los equipos.

Precondición: Existencia de estadísticas adecuadas sobre la ocurrencia de fallas y modos de falla.

Frecuencia: A evento

Descripción: A través de esta tarea el agente *Predictor* calcula las curvas de confiabilidad en equipos para saber cuando la falla incipiente se convertirá en falla funcional.

Tabla A2.58 Tarea Calcular curvas de confiabilidad en equipos



Tarea: Generar índices de confiabilidad del proceso

Tarea: *Generar índices de confiabilidad del proceso*

Objetivo: Generar índices de confiabilidad del proceso

Precondición: Existencia de estadísticas adecuadas sobre la ocurrencia de fallas y modos de falla de los equipos asociados a un proceso.

Frecuencia: A eventos

Descripción: A través de esta tarea el agente *Predictor* genera los índices de confiabilidad del proceso y así poder conocer la ocurrencia de una falla funcional.

Tabla A2.59 Tarea Generar índices de confiabilidad del proceso

Tarea: Incorporar nuevos modelos para la predicción de nuevas fallas

Tarea: *Incorporar nuevos modelos para la predicción de nuevas fallas*

Objetivo: Añadir nuevos modelos de predicción para nuevas fallas en el sistema

Precondición: Conocimiento de no haber realizado una predicción adecuada.

Frecuencia: A evento

Descripción: A través de esta tarea el agente *Predictor* incorpora nuevos modelos de predicción para mejorar los existentes o para predecir nuevas fallas en el sistema

Tabla A2.60 Tarea Incorporar nuevos modelos para la predicción de nuevas fallas

A2.2.6 Tareas del Agente Controlador

Tarea: Proponer Plan de Mantenimiento

Tarea: *Proponer Plan de Mantenimiento*

Objetivo: Proponer el plan de Mantenimiento sobre un horizonte de tiempo específico.

Precondición: La información proveniente del agente *Coordinador* debe ser clara y completa

Frecuencia: Temporal

Descripción: A través de esta tarea el agente *Controlador* propone el plan de mantenimiento a realizar sobre un horizonte de tiempo específico, según la disponibilidad de recursos humanos, técnicos y económicos.

Tabla A2.61 Tarea Obtener Plan de Mantenimiento

**Tarea: Procesar Plan de Mantenimiento****Tarea: *Procesar Plan de Mantenimiento***

Objetivo: Ejecutar las tareas de mantenimiento según el calendario propuesto.

Precondición: Disponer del plan de mantenimiento sobre un horizonte de tiempo.

Frecuencia: Diaria

Descripción: A través de esta tarea el agente *Controlador* gestiona la ejecución de las tareas de mantenimiento a realizar en el proceso, según el cronograma del plan de mantenimiento. También, puede procesar tareas de mantenimiento urgentes y ordenadas por el agente Coordinador. La ejecución de las tareas es realizada por el agente Actuador.

Tabla A2.62 Tarea Procesar Plan de Mantenimiento

A2.2.7 Tareas del Agente Actuador**Tarea: Ejecutar las Tareas de Mantenimiento****Tarea: *Ejecutar las Tareas de Mantenimiento***

Objetivo: Implementa una tarea de mantenimiento en el sistema.

Precondición: La información proveniente del agente Controlador debe ser clara y completa

Frecuencia: Por orden del agente Controlador

Descripción: A través de esta tarea el agente *Actuador* implementa una tarea de mantenimiento a realizar en el sistema. El agente Actuados puede ser un agente humano, representado por una cuadrilla de mantenimiento.

Tabla A2.63 Tarea Ejecutar las Tareas de Mantenimiento

Tarea: Ejecutar Planes de Contingencia**Tarea: *Ejecutar Planes de Contingencia***

Objetivo: Ejecutar los planes de contingencias, en el caso de no poder realizar una tarea de mantenimiento urgente o estar bajo un contexto operacional anormal.

Precondición: No poder ejecutar una tarea de mantenimientos urgente y estar bajo un contexto operacional anormal.

Frecuencia: Relativa a la no ejecución de una tarea de mantenimiento urgente o estar bajo un contexto operacional anormal.

Descripción: A través de esta tarea el agente *Actuador* ejecuta los planes de contingencias, debido a no poder ejecutar una tarea de mantenimiento urgente o estar bajo un contexto operacional anormal.

Tabla A2.64 Tarea Ejecutar Planes de Contingencia



A2.3 Modelo de Coordinación

A2.3.1 Conversación: Mantenimiento por Condición

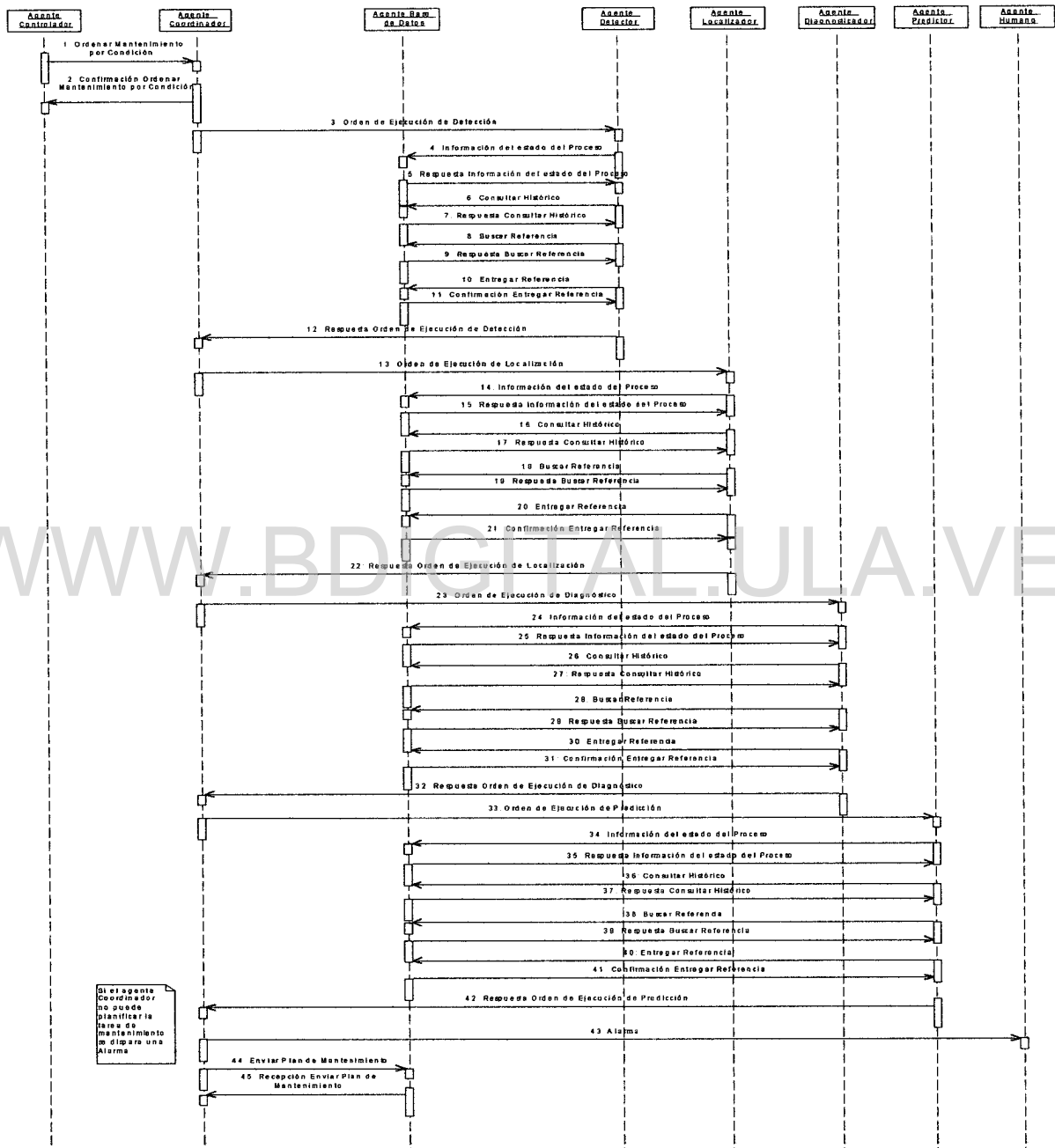


Figura A2.1. Diagrama de Interacción de la Conversación Mantenimiento por Condición

Licencia Creative Commons:

**Conversación: Mantenimiento por Condición**

1.1

Objetivo: Realizar mantenimiento por condición en el sistema

Agentes: *Coordinador, Controlador, Base de Datos, Detector, Localizador, Predictor, Diagnosticador y Humano*

Iniciador: Controlador

Actos de Habla: Ordenar mantenimiento por condición, Orden de Ejecución de Detección, Obtener Información del Proceso, Consultar Histórico, Buscar Referencia, Entregar Referencia, Orden de Ejecución de Localización, Orden de ejecución de Diagnóstico, Orden de ejecución de Predicción, Alarma y Enviar Plan de mantenimiento

Precondición: Tener que realizar un mantenimiento por condición

Condición de Terminación: Enviar plan de mantenimiento por parte del agente Coordinador

Descripción: Mediante esta conversación, el agente Controlador envía la información al agente Coordinador, para que este construya el plan de mantenimiento, basado en tareas DLDP.

Tabla A2.65 Conversación Mantenimiento por condición**Esquema de Coordinación**

1.2

Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre los agentes *Remotos* (SCDIA control), el agente Base de Datos, y por otro lado, entre los agentes *Controlador, Coordinador, Detector, Localizador, Diagnosticador, Predictor* y el agente *Humano*.

Tipo: Predefinido

Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes para relacionar los agentes que participan en la conversación.

Tabla A2.66 Esquema de Coordinación de la conversación Mantenimiento por condición**Planificación**

1.3

Tipo: Predefinido

Técnica: Existen protocolos de negociación, consulta, requerimientos y contratación entre los agentes *Detector, Localizador, Predictor, Diagnosticador, Coordinador* y el agente *Base de Datos*, y entre el agente *Coordinador* con los agentes *Humano* y el agente *Controlador*.

Tabla A2.67 Planificación de la conversación Mantenimiento por condición

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Mecanismo de Comunicación	1.4
Tipo: Directa Técnica empleada : Pase de mensaje Metalinguaje: KQML	

Tabla A2.68 Mecanismo de Comunicación de la conversación Mantenimiento por condición

Ontología	1.5
Nombre: Ontología SMF Representación: KIF Agentes que las conocen: Coordinador, Detector, Localizador, Predictor, Diagnosticador, Controlador, Observador Actuador y Humano Vocabulario: El vocabulario está definido a través de clases relaciones entre clases Descripción: Esta ontología describe las entidades, conceptos y relaciones empleadas para satisfacer las peticiones de servicio en el SMF.	

Tabla A2.69 Ontología

A2.3.2 Conversación: Tareas de Mantenimiento

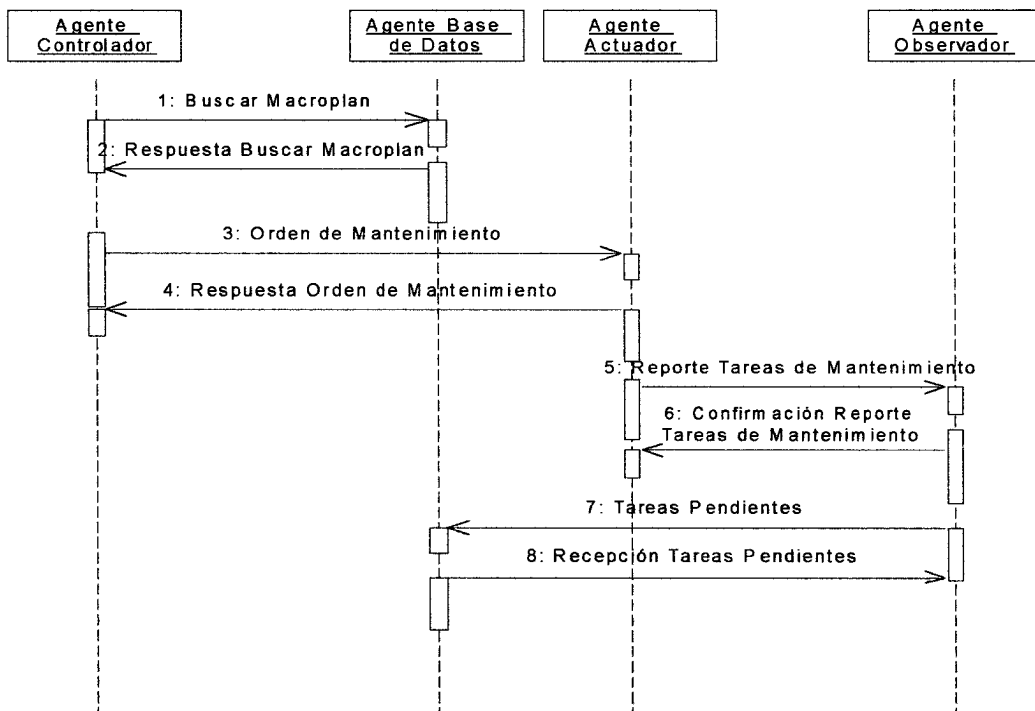


Figura A2.2. Diagrama de Interacción de la Conversación Tareas de Mantenimiento



Conversación: Tareas de Mantenimiento	2.1
Objetivo: Realizar tareas de mantenimiento en el sistema	
Agentes: <i>Controlador, Base de Datos, Actuador y Observador</i>	
Iniciador: Controlador	
Actos de Habla: Buscar Macroplan, Orden de Mantenimiento, Reporte Tareas de Mantenimiento y Tareas Pendientes	
Precondición: Tener que realizar tareas de mantenimiento en el sistema	
Condición de Terminación: Enviar las tareas pendientes por parte del agente Observador	
Descripción: Mediante esta conversación, el agente Controlador envía la información al agente Actuador, para que este realice las tareas de mantenimiento en el sistema, y a partir de la realización o no del mantenimiento, el agente Observador reporta las tareas que no pudieron ser realizadas.	

Tabla A2.70 Conversación Tareas de Mantenimiento

Esquema de Coordinación	2.2
Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre el agente Base de Datos, y los agentes <i>Controlador, Actuador y Observador</i>	
Tipo: Predefinido	
Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes para relacionar los agentes que participan en la conversación.	

Tabla A2.71 Esquema de Coordinación de la conversación Tareas de Mantenimiento

Planificación	2.3
Tipo: Predefinido	
Técnica: Existen protocolos de consulta, requerimientos y contratación, entre el agente <i>Base de Datos</i> y los agentes <i>Controlador y Observador</i> y el agente <i>Observador y Controlador</i> con el agente <i>Actuador</i>	

Tabla A2.72 Planificación de la conversación Tareas de Mantenimiento



Mecanismo de Comunicación	2.4
Tipo: Directa	
Técnica empleada : Pase de mensaje	
Metalinguaje: KQML	
Ontología: SMF (Ver Tabla A2.69)	

Tabla A2.73 Mecanismo de Comunicación de la conversación Tareas de Mantenimiento

A2.3.3 Conversación: Tareas Urgentes

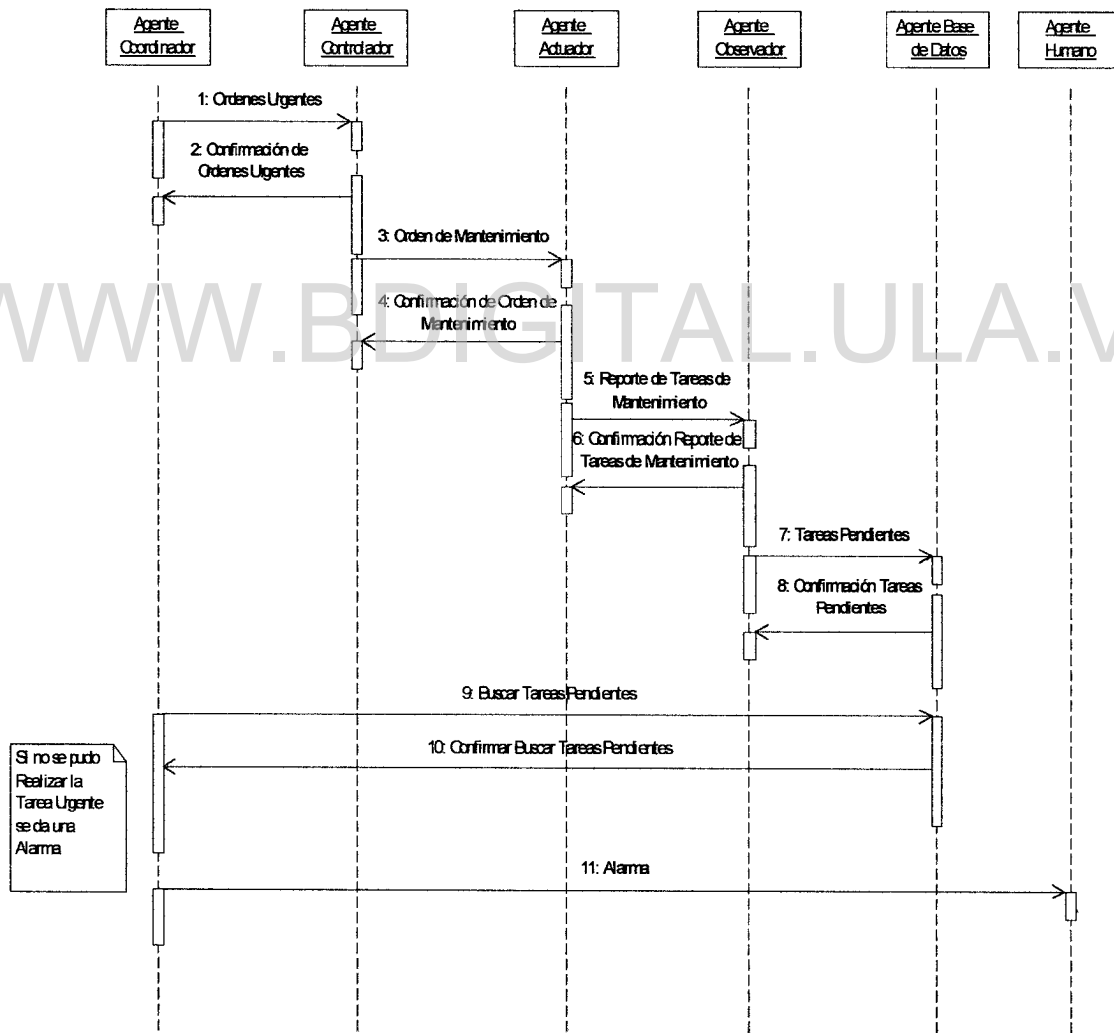


Figura A2.3. Diagrama de Interacción de la Conversación Tareas Urgentes



Conversación: Tareas Urgentes	3.1
Objetivo: Realizar tareas urgentes en el sistema	
Agentes: <i>Coordinador, Controlador, Base de Datos, Actuador, Observador y Humano</i>	
Iniciador: Coordinador	
Actos de Habla: Ordenes Urgentes, Orden de Mantenimiento, Reporte de Tareas de Mantenimiento, Tareas Pendientes, Buscar Tareas Pendientes y Alarma	
Precondición: Tener que realizar tareas urgentes en el sistema	
Condición de Terminación: Si no se pudo realizar la tarea urgente se da una alarma	
Descripción: Mediante esta conversación, el agente Coordinador envía la información al agente Controlador, para que este ordene el mantenimiento, y si no se pudo realizar esta tarea urgente, se da una alarma	

Tabla A2.74 Conversación Tareas Urgentes

Esquema de Coordinación	3.2
Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre los agentes <i>Coordinador, Base de Datos, Controlador, Actuador, Observador y Humano</i>	
Tipo: Predefinido	
Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes para relacionar los agentes que participan en la conversación.	

Tabla A2.75 Esquema de Coordinación de la conversación Tareas Urgentes

Planificación	3.3
Tipo: Predefinido	
Técnica: Existen protocolos consulta, requerimientos y contratación entre el agente <i>Base de Datos</i> y los agentes <i>Coordinador y Observador</i> y los agente <i>Observador y Controlador</i> con el agente <i>Actuador</i> y el agente <i>Coordinador</i> con el agente <i>Humano</i>	

Tabla A2.76 Planificación de la conversación Tareas Urgentes

Mecanismo de Comunicación	3.4
Tipo: Directa	
Técnica empleada : Pase de mensaje	
Metalinguaje: KQML	
Ontología: SMF (Ver Tabla A2.69)	

Tabla A2.77 Mecanismo de Comunicación de la conversación Tareas Urgentes



A2.3.4 Conversación: Estado de Mantenimiento

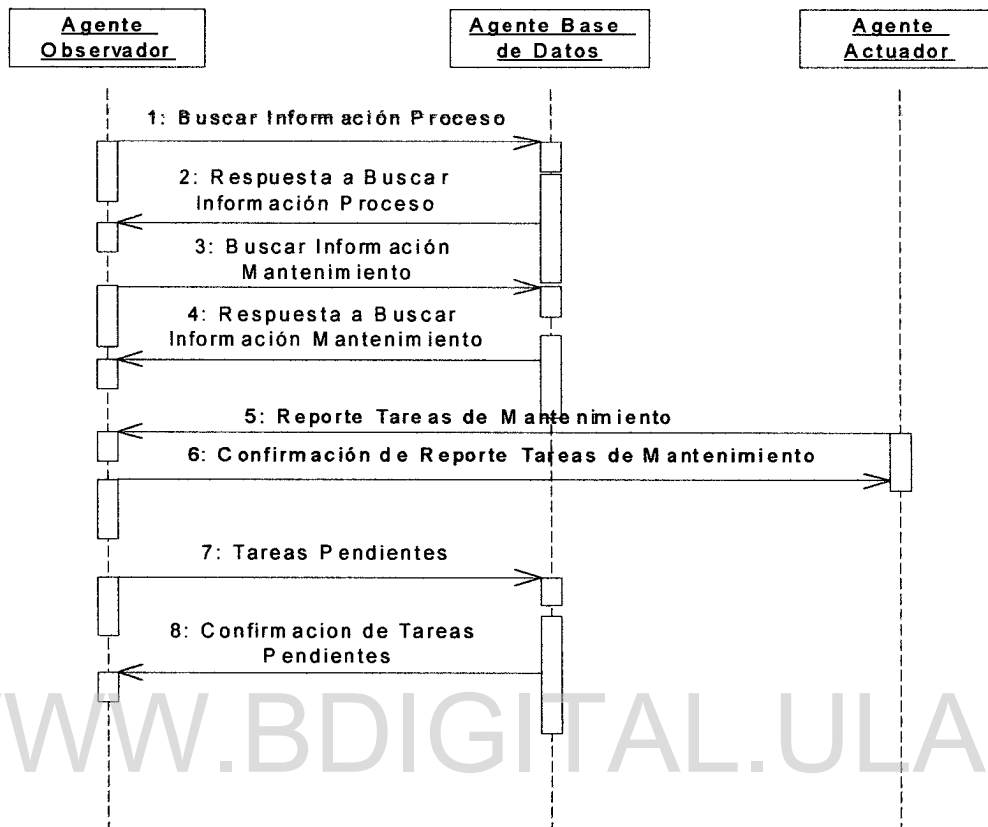


Figura A2.5. Diagrama de Interacción de la Conversación Estado de Mantenimiento

Conversación: Estado de Mantenimiento	
	4.1
Objetivo: Realizar tareas urgentes en el sistema	
Agentes: Observador, Base de Datos y Actuador	
Iniciador: Observador	
Actos de Habla: Buscar información Proceso, Buscar Información Mantenimiento, Reporte Tareas de Mantenimiento y Tareas Pendientes	
Precondición: Tener que realizar replanificación de una tarea de mantenimiento	
Condición de Terminación: Reportar las tareas de mantenimiento pendientes por parte del agente Observador	
Descripción: Mediante esta conversación, el agente Observador, busca la información proveniente del agente Base de Datos y del agente Actuador, para almacenar las tareas de mantenimiento pendientes en el sistema	

Tabla A2.78 Conversación Estado de Mantenimiento

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Esquema de Coordinación	4.2
Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre los agentes <i>Observador</i> , <i>Base de Datos</i> y <i>Actuador</i>	
Tipo: Predefinido	
Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes para relacionar los agentes que participan en la conversación.	

Tabla A2.79 Esquema de Coordinación de la conversación Estado de Mantenimiento

Planificación	4.3
Tipo: Predefinido	
Técnica: Existen protocolos de consulta y requerimientos entre el agente <i>Base de Datos</i> y el agente <i>Observador</i> y el agente <i>Observador</i> con el agente <i>Actuador</i>	

Tabla A2.80 Planificación de la conversación Estado de Mantenimiento

Mecanismo de Comunicación	4.4
Tipo: Directa	
Técnica empleada : Pase de mensaje	
Metalinguaje: KQML	
Ontología: SMF (Ver Tabla A2.69)	

Tabla A2.81 Mecanismo de Comunicación de la conversación Estado de Mantenimiento



A2.3.5 Conversación: Identificar Falla Funcional

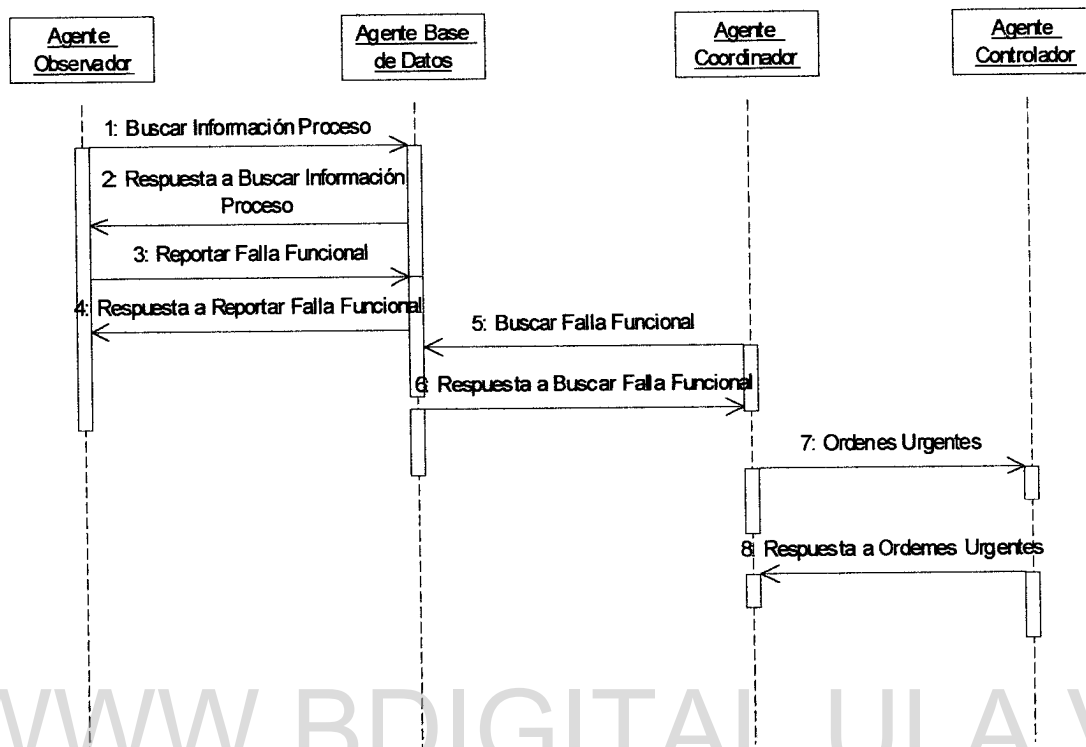


Figura A2.6. Diagrama de Interacción de la Conversación Identificar Falla Funcional

Conversación: Identificar Falla Funcional	
	5.1
Objetivo: Realizar tareas urgentes en el sistema	
Agentes: Observador, Base de Datos Coordinador y Controlador	
Iniciador: Observador	
Actos de Habla: Buscar información Proceso, Reporte Falla Funcional, Buscar Falla Funcional y Ordenes Urgentes	
Precondición: Tener que realizar una tarea de mantenimiento para una falla funcional abrupta	
Condición de Terminación: dar la orden de ejecución de la tareas de mantenimiento urgente debido a una falla abrupta en el sistema	
Descripción: Mediante esta conversación, el agente Observador, busca la información proveniente del agente Base de Datos, para reportar la presencia de una falla funcional abrupta en el sistema, y El agente Coordinador busca este reporte y ordena urgentemente la realización de una tarea de mantenimiento en el sistema	

Tabla A2.82 Conversación Identificar Falla Funcional



Esquema de Coordinación

5.2

Objetivo a seguir: Planificar las interacciones entre los agentes *Observador*, *Base de Datos*, *Coordinador* y *Controlador*

Tipo: Predefinido

Coordinación por Defecto: Centralizada, a través de mecanismos de pases de mensajes para relacionar los agentes que participan en la conversación.

Tabla A2.83 Esquema de Coordinación de la conversación Identificar Falla Funcional

Planificación

5.3

Tipo: Predefinido

Técnica: Existen protocolos de consulta y requerimientos entre el agente *Base de Datos* y los agentes *Observador* y *Coordinador*, y el agente *Coordinador* con el agente *Controlador*

Tabla A2.84 Planificación de la conversación Identificar Falla Funcional

Mecanismo de Comunicación

5.4

Tipo: Directa

Técnica empleada : Pase de mensaje

Metalenguaje: KQML

Ontología: SMF (Ver Tabla A2.69)

Tabla A2.85 Mecanismo de Comunicación de la conversación Identificar Falla Funcional



A2.4 Modelo de Comunicación

Acto de Habla: Obtener información del proceso

1

Nombre: Obtener información del proceso

Tipo: Requerimiento de información

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Obtener los valores de las variables asociadas a la instancia del proceso

Agentes: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor – Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)

Iniciador: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor

Precondición: Solicitud del agente *Coordinador* sobre la realización de una tarea de detección, localización, diagnóstico o predicción

Condición de terminación: El agente Base de Datos envía la última información solicitada.

Descripción: El agente Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor recibe información dada por el agente *Base de Datos*, para realizar su tarea de detección, localización, diagnóstico ó predicción.

Tabla A2.86 Acto de Habla Información del estado del proceso

Acto de Habla: Consultar Histórico

2

Nombre: Consultar Histórico

Tipo: Requerimiento de información

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Obtener información histórica asociada a la instancia bajo estudio del sistema

Agentes: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor – Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)

Iniciador: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor

Precondición: Localización de una tarea de detección, localización, diagnóstico ó predicción

Condición de terminación: El agente Base de Datos finaliza el envío de la plantilla histórica de las instancias del sistema.

Descripción: El agente Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor recibe información dada por el agente Base de Datos (SCDIA gestión de servicio), sobre el histórico de las instancias del proceso en estudio..

Tabla A2.87 Acto de Habla Consultar Histórico

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Acto de Habla: Buscar Referencia	3
Nombre: Buscar Referencia	
Tipo: Consulta de información	
Conversación: Mantenimiento por Condición	
Objetivo: Tomar de la base de datos la información recolectada por el agente <i>Detector</i>	
Agentes: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)	
Iniciador: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor	
Precondición: Orden de realizar tarea de detección (localización, diagnóstico, predicción, respectivamente)	
Condición de terminación: El agente Base de Datos provee la plantilla de referencia solicitada por cada agente.	
Descripción: El agente <i>Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor</i> recibe la plantilla de referencia dada por el agente <i>Base de Datos</i> (SCDIA gestión de servicio).	

Tabla A2.88 Acto de Habla Buscar Referencia

Acto de Habla: Entregar Referencia	4
Nombre: Entregar Referencia	
Tipo: Almacenar información	
Conversación: Mantenimiento por Condición	
Objetivo: Almacenar la información sobre la detección, localización, diagnóstico ó predicción en la base de datos	
Agentes: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor – Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)	
Iniciador: Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor	
Precondición: Haber terminado la realización de la tarea respectiva (DDLDP)	
Condición de terminación: El agente Base de Datos recibe toda la información provista por el agente <i>Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor</i>	
Descripción: El agente <i>Base de Datos</i> (SCDIA gestión de servicio) recibe información dada por el agente <i>Detector, Localizador, Diagnosticador ó Predictor</i> , sobre los datos recolectados asociados a las tareas DLDLP respectiva	

Tabla A2.89 Acto de Habla Entregar Referencia


Acto de Habla: Orden de Ejecución de Detección

5

Nombre: Orden de Ejecución de Detección

Tipo: Orden de ejecución

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Ordenar la ejecución de las tareas de detección sobre las instancias en estudio

Agentes: Coordinador – Detector

Iniciador: Coordinador

Precondición: Tener que ejecutar tareas de detección en el sistema

Condición de terminación: El agente *Detector* ejecuta las tareas de detección ordenada por el agente *Coordinador*

Descripción: El agente *Coordinador* ordena la ejecución de tareas de detección por parte del agente *Detector*, sobre las instancias en estudio según el plan de mantenimiento.

Tabla A2.90 Acto de Habla Orden de Ejecución de Detección

Acto de Habla: Orden de Ejecución de Localización

6

Nombre: Orden de Ejecución de Localización

Tipo: Orden de ejecución

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Ordenar la ejecución de las tareas de localización de la falla sobre las instancias en estudio en el sistema

Agentes: Coordinador – Localizador

Iniciador: Coordinador

Precondición: Tener que ejecutar tareas de localización en el sistema

Condición de terminación: El agente *Localizador* ejecuta las tareas de localización ordenadas por el agente *Coordinador*

Descripción: El agente *Coordinador* ordena la ejecución de tareas de localización de fallas por parte del agente *Localizador*, sobre las instancias que fallan según el plan de mantenimiento.

Tabla A2.91 Acto de Habla Orden de Ejecución de Localización

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)


Acto de Habla: Orden de Ejecución de Diagnóstico

7

Nombre: Orden de Ejecución de Diagnóstico

Tipo: Orden de ejecución

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Ordenar la ejecución de las tareas de diagnóstico sobre las instancias en estudio en el sistema

Agentes: Coordinador – Diagnosticador

Iniciador: Coordinador

Precondición: Tener que ejecutar tareas de diagnóstico en el sistema

Condición de terminación: El agente *Diagnosticador* ejecuta las tareas de diagnóstico ordenadas por el agente *Coordinador*

Descripción: El agente Coordinador ordena la ejecución de tareas de diagnóstico de fallas por parte del agente *Diagnosticador*, sobre las instancias que fallan según el plan de mantenimiento.

Tabla A2.92 Acto de Habla Orden de Ejecución de Diagnóstico

Acto de Habla: Orden de Ejecución de Predicción

8

Nombre: Orden de Ejecución de Predicción

Tipo: Orden de ejecución

Conversación: Mantenimiento por Condición

Objetivo: Ordenar la ejecución de las tareas de predicción de fallas sobre las instancias en estudio en el sistema

Agentes: Coordinador – Predictor

Iniciador: Coordinador

Precondición: Tener que ejecutar tareas de predicción en el sistema

Condición de terminación: El agente *Predictor* ejecuta las tareas de predicción ordenadas por el agente *Coordinador*

Descripción: El agente Coordinador ordena la ejecución de tareas de predicción de fallas por parte del agente *Predictor*, sobre las instancias que fallan según el plan de mantenimiento.

Tabla A2.93 Acto de Habla Orden de Ejecución de Predicción

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

**Acto de Habla: Ordenes Urgentes**

9

Nombre: Ordenes Urgentes**Tipo:** Orden de ejecución**Conversación:** Tareas Urgentes, Identificar Falla Funcional**Objetivo:** Ordenar la realización de las tareas de mantenimiento urgentes (acciones correctivas) en el sistema**Agentes:** Coordinador - Controlador**Iniciador:** Coordinador**Precondición:** Existir tareas de mantenimiento prioritarias (acciones correctivas) que se deben realizar en el sistema**Condición de terminación:** El agente *Controlador* recibe la información sobre las tareas de mantenimiento urgentes a realizar.**Descripción:** El agente *Controlador* recibe la información sobre las tareas de mantenimiento urgentes que tiene que realizar en el sistema, por parte del agente *Coordinador***Tabla A2.94 Acto de Habla Ordenes Urgentes****Acto de Habla: Buscar Macroplan**

10

Nombre: Buscar Macroplan**Tipo:** Consultar de información**Conversación:** Tareas de Mantenimiento**Objetivo:** Obtener el macro plan de mantenimiento a realizar en el sistema**Agentes:** Controlador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)**Iniciador:** Controlador**Precondición:** Existir un macro plan de mantenimiento a realizar en el sistema**Condición de terminación:** El agente *Controlador* recibe la información sobre el plan de mantenimiento por el agente *Base de Datos***Descripción:** El agente *Controlador* recibe la información sobre el plan de mantenimiento que tiene que realizar en el sistema, el cual se encuentra almacenado en la base de datos**Tabla A2.95 Acto de Habla Buscar Macroplan**



Acto de Habla: Ordenar mantenimiento por condición	11
Nombre: Ordenar mantenimiento por condición	
Tipo: Orden de Ejecución	
Conversación: Mantenimiento por Condición	
Objetivo: Ordenar la realización de las tareas de mantenimiento por condición en el sistema	
Agentes: Controlador - Coordinador	
Iniciador: Controlador	
Precondición: Existir tareas de mantenimiento por condición a realizar en el sistema	
Condición de terminación: El agente <i>Coordinador</i> recibe la información sobre la tarea de mantenimiento por condición por el agente <i>Controlador</i>	
Descripción: El agente <i>Coordinador</i> recibe la información sobre la tarea de mantenimiento por condición que se tiene que realizar en el sistema	

Tabla A2.96 Acto de Habla Ordenar mantenimiento por condición

Acto de Habla: Orden de mantenimiento	12
Nombre: Orden de mantenimiento	
Tipo: Orden de Ejecución	
Conversación: Tareas de Mantenimiento, Tareas Urgentes	
Objetivo: Ordenar la ejecución de la(s) tarea(s) de mantenimiento en campo, al agente Actuador	
Agentes: Controlador – Actuador	
Iniciador: Controlador	
Precondición: Tener una lista de ordenes de mantenimiento en campo	
Condición de terminación: El agente <i>Actuador</i> recibe toda la información suministrada por el agente <i>Controlador</i>	
Descripción: El agente <i>Actuador</i> recibe información dada por el agente <i>Controlador</i> , sobre la(s) tarea(s) de mantenimiento a realizar sobre las instancias del sistema.	

Tabla A2.97 Acto de Habla Orden de mantenimiento



Acto de Habla: Tareas Pendientes	13
Nombre: Tareas Pendientes	
Tipo: Almacenar información	
Conversación: Tareas de Mantenimiento, Tareas Urgentes, Estado de Mantenimiento	
Objetivo: Almacenar la(s) tarea(s) de mantenimiento que quedan pendientes en el sistema	
Agentes: Observador o Controlador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)	
Iniciador: Observador o Controlador	
Precondición: Tener tareas de mantenimiento pendientes.	
Condición de terminación: El agente <i>Base de Datos</i> recibe toda la información suministrada por el agente Observador ó <i>Controlador</i>	
Descripción: El agente <i>Base de Datos</i> recibe información dada por el agente Observado ó <i>Controlador</i> , sobre la(s) tarea(s) de mantenimiento pendientes a realizar sobre las instancias, con el fin de replanificar su ejecución.	

Tabla A2.98 Acto de Habla Tareas Pendientes

Acto de Habla: Reporte de tareas de mantenimiento	14
Nombre: Reporte de tareas de mantenimiento	
Tipo: Almacenar información	
Conversación: Tareas de Mantenimiento, Tareas Urgentes, Estado de Mantenimiento	
Objetivo: Reportar las tareas de mantenimiento que se realizaron en el sistema	
Agentes: Actuador - Observador	
Iniciador: Actuador	
Precondición: Haber ejecutado las tareas de mantenimiento	
Condición de terminación: El agente <i>Observador</i> recibe toda la información suministrada por el agente <i>Actuador</i>	
Descripción: El agente <i>Observador</i> recibe información dada por el agente <i>Actuador</i> , sobre la(s) tarea(s) de mantenimiento realizadas sobre las instancias en el sistema	

Tabla A2.99 Acto de Habla Reporte de tareas de mantenimiento

**Acto de Habla: Buscar información proceso**

15

Nombre: Buscar información proceso**Tipo:** Consultar información**Conversación:** Estado de Mantenimiento, Identificar Falla Funcional**Objetivo:** Obtener la información de las instancias del sistema**Agentes:** Observador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)**Iniciador:** Observador**Precondición:** Poseer información de las instancias del sistema**Condición de terminación:** El agente *Observador* recibe toda la información sobre la instancia almacenadas por el agente *Base de Datos***Descripción:** El agente *Observador* recibe información dada por el agente *Base de Datos*, sobre los índices de rendimientos, calidad, etc, de las instancias en el sistema, así como de variables funcionales del proceso.**Tabla A2.100 Acto de Habla Buscar información proceso****Acto de Habla: Buscar información mantenimiento**

16

Nombre: Buscar información mantenimiento**Tipo:** Consultar información**Conversación:** Estado de Mantenimiento**Objetivo:** Obtener la información del mantenimiento en el sistema**Agentes:** Observador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)**Iniciador:** Observador**Precondición:** Haber realizado mantenimiento en el sistema**Condición de terminación:** El agente *Observador* recibe toda la información sobre el mantenimiento realizado**Descripción:** El agente *Observador* recibe información dada por el agente *Base de Datos*, sobre estadísticas, tareas de mantenimiento pendientes, periodicidad del mantenimiento, etc, en el sistema**Tabla A2.101 Acto de Habla Buscar información mantenimiento****Acto de Habla: Buscar falla funcional**

17

Nombre: Buscar falla funcional**Tipo:** Requerir información**Conversación:** Identificar Falla Funcional**Objetivo:** Obtener la información sobre la existencia de una falla funcional**Agentes:** Coordinador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)**Iniciador:** Coordinador**Precondición:** Identificación de una falla funcional**Condición de terminación:** El agente *Coordinador* recibe toda la información sobre la existencia de una falla funcional**Descripción:** El agente *Coordinador* recibe información dada por el agente *Base de Datos*, sobre la existencia de una falla funcional, identificada por el agente *Observador*.**Tabla A2.102 Acto de Habla Buscar Falla Funcional**



Acto de Habla: Reportar falla funcional

18

Nombre: Reportar falla funcional

Tipo: Almacenar información

Conversación: Identificar Falla Funcional

Objetivo: Almacenar la información sobre la existencia de una falla funcional

Agentes: Observador - Base de Datos (SCDIA gestión de servicio)

Iniciador: Observador

Precondición: Identificación de una falla funcional

Condición de terminación: El agente *Base de Datos* recibe toda la información sobre la existencia de una falla funcional

Descripción: El agente *Base de Datos* recibe información dada por el agente *Observador*, sobre la existencia de una falla funcional.

Tabla A2.103 Acto de Habla Reportar Falla Funcional

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



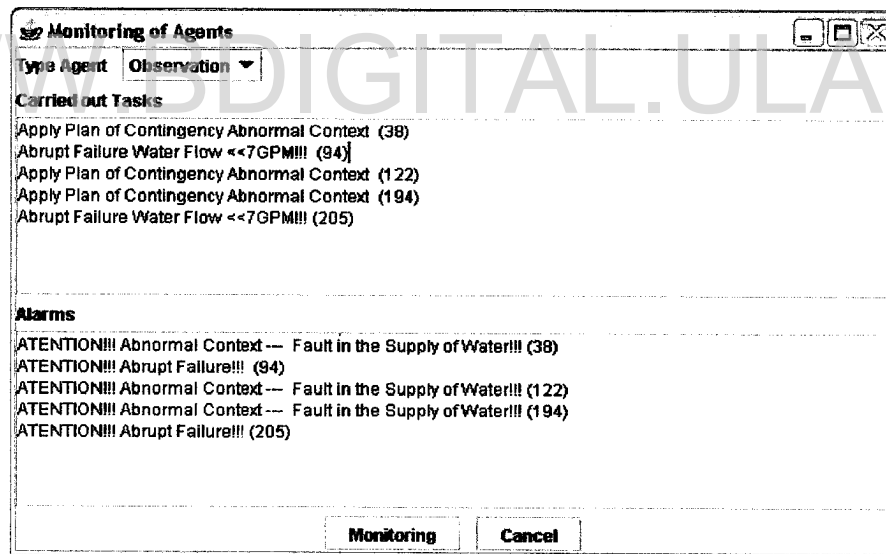
Anexo 3

Actividades Realizadas por los Agentes del SMF, del caso de estudio.

En este anexo se presenta las actividades realizadas por los agentes del SMF para nuestro caso de estudio. A continuación se presentan cada uno de los casos tomados en cuenta en la simulación de nuestro caso de estudio.

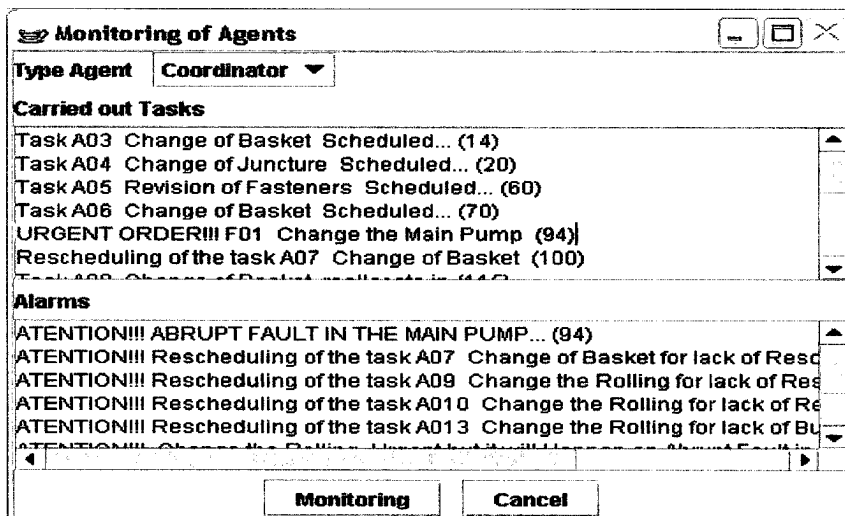
A3.1 Falla Abrupta en el sistema

Cuando ocurre una falla funcional en el subsistema de bombeo de agua, el agente Observador le envía esta información al agente Coordinador, además de producir una alarma, esta información se muestra en la figura A3.1. A 94 u.t de la simulación producimos una falla abrupta debido a una falla en la bomba principal.



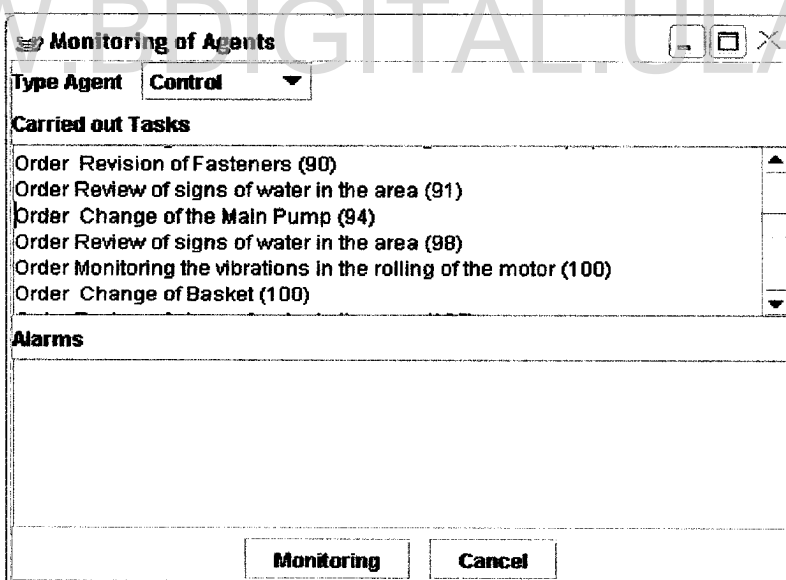
A3.1 Monitoreo del Agente Observador, ocurriendo una falla abrupta

Una vez el agente Coordinador tiene la información de la ocurrencia de una falla abrupta en el sistema, éste envía una orden urgente, que es la realización de una tarea de mantenimiento, esto también genera una alarma y se puede observar en la figura A3.2.



A3.2 Monitoreo del Agente Coordinador, orden urgente por la presencia de una falla abrupta en la bomba principal

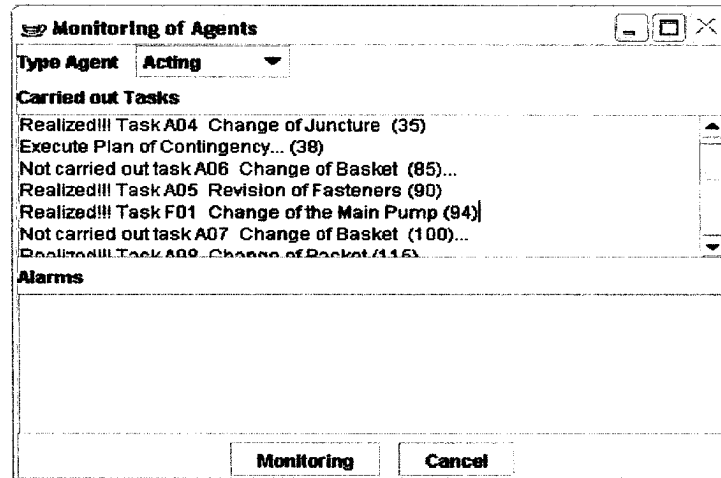
El agente Controlador ordena la realización de la tarea urgente, en este caso el cambio de la bomba principal, al agente Actuador. Esta información se muestra en la figura A3.3.



A3.3 Monitoreo del Agente Control, ordena la realización de la orden urgente por la presencia de una falla abrupta en la bomba principal



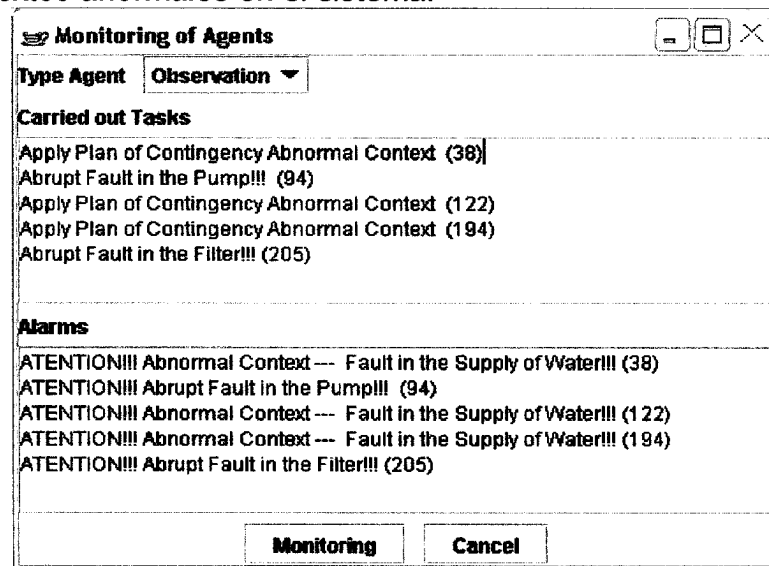
Por último, El agente Actuador realiza la tarea urgente, esta información se muestra en la figura A3.4. Análogamente, estos pasos se realizan en el caso de una falla abrupta en el sistema debido a una falla total en el filtro, la cual se da a 205 u.t en la simulación.



A3.4 Monitoreo del Agente Actuador, realización de la orden urgente por la presencia de una falla abrupta en la bomba principal

A3.2 Contexto Anormal en el sistema

Cuando ocurre un contexto anormal en el sistema, el agente Observador le envía esta información al agente Actuador, además de producir una alarma, esta información se muestra en la figura A3.5. A 38, 122 y 194 u.t de la simulación producimos contextos anormales en el sistema.



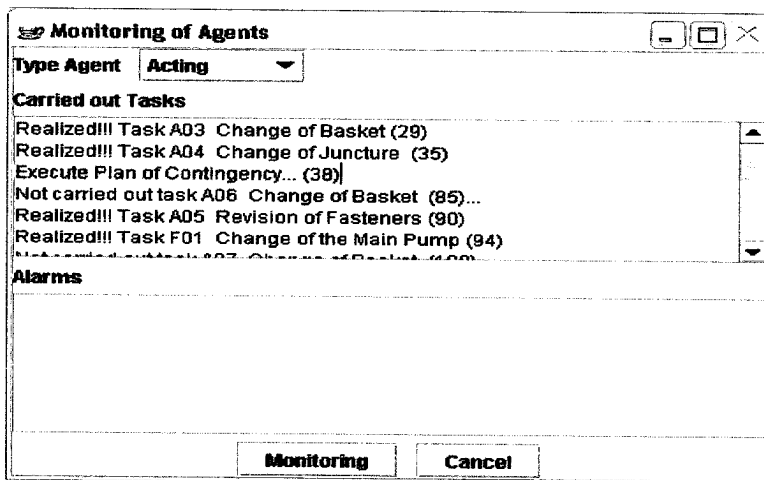
A3.5 Monitoreo del Agente Observador, ocurriendo un contexto anormal en el sistema

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



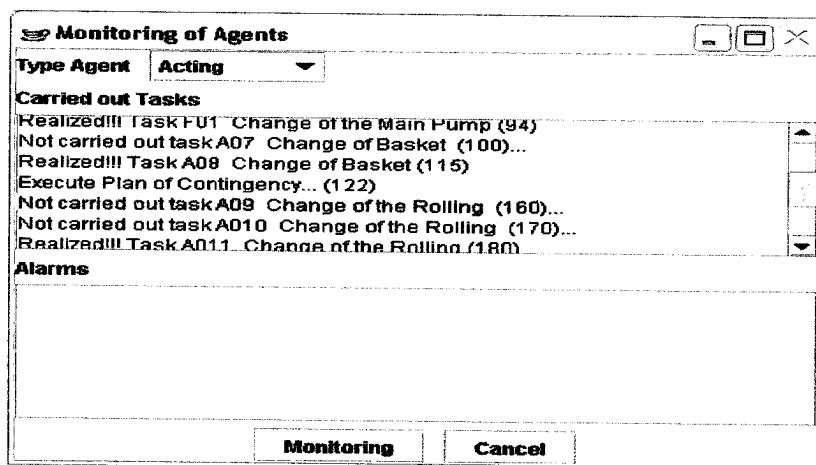
Una vez el agente Actuador tiene la información de la ocurrencia de un contexto anormal en este caso “falla en el suministro de agua por parte del acueducto local”, el agente Actuador ejecuta un plan de contingencia esto se puede observar en la figura A3.6.



A3.6 Monitoreo del Agente Actuador, ejecutando plan de contingencia ante la presencia de un contexto anormal en el sistema

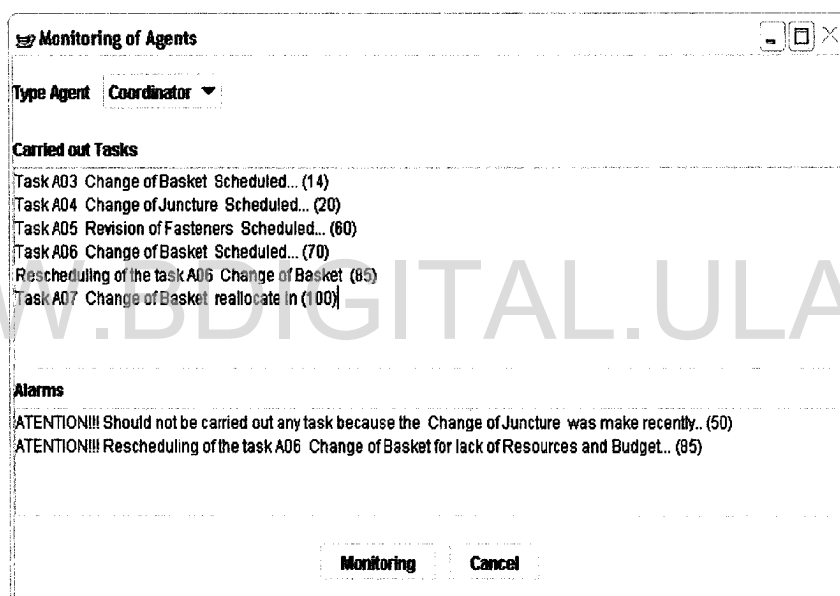
A3.3 Replanificación de una Tarea

Cuando el agente Actuador no puede realizar una tarea de mantenimiento, este le envía esta información al agente Coordinador, esta información se muestra en la figura A3.7. A 85, 100, 160, 170, 180 y 190 u.t de la simulación se dan replanificaciones en las tareas.



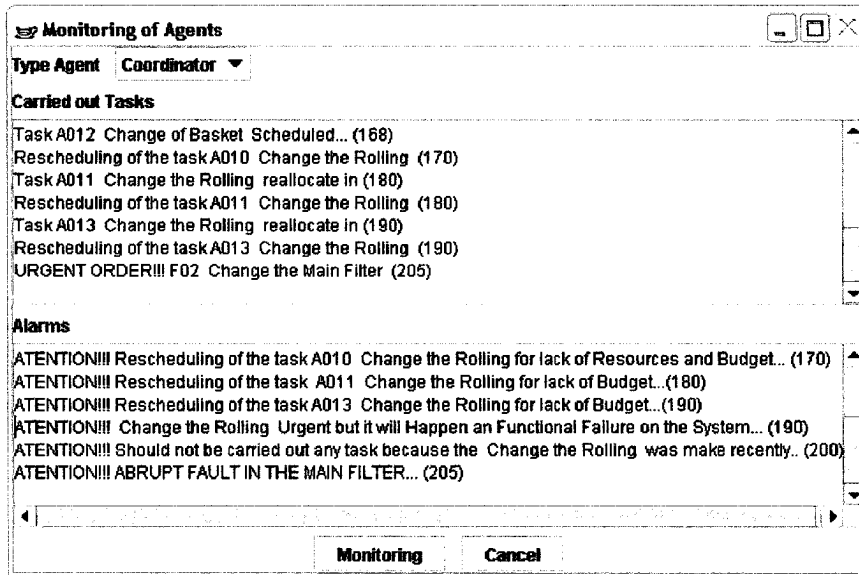
A3.7 Monitoreo del Agente Actuador, replanificación de una tarea en el sistema

Una vez el agente Coordinador tiene la información de que una tarea no se pudo realizar, el agente Coordinador replanifica la tarea y produce una alarma donde indica porque no se pudo realizar la tarea, que puede ser por falta de presupuesto y/o falta de material, esto se puede observar en la figura A3.8. Aquí, se replanifica la tarea A06, cambio de la cesta en el filtro principal, que se tenía que realizar a 85 u.t de la simulación. Se replanifica en la tarea A07 que se realizará a 100 u.t de la simulación. En el cuadro de alarma se puede observar porque no se realizo la tarea A06, que en este caso fue por falta de material y presupuesto.



A3.8 Monitoreo del Agente Coordinador, replanificación de una tarea de mantenimiento en el sistema

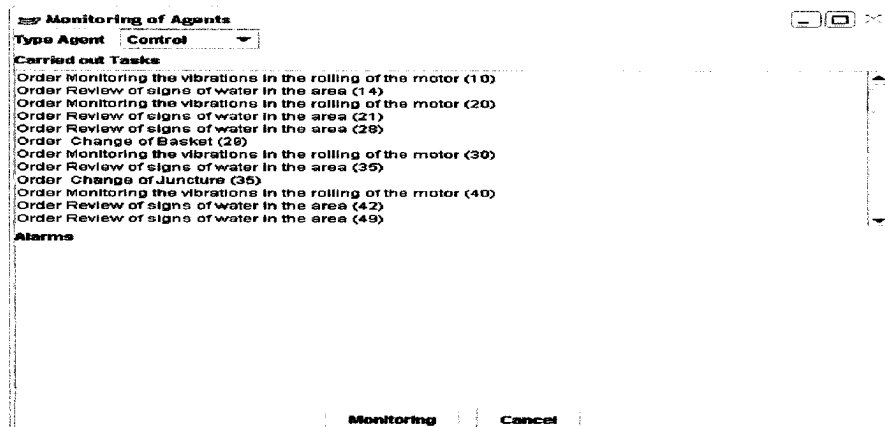
Si la Tarea de mantenimiento se debe realizar de inmediato, porque si no se corre el riesgo de una falla funcional en el sistema, el agente Coordinador produce una alarma como la mostrada en la figura A3.9 en la que se debe cambiar los rodamientos en el motor de la bomba principal.



A3.9 Monitoreo del Agente Coordinador, alarma al no poder replanificar una tarea de mantenimiento en el sistema

A3.4 Ejecución de una Tarea

Al llegar el momento de ejecutar una tarea de mantenimiento sobre el sistema, el agente Controlador ordena la realización de esta tarea de mantenimiento, este le envía esta información al agente Actuador, esta información se muestra en la figura A3.10. A 29, 35, 85, 90, 100, 115, 160, 170, 180, 183, y 190 u.t de la simulación se tienen que realizar tareas de mantenimiento sobre tiempo en el sistema.



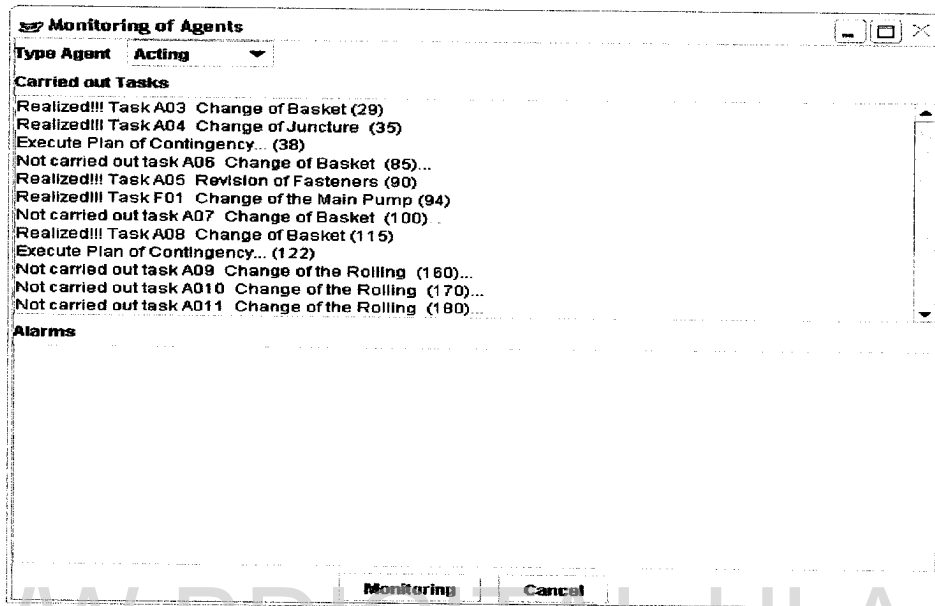
A3.10 Monitoreo del Agente Controlador, ordenar la realización de una tarea de mantenimiento sobre tiempo en el sistema

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 Ing. Raúl J. Faneite A.
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Al llegar la información al agente Actuador, este ejecuta la tarea de mantenimiento siempre y cuando hayan en el sistema presupuesto y/o material para ejecutarla, si no la puede ejecutar, le informa al agente Coordinador para que la replanifique (ver A3.3). Esta información se muestra en la figura A3.11.



A3.11 Monitoreo del Agente Actuador, ejecución de una tarea de mantenimiento en el sistema