

## **Uso de agentes inteligentes en cajeros automáticos de la Comisión Federal de Electricidad en Villahermosa (México)**

**Using intelligent agents in ATMs of Federal Commission of Electricity in the city of Villahermosa (Mexico)**

**Arceo Moheno G, De los Santos Torres G, Rivera Reyes A<sup>1</sup>**

**CFEMaticos –ATM’s Federal Electricity Commission- represent the average collection stronger that the company has, and provides services such as printing duplicate receipts and give consumer information. It is therefore interest of the company to have them in good operating condition at all times. This paper presents the results of the proposed system using intelligent agents responsible for controlling the operation of these facilities. The system was developed by Tropos methodology and used the JADE programming tool.**

**Los CFEMáticos -cajeros automáticos de la Comisión Federal de Electricidad- representan el medio de cobranza más fuerte que tiene la empresa, además de proporcionar servicios tales como imprimir duplicados de recibos de consumo y ofrecer información. Por tanto, es interés de la empresa el tenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento todo el tiempo. En esta ponencia se presentan los resultados obtenidos de la propuesta de un sistema mediante agentes inteligentes encargados de controlar el funcionamiento de estos cajeros. El sistema se desarrolló mediante la metodología Tropos y se utilizó la herramienta de programación JADE.**

**Keywords:** Intelligent agents, CFEMaticos; **Palabras clave:** Agentes inteligentes, CFEMáticos

---

<sup>1</sup> Gerardo Arceo Moheno, Guillermo de los Santos Torres, Armando Rivera Reyes (✉)  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Informática y Sistemas, Carr.  
Cunduacan-Jalpa km. 1, Cunduacan, Tabasco, México  
e-mail: ericarceo@hotmail.com

## 1.1 Introducción

Desde hace quince años, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), empresa paraestatal mexicana encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano, implementó en la División Sureste cajeros automáticos denominados CFEMáticos, los cuales se encargan de realizar el cobro en efectivo por concepto de consumo de energía eléctrica. En un principio, se tomaban como medios adicionales o de apoyo para el cobro de los recibos expedidos a los clientes, de tal forma que existía personal que seguía cobrando en oficinas; a medida que estos equipos fueron evolucionando se convirtieron en los principales medios de cobranza, lo que ofrece más tiempo al personal de oficina para dar atención a clientes en aclaraciones y eventos extraordinarios como pagos con cheques, convenios de pago, etc.

Cada uno de los CFEMáticos está compuesto por un aceptador de billetes, un aceptador de monedas, una impresora y dispensadores de cambio, todos estos componentes se conectan a una computadora, la cual también forma parte del cajero. Dentro de la PC se encuentra el sistema del CFEMático, el cual consiste en una bitácora donde se lleva los registros de todos los eventos de cada uno de los componentes; asimismo, guarda la información de cada uno de los pagos que los usuarios realizan y también se registran los errores que pudiera tener el cajero. Esta bitácora la va creando en tiempo real.

Cabe hacer mención que la División Sureste se conforma por los estados de Tabasco, Chiapas y Oaxaca y se divide en 10 Zonas; a su vez, cada Zona se subdivide en Agencias Comerciales. Actualmente en la Zona Villahermosa existen 50 cajeros automáticos, distribuidos en 11 Agencias Comerciales, donde hay 28 cajeros con horario de 8:00 a 16:00 horas y 22 CFEMáticos que trabajan las 24 horas del día. La Zona Villahermosa no cuenta con un sistema de monitoreo de CFEMáticos propio, sino que depende del servidor de la División Sureste, el cual se encuentra en el estado de Oaxaca y da servicio a todas las Zonas de la División. El servidor de la División Sureste permite ver los eventos de cada cajero y su estatus, sin embargo, no es del todo confiable ya que en ocasiones no refleja los errores y los equipos permanecen fuera de servicio demasiado tiempo; además, se tiene cierto retraso al momento de visualizar la información en la página Web del servidor y lo más importante, para poder saber que hay un error en el cajero, es necesario tener una computadora dentro de la red de CFE, lo que provoca que el equipo se quede fuera de servicio demasiado tiempo.

El trabajo que se presenta muestra los resultados obtenidos al desarrollar un sistema que hace uso de agentes inteligentes que toman como entrada la información recolectada en la bitácora con el objetivo de detectar cualquier error de funcionamiento en el mismo momento que ocurre, sin que sea necesaria la intervención de elemento humano alguno, de tal manera que se solucione en el menor tiempo.

## 1.2 Justificación

Actualmente, las estadísticas que presentan los equipos en cuanto a disponibilidad es de 90%, señalándose que la disponibilidad se mide en minutos, tomando como base el tiempo de trabajo de cada cajero al que se le resta el tiempo que la aplicación de cobros estuvo fuera durante su jornada laboral; a su vez, el índice de interrupción por fallos (IIPF) se obtiene al dividir el tiempo fuera de servicio entre el tiempo de servicio previsto para el cajero. La importancia de la realización de este proyecto radica en el gran número de usuarios que hay en la Zona (aproximadamente 68,000 servicios) y el dinero recaudado (29% del dinero recaudado de la División Sureste es realizado a través de los CFEMáticos de la Zona Villahermosa), por lo que se vuelve imprescindible que los equipos se mantengan disponibles el mayor tiempo posible.

El beneficio será principalmente para la empresa, en el entendido que permitirá elevar la productividad y rentabilidad del cajero; por otra parte, se ahorrará tiempo ya que el personal puede ocuparse de otras actividades que requieran de su presencia; asimismo, habrá ahorro de dinero al no tenerse que trasladar a un lugar específico para saber si un cajero está fuera de servicio o no.

## 1.3 Tecnología utilizada

- Plataforma JADE (Java Agent DEvelopment framework): es un marco de trabajo para desarrollar aplicaciones basadas en agentes en concordancia con las especificaciones FIPA para sistemas multiagente interoperables (JADE-FAQ, 2006)
- Eclipse: framework usado para el desarrollo del sistema, el cual fue de mucha ayuda ya que mediante este framework se depuró el código del sistema de monitoreo. Este framework puede soportar distintas herramientas de desarrollo de cualquier lenguaje, siendo el de este proyecto el lenguaje de programación de Java y Jade.
- Java Development Kit (JDK): Este es un lenguaje multiplataforma que proporciona un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones con Java estándar. Ofrece la gran ventaja de poderse obtener de forma gratuita.
- Java Run Time Environment versión 1.4: Es el único requisito de software para ejecutar el sistema. El JDK 1.4 es suficiente, porque tiene pre-construido un Esbozo IDL y trae incluido un analizador de clases de Java con la distribución de código fuente JADE.
- FIPA (Foundation for Intelligent, Physical Agents): JADE está basado en el protocolo FIPA la cual es una organización internacional sin fines de lucro que desarrolló un conjunto de normas relacionadas con la tecnología de software de agentes (FIPA, 2011).

- Agentes inteligentes: En Inteligencia Artificial se utiliza el término Agentes para referirse a una entidad que funciona continuamente y de forma autónoma (Shoham y Leyton-Brown, 2008); el agente está siempre activo, puede decidir sobre ciertos procesos, y está en constante comunicación con otros agentes, los cuales se encuentran en el mismo sistema.

## 1.4 Metodología del sistema

La metodología que se consideró para el desarrollo del sistema fue la de Tropos (Tropos, 2011), la cual trata de abordar el desarrollo de los agentes inteligentes desde su inicio, no se deriva de los sistemas tradicionales con los que se está acostumbrado a tratar, en donde solo se modelan los objetos con un ciclo de vida definido. Tropos se enfoca más al fin que tienen los agentes inteligentes, a las metas que persiguen, lo que los hace diferentes de forma abstracta.

Las dos ideas que soportan esta metodología son la noción de agente y su relación con la noción mental. Esto quiere decir que trabaja con metas y planes, las cuales se utilizan en todo el desarrollo del sistema. La otra idea, base de esta metodología, es que Tropos abarca en su fase temprana un análisis de requerimientos, lo que permite entender de una manera profunda el entorno en el que el sistema funciona.

La metodología Tropos tiene cinco fases, las cuales son: Early requirements (Primeros requisitos), Late requirements (Requisitos de última hora), Architectural design (Diseño arquitectónico), Detailed design (Diseño detallado), e Implementación, siendo en esta quinta etapa donde se hace la implementación del sistema, se realizan las pruebas y se analizan los resultados.

### 1.4.1 Fase de “Primeros requisitos”

En esta fase las necesidades se centran en las interacciones de las partes interesadas; todas las actividades a seguir de los Agentes Inteligentes se modelan como metas mediante un análisis orientado a objetos. Al finalizar el proyecto, las metas establecidas conducirán a los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

La metodología Tropos clasifica las metas en fuertes (aquellas que dan la funcionalidad al sistema, ya que son metas que se tienen que cumplir forzosamente, y que tienen una definición precisa y un criterio claro de satisfacción) y blandas (a diferencia de las metas fuertes, no se pueden medir de forma clara la satisfacción de cumplimiento y moldean los requerimientos no funcionales del sistema). Para el desarrollo de un sistema común solo se toman en cuenta las metas fuertes, sin embargo, uno de los valores agregados en el desarrollo de agentes inteligentes es

el manejo de las metas blandas, ya que el sistema tendrá la capacidad de tomar decisiones, las cuales pueden dar una satisfacción de cumplimiento a los usuarios.

Por otra parte, las partes interesadas se representan como actores, los cuales dependen unos de otros para alcanzar los objetivos, las tareas a realizar y de los recursos de los que pueden disponer

En esta etapa se creó un modelo de dependencia estratégica, el cual consiste en el desarrollo de un gráfico, donde participan las partes que tienen dependencias estratégicas entre sí, así como las metas a seguir, las cuales dan un panorama amplio del entorno en donde se desempeñarán los agentes inteligentes.

Los actores identificados fueron: Coordinador de CFEMáticos (los siete días de la semana), Ejecutivos de CFEMáticos (de lunes a viernes de 8:00 – 15:30 horas), Técnicos de CFEMáticos (de lunes a viernes de 8:00 – 15:30 horas), CFEMáticos, Clientes y Monitoreo. Después de un análisis, se podría señalar que las metas blandas tienen que ver con el monitoreo de CFEMáticos, el mantener el servicio de los equipos el mayor tiempo posible, y avisar al personal encargado cuando se presente una falla. Esto se debe a que cada actor tiene diversas actividades, las cuales no tienen que ver con los CFEMáticos, por lo que se podría decir que no hay una persona dedicada en su totalidad al monitoreo de los cajeros; esta situación se acentúa para los cajeros de 24 horas ya que no hay personal que pueda monitorearlos toda la jornada de trabajo, lo que lo hace un requerimiento no funcional.

#### ***1.4.2. Fase de “Requisitos de última hora”***

En esta etapa se integraron los actores encontrados en el primer análisis con el sistema de agentes inteligentes que será creado, para lo cual se trasladaron algunas metas y dependencias de los actores anteriores al nuevo actor (que será el sistema a crear) y se definieron sus metas fundamentales y específicas

Las metas fundamentales o fuertes del sistema, llamado Monitoreo Inteligente de CFEMáticos (MIC), son: Monitoreo permanente de los CFEMáticos, y restablecer errores que sean factibles de forma automática.

#### ***1.4.3. Fase de “Diseño arquitectónico”***

En esta fase se define la arquitectura global del sistema, se determinan los actores que estarán involucrados y qué conexiones tendrán.

Se definen dos Agentes, uno llamado “monitor” y el otro “mensajero”. El agente monitor se encarga de vigilar de forma constante el CFEMático, está pendiente de que la aplicación esté activa y que el sistema no tenga ningún error, accede a la base de datos del cajero automático y analiza cada registro que se agrega en ella:

si el agente detecta algún registro extraño diferente al de un pago normal, toma los datos y se los envía al agente mensajero. El agente mensajero siempre está en espera de que el agente monitor le dé registros de la base de datos del cajero para analizarlos: en cuanto el agente monitor se comunica con él y le pasa los registros que pudieran ser un error, el agente mensajero los analiza intentando resolverlo y guardando en su base de conocimiento si pudo o no restablecerlo para que en el futuro, cuando se vuelva a presentar el mismo error, ejecute las acciones necesarias para corregirlo. De todas las acciones que realiza el agente mensajero, genera un informe detallando el error encontrado y lo envía por medio del correo electrónico a todas las personas involucradas para que estén informadas de lo sucedido.

#### ***1.4.4. Fase de “Diseño detallado”***

En esta fase se describe el funcionamiento de los agentes inteligentes, la comunicación entre ellos, las funciones de cada uno y su comportamiento en el ámbito en que se desempeñan, así como también la base de conocimiento que utiliza el sistema de monitoreo para su funcionamiento.

Se modelaron cinco tablas en Access en las cuales el sistema de monitoreo guarda toda la información necesaria para su funcionamiento y fungirán como la base de conocimiento del sistema. Estas tablas se definen a continuación:

1. **CORREOS:** contiene los correos electrónicos a los que el sistema de monitoreo enviará los informes que se presenten en el CFEMático.
2. **ERRORES:** contiene los errores que se pueden generar en el CFEMático, así como las acciones respectivas para eliminar el error; la tabla se irá actualizando conforme se vayan presentando los errores, es decir, si se detecta un error y no está registrado en esta tabla, el sistema de monitoreo lo agregará automáticamente y guardará la mejor acción posible para restablecer el CFEMático.
3. **EVENTOS:** contiene los eventos que son normales en los registros del CFEMático: mientras no se presente alguno diferente a ellos, quiere decir que el CFEMático está trabajando de forma correcta.
4. **JOURNAL:** se guarda la fecha y la hora del último registro de la bitácora del CFEMático que fue revisado por el sistema de monitoreo, con la finalidad de que al volver a revisar la bitácora del sistema de CFEMático se inicie a partir del último registro analizado.
5. **REVISAR:** contiene los registros extraños que se encuentren en la bitácora del CFEMático y se analizarán para determinar si es un error o no; en caso de que lo sea, el registro se agregará a la tabla ERRORES y se tratará de resolver.

El comportamiento del agente monitor es el cíclico, dado que su función es vigilar de forma constante todos los movimientos que se generan en el CFEMático, es decir que las tareas asignadas al agente monitor se ejecutarán de forma indefi-

nida, asegurándose que al instante en que se genere un error en el CFEMático, éste será detectado de forma inmediata.

En cuanto al comportamiento del segundo Agente Inteligente creado, llamado “mensajero”, se determinó que tendría un comportamiento reactivo o de acción-reacción, dado que este agente siempre está a la espera de que el Agente monitor le reporte que ha encontrado registros desconocidos para entrar en acción.

El sistema fue desarrollado de forma modular y cada una de sus partes se fue probando antes de ensamblar cada Agente Inteligente.

Una vez que los dos Agentes inteligentes fueron desarrollados e integrados, se realizaron pruebas para determinar si trabajaban de forma correcta, las cuales se hicieron a través de la consola de JADE para asegurarse de que los agentes se levantarán de forma correcta. Las pruebas para los agentes consistieron en tomar una bitácora sin registros de uno de los CFEMáticos instalándose en una PC normal con conexión a Internet. Teniendo la bitácora del CFEMático en el equipo y los agentes inteligentes ejecutándose, se introdujeron registros a la bitácora del sistema CFEMático; para monitorear que estaba haciendo el agente monitor se agregaron líneas de comando a su código, las cuales indicarían en qué parte del proceso se encontraba y si estaba o no localizando los registros.

#### ***1.4.5. Fase de “Implementación”***

Después de las pruebas a las que fueron sometidos los agentes inteligentes, fue preciso saber cómo se desempeñan en el que sería su medio ambiente real, por lo que se decidió instalar el sistema en uno de los para ver su comportamiento. Para ello se instaló JADE en el CFEMático y se registraron sus variables de entorno en el sistema. Como JADE trabaja bajo la plataforma de JAVA, fue necesario instalar este componente en el mismo cajero.

Para saber lo que estaba haciendo cada agente inteligente, se les añadió código a su estructura, de tal manera de que hicieran un informe donde se registrara el proceso que se iba desarrollando, señalándose que una vez que se asegure el funcionamiento de los agentes, este código se eliminaría para no utilizar espacio innecesario dentro del disco duro que contiene el sistema CFEMático. Al ejecutar los Agentes Inteligentes, se pudo observar que éstos trabajaron de forma correcta.

Posteriormente se provocó un error intencionalmente dentro de uno de los componentes del CFEMático (se simuló que un billete se atorara en el Aceptador de billetes) observándose que el agente monitor trabajó de forma correcta.

Una vez superadas las pruebas en el entorno real, se procedió a dejar el sistema funcionando durante 5 días para observar el comportamiento de los agentes. Durante este periodo se estuvieron monitoreando 2 cajeros: uno que no tenía el sistema de monitoreo y otro al cual se le configuró con los agentes; cabe señalar que se seleccionaron estos cajeros dado que son los que más movimientos registran dentro de esta agencia, así como que se podían tener bajo vigilancia durante su

horario de atención (8:00 a 15:30 horas ). En este periodo de tiempo, el CFEMático sin monitoreo tuvo 5 errores y el otro cajero tuvo 6 errores.

Se pudo observar que, en promedio, el tiempo de atención para restablecer el CFEMático sin monitoreo fue de aproximadamente 10 minutos (dado que el encargado de esta área no se dedica solo a monitorearlos ya que tiene asignadas diferentes actividades); por su parte, el CFEMático que contaba con el sistema de monitoreo mediante agentes inteligentes, tuvo un período promedio de restablecimiento de los errores de 1 minuto como máximo.

## 1.5 Conclusiones

Los resultados demostraron que se puede incrementar la disponibilidad de los CFEMáticos con la implementación de este sistema hasta en 99.86%, dado que los agentes inteligentes, monitorean siempre los procesos que realizan los usuarios, restableciendo de forma inmediata los errores que puedan presentarse brindando, de esta manera, una mejor atención a los clientes.

Asimismo, la empresa obtendría ahorros en el rubro de recursos humanos dado que no será necesario que una persona esté preocupada por estar revisando si los cajeros están en servicio, ya que el mismo cajero, mediante el sistema de agentes inteligentes, tratará de restablecerse y le avisará de lo ocurrido al personal en turno a través de un correo electrónico; adicionalmente se evitarán traslados innecesarios a diferentes centros de trabajo, con lo que se ahorrará tiempo y esfuerzo.

Para un mayor aprovechamiento del sistema desarrollado, se propone que el personal encargado de los CFEMáticos cuente con un dispositivo móvil al que le lleguen los correos que son enviados por los agentes inteligentes, para de esta manera estar enterados, en cualquier momento, de todos los eventos que sucedan dentro y fuera de la jornada de trabajo.

## 1.6 Referencias

- FIPA (2011). <http://www.fipa.org/>
- JADE-FAQ (2006) <http://jade.tilab.com/community-faq.htm>
- Shoham, Y. & Leyton-Brown, K. (2008). Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge University Press.
- TROPOS (2011). <http://www.troposproject.org/node/93>