



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE HIDALGO

*1er Coloquio Internacional de  
Computación y Sistemas Inteligentes  
Empresariales, Tizayuca 2013.*



# MEMORIAS

**Objetivo.** *Divulgar resultados de investigación relacionados con la computación y los sistemas inteligentes empresariales con la participación de estudiantes de licenciatura, postgrado e investigadores nacionales y extranjeros para fortalecer la L.G.A.I.C. que cultiva el grupo de investigación de ingeniería de la ESTi-UAEH.*



ISBN: 978-607-482-349-3



9 786074 823493

# Directorio

**Mtro. Humberto Augusto Veras Godoy**

**Rector**

**Mtro. Adolfo Pontigo Loyola**

**Secretario General**

**Dr. Sócrates López Pérez**

**Coordinador de la División de Investigación y Postgrado**

**Enf. Sonia Saula Gayosso Arias**

**Directora de la Escuela Superior de Tizayuca**

**C. Alan David Vázquez Díaz**

**Presidente de la Sociedad de Alumnos de la ESTi**

**Ing. Hugo Ruíz González**

**Sec. Seccional Tizayuca**

## **Palabras de la Directora.**

Me es muy grato dirigirme a ustedes para darles la más cordial bienvenida al 1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales. Nos congratulamos por esta oportunidad para compartir experiencias y estrechar lazos entre profesionales e instituciones de investigación y formación en ingeniería.

Este coloquio constituye un espacio para el análisis y discusión de los temas presentes en el interés de la investigación en computación y sistemas Inteligentes donde se refleja un interés por estrechar relaciones, construir puentes de acercamiento en el desarrollo de la disciplina, así como generar conocimientos y rescatar las experiencias y saberes.

Los temas que se abordarán en este coloquio son una muestra de los avances y retos que se enfrentan en la actualidad, nuestros alumnos tienen un espacio garantizado en este evento, a través de un panel en el que conoceremos las experiencias que han tenido en las diferentes líneas de investigación mostrada mediante un intenso esfuerzo con sus profesores.

Estoy segura de que el coloquio permitirá el enriquecimiento de ponentes y asistentes, y dará nuevos cauces y renovados bríos a la construcción de redes y comunidades que comparten saberes, que construyan compartiendo, que crezcan colaborando, que expandan así sus hallazgos y que puedan impactar a nuestras instituciones, a nuestros países y a nuestras regiones.

Somos Garzas, Universitarios de Excelencia.

## Contenido

DIDÁCTICA DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA. EXPERIENCIA CUBANA.....	5
APLICACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA TOMA DE DECISIÓN. ....	10
CREANDO REQUERIMIENTOS EXCELENTES .....	16
OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS .....	28
REDES DE COLABORACIÓN INTELIGENTES APLICADOS AL MONITOREO DEL PARQUE INDUSTRIAL TIZAYUCA .....	36
IMPLEMENTACIÓN DE DINÁMICA MOLECULAR EN UN GPU PARA RESOLVER UN PROBLEMA SOBRE NANOTECNOLOGÍA .....	43
CICLO DE MARCHA DE UN ROBOT MEDIANTE EL SOFTWARE ARDUINO-MATLAB...	51
BALANCEO DE LÍNEAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN MEDIANTE EL ALGORITMO METAHEURÍSTICO DE ABEJAS .....	59
MODELADO DE FUNCIONES DE RELEVADOR CON REDES DE PETRI .....	64
SISTEMAS INTELIGENTES EMPRESARIALES .....	71
ALGORITMO SEGUIDOR DE RUTAS PARA EVACIÓN DE OBSTACULOS .....	78
VISIÓN SISTÉMICA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	85
CORROSIVE SYSTEM MONITORING USING BEES ALGORITHM.....	92
CONTROL DIFUSO ROBUSTO ADAPTABLE Y CONTROL DIFUSO ADAPTABLE ROBUSTO: COMPARATIVO MEDIANTE SIMULACIONES .....	98
REPERCUSIÓN DE LA INFORMÁTICA EMPRESARIAL EN NICARAGUA .....	105



## **DIDÁCTICA DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA. EXPERIENCIA CUBANA**

Miriam Iglesias León

Centro de Estudios de la Didáctica y Dirección de la Educación Superior. Universidad de Cienfuegos, Cuba.

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se valora la importancia de la didáctica de la enseñanza de la Ingeniería, teniendo como base la experiencia en la educación superior cubana. Se utiliza el estudio de caso y el análisis documental de la literatura científica relacionada con las didácticas específicas. Los principales resultados obtenidos demuestran que la Didáctica como Ciencia posibilita su contenido expresado en el Modelo de Formación de las diferentes áreas del Conocimiento de la Ingeniería.

**Palabras claves:** Didáctica, ingeniería, aprendizaje, enseñanza, métodos didácticos.

### **1. INTRODUCCIÓN**

La Didáctica es una ciencia que estudia el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de forma sistemática y científica en función del encargo social, sujeto a Leyes y Principios. (Álvarez de Zayas, 1995)

Existen dos leyes generales de la didáctica, las cuales son:

1. Relación de la Universidad-Sociedad.
2. Relación holística de las Categorías del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

(Problema-Objeto-Contenido-Método-Medios-Formas-Evaluación).

También la Didáctica estudia los principios. La integración del uso de los diferentes principios posibilita alcanzar los objetivos en forma de interrelación y contribuir a buen funcionamiento de la enseñanza.

- Carácter educativo de la enseñanza.
- Carácter científico de la enseñanza.
- Asequibilidad.
- Sistematización de la enseñanza.
- Relación teoría-práctica.
- Carácter activo del estudiante.
- Solidez del contenido de enseñanza.
- Atención a las diferencias individuales.



- Concreto-Abstracto.

Unido a la anteriormente expuesto se considera que la Ingeniería tiene como encargo social formar un profesional integral en lo **Técnico**, en lo **Teórico** y en lo **Humanista**, donde resulta imprescindible que dominen las habilidades de Informática y Telecomunicaciones, Idioma y Comunicación.

## 2. DESARROLLO

La ciencia es una sola y se divide en las diferentes áreas del conocimiento para su mejor comprensión (Pardiñas, 1993) y (Sabino, 1995). En particular la pedagogía se nutre de la Didáctica como ciencia (Bisquerra, 2004)

Es importante comenzar el análisis de las categorías de la didáctica con la proyección de objetivos, que pueden ser de naturaleza intructiva: Conocimientos, habilidades, núcleo central de los objetivos expresados en acciones y operaciones, Desarrollador: Potencialidades que se muestran a través de las cualidades físicas y espirituales, Educativo: Rasgos o cualidades de la personalidad donde se destacan lo social del contenido. (Fiallo y Cerezal, 2001)

Para todo ello existen niveles de sistematicidad de los objetivos. Los objetivos pueden ser generales o particulares, existiendo derivación gradual en el proceso de enseñanza-aprendizaje. (Hernández-Sampieri et al., 2009)

Además relacionado a la categoría didáctica objetivo, el cual le confiere la finalidad al proceso, o sea el para qué se aprende y se enseña puede resumirse a través de los siguientes señalamientos:

- Los objetivos constituyen como componente de estado el Modelo Pedagógico del Encargo Social.
- El objetivo es el componente del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, que expresa la configuración que adopta este proceso sobre la base de las necesidades y exigencias la Sociedad.
- Este componente precisa el estado deseado o aspirado que se debe alcanzar en el Modelo Pedagógico para resolver el problema.

¿Qué se aprende y qué se enseña?

El contenido como componente de estado expresa el vínculo del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje con la cultura acopiada por la humanidad mediante el cual se alcanza el objetivo.

Las dimensiones de la categoría didáctica contenido son los conocimientos (objeto de estudio), las habilidades (relaciones con el objeto) y por último los valores (significación del objeto).

Los conocimientos se expresan mediante:

- **Conceptos:** Está formado por propiedades, magnitudes y modelos que expresan la esencia de la ciencia.
- **Ley:** Expresa los nexos internos y tiene carácter especial.
- **Teoría:** Agrupa leyes y conceptos, forma el núcleo de los conocimientos

Las habilidades que son operaciones y procedimientos para alcanzar un objetivo, se clasifican en:

- Propias de la Ciencia Específica
- Habilidades Lógicas



- Habilidades Profesionales
- Habilidades Docentes

Los valores muestran:

- Dialéctica de lo objetivo y lo subjetivo.
- Significación del objeto de estudio para el estudiante.
- Nivel de valoración de la enseñanza para el estudiante.
- Se obtiene mediante la transformación del objeto.
- Se forma como resultado del proceso.
- Los valores van formando las convicciones.

El modo de desarrollar el proceso por estudiantes y profesores es el Método es el orden la secuencia y la organización del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

Características del Método:

1. Es la forma con que, en la personalidad del estudiante se concreta la necesidad de aprender el contenido. (Motivación).
2. Es el proceso de relaciones entre los Sujetos presentes en el Proceso Docente. (Comunicación).
3. Es el proceso que relaciona el Estudiante con su objeto de estudio aprendizaje: Contenido. (Actividad).

En la categoría didáctica de Métodos se debe realizar un análisis de los métodos en función del grado de actividad del profesor y de la independencia de los estudiantes.

A partir de los cual se llega como resultado: Los métodos tienen carácter reproductivo cuando se emplean métodos de carácter tradicional y carácter productivo cuando se utilizan métodos que estimulan lo Problemático mediante Problemas Docentes y enfatizan la independencia cognoscitiva de los estudiantes.

Lo cual se sintetiza a través de las siguientes ideas:

- Parte del carácter contradictorio del conocimiento.
- Parte del Proceso de búsqueda y solución de problemas nuevos para estudiantes.
- Se combina la actividad reproductiva-productiva y creadora.

La forma de materializarse el método es a través de juegos didácticos: Mesas Redondas, Paneles y Mesas Redondas.

Los métodos tienen cuatro dimensiones instructiva, desarrolladora, educativa y administrativa.

La dimensión instructiva expresa el modo en que debe estructurarse el proceso para garantizar los conocimientos y las habilidades de los estudiantes.

La dimensión desarrolladora está vinculada a la dimensión instructiva para alcanzar cierto tipo de desarrollo (facultades que responden a intereses y lógicas diferentes).

La dimensión educativa está relacionada con el modo de estructurar el nivel de compromiso del estudiante, nivel de significación en el estudiante de lo que hace.

Por último en la dimensión administrativa es en la que dirección del Método la realiza el profesor, él planifica, organiza y regula su desarrollo.

También se clasifican los métodos utilizados como expositivo, de elaboración conjunta y de trabajo independiente.

¿Dónde y Cuándo se Desarrolla el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje?



Es el componente del proceso que expresa la configuración externas del mismo como consecuencia de la relación entre el proceso como totalidad y su ubicación espacio-tiempo durante su ejecución, a partir de los recursos humanos y materiales que se posea; la forma es la estructura externa del proceso, que adquiere como resultado de su organización para alcanzar el objetivo.

Las dimensiones de la forma requieren de una estrecha relación espacio-tiempo. Espacial: Relación alumno-profesor y puede ser:

- Número de participantes en el proceso (Tutorial o Individual y Grupal).
- Correspondencia con los niveles de acercamiento a la vida (Carácter académico, laboral e investigativo).

Es necesario visualizar el tiempo en que se imparte el contenido, por clases, cuatrimestre, semestre o año.

Las formas de organización de la actividad docente con su finalidad se detallan a continuación:

- **Introducción de un nuevo contenido:** Apropiación del contenido. Es propio de las “Conferencias”.
- **Asimilación o desarrollo del contenido:** Se trabaja con contenido y desarrolla habilidades. Es propio de clases prácticas, prácticas de laboratorios, talleres, etc.
- **Sistematización del contenido:** El estudiante integra los contenidos. Es propio de seminarios.
- **Evaluación del aprendizaje:** El profesor y los estudiantes constatan el grado de acercamiento de su aprendizaje a los objetivos programados.
- Otras formas: Autopreparación, consultas y asesorías.

Para finalizar se sintetizan algunos elementos importantes a considerar en la categoría didáctica evaluación.

La evaluación la cual se define como la medida de lo aprendido por el estudiante se acerca del objetivo propuesto. Álvarez de Zayas (1995).

***Características de la Evaluación:***

1. Sistemática
2. Integradora
3. Productiva
4. Cualitativa
5. Subjetiva

Las funciones de la evaluación son instructivas, educativas y desarrolladoras.

### **3. CONCLUSIONES**

La Didáctica como Ciencia posibilita su contenido expresado en el Modelo de Formación de las diferentes áreas del Conocimiento de la Ingeniería, para formar a un profesional para su encargo social que responde a las necesidades de su Tiempo, y su transformación con enfoque Humanista y Sustentable.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Álvarez de Zayas, C.: “Metodología de la investigación científica”, Folleto en impresión ligera, Centro de Estudios de Educación Superior, Santiago de Cuba, 1995.
- [2] Bisquerra, R.: “Métodos de investigación educativa. Guía práctica”, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona, España, 2004.
- [3] Fiallo J. y Cerezal J.: Las fichas: Gran ayuda a la memoria del investigador. Revista Desafío Escolar, Año 5, Edición especial. México. 2001.
- [4] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista, P.: “Metodología de la Investigación Educativa”, Editorial Mc.Graw-Hill, México, 2009.
- [5] Pardiñas, F.: Metodología y técnicas de investigación en Ciencias Sociales. Editorial Siglo XXI. Madrid. 1993.
- [6] Sabino, C. A.: “El proceso de investigación”, Panamericana Editorial, Colombia, 1995.



## APLICACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA TOMA DE DECISIÓN

Dr. Virgilio López Morales

Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas - ICBI,  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5,  
CP.42184, Pachuca, HGO., MEXICO. Tel.:(+52) (771) 71 72000 ext. 6734,  
<http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/sistemas/>, Email:virgili0@yahoo.com,  
virgilio@uaeh.edu.mx

**Resumen**— En el presente artículo se describe un proyecto desarrollado en el Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo con la participación de diversas instituciones, para la emulación de inteligencia computacional en un conjunto de dispositivos de procesamiento digital con prestaciones mínimas. Estos dispositivos se comunican entre sí, así como con una unidad central, en la cual se lleva a cabo un procesamiento más exhaustivo para la toma de decisión global. El caso de estudio que se presenta es para el control, la regulación y la administración de un edificio inteligente.

**Palabras clave**— Sistemas distribuidos, dispositivos móviles, sistema multi-agente, sistema experto, toma de decisión.

### 1. INTRODUCCIÓN

Varios paradigmas en inteligencia artificial han avanzado hacia el objetivo de crear a través de algoritmos y tecnología, diferentes artefactos que emulen la inteligencia humana o de seres vivos en general.

En el proyecto desarrollado en el CITIS de la UAEH, se encuentran inmersos varios de estos paradigmas como son las Redes Neuronales Artificiales, los Sistemas Expertos, Sistemas Difusos, los Sistemas Multiagentes y Algoritmos de Toma de decisión que se ejecutan en **nodos locales** que son pequeñas unidades de procesamiento de bajo costo, que constantemente adquieren señales a través de sensores de medición de variables físicas, toman y ejecutan decisiones de forma local.

Dichos nodos están conectados de forma alambrada o inalámbrica a una red TCP/IP dedicada, que concentra estas mediciones y las decisiones tomadas de forma local en cada uno de los nodos, en un **servidor central** que a través de diferentes algoritmos de toma de decisión y una mejor y mayor capacidad de cómputo (comparado con los **nodos locales**), analiza de forma global el estado del sistema para ser regulado e implementa diversos modelos de razonamiento para enviar las mejores decisiones a cada nodo que compone el sistema y modificar el tipo de decisión-regulación que se lleva a cabo de forma local. De esta forma lo que se logra es tener en cada nodo o sistema mínimo independiente, una toma de decisión local que puede ser *influenciada* por una decisión que cumple con requerimientos de



más alta jerarquía. Este sistema es en esencia un **Sistema Distribuido e Inteligente**, por contar con capacidades de razonamiento dado por los sistemas expertos, de toma de decisión y de manejo lingüístico y lógico de conocimiento dado por los sistemas difusos y las RNA.

En la Figura 1 se ilustra el concepto de sistema inteligente distribuido en donde se muestran los diferentes nodos que lo componen así como la unidad central.

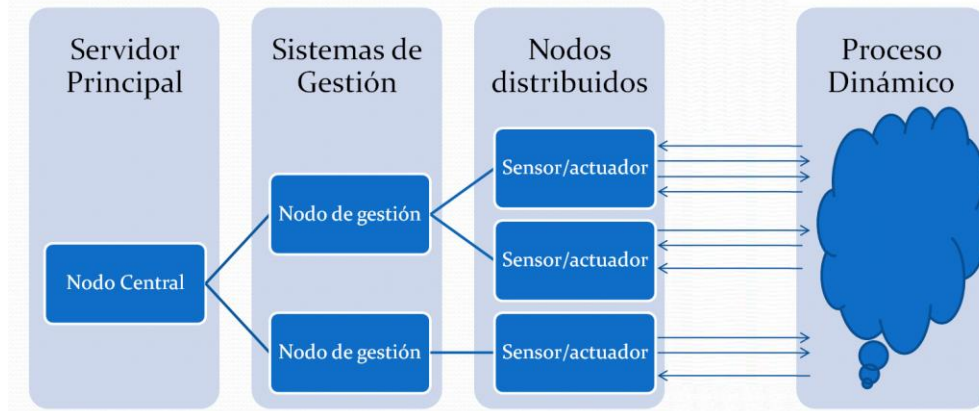


Figura 1. Sistema distribuido

En el servidor principal se encuentran alojadas los parámetros de funcionamiento que se desea para el proceso dinámico como son los estados de confort (alto confort, normal, económico), los requerimientos mínimos (actuadores siempre funcionales, actuadores de operación intermitente, etc.), operación en modo degradado y la seguridad básica para protección del sistema integral.

En la Figura 2 se puede ver la arquitectura general del sistema inteligente distribuido propuesta, la cual toma en cuenta las tecnologías que están actualmente disponibles e integradas a un sistema de gestión inteligente en su más alto nivel, dado por sistemas multiagentes, sistemas expertos, algoritmos de ayuda en la toma de decisión, etc. En el más bajo nivel se puede ver a los nodos los cuales ejecutan de forma local también algunos algoritmos de inteligencia artificial con base en las mediciones realizadas por los sensores, y regulan esa parte de la planta dinámica.

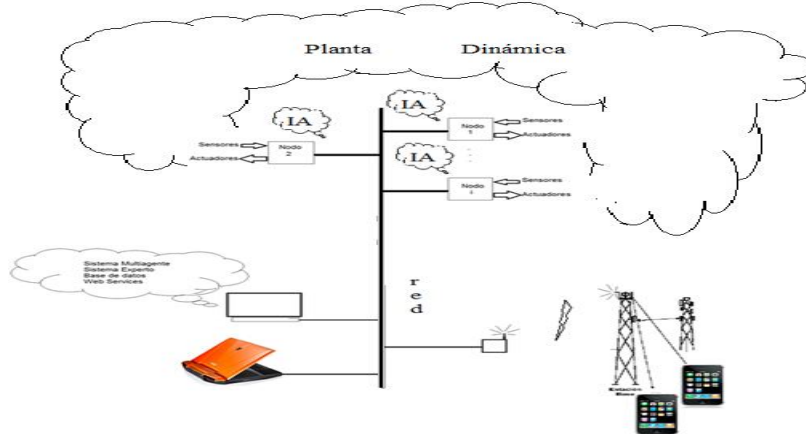




Figura 2. Arquitectura general del Sistema Inteligente Distribuido

Un nodo muy importante para regulación de algunas variables físicas por medios naturales de la planta es el nodo de unidad meteorológica que se puede ver en la Figura 3.



Figura 3. Un nodo especial del Sistema Inteligente Distribuido: Unidad meteorológica.

## 1. DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL: EDIFICIOS INTELIGENTES

Hasta ahora, en un edificio o casa todos los sistemas para el accionamiento de bombas para agua potable y riego, de luminarias, aire acondicionado, alarma, calentadores de agua, apertura de domos, ventanas y puertas interiores y exteriores, etc., son independientes. Hoy la domótica ofrece soluciones que integran y relacionan entre sí dichos elementos suponiendo una clara ventaja para el usuario.

### 1.1. MÓDULOS DEL SISTEMAS PRINCIPAL

El caso de estudio consta de 5 módulos principales y 4 fases:

**1.- Módulo 1 Fase 1:** 1.- Un **Circuito Integrado (Módulo 1)**, el cual consta de un micro controlador programado en un compilador llamado **µPROCESADOR-C Compiler** para recibir señales tanto de sensores como señales directas por medio de un interruptor estas señales en esta etapa serán simuladas en un IDE llamado **Proteus ISIS** en este entorno de programación simulado se tendrá lo que es el micro controlador el cual se tendrá que realizar la programación para que reciba y procese señales de sensores físicos, midiendo por ejemplo la temperatura ambiental y mandarlas por medio de una **conexión USB** a una interfaz (Módulo 2) que estará corriendo en la plataforma de programación de **JAVA** utilizando las librerías de **JµPROCESADORUSB** para hacer posible la conexión entre estos dos módulos (Módulo 1 y Módulo 2).

**2.- Módulo 2 Fase 1:** 2.- Interfaz (Módulo 2) esta interfaz correrá en el **lenguaje de programación de JAVA** y es aquí donde se procesaran los datos enviados del Circuito Integrado (Módulo 1) aquí se aplicaran los conocimientos y técnicas de **Tomas de Decisión Distribuidas** y los **Sistemas Expertos en Conocimientos** para esto utilizaremos una librería llamada **RULE** y una segunda **JADE** están hechas en **JAVA** y será implementada en esta interfaz (Módulo 2) en conjunción con el desarrollo de una en una **base de datos hecha en (MySQL)**, donde los datos se almacenaran de forma predeterminada y dinámica para hacer usos de los mismos. Una vez que allá tomado la decisión la **interfaz (Módulo 2)** respecto de los datos obtenidos tanto del **Circuito Integrado (Módulo 1)** como de la **Base de Datos**, esta se retornara al **Circuito Integrado (Módulo 1)** donde el micro controlador procesara los



datos y lanzará las distintas señales para accionar o deshabilitar los diferentes actuadores conectados al **Circuito Integrado (Módulo 1)** como son (corriente Eléctrica, Calefacción, Aire Aire Acondicionado, control del Agua (Válvulas) etc.).

3.- **Módulo 3 Fase 3:** 4.- Migración de la Plataforma de Escritorio en (**JAVA**) a una Plataforma **WEB (JSF, PHP, HTML, APACHE, MySQL) (Módulo 3)**. En esta plataforma solo se utilizará una conexión a la Base de Datos, para monitorear los actuadores y sus respectivas variables, pudiendo cambiar el modo de funcionamiento de cada vivienda.

4.- **Módulo 4 Fase 4: 5.-** En esta Fase se utilizará una Interfaz **Móvil (JAVA ME)** (Módulo 4) la cual contará con solo un mecanismo para conectarse por medio de un **Web Services** a la aplicación **Web (Módulo 3)** y poderle mandar parámetros para que se conecte con la **Base de Datos (MySQL)** y poder monitorear los actuadores y sus respectivas variables en la misma **Base de Datos (MySQL)** dependiendo de los privilegios de cada usuario para que la interfaz (**Módulo 3 Módulo 2**) puedan procesar esa información y mandar las mejores decisiones al **Circuito Integrado (Módulo 1)** para que este pueda accionar los mecanismos conectados al y poder manipular los diferentes actuadores de la mejor manera como **son (corriente Eléctrica, Calefacción, Aire Acondicionado, control del Agua (Válvulas) etc. )**.

#### Diagrama de Interfaz del Móvil.

La primera pantalla que se tiene es la del login para poder entrar a la aplicación.

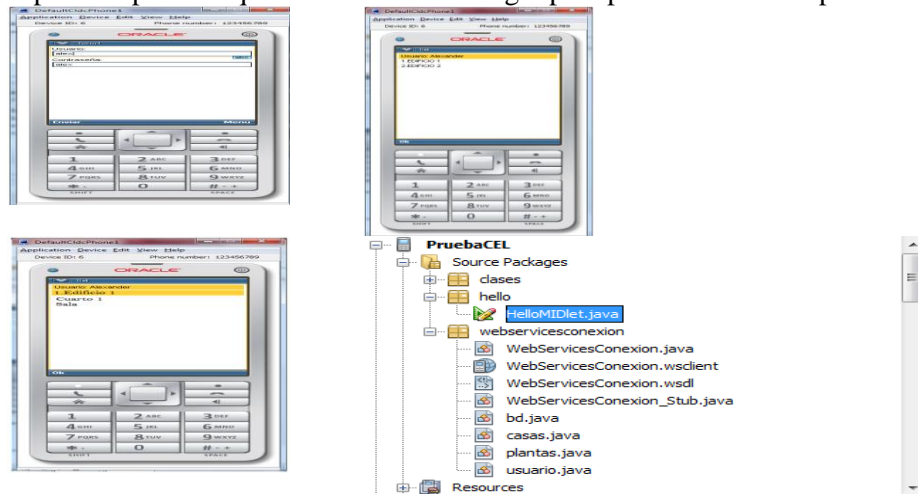


Figura 4. Interfaz para aplicación en móvil así como las clases del WEB service.

A continuación se lleva a cabo una simulación de un edificio inteligente para poder poner en práctica los diferentes módulos del sistema realizado.

#### Simulación de una vivienda inteligente.

La simulación del circuito se realizó en un emulador llamado Proteus ISIS. En la simulación actual y a manera de ilustración se incluyeron 3 actuadores: Foco, Puerta y Aire Acondicionado los cuales regularán de acuerdo a la programación en el sistema experto asociado a tres variables:



Presencia, Luminosidad y Temperatura.

En la Figura 5 se muestra la simulación del circuito electrónico.

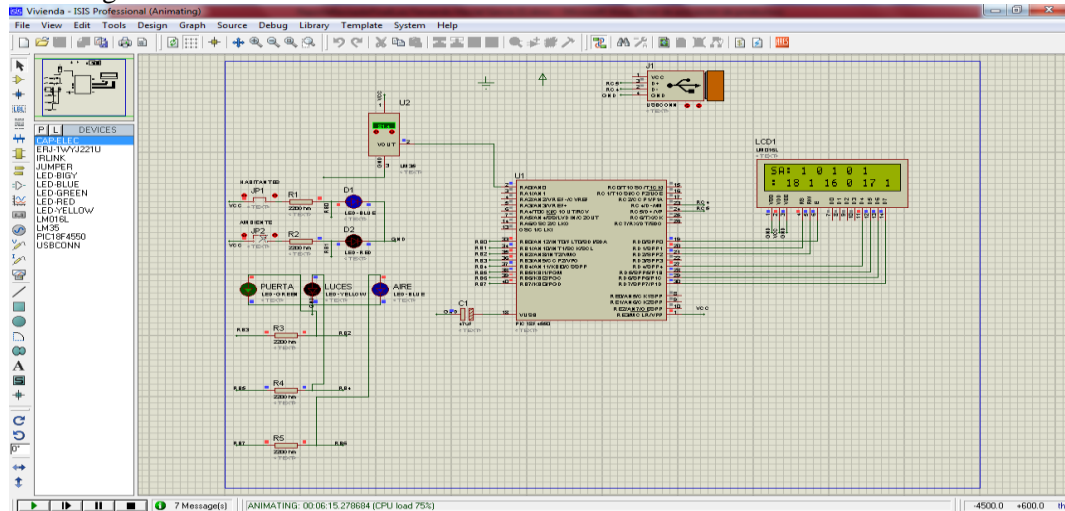


Figura 5. Simulación del circuito electrónico.

## 2. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La implementación de un sistema inteligente distribuido, pasa por diversas fases, desde el análisis y construcción de los diversos nodos autónomos que medirán y actuarán sobre las variables directamente de la planta dinámica, hasta la fase de administración del sistema en la capa jerárquica más alta, en donde se toman las decisiones y criterios en las formas de operar del sistema por ejemplo de los modos de funcionamiento (normal, máximo confort, seguridad, degradado, etc.).

En este artículo se presenta una integración de diversos algoritmos de inteligencia artificial para los nodos embarcados dentro de la planta dinámica. Esto es posible actualmente debido al desarrollo de  $\mu$ Procesadores de muy alta relación prestación/precio. Estas plataformas actuales permiten la ejecución de algoritmos de inteligencia artificial que proporcionan la posibilidad de interconectividad con Internet, distributividad sobre la red a través de multiplataforma (Linux, Unix, Windows), y algoritmos de toma de decisión. La gran ventaja de esta configuración es que es posible integrarla en un sistema mayor que con mejor rendimiento computacional pueda cambiar el comportamiento de los agentes que se ejecutan en cada nodo local.

### Referencias

- [1] Dendral, 1965, <http://ksl-web.stanford.edu/people/eaf/>
- [2] MYCIN, 1972, <http://es.wikipedia.org/wiki/Mycin>
- [3] XCON, 1980, <http://www.cwa.mdx.ac.uk/bis2040/lect6ES2/xCon.html>



- [4] Zadeh, 1965, Fuzzy Sets, Information and Control 8, pp. 333-353.
- [5] Parallel Distributed Processing, Vol.1 and Vol. 2: Psychological and Biological Models, by James L. McClelland and David E. Rumelhart, A Bradford Book Publisher, 1987.
- [6] Bond, A.H., and Gasser, L. (Eds.) (1988), *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, Morgan-Kaufmann.
- [7] Doyle, J., et al., (1996), *Strategic Directions in Artificial Intelligence*, ACM Computing Surveys, Vol. 28 No. 4, pp. 651-670.
- [8] Luck, M., McBurney, P., Shehory, O., et al. (2012), *Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent-Based Computing*, AgentLink III, <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf>
- [9] Monostori L., Vánczal J., and Kumara S.R.T. (2006), *Agent-Based Systems for Manufacturing*, Annals of the CIRP Vol. 55 No. 2, pp. 697-720.
- [10] Bigus, J. P. and Bigus, J. (2001), *Constructing intelligent Agents using Java*. 2nd. Edition. John Wiley & Sons, Inc.

### **Notas Biográficas**

Virgilio López Morales es Doctor en Ciencias de la Ingeniería con especialidad en Informática Aplicada y Automatización egresado del Ecole Centrale de Nantes, Institut de Recherche en Communications et Cybernetique de Nantes, Francia. Realizó en el Instituto Politécnico Nacional (México) sus estudios de Ingeniería en Comunicación y Electrónica (ESIME) y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en control automático en el CINVESTAV. Es profesor investigador del área de Computación y Electrónica del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo desde 2001, y su área de interés es sobre Inteligencia Computacional en decisión distribuida.



## **CREANDO REQUERIMIENTOS EXCELENTES**

**Dr. Agustín F. Gutiérrez Tornés, Lic. Luisa A. Carrascal Romero**

**Asesor Independiente/Profesor de Cátedra ITESM.CCM**

e-mail [agustin\\_gtf@yahoo.com](mailto:agustin_gtf@yahoo.com)/[agustin.tornes@itesm.mx](mailto:agustin.tornes@itesm.mx), [luisa\\_lac@yahoo.com](mailto:luisa_lac@yahoo.com)

### **1. Introducción.**

El presente artículo trata de los requerimientos o requisitos de software.

En el inciso 2 se brindan diferentes definiciones de este concepto. Se abordan entonces dos perspectivas: la del cliente y la del proveedor.

En el inciso 3 se presenta y fundamenta una nueva propuesta de clasificación en requerimientos explícitos e implícitos.

En el inciso 4 se presentan 10 riesgos que comúnmente se presentan en su gestión. Para cada uno se establecen los síntomas y se proponen soluciones.

En el inciso 5, a manera de conclusión, se dan algunas claves para la obtención de requerimientos excelentes.

Finalmente en el inciso 6 se incluye la bibliografía consultada sobre el tema tratado.

### **2. Definiciones:**

¿Qué es un requerimiento?

Para responder a esta pregunta se parte de dos perspectivas, aquella del cliente o usuario y aquella del proveedor o desarrollador.

Un cliente es un tipo especial de usuario, ya que es aquel que paga por el servicio brindado. En este caso por el desarrollo o renta de un software o sistema informático. Un usuario es aquel (persona) o aquello (entidad) que se encuentra bajo la influencia del software, generalmente mediante su utilización o como resultado de ésta.

Un proveedor es aquel al que se le encarga la elaboración o suministro del software. Es aquella persona o entidad a la que el cliente le encarga la elaboración de un software o le compra o licencia su uso. Generalmente se le contratan además toda una serie de servicios de apoyo o mantenimiento.





## 2.1 Perspectiva del cliente

El cliente para su entendimiento de lo que es un requerimiento se guiará por cómo lo definen diccionarios o normas confiables.

Así por ejemplo si se toman los vocablos ingleses y sus definiciones en el Webster's Dictionary se entenderá un requerimiento como: *"Aquello que se requiere, una orden imperativa o autoritativa, algo requerido o necesario: una necesidad"*.

Si en su lugar se guía por la definición de requisito se tendrá que es: *"Aquello que se requiere, o es necesario; algo indispensable o requerido por la naturaleza de las cosas, o por sus circunstancias; tan necesario que no puede ser sustituido; necesario. Indispensable"*.

Si se sigue la definición dada en el estándar IEEE STD. 610.12-1990, GLOSARIO DE TERMINOLOGIA DE INGENIERIA DE SOFTWARE, entonces se podrá entender un requerimiento como: *"Una condición o capacidad necesaria por un usuario para resolver un problema o alcanzar un objetivo"* o como: *"Una condición o capacidad que debe obtener o poseer un sistema. . .para satisfacer un contrato, estándar, especificación, o un documento impuesto formalmente."*

En el mundo hispano parlante durante mucho tiempo se ha discutido si utilizar el término requerimiento o mejor el de requisito. Para mi es algo bastante estéril ya que ambas, igual que en inglés, tienen mucho de común y si aunque no son propiamente sinónimos, ambos están directamente con el concepto de algo necesario. A continuación aparecen las definiciones de la Real Academia Española (RAE):

Requisito. (Del lat. requīsitus).

1. m. Circunstancia o condición necesaria para algo.

Requerimiento.

1. m. Acción y efecto de requerir.

Requerir.

(Del lat. requirĕre).

3. tr. necesitar.

Finalmente, se incluye la definición dada por Sommerville y Sawyer: *"Los requerimientos son una especificación de qué se debe implementar. Son descripciones de cómo se debe comportar el sistema, o de una propiedad o atributo del sistema. Pueden ser también una restricción en el proceso de desarrollo del sistema."*



Podría concluirse que hay requerimientos cuando se están especificando capacidades, habilidades, funciones, procesos, actividades, etc. que deben estar invariablemente contenidos en el software y hay requisitos cuando se especifican las circunstancias o condiciones en que estos contenidos deben operar o ejecutarse. Úsense entonces ambos, según convenga o se entienda.

## 2.2 Perspectiva del proveedor

Para el proveedor un requerimiento será en consecuencia una definición de qué debe hacer el sistema. Constituye una vista de caja negra, ya que sólo se toma en cuenta los resultados de este qué y donde la interfaz es física por ejemplo, pantallas, reportes, etc. mientras que lo interno, lo ejecutable es lógico por ejemplo, procesos, bases de datos, etc.

## 3. Requerimientos explícitos e implícitos.

La especificación de requerimientos (o requisitos) es el documento que comprende las descripciones precisas de las necesidades de contenido o condicionales expresadas tanto por el cliente de manera explícita como de los proveedores de manera implícita.

Esta definición nos lleva a una nueva categorización de los requerimientos en explícitos e implícitos. Ésta está íntimamente ligada a la calidad esperada en su desarrollo o implementación.

Un requerimiento explícito es aquel demandado o solicitado por el cliente u otro usuario a los proveedores (desarrolladores) de manera directa en entrevistas, encuestas o a través de cualquier otro medio utilizado en su levantamiento. Principalmente se trata de la especificación de las necesidades funcionales que debe cumplir el sistema o software solicitado. Esta demanda funcional puede incluir las especificaciones circunstanciales o condicionales de su desempeño.

Si el sistema implementado no cumple con los requisitos explícitos el software tendrá una falta de calidad. Todo sistema debe hacer lo que de él se espera o necesita.

Un requerimiento implícito es aquel demandado por el propio proveedor y denota el nivel profesional de la entidad desarrolladora o serviciadora. Son aspectos que generalmente el cliente no solicita explícitamente pero cuya ausencia disminuye la competitividad del producto o servicio en cuestión. Puede igualmente tratarse de la inclusión de aspectos funcionales de apoyo o garantía de una mejor operatividad o manejo (seguridad, facilidades de uso, etc.) así como cuestiones ligadas a los servicios de postventa y mantenimiento (servicios de atención a clientes, facilidades de cambio o actualización, etc.)

Si el sistema implementado no cumple con los requisitos implícitos el software quedará incompleto y fácilmente será superado por la competencia.



#### **4. Riesgos en la especificación de los requerimientos y cómo evitarlos**

Lo más seguro es que los lectores de este trabajo hayan experimentado alguna (o todas) de las situaciones siguientes:

- La visión y el alcance del proyecto no están claramente definidos.
- Los clientes están demasiado ocupados y no dedican tiempo al trabajo con los analistas o especificadores de los requerimientos.
- Los representantes del cliente (por ejemplo gerentes o comercializadores) afirman hablar a nombre y por éste, pero realmente no están autorizados para hacerlo.
- Los clientes o sus representantes afirman que todos los requisitos son críticos, así que no les asignan una prioridad.
- Los especificadores encuentran ambigüedades e información faltante, así que suponen muchas cosas.

Éstas indican los riesgos de caer en una mala o deficiente definición de los requerimientos que usted puede y debe evitar.

A continuación se presentan los síntomas y algunas de las soluciones que se pueden dar cuando estos ocurran:

##### **4.1 Riesgo #1: Confusión sobre “requerimientos”**

El cliente o usuario encargado de solicitar los requerimientos no los tiene bien identificados o definidos o simplemente no los expresa con claridad.

Síntomas:

- Los interesados (stakeholders) discuten “requerimientos” sin adjetivos calificativos,
- El patrocinador del proyecto presenta un concepto de alto nivel como “los requerimientos”,
- Las pantallas de interfaz de usuario son vistas como “los requerimientos”,
- Los usuarios proporcionan “requerimientos,” pero los desarrolladores todavía no saben qué construir,
- Los requerimientos se enfocan solo a la funcionalidad y descuidan otras categorías de requerimientos



**Soluciones:**

- Adopte plantillas para cada uno de los tipos de requerimientos:
  - Requerimientos de *Negocio (Documento de Visión y Alcance)*. Comprende requerimientos explícitos),
  - Requerimientos de *Usuario (Documento de Requerimiento de Usuario y Documento de Casos de Uso)*. Comprende requerimientos tanto explícitos como implícitos,
  - Requerimientos de *Software (Especificación de Requerimientos de Software)*. Comprende requerimientos implícitos,
- Diferencie y enuncie los requerimientos explícitos e implícitos: atributos de calidad, restricciones, requerimientos de interfaces, reglas del negocio, etc.
- Conciba ideas de solución para cada uno de los requerimientos especificados.

**4.2 Riesgo #2: Involucramiento inadecuado del usuario**

Por la razón que sea (falta de tiempo, falta de interés o el menosprecio de sus opiniones y criterios por parte del proveedor) el cliente o usuario no participa activa y decididamente en la especificación de los requerimientos.

**Síntomas:**

- Se pasan por alto algunas clases de usuario, por lo que algunas clases de usuario no tienen voz ni voto,
  - Los representantes de los clientes y de algunos usuarios tratan de hablar por ellos sin tener la debida autorización,
  - Los especificadores tienen que tomar muchas decisiones de en cuanto a la definición de los requerimientos,
  - Puede traer como resultado que los usuarios rechacen el producto cuando lo ven por primera vez.

**Soluciones:**

- Identifique y defina todas las clases de usuarios,
- Identifique a los dueños del producto como el representante del cliente (o usuarios),
- Organice grupos para analizar diferentes puntos de vista,



- Identifique en el negocio al personal autorizado para hacer decisiones e involúcrelos,
- Logre que los usuarios evalúen los prototipos,
- Logre que los representantes del cliente (o usuarios) revisen el documento de especificaciones.

#### 4.3 Riesgo #3: Requerimientos vagos y ambiguos

A veces hasta por dejadez, los requerimientos no se establecen con la requerida claridad y precisión. Recuerde que los requerimientos deben referirse principalmente a qué se necesita.

##### Síntomas:

- Los lectores individualmente interpretan un requerimiento de diversas maneras.
- Falta información necesaria en los requerimientos,
- Los requerimientos no son verificables (es decir, falta información que los probadores necesitan),
- Los desarrolladores/probadores tienen que hacer muchas preguntas,
- Los desarrolladores/probadores tienen que suponer muchas cosas.

##### Soluciones:

- Revise formalmente los documentos de requerimientos para detectar ambigüedades antes de revisar el contenido,
- Escriba casos de prueba conceptuales para cada uno de los requerimientos (es decir entradas y salidas),
- Modele los requerimientos para encontrar deficiencias u omisiones de conocimiento,
- Utilice prototipos para hacer los requerimientos más tangibles,
- Defina los términos en un glosario,
- Evite palabras ambiguas: minimizar, maximizar, optimizar, rápido, de uso fácil, simple, intuitivo, robusto, avanzado, mejorado, eficiente, varios, y/o, etc., incluya, apoye, adecuado, etc.

#### 4.4 Riesgo #4: Requerimientos no priorizados

Es importante establecer una jerarquía de los requerimientos. Esto nos ayuda a planificar mejor el desarrollo y la forma de inclusión de los mismos en el software. Para ello puede utilizarse alguno de los varios métodos existentes para realizar la priorización de eventos o procesos.



**Síntomas:**

- Todos los requerimientos se clasifican como críticos,
- Los diferentes interesados (stakeholders) interpretan el término “alta” prioridad de diferente manera,
- Después de priorizar el 95% de los requerimientos, todavía el número de requerimientos críticos es alto,
- Los desarrolladores no quieren admitir que no pueden hacerlo todo,
- No queda claro cuales requerimientos diferir si una “reducción de alcance” llega a ser necesaria.

**Soluciones:**

- Alinee los requerimientos explícitos con los requerimientos del negocio,
- Alinee los requerimientos explícitos con los requerimientos de usuario/casos de uso prioritarios, basados en:
  - Frecuencia de uso,
  - Tipos preferidos por los usuarios,
  - Procesos de negocio medulares,
  - Cumplimiento de regulaciones obligatorias,
- Defina las categorías de prioridad sin ambigüedades,
- Modele la asignación de los requerimientos o características,
- Priorice analíticamente los requerimientos discrecionales.

**4.5 Riesgo #5: Creando funcionalidad que nadie usa**

En ocasiones el cliente (o incluso el proveedor) excede su creatividad y crean requerimientos en el momento inviables o incluso imposibles de realizar y sobre todo inútiles.

**Síntomas:**

- Los usuarios exigen ciertas características, que después nadie usa,
- La funcionalidad propuesta no está relacionada con las reglas o tareas del negocio,
- Los desarrolladores agregan una función porque “a los usuarios les gustará”,
- Los usuarios no distinguen lo “trivial” de lo “importante”.

**Soluciones:**

- Derive los requerimientos funcionales de los casos de uso,



- Ligue cada requerimiento funcional a una regla o tarea de negocio,
- Identifique las clases de usuarios que se beneficiarán con cada característica,
- Analíticamente priorice los requerimientos, casos de uso o características,
- Estime con los clientes el valor de cada requerimiento (beneficio o consecuencia),
  
- Estime con los desarrolladores el costo y riesgo de cada requerimiento,
- Analice detalladamente y evite o elimine si es pertinente, los requerimientos de alto costo y bajo valor,
  - Recuerde que “lo que está bien hecho es porque se hizo bien”. El resultado es consecuencia de qué se hizo.

#### 4.6 Riesgo #6: Parálisis de análisis

A veces la etapa de definición de requerimientos se convierte en el cuento sin fin o de nunca acabar.

Síntomas:

- El desarrollo de requerimientos parece nunca acabar,
- Se liberan continuamente nuevas versiones de los requerimientos,
- Los requerimientos nunca son formalizados,
- Todos los requerimientos se modelan repetidamente, de múltiples formas,
- El diseño o la codificación no empiezan hasta que el documento de especificación de requerimientos está perfecto.

#### **Soluciones:**

- Recuerde: el producto de software no es la Especificación de Requerimientos,
- Seleccione un ciclo de vida de desarrollo apropiado:
  - Ejecute liberaciones progresivas que sean iterativas e incrementales,
  - Cree prototipos evolutivos,
  - Establezca un límite de tiempo,
- Decida cuando los requerimientos son bastante aceptables:
  - El riesgo es aceptable para proceder con el desarrollo,
  - Ha sido revisado y aprobado por los interesados (stakeholders) del proyecto, incluyendo analistas, desarrolladores, probadores y usuarios,
- Modele sólo las partes complejas o inciertas del sistema,
- No incluya diseños finales de interfaces de usuarios en la Especificación de Requerimientos.



#### 4.7 Riesgo #7: Incremento no controlado del alcance

Este es otro riesgo asociado al desbordamiento de la creatividad del cliente (o del proveedor) o más comúnmente a la mala planeación de los proyectos, a su divorcio con su factibilidad.

Síntomas:

- Se agregan nuevos requerimientos continuamente:  
Aunque:
  - El programa no cambia en lo fundamental,
    - No se provean recursos adicionales,
- El alcance del producto nunca se define claramente,
- Los requerimientos propuestos, vienen y van,
- Los cambios a los requerimientos se hacen furtivamente, entran por la puerta de atrás o por debajo de la mesa,
- Los problemas del alcance se discuten durante las revisiones del documento de especificación,
- La firma final de aceptación es sólo un ejercicio formal.

**Soluciones:**

- Determine las causas raíz del incremento no controlado del alcance,
- Documente la visión y alcance del producto,
- Defina los límites del sistema y las interfaces,
- Siga el proceso del control del cambio para todos los cambios,
- Mejore los métodos de obtención de requerimientos,
- Siga un proceso significativo de formalización de requerimientos,
- Renegocie los compromisos cuando los requerimientos cambien.

#### 4.8 Riesgo #8: Proceso inadecuado del control de cambios

Se debe establecer un proceso para el adecuado seguimiento de las modificaciones que se le vayan haciendo a los requerimientos, de manera que estos siempre estén actualizados y se estén desarrollando o implementando los de último cambio.

Síntomas:

- No se ha definido ningún proceso de control de cambios,





•Algunas personas pasan por alto el proceso de control de cambios o se les permite hacerlo:

- Negocian tratos con amigos (cuates),
- Trabajan en cambios propuestos antes de que sean aprobados,
- Implementan cambios rechazados,
- No implementan cambios aprobados,

- Se descubre una nueva funcionalidad durante la ejecución de las pruebas,
- Estatus confuso sobre la requisición de cambios,
- No se comunican los cambios a todos los afectados,
- No está claro quién toma las decisiones sobre los cambios.

#### **Soluciones:**

- Defina un proceso práctico de control de cambios,
- Establezca un Consejo de Control de Cambios:
  - Grupo diverso,
  - Toman las decisiones de los cambios comprometidos,
- Utilice una herramienta para recabar, darle seguimiento y comunicar los cambios:
  - Una herramienta de seguimiento de problemas que trabaje bien,
  - Una herramienta no es un requerimiento.
- Establezca y haga cumplir las políticas de control de cambios,
- Compare las prioridades contra los requerimientos restantes.

#### 4.9 Riesgo #9: Insuficiente análisis del impacto de los cambios propuestos

Antes de hacer modificaciones en el requerimiento analice detalladamente el impacto que tendría su implementación en tiempo, en costo y en el gasto de cualquier otro recurso. Haga siempre un análisis de riesgos.

#### **Soluciones:**

- Analice sistemáticamente el impacto de cada cambio propuesto:
  - Identifique todas las tareas posibles (cambiantes o nuevas),
  - Considere otras implicaciones de aceptar el cambio,
  - Estime el esfuerzo y el impacto al sistema o al programa,



- Utilice la información de seguimiento de los requerimientos para identificar todos los componentes del sistema y casos de prueba afectados,
- Estime los costos y beneficios antes de comprometerse a hacer cambios.

#### 4.10 Riesgo #10: Inadecuado control de versiones

El esquema de producción a través de la elaboración de versiones ha demostrado ser comercialmente muy efectivo. Las versiones representan cambios o actualizaciones a un producto base. Se aprovecha lo fundamental o esencial del producto y se le hacen las modificaciones pertinentes que incrementen su funcionalidad, eficiencia, etc. Sin embargo pueden generar problemas serios si no se lleva un control correcto de las mismas y de su implementación desde la etapa de requerimientos. Su inadecuado control, constituye una de las causas más frecuentes de desactualización de la documentación del producto de software, lo que puede traer graves problemas en las actividades de soporte y mantenimiento. Un correcto control de las versiones de los requerimientos debe constituir la base de un adecuado Control de la Configuración del Software.

##### Síntomas:

- El personal trabaja en diferentes versiones de requerimientos:
  - Los desarrolladores implementan características canceladas,
  - Los probadores hacen pruebas en requerimientos equivocados,
- Se pierde la historia de cambios y versiones de documentos anteriores.

##### Soluciones

- Incorpore los cambios apropiados en los documentos de requerimientos.
- Adopte un esquema de versiones para los documentos.
- Ponga los documentos de requerimientos bajo un control de versiones:
  - Restringa el acceso de leer/escribir,
  - Haga las versiones actuales inalterables para todos los miembros del proyecto.
  - Comunique las revisiones a todos los afectados,
  - Guarde los requerimientos en un depósito de requerimientos,
  - Registre la historia completa de cada cambio del requerimiento.



## 5. Conclusiones

A manera de conclusión, se recomienda lo siguiente:

- Realice revisiones formales e informales de requerimientos,
- Escriba casos de prueba para cada requerimiento,
- Priorice los requerimientos analíticamente,
- Gestione los cambios de manera práctica y eficaz.
- La meta fundamental es: ¡NO SORPRESAS!

### Referencias bibliográficas

- [1] Kontoya, G and Sommerville, I., Requirements Engineering: Processes and Techniques, Worldwide Series in Computer Science, John Wiley and Sons, 1998, 2000 and 2001, ISBN 0-471-97208-8
- [2] Karakostas, V. and Loucoupoulos P., Systems Requirements Engineering, McGraw-Hill International Series in Software Engineering, ISBN 0-07-707843-8
- Sommerville I. and Sawyer, P., Requirements Engineering: A Good Practice Guide, John Wiley and Sons, 1998, 1999 and 2000, ISBN 0-07-97444-7
- [3] Young R., Effective Requirements Practices, Addison-Wesley Professional, 2001, ISBN-13: 978-0201709124
- Robertson S. and Robertson J. C., Addison-Wesley Professional, 2006, ISBN-13: 978-0321419491
- [4] Fox, J and Gutierrez, A; Requirements Engineering with Aspects, Lambert Academic Publishing, ISBN 978-3-8383-6219-9
- [5] Moore, James A.; The Road Map to Software Engineering: A Standards-Based Guide, Software Engineering Standards Series, Wiley-IEEE Computer Society Pr; 1 edition (January 3, 2006), ISBN-10: 0471683620 ISBN-13: 978-0471683629
- [6] Real Academia Española, [www.rae.es](http://www.rae.es)
- [7] Dictionary and Thesaurus-Mirriam Webster Online, [www.merriam-webster.com](http://www.merriam-webster.com)



## OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS

H. Lara-Ordaz<sup>1</sup>, N. Hernández-Romero<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr-Pachuca Tulancingo Km. 4.5 Ciudad Universitaria, Mineral de la Reforma Hgo. C.P. 42090

e-mail: <sup>1</sup>herbertlara@hotmail, <sup>2</sup>hdezromn@yahoo.com.mx

### Resumen:

El trabajo presenta una aplicación de algoritmos de la llamada Computación Evolutiva, en especial la determinación de parámetros mediante algoritmos de optimización tales como la selección natural de los mejores individuos; los Algoritmos Genéticos (AG) son una de las herramientas para la identificación de parámetros de una máquina de inducción trifásica. Presentamos un procedimiento que inicia a partir de los datos de placa del fabricante y características de operación nominal del motor. El problema se plantea como una función que se encuentra definida por par máximo, par de arranque, par nominal y factor de potencia; la consigna es minimizar ésta función mediante la identificación de los parámetros: resistencia del estator, resistencia del rotor, reactancia del rotor, reactancia del estator y reactancia magnetizante. Como resultado se muestra que el AG propuesto resuelve el problema de identificación de parámetros en los motores de inducción.

### Nomenclatura:

ppares de polos

sdeslizamiento (diferencia entre la velocidad del rotor y la velocidad síncrona)

$s_m$  deslizamiento cuando el par electro\_ magnético es máximo.

$s_{pc}$  deslizamiento cuando el motor está a plena carga.

$I_s(s)$  corriente en el estator en función del deslizamiento.

$I_r(s)$  corriente en el rotor en función del deslizamiento.

$r_s, x_s$  resistencia y reactancia del embobinado del estator.

$r_r, x_r$  resistencia y reactancia del embobinado del rotor.

$V_f$  voltaje de fase aplicado.

$\omega_s$  velocidad síncrona.

$f$  frecuencia de alimentación.

$\tau(s)$  par electromagnético en términos del deslizamiento.

$Z_p(s)$  impedancia equivalente en el rotor.

$\tau_{pc}$  par a plena carga calculado

$\tau_a$  par de arranque calculado

$\tau_{max}$  par máximo calculado

$\tau_{pcF}$  par a plena carga (fabrica).

$\tau_{aF}$  par de arranque (fabrica).



$\square_{\max F}$  par máximo (fabrica).

FP factor de potencia calculado

FP<sub>F</sub> factor de potencia proporcionado por el fabricante.

S(<sub>s<sub>pc</sub></sub>) potencia aparente calculada con deslizamiento de plena carga

i(<sub>s<sub>pc</sub></sub>) corriente calculada con deslizamiento de plena carga.

CGA Continuous Genetic Algorithm.

BGA Binary Genetic Algorithm.

## 1. Introducción.

Un motor de inducción es una máquina eléctrica rotatoria que emplea el principio del transformador para inducir corrientes en el rotor y se produzca el movimiento.

Este tipo de motores son empleados en gran parte de las actividades industriales debido a sus ventajas con respecto a otras máquinas como: alto rendimiento, robustez y mínimo mantenimiento.

Los sistemas de control de motores (drivers) requieren de los parámetros característicos, tales como valores de resistencias, valores de reactancias, coeficientes de fricción, coeficientes de inercia.

Si los parámetros son más precisos, los controladores de los motores de inducción tendrán un mejor desempeño y en consecuencia se obtendrá también ahorro de energía eléctrica.

Para obtener los parámetros de un motor de inducción se realizan pruebas de laboratorio, la resistencia e inductancia del estator se hace directamente a través de mediciones pero en la mayoría de las veces no es posible desconectar cada devanado para hacer la prueba; en cuanto a la resistencia e inductancia del rotor se hace de manera indirecta mediante las pruebas a rotor bloqueado pero existe un problema al realizar esta prueba: la frecuencia de las corrientes inducidas cambia y por consecuencia las reactancias son diferentes.

Para la obtención del coeficiente de inercia se considera que la fricción es despreciable. Estas omisiones inducen errores en los valores obtenidos de los parámetros. (García, 2006) Una técnica para estimar los parámetros del motor ( $r_r$ ,  $r_s$ ,  $x_s$ ,  $x_r$  y  $x_m$ ) de inducción a partir de datos proporcionados por el fabricante consiste en usar alguna técnica de búsqueda estocástica de algoritmos evolutivos. La mayoría de los fabricantes proporcionan los valores de par del motor en: arranque, a plena carga y máximo y el valor correspondiente al factor de potencia; y con el modelo estacionario de par mecánico del motor de inducción se estiman los parámetros a través del algoritmo genético.

## 2. Modelo Matemático.

El modelo matemático mostrará el comportamiento del par electromagnético, para llegar a obtenerlo, se toman en cuenta las siguientes consideraciones: las bobinas en el estator son simétricas, así también el arreglo de bobinas del rotor; se desprecian los efectos de saturación magnética, distorsión de flujo, corrientes de histéresis y parásitas.

### 2.1 Circuito Equivalente.

Chapman (2011) presenta un desarrollo de circuito equivalente conformado por dos parámetros de estator ( $r_s$ ,  $x_s$ ) y dos de rotor ( $r_r$ ,  $r_s$ ) y un componente de magnetización ( $x_m$ ); es



importante señalar que todos los parámetros se encuentran referidos al lado estator.

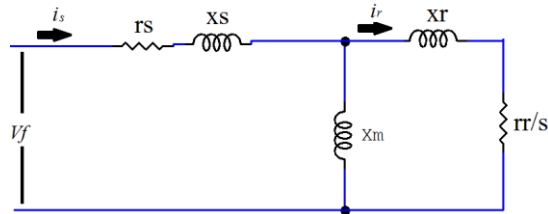


Figura 1, Circuito equivalente del motor de inducción.

## 2.2 Expresión de par electromagnético.

El par electromagnético se produce por la interacción del campo magnético producido por las corrientes de rotor; éstas se determinan empleando la expresión (1).

$$\tau(s) = \frac{3p}{\omega_s} [i_r(s)]^2 \frac{rr}{s} \quad \text{ec. 1}$$

Cabe entonces decir que la determinación de ( $i_r$ ) implica obtener antes a la corriente en el estator ( $i_s$ ) de la siguiente forma.

Por ley de Ohm en la expresión (2) se calcula  $i_s$ , para esto se necesita la impedancia equivalente en el rotor (ec3).

$$\text{ec. 2} \quad i_s(s) = \frac{\overline{V_f}}{rr + jrs + \overline{Z_p}(s)} \quad \text{ec. 3} \quad \overline{Z_p}(s) = \frac{1}{\frac{1}{jx_m} + \frac{1}{\frac{rr}{s} + jxr}}$$

Para determinar ( $i_r$ ), se calcula el voltaje en la parte equivalente del rotor y se divide entre la impedancia del rotor (ec.4)

$$i_r(s) = \frac{\overline{Z_p}(s) \bullet i_s(s)}{\frac{rr}{s} + jxr} \quad \text{ec. 4}$$

## 2.3 Deslizamiento para el par de arranque, par a plena carga y par máximo.

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los fabricantes proporcionan el valor de fábrica que tiene el deslizamiento para el par a plena carga del motor ( $s_{pc}$ ).

El deslizamiento de par máximo se obtiene en la siguiente forma:

Se calcula la impedancia de Thevenin en los puntos de conexión de la reactancia magnetizante como se presenta en el siguiente circuito.

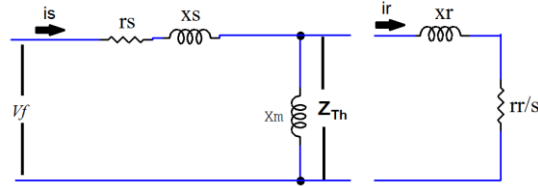


Figura 2, Impedancia de Thevenin

Analíticamente se determina la impedancia de Thevenin (ec.5)

$$Z_{Th} = R_{Th} + jX_{Th} = \frac{1}{\frac{1}{rr + jr_s} + \frac{1}{jX_m}} \quad \text{ec. 5}$$

Ahora las partes real e imaginaria de la impedancia de Thevenin se sustituyen en la expresión 6. (Chapman)

$$s_m = \frac{R_2}{\sqrt{(R_{Th})^2 + (X_{Th} + xr)^2}} \quad \text{ec. 6}$$

Concluyendo esta sección, el deslizamiento en el arranque es cuando  $s=1$  y el deslizamiento a plena carga es proporcionado por el fabricante. (tabla 1)

#### 2.4 Factor de potencia.

Para determinar el factor de potencia se hace mediante la expresión de potencia aparente (a plena carga) (ec. 7)

$$S(s_{pc}) = 3V_f [i(s_{pc})]^* \quad \text{ec. 7}$$

El ángulo ( $\theta$ ) entre la parte real de  $S(s_{pc})$  (potencia real) y la parte imaginaria de  $S(s_{pc})$  (potencia reactiva). (ecs. 8, 9, 10)

Y para terminar el factor de potencia se obtiene con la expresión (11)

$$P_{pc} = \text{Real}(S_{pc}) \quad \text{ec. 8}$$

$$Q_{pc} = \text{Imag}(S_{pc}) \quad \text{ec. 9}$$

$$\theta = \text{Atan}(P_{pc}, Q_{pc}) \quad \text{ec. 10}$$

$$fp = \cos(\theta) \quad \text{ec. 11}$$

### 3. Función objetivo.

La función objetivo es la expresión que se va a optimizar, en este caso se busca minimizar. Para llegar a la función objetivo es necesario determinar el par de arranque ( $\square_a$ ), el par a plena



carga ( $\square_{pc}$ ) y par máximo ( $\square_{max}$ ) (ec.1)

$$\square_a = \square(1), \square_{pc} = \square(S_{pc}) \text{ y } \square_{max} = \square(S_m).$$

Llegado a este punto la función objetivo de determina empleando los errores. (ecs. 12, 13, 14 y 15).

$$f_1 = \frac{T_a}{T_{aF}} - 1 \quad \text{ec.12} \quad f_2 = \frac{T_{pc}}{T_{pcF}} - 1 \quad \text{ec.14}$$

$$f_3 = \frac{T_{max}}{T_{maxF}} - 1 \quad \text{ec.13} \quad f_4 = \frac{FP}{FP_F} - 1 \quad \text{ec.15}$$

Finalmente la función objetivo se calcula con la suma de los errores. (ec.16)

$$f = \min( f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + f_4^2 ) \quad \text{ec. 16}$$

#### 4. Algoritmos Evolutivos.

Hay una variedad de los algoritmos evolutivos pero todos ellos tienen algo en común. Dada una población de individuos, se produce una selección natural (*sobrevivientes o más aptos*) por presión de las condiciones del ambiente (*especialmente inclemencias*) y con ello las habilidades o cualidades aumentan (*fitness, término en inglés*).

Esto se expresa en la obra publicada por Darwin (1859) “*El origen de las especies*” donde el principio natural de selección es la supervivencia del más fuerte.

En términos computacionales, dada una función objetivo se genera un conjunto aleatorio de soluciones candidato, estos son evaluados y los resultados proporcionan el nivel de *fitness* que alcanza la generación de población. Algunos de los mejores candidatos son seleccionados para producir la siguiente generación mediante los mecanismos de recombinación y/o mutación.

La *recombinación* se aplica a dos o más candidatos seleccionados (*padres*) y de esto resultan nuevos candidatos (*hijos*).

La *mutación* se aplica a un candidato seleccionado y se obtiene otro nuevo candidato.

##### 4.1 Algoritmos Genéticos

Dentro de los algoritmos genéticos se tienen el algoritmo genético binario (*BGA*) y el algoritmo genético continuo (*CGA*). El BGA solo emplea en los cromosomas “0” y “1” por ejemplo un cromosoma puede ser una cadena “100100101” y el CGA emplea cromosomas con números completos como por ejemplo “1.00 2.501 5.668 0.434 1.564”.

Cada cromosoma está constituido por genes, en el ejemplo binario está formado por 9 genes o 9 bits y el ejemplo continuo por 5 genes.

Para el caso de optimización del motor de inducción, se emplea el CGA con cromosomas de 4 genes.

La búsqueda de soluciones está representada por los individuos con el mejor cromosoma y esto se hace en un ciclo como se muestra en la figura 3.



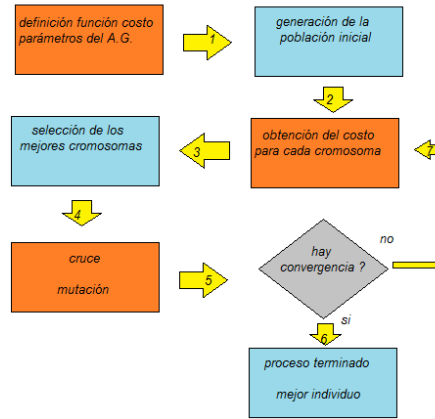


Figura 3, Diagrama de flujo del Algoritmo Genético

## 5. Datos del motor de estudio.

Los datos del motor de prueba se presentan en la tabla 1:

Pot Nom	5 Hp
V	400 V
f	50 Hz
Pot Nom	2
$T_a$	15 N-m
$T_{pc}$	25 N-m
$T_{max}$	42 N-m
$FP_{pc}$	0.8
$s_{pc}$	0.07
Tabla 1	

## 6. Resultados.

Los parámetros del algoritmo genético se presentan en la tabla 2.

población	300
probabilidad de mutación	10%
No. de eventos	1000
error	0.001
Tabla 2	

La configuración del cromosoma y el espacio de búsqueda se muestran en la figura 4.

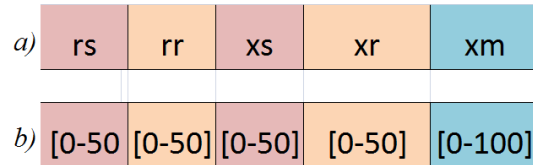


Figura 4: a) Configuración de cromosoma.  
b) espacio de búsqueda.

Los valores estimados y el error mínimo se presentan en la figura 5.

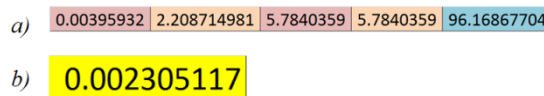
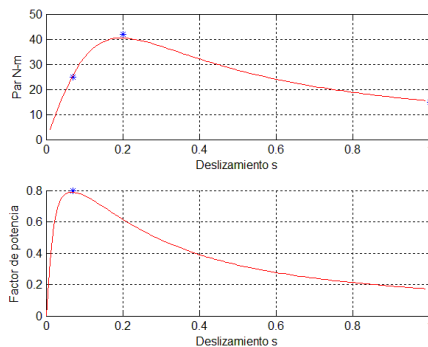


Figura 5: a) valores estimados  
b) mínimo error alcanzado

El comportamiento del par de arranque, plena carga, máximo y factor de potencia se muestran en las figura 6, donde las marcas corresponden a los valores de fábrica (datos de placa tabla 1 )

Figura 6: Comportamiento Par-Deslizamiento y Factor de potencia-Deslizamiento

## 7. Conclusiones.



Empleando esta técnica para estimar los parámetros del motor de inducción, se obtiene certidumbre en los valores que deberá tener el rotor debido a que es imposible hacer una medición directa con instrumentos.

Los valores que estimado proporcionan una excelente aproximación para los valores proporcionados por el fabricante y estos propiciarán en los sistemas e control un mejor desempeño.



## 8. Referencias.

- [1] García, A. & Díaz, J.L. (2006). Modelación del motor de inducción trifásico. Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. Vol 2 No. 8.
- [2] Sakthivel, V.P. & Subramanian, S. (2012). Bio-inspired optimization algorithms for parameter determination of three-phase induction motor. The International Journal for Computation and mathematics in Electrical and Electronic Engineering. Vol. 31 No. 2, pp. 528-551.
- [3] Kelly, D. O' & Simmons, S. (1968).
- [4] Introduction to Generalized Electrical Machine Theory. Maidenhead. England: McGraw-Hill
- [5] Chapman, S.J. (2011). Electric Machinery Fundamentals. fifth edition. San Francisco EU McGraw-Hill.
- [6] Haupt, R.L. & Haupt, S.E.(2004). Practical Genetic Algorithm . Second Edition. New Jersey Wiley-Interscience.
- [7] Bäck, T. (1995). Evolucionary Algoritihms Theory and Practice. United State of America: Oxford University Press.
- [8] Brownlee , J. (2011). Clever Algorithms. Australia.



## **REDES DE COLABORACIÓN INTELIGENTES APLICADOS AL MONITOREO DEL PARQUE INDUSTRIAL TIZAYUCA**

Fredy Miranda Casasola<sup>1</sup>, Gaby Yolanda Vega Cano<sup>1</sup>, Nancy Ruíz Vega<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Tizayuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5 Carretera Federal Tizayuca-Pachuca. C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México.

e-mail [codigobit@gmail.com](mailto:codigobit@gmail.com); [gaby\\_yolanda@hotmail.com](mailto:gaby_yolanda@hotmail.com)

### **RESUMEN**

En la actualidad los sistemas de comunicaciones buscan la conectividad global, incrementando las opciones de comunicación, para el acceso e intercambio de información; lo que indica que la visión para el futuro de las comunicaciones; es la información en cualquier momento, lugar y forma. En este contexto los agentes aparecieron desde hace algunos años y su interés se ha originado gracias a la convergencia progresiva de la informática y las telecomunicaciones; las ideas de agentes inteligentes y las tecnologías han sido influenciadas por una gran variedad de disciplinas y prácticas

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo basado en redes de colaboración inteligentes, que puede ser adaptado a diferentes industrias del parque industrial de Tizayuca, además de permitir la interacción humana con los procesos a través de una interfaz instalada en un equipo de cómputo en donde se concentra la monitorización y supervisión de los agentes, que, a partir de rutinas predefinidas emitirán las alertas necesarias que ayuden en la toma de decisiones para evitar fallos en la maquinaria, así como reducir los periodos de inactividad prolongados.

Por lo que la tecnología de redes inalámbricas de sensores promete revolucionar la forma en que se interactúan con el entorno físico. Debido a la gran variedad y diversidad de variables que se pueden sensor, una red de sensores es ideal para la detección, clasificación y seguimiento de variables que tengan un comportamiento que se encuentre fluctuando.

**PALABRAS CLAVE:** Redes de colaboración, Monitorización, Agentes inteligentes, Automatización.

### **1. INTRODUCCIÓN**

La tendencia actual de los sistemas de comunicación es lograr una conectividad global e incrementar las opciones de comunicación disponibles para el acceso e intercambio de la información lo que indica que la visión para el futuro de las comunicaciones es información en cualquier momento, lugar y forma basados en los servicios electrónicos abiertos donde se ofrecerá un espectro ilimitado de servicios de comunicación e información. En este contexto los agentes aparecieron desde hace algunos años y su interés se ha originado gracias a la convergencia progresiva de la informática y las telecomunicaciones o lo que se conoce como Telemática.

La planificación de procesos asistida por una red de colaboración inteligente busca generar automáticamente alertas de los procesos de manufactura. Para lograr este objetivo, el sistema de monitoreo adquiere información del medio a partir de una red de sensores distribuidos en determinada área de la industria.

Dada la gran variedad y diversidad de variables que se pueden sensor, una red de sensores es ideal



para el seguimiento de los fenómenos en movimiento que se desplazan grandes distancias permitiendo cubrir grandes áreas, el seguimiento de un gran número de objetos o eventos simultáneamente. La detección, clasificación y seguimiento de los móviles, que no son locales y los que no lo son, requiere de una red de sensores que colaboren entre ellos.

La colaboración de una red de sensores puede reducir al mínimo los recursos que se estén empleando, aumentar la productividad de un área industrial.

Por lo cual el presente trabajo busca crear una red de colaboración basada en agentes inteligentes capaces de tomar decisiones, retroalimentadas por el usuario; supervisando el correcto funcionamiento del área industrial. Para lo cual los agentes inteligentes utilizarán una red de sensores como sistema medular para que puedan captar el medio ambiente que los rodea.

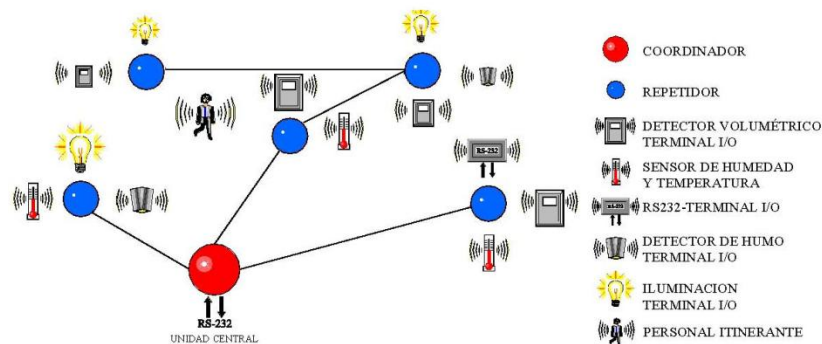
## 2. METODOLOGÍA

Se desarrollo una red de colaboración basada en agentes inteligentes capaces de tomar decisiones, retroalimentadas por el usuario; supervisando el correcto funcionamiento del área industrial. Para lo cual los agentes inteligentes utilizarán una red de sensores como sistema medular para que puedan captar el medio ambiente que los rodea.

La red de colaboración de sensores debe procesar la información, para emitir evaluaciones del comportamiento del área industrial en donde se implanten.

Estableciendo un esquema de comunicación entre los datos obtenidos por los sensores y el agente que se encuentre monitoreado.

El sistema de monitoreo basado en redes de colaboración inteligentes tendrá una interfaz gráfica en un equipo de cómputo, como se muestra en la figura 1, el cual se encargará de supervisar en tiempo real es estado del medio ambiente que rodea al sistema de monitoreo.



*Fig. 1 Sistema de monitoreo basado en redes de colaboración inteligente*

La adquisición de datos se hará por medio de sensores que distribuidos e interconectado en el prototipo, el cual se encontrarán enviando información a la placa de Arduino, misma que a su vez procesará y enviará los datos binarios al equipo de cómputo, en donde se encontrarán los agentes vigilando los procesos.

El entorno de Desarrollo Arduino está constituido por un editor de texto para escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, y una serie de menús. Permite la conexión con el hardware de Arduino para cargar los programas y comunicarse con ellos. Arduino utiliza para escribir el software lo que denomina "sketch" (programa). Estos programas son escritos en el editor de texto. En el área de mensajes se muestra



información mientras se cargan los programas y también muestra errores. La consola muestra el texto de salida para el entorno de Arduino incluyendo los mensajes de error completos y otras informaciones. La barra de herramientas permite verificar el proceso de carga, creación, apertura y guardado de programas, y la monitorización

Para poder comunicar Labview con Arduino es necesario el paquete de herramientas LIFA y un firmware, el cual permite adquirir datos desde el Arduino, convirtiendo a la placa en una tarjeta de adquisición de datos, que permite procesar en el entorno de programación gráfica en LabVIEW.

La interfaz de LabVIEW para Arduino es actualmente compatible con cualquier versión de Windows o Mac OS que soporta LabVIEW 2009 o posterior. También es necesario instalar el pack de drivers de VISA como elemento necesario para poder permitir la comunicación e interacción entre Arduino y LabVIEW.

Subsecuente a la instalación de los driver de VISA es necesario cargar el sketch en el Arduino para LIFA que funge como una herramienta de comunicación

## 2.1 .IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO

La plataforma Open Hardware Arduino ha demostrado en el corto tiempo que lleva de vida, ser una opción muy interesante para incluir en prototipos. Son muchas sus ventajas, entre las que destacamos su costo, su libre difusión y exención de costos de patentes por desarrollo así como la gran comunidad de usuarios.

Además Arduino permite interactuar con LabVIEW bajo la interfaz LIFA Toolkit, una herramienta que permite adquirir datos del micro controlador Arduino y procesarlos en el entorno de programación gráfica de LabVIEW.

El presente trabajo previo a un análisis, permitió integrar los elementos y herramientas necesarios para su implementación en el prototipo como se muestra en la figura 2



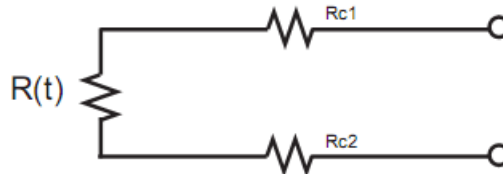
*Figura. 2 Implementación del diseño*

Entre los sensores más comunes empleados para medir temperatura con instrumentación electrónica



se encuentra el detector de resistencia metálica RTD, debido a que es uno de los sensores más precisos de temperatura. Se caracteriza por su excelente estabilidad, usualmente es utilizado para medir temperaturas de 0 °C a 450 °C.

Para el presente prototipo de la investigación se usó el método de dos hilos o solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ , (Woods, 2006), como se muestra en la figura No 3.



*Figura. 3 Resistencia total de la conexión de 2 hilos*

Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.

Para captar las señales provenientes de los sensores se utilizó la placa Arduino UNO R3 como tarjeta de adquisición de datos, bajo los sketch's para LabVIEW en la lógica del Arduino y el paquete LIFA para LabVIEW como elemento de comunicación entre la placa Arduino y el Software LabVIEW.

Los sketch's que permiten la comunicación así como el control de la placa Arduino, son proporcionados por el paquete LIFA y que previo a su funcionamiento se deben encontrar cargados en la placa de Arduino. El arreglo hecho entre Arduino y LabVIEW está diseñado para interactuar con cualquier sensor, previo a una etapa de acondicionamiento de la señal que sea soportada por la entrada analógica de la placa. El arreglo que se realizó entre Arduino y LabVIEW se conectó a una computadora portátil a través de un puerto USB, se utilizó el pack de drivers de VISA para que LabVIEW reconozca la placa Arduino como un elemento del mismo programa.

### **3. RESULTADOS**

El arreglo que se realizó entre Arduino y LabVIEW se conectó a una computadora portátil a través de un puerto USB, se utilizó el pack de drivers de VISA para que reconozca la placa como un elemento del mismo programa.

Para medir la temperatura se utilizó un RTD (detector de temperatura resistivo), caracterizado por su excelente estabilidad se usó un Pt100 de características industriales para medir temperaturas de 0 a 100 °C; Se seleccionó un detector de nivel capacitivo para realizar las mediciones de nivel, ambos son controlados por medio de la placa y el software de manera inalámbrica a un equipo de cómputo.

El Pt100 que se utilizara se encuentra en un encapsulado, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable, en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio, subsecuentemente el RTD pasa a una etapa de acondicionamiento en donde la señal es adaptada a los requerimientos de la placa Arduino como se muestra en la figura 4

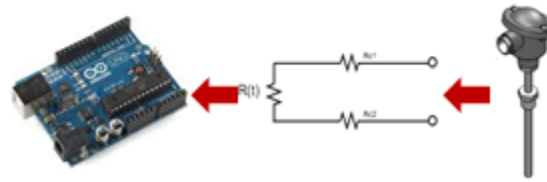


Fig. 4 conexión de del sensor de temperatura a la placa Arduino

Para nuestro caso particular el  $+V_{ref}$  es de 5Volts y  $n$  es de 10 bits, por lo que la resolución que usaremos es de 4.88 mili volt. Lo que quiere decir que el microprocesador mapeará los valores de voltaje de la entrada analógica, entre 0 y 5 volts, a valores enteros comprendidos entre 0 y 1023 ( $2^n - 1$ ), (Arduino 2013). Con otras palabras, esto quiere decir que nuestros sensores analógicos están caracterizados con un valor comprendido entre 0 y 1023. Por lo que la resolución aproximada en el circuito físico será de 5 mili volt. Por lo que el error en las medidas de voltaje será siempre de sólo 5 mili volt.

Con ayuda de LabVIEW se creó una interfaz gráfica en donde se monitorea la temperatura en tiempo real, la ventana del monitor de temperatura se muestra en la figura 5

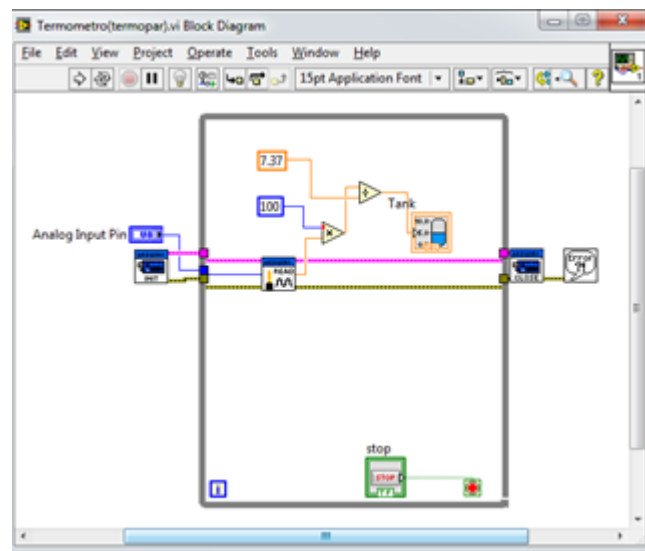


Fig. 5 Interfaz gráfica para monitorear temperatura

#### 4. CONCLUSIONES

El trabajo se presenta como una alternativa a la problemática ligada con los procesos de producción.

Las mediciones y monitoreo de las variables se controlan satisfactoriamente dentro del proceso, mediante simulaciones en procesos industriales logrando con esto un correcto funcionamiento de la interfaz y los sensores.

Inicialmente se planteó usar la placa de Arduino UNO R3 como elemento que permitiera adquirir los datos a partir de los sensores, parte que del prototipo que hasta el momento se ha mantenido. Subsecuentemente se propuso usar el Software Processing para construir la interfaz en donde se estuviera





monitoreando las lecturas de los sensores, tras hacer varias pruebas y observar las deficiencias que presentaba este lenguaje para con nuestras necesidades, se optó por utilizar un software que permitiera una apariencia más gráfica, por lo que se cambió al software LabVIEW, software especializado para la instrumentación de plataformas de adquisición de datos.

A lo largo de la investigación se ha analizado la viabilidad de ser implantado dentro de un proceso de producción industrial y que tenga un alto índice de aceptación, debido a que se han seleccionado las mejores características de las formas de monitoreo que se están utilizando actualmente en la industria.

## REFERENCIAS

- [1] Joaquim Corominas Viñas. Introducción al Control de Proceso. (5ta Edición, España: Editorial Marcombo de Boixereau ,1996).
- [2] Douglas A Cassell. Microcomputers and Modern Control Engineering. (4ta edición Virginia: Editorial Publishing Company Resten, 1993 ).
- [3] Robert F. Coughlin Frederick F. Driscoll. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. (1era. Edición, México: Prentice Hall 1993 )
- [4] J. Maloney. Electronics Industrial Modern. (3era. Edición, México: Editorial Prentice Hall, 1997).
- [5] C. Chong y S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges" en PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 91, No. 8, Agosto 2003
- [6] Sitio web de la compañía Crossbow: <http://www.xbow.com/>
- [7] Sitio web de la compañía DUST Networks: <http://www.dustnetworks.com/>
- [8] A. Torrealba, Desarrollo de un sistema de supervisión de sistemas de producción continua. Trabajo de grado de maestría, Universidad de los Andes Merida. 2005.
- [9] Aguilar J., Rios-Bolivar A., León I. Rivas f., Terano O., and Pérez N. Definición de dominios y paradigmas en una arquitectura de automatización industrial. Tec . Report 05-04, Fundacite-Merida, 2004
- [10] Information Science Institute, University of Southern California, "Transmission Control Protocol", September 2000.
- [11] D. Chaffney Groupware, Workflow and Intranets. Reengineering the Enterprise with Collaborative Software. Chaffey Dave, Ed. Digital Press, 1998.
- [12] Iglesias Carlos A., (1997) Fundamentos de los Agentes Inteligentes Informe Técnico UPM/DIT/GSI/ 16/97
- [13] Cortés U., Hall T., Mor E., Sánchez M. (1996) Agentes en la Red Novática nov/dic No. 124
- [14] Russell S. and Norving P., "Inteligencia artificial: Un enfoque moderno". Prentice Hall. México. 2002.
- [15] Grassmann W. K. And Tremblay J. P. "Matemática discreta y lógica. Una perspectiva desde la ciencia de la computación". Prentice Hall. México. 1997.
- [16] Vandeginste, P . 2000: "Las aplicaciones de los sistemas expertos", Mundo científico.
- [17] Levis, P.A.; "TinyOS: An Open Operating System for Wireless Sensor Networks (Invited Seminar)," Mobile Data Management, 2006. MDM 2006. 7th International Conference on, May 2006.
- [18] J. Beutel, M. Dyer, L. Meier, L. Thiele, "Scalable topology control for deployment-support networks", in Proceedings of the 4th IEEE/ACM International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'05), Los Angeles, California, USA, April 2006.
- [19] J. Portilla Berruero "Plataforma modular e interfaces genéricas de transductores para redes de sensores inalámbricas". Tesis Doctoral, mayo 2010.
- [20] Russell S. & Norvig P. (1996). INTELIGENCIA ARTIFICIAL, Un Enfoque Moderno. Prentice Hall Hispanoamericana S.A.



- [20] Pérez J. A. (2000). Sahara: Arquitectura de seguridad integral para sistemas de agentes móviles basados en Java”, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Departamento de Informática, Oviedo, España, Febrero.
- [21] Wooldridge M. (2002). An Introduction to MultiAgent System”. 1ª ed. Baffins Lane, England: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 047149691X.
- [22] Horfan A., D. (2005). Sistema de seguridad en redes locales utilizando sistemas multiagentes distribuidos Net-Mass. Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia.
- [23] FIPA. (2007). Foundation for Intelligent Physical Agents, Foundation for Intelligent Physical Agents. Specifications. <http://www.fipa.org>, Último acceso 2 Marzo 2010.
- [24] Weiss, G. (1999). Multiagent Systems A Modern Approach to Distributed Modern Approach to Artificial Intelligence. Massachusetts Institute of Technology.
- [25] Redes de Sensores y Actuadores (2000) Manuel J. Buendía, Jose A. Vera, Fernando Losilla, Pedro José MeseguerDSIE, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, SPAIN
- [26] Fleury, G., Goujon, J-Y., Gourgand, M. and Lacomme, P. (1996). Multi-Agent Approach for Manufacturing Systems Optimization. In Proceedings of PAAM'96, London.
- [27] Manual del sistema de automatización.. ( S7- 200 1997 ),
- [28] Roboam, M. and Fox, M.S. (1999). Enterprise Management Network Architecture. Artificial Intelligence Applications in Manufacturing, Famili, A., Nau, D.S. and Kim, S.H., (eds.), The AAAI Press.
- [29] Baker, A.D., Parunak, H.V.D. and Erol, K. (1997). Manufacturing over the Internet and into Your Living Room: Perspectives from the AARIA Project. Working Paper, Department of Electrical & Computer Engineering and Computer Science, University of Cincinnati. (<http://www.ececs.uc.edu/~abaker/>)
- [30] Bussmann S. (1998). An Agent-Oriented Architecture for Holonic Manufacturing Control. In Proceedings of First International Workshop on IMS, Lausanne, Switzerland, pp. 1-12. (<http://www.daimler-benz.com/>)
- [31] Brown, D., Dunskus, B., Grecu, D. and Berker, I. (2005). SINE: Support for Single Function Agents. In Proceedings of AIENG'95, Applications of AI in Engineering, Udine, Italy.
- [32] Barbuceanu, M. and Fox, M. (2005a). The Architecture of an Agent Based Infrastructure or Agile Manufacturing. In Proceedings of IJCAI'95, Montreal, Canada. (<http://www.ie.utoronto.ca/EIL/ABS-page/ABSintro.html>)
- [33] Deen, S.M. (2004). A cooperation framework for holonic interactions in manufacturing. In Proceedings of the Second International Working Conference on Cooperating Knowledge Based Systems (CKBS'94), DAKE Centre, Keele University. (<http://www.keele.ac.uk/depts/cs/Research/Dake/home.html>)
- [34] Pagina del fabricante, <http://wiring.org.co>
- [35] Pagina del fabricante <http://www.arduino.cc/en/Reference/>
- [36] Pagina del fabricantes, <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Bootloader>
- [37] Pagina del fabricante <http://arduino.cc/es/Guide/Environment>
- [38] Pagina del fabricante [http://arduino.cc/es\\_old/AnalogRead/ADC](http://arduino.cc/es_old/AnalogRead/ADC)
- [39] F. VandderGoes, G. Meijer. (2001). «A uni versal transducer interface for capacitive and resistive sensor elementos,» Analog Integrated Circuits and Signal Processing.
- [40] V. Ferrari , C. Ghidini , D. Marioli , A. Taroni. ( 2007, May). «Osci llator-based signal conditioning for resisti ve sensors ,» IEEE Instrum. Meas. Technology Conference (Ortawa)
- [41] S. Woods. (2006, June). «The fEEE-P 145 1 Transducer to microprocessor interface,» Sensors and Systems



## **IMPLEMENTACIÓN DE DINÁMICA MOLECULAR EN UN GPU PARA RESOLVER UN PROBLEMA SOBRE NANOTECNOLOGÍA**

**Acuña-Galván I.**

*Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo, Instituto Politécnico Nacional, Av.  
Juan de Dios Bátiz s/n casi esq. Miguel Othón de Mendizábal, Colonia Nueva Industrial Vallejo,  
Delegación Gustavo A. Madero C.P. 07700, \*m41o@hotmail.com México DF*

### **Resumen:**

En la actualidad los GPU están teniendo un gran auge en el cómputo científico ya que son relativamente económicos y su programación se ha vuelto más accesible. En este trabajo se ha programado un GPU con CUDA con el objetivo de realizar una dinámica molecular para simular el comportamiento vibracional de nanopartículas. Los resultados obtenidos son muy alentadores ya que se el programa realizado sobre el GPU se ejecuta hasta aproximadamente 1300 veces más rápido que su versión secuencial.

**Palabras claves:** Dinámica molecular, CUDA, GPU, nanotecnología, cómputo heterogéneo

### **1.INTRODUCCIÓN**

Algunas veces la experimentación no es viable, ya que esta puede depender de factores ajenos, como por ejemplo condiciones atmosféricas o de la escala temporal y dimensional del fenómeno, del diseño de los equipos y sus parámetros de operación, cuestiones económicas, etc. Sin embargo al usar herramientas computacionales se están simulando los materiales, las condiciones y los fenómenos de tal manera que podemos obtener resultados muy próximos a los que se obtendrían experimentalmente.

Cuando se simulan fenómenos computacionalmente complejos, se deben diseñar estrategias y elegir una arquitectura correcta que permita disminuir la cantidad de trabajo en forma balanceada y en menor tiempo.

Una estrategia común para disminuir la complejidad de un algoritmo es la paralelización. La paralelización busca disminuir el tiempo en el cual se ejecuta un programa al descomponer un problema en unidades de trabajo bien definidas y coordinadas que son realizadas con métodos numéricos y algoritmos eficientes. Convertir un algoritmo secuencial a su forma paralela no es una actividad trivial ya que se necesita analizar que partes del programa son susceptibles de paralelizar y el programador deberá de evaluar las ventajas y desventajas de esta conversión con base en la



# *Ier Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



complejidad computacional tanto espacial como temporal (Kirk y Hwu, 2010).

## *1.1. Unidades de procesamiento gráfico (GPU)*

La paralelización de un algoritmo se realiza en base a la arquitectura donde se ejecuta dicho algoritmo. La arquitectura de los GPU (Graphics Processing Unit) ha ido cambiando de tal manera que actualmente son una opción para el cómputo paralelo. Estos fueron diseñados originalmente como tarjetas de video y a la fecha cuentan con cientos de procesadores que operan en paralelo con una gran capacidad aritmética y una memoria compartida entre estos, son clasificados como arquitectura SIMD (single instruction multiple data) según la taxonomía de Flynn (Owens, et al., 2008).

Un GPU se puede programar de diversas formas, una de ellas es con CUDA, la cual es un conjunto extensiones al lenguaje de programación ANSI C, con este se puede realizar cómputo heterogéneo, es decir utilizar tanto el CPU como el GPU, de esta forma podemos asignar las partes secuenciales de un programa al CPU y las partes susceptibles de ser paralelizadas al GPU (Bustamam, Burrage and Hamilton, 2012).

## *1.2. Nanopartículas*

El uso de la programación y las arquitecturas paralelas son una poderosa herramienta en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Tal es el caso de la nanotecnología, la cual ha contribuido con grandes avances en otras áreas de la ciencia, por ejemplo en el área de remediación ambiental, la catálisis, en el área médica y farmacéutica. En estas últimas se han utilizado nanopartículas para suministrar fármacos, para eliminar tumores y como instrumento de diagnóstico (Salata, 2004; Nair, 2007).

Las nanopartículas constituyen un tema de investigación de frontera, en esta investigación se simulará el comportamiento de nanopartículas de oro, ya que estas presentan una serie de propiedades muy interesantes las cuales se han aplicado en medicina y electrónica (Sauceda, 2011). Una de estas propiedades y que prometen el desarrollo de nuevas aplicaciones es su carácter vibracional, por ejemplo, este se ha utilizado en investigación para destruir tumores, ya que al aplicar una radiación dentro del espectro infrarrojo cercano (IRC) las nanopartículas comienzan a vibrar y generan calor, este comportamiento se conoce como fenómeno foto térmico (Jelveh, 2011).

## *1.3. Dinámica molecular*

Para llevar a cabo una simulación es necesario comprender el fenómeno natural que se estudia y representarlo a través de un modelo. Uno de los métodos más utilizados en la simulación de nanosistemas, es la dinámica molecular (DM), este se basa en la segunda ley de Newton, y una serie de ecuaciones diferenciales que describen como la aceleración de los



# Ier Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013

Septiembre 30, 1, 2 de Octubre



átomos depende del potencial que actúa sobre ellos, El potencial se puede obtener a partir de deducciones basadas en mecánica cuántica, de ajustes realizados sobre datos experimentales o una combinación de ambos. La elección o construcción correcta del potencial es primordial para el grado de aproximación de la simulación, esto requiere mucha habilidad, trabajo e intuición. Algunos ejemplos de potenciales son; potencial de Coulomb, de Van der Waals, de Lennard-Jones, Jones, “glue model”, método del átomo embebido, de Gupta, etc (Griebel, Knapek and Zumbusch, Zumbusch, 2007).

El potencial de Gupta se ha usado para describir las propiedades estructurales, termodinámicas y vibracionales de metales y aleaciones (Garzón and Posads-Amarillas, 1996). Una ventaja que presenta este potencial es que permite simular en tiempos de simulación del orden de 50 ns, los cuales son necesarios para la determinación de las propiedades de interés (Reyes-Nava, Garzón, and Michaelian, 2003). La expresión analítica de este se muestra en la ecuación 1.

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde

$$V_i = A \sum_{i \neq j} e^{-p(r_{ij}/r_0 - 1)} - \zeta \left( \sum_{i \neq j} e^{-2q(r_{ij}/r_0 - 1)} \right)^{1/2}$$

y  $r_0$ ,  $A$ ,  $\zeta$ ,  $p$  y  $q$  son parámetros ajustables. Debido a que se trata de una serie de sumas y que el potencial para el átomo  $i$  es independiente del potencial para otros átomos podemos decir que esta es una expresión susceptible de ser paralelizada.

En una simulación de este tipo se deben proporcionar al programa las coordenadas y velocidades iniciales, el incremento del tiempo y la cantidad de intervalos a simular principalmente, y la dinámica nos dará las coordenadas, velocidades, energía potencial y cinética, al tiempo  $t$ , entre otras. Con los datos de las energías es posible obtener otros parámetros, como la temperatura y el calor específico por citar algunos.

#### 1.4. Antecedentes

A continuación se citan algunos trabajos donde se ha modelado y/o simulado el comportamiento de nanopartículas de oro y los avances logrados en estos.

En 2003 Min Hu, et al. realizaron un análisis matemático el cual predice el comportamiento térmico vibracional que presentan las nanopartículas de oro. Para el 2005 Vardeman y sus



# *Ier Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



colaboradores cuantificaron algunas propiedades relacionadas con aspectos térmicos vibracionales de nanoesferas de oro, para esto utilizaron la parametrización de Voter-Chen en el potencial del método de átomo Embebido y DM. Combe y Savoit en 2009 realizaron una simulación atómica utilizando DM y el potencial del método del átomo embebido con el fin investigar las propiedades vibracionales de nanoesferas de oro y plata. En este año Garzón y sus colaboradores determinaron las propiedades estructurales y vibracionales para NBO usando el método de DM junto con el potencial de Gupta.

En este trabajo se paralelizó el de Garzón para determinar los aspectos vibracionales de nanopartículas usando el potencial de Gupta y se programó con CUDA sobre un GPU de NVIDIA, con este programa es posible determinar ciertas propiedades en nanopartículas mas grandes a las estudiadas en trabajos previos en un tiempo menor y también puede ser usado para el estudio de dichas propiedades en nanopartículas hechas con otros metales.

## **2.METODOLOGÍA**

Para la realización de este programa se utilizó un GPU GeForce GTX 570 de NVIDIA, el cual cuenta con 480 núcleos con arquitectura Fermi y 1 Gb de memoria RAM. La versión original del programa se encuentra en lenguaje fortran, este se pasó a lenguaje C y posteriormente se programó en CUDA. Debido a que este GPU cuenta con la arquitectura Fermi que cumple con la norma IEEE 754-2008 fue posible utilizar números flotantes de doble precisión (Nickolls and Dally, 2010). Al momento de pasar el código a CUDA se realizaron diferentes modificaciones las cuales hacen que el programa se ejecute en menos tiempo y utilice menos memoria en el GPU, entre ellas las siguientes; cada incremento en el tiempo se calcula una matriz de distancias interatómicas de tamaño  $n^2$  y esta es simétrica diagonalmente, basándose en esto el programa se modifico para solo calcular una matriz de tamaño  $n(n+1)/2$  lo cual requiere menos tiempo y de memoria en el GPU, otra modificación consiste en identificar dentro de las ecuaciones partes idénticas, estas solo se calculan una vez y se asignan a variables que serán utilizadas en un futuro en vez de ser calculadas de nuevo.

El programa en CUDA utiliza tanto el CPU como el GPU, el CPU se encarga de las tareas secuenciales y la lectura y escritura de archivos, mientras que el GPU se encarga de realizar las tareas que requieren una gran poder de cálculo y que pueden ser realizadas en paralelo. El diagrama de como opera el programa se muestra en la figura 1.

Al principio se leen los datos necesarios de una serie de archivos, posteriormente se copian de la memoria de la computadora hacia la memoria del GPU, después de esta transferencia, en el GPU se ejecutan y repiten una serie de kernels los cuales después de cada ciclo envían los datos de coordenadas, velocidades y energías al tiempo  $t$  a la memoria de la computadora para ser escritos en archivos. El kernel “calcula distancias interatómicas” calcula la distancia del  $i$ -esimo atomo a cada uno de los otros átomos, estas distancias son almacenadas



en un arreglo en la memoria global del GPU ya que cada valor será utilizado por los demás kernels dentro del ciclo. El kernel “calcula función Phi” realiza una serie de operaciones de una alta complejidad computacional que se repiten en varias etapas del ciclo y los almacena en dos arreglos, esto a pesar de que utiliza mas memoria global del GPU agiliza la ejecución del programa considerablemente. El kernel “calcula fuerzas” determina las componentes  $x$ ,  $y$  y  $z$  de la resultante de la fuerza que afecta a cada átomo en función de los demás átomos. El kernel “calcula coordenadas y velocidades” utiliza el algoritmo de Verlet para obtener las componentes de las coordenadas y velocidades de cada átomo al tiempo  $t$ . Finalmente el kernel “calcula energías” obtiene la energía cinética y potencial para la nanopartícula. Cabe mencionar que los datos obtenidos en el kernel “calcula función Phi” se utilizan en los kernels calcula fuerzas y calcula energías varias veces.

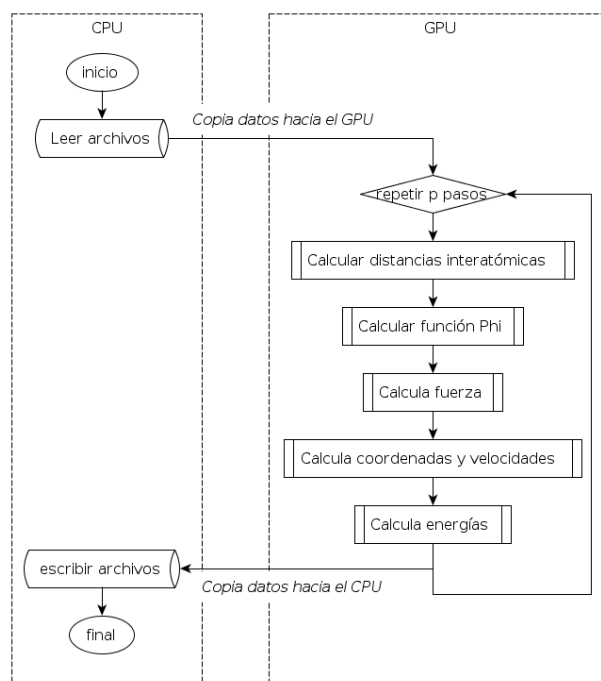


Fig. 1. Diagrama de flujo de la distribución de las tareas entre el CPU y el GPU.

Con el objetivo de obtener un código eficiente se siguieron varias técnicas recomendadas al programar el GPU, principalmente optimizar el uso de los warps, utilizar la memoria de forma coalescente y usar diversos tipos de memoria como compartida y global.

Los resultados obtenidos se validaron con base en los resultados del programa secuencial, estos se corrieron en una computadora con un procesador AMD FX-6100 con 6 núcleos y una velocidad de 3.3 GHz.



### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó la dinámica molecular tanto en su versión secuencial como paralela para nanopartículas de oro de diferentes tamaños. La figura 2 muestra una gráfica del tiempo que tardan ambos programas en ejecutarse, en esta se puede observar que conforme aumenta el tamaño de la partícula a ambos programas les toma más tiempo hacer los cálculos, pero la tendencia a consumir menos tiempo la muestra el GPU.

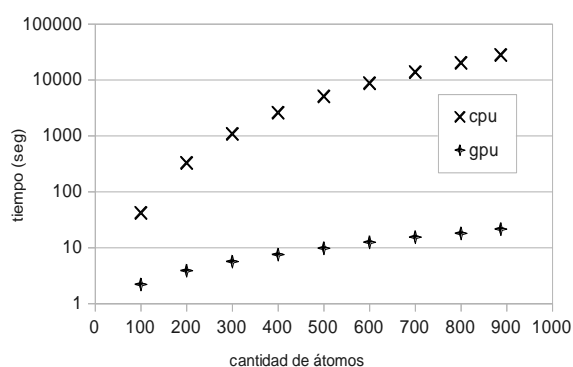


Fig. 2. Tiempos de ejecución para los programas secuencial y paralelo en función del tamaño de las nanopartículas

En la tabla 1 se muestran los tiempos que tardaron los programas para los mismos tamaños de partículas. Se observa de nuevo que a medida que aumenta el tamaño de las partículas el programa con CUDA se hace más rápido con respecto a la versión secuencial, ejecutándose hasta 1294 veces más rápido para partículas de 887 átomos.

Esto se debe a la velocidad con que pueden acceder los threads a los datos, ya que este GPU cuenta una cache L1 de 64 KB por SM (streaming multiprocessor) (el GPU tiene 15 SM) que puede ser configurada tanto para soportar memoria compartida o para ser cache de memoria local y global, y una cache L2 compartida para el GPU de 768 KB (NVIDIA Corporation, 2009). No fue posible simular partículas más grandes debido a que no fue suficiente la cantidad de memoria del GPU.





*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



Tabla 1. Datos de tiempo y speed up para ambos programas en función del tamaño de las nanopartículas

<b>Cantidad de átomos</b>	<b>tiempo CPU (seg)</b>	<b>tiempo GPU (seg)</b>	<b>Speed up</b>
100	41.8	2.2	19
200	327.3	3.8	84
300	1082.5	5.6	191
400	2594.8	7.5	343
500	5079.8	9.8	517
600	8720.3	12.5	695
700	13784.2	15.4	890
800	20151.4	18.1	1113
887	27914.1	21.5	1294

Un parámetro para asegurarse de que ambas versiones arrojan resultados congruentes consiste en analizar la energía total del sistema, la cual debe conservarse constante, en nuestro caso se cumple.

#### **4.CONCLUSIONES**

Los GPU son una herramienta muy útil ya que se puede realizar cómputo científico sin invertir en costosas computadoras, además su mantenimiento es mínimo y son muy versátiles, y con extensiones de lenguajes como CUDA su programación es sencilla. Tal y como lo muestra este trabajo con un GPU es posible alcanzar velocidades sorprendentes con respecto a versiones secuenciales. Cabe resaltar la importancia que tiene el analizar el código con el fin de hacer una paralelización exitosa de este. También es importante el conocer la arquitectura del GPU sobre el cual se está programando con el fin de obtener el mejor provecho de este.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



REFERENCIAS

- [1] Bustamam A., Burrage K., and Hamilton N. (2012). Fast Parallel Markov Clustering in Bioinformatics Using Massively Parallel Computing on GPU with CUDA and ELLPACK-R Sparse Format, *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, p 680. vol 9. No 3.
- [2] Garzón I. and Posada-Amarillas A. (1996). Structural and vibrational analysis of amorphous Au<sub>55</sub> clusters. *Phys. Rev. B*. pp 11796-11802. vol. 54.
- [3] Griebel M., Knapek S. and Zumbusch G. (2007). Numerical simulation in molecular dynamics; numerics, algorithms, parallelization, applications, Springer. Pp 6-8. 28-30.
- [4] Hu M., et al. (2003). Vibrational response of nanorods to ultrafast laser induced heating: theoretical and experimental analysis. *J. Am. Chem. Soc.* Pp 14925-14933. vol 125.
- [5] Jelveh S. and Chithrani D. B. (2011). Gold nanostructures as a platform for combinational therapy in future cancer therapeutics. *Cancers*, pp 1081-1110. vol. 3.
- [7] Kirk D. B., Hwu W. W. (2010). *Programming massively parallel processors, A hands-on approach*. p 191. Elsevier.
- [8] Nair A. S., et al., (2007). Chemical interactions at noble metal nanoparticle surfaces – catalysis, sensors and devices. *COSMOS*. pp. 103-124. vol 3. No 1.
- [9] Nickolls J. and Dally W. (2010). The gpu computing era. *IEEE Computer Society*. 0272-1732. 10
- [10] NVIDIA Corporation. (2009). Whitepaper NVIDIA's Next Generation CUDA Compute Architecture: Fermi. P 15
- [11] Owens J. D., et al. (2008). GPU computing. *Proceedings of the IEEE*. vol 96, No 5. pp 879-899.
- [12] Reyes-Nava J., Garzón I and Michaelian K., (2003). Negative heat capacity of sodium clusters. *Physical Review B*. 67. 165401.
- [13] Salata O.V. (2004). Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of Nanobiotechnology*, vol 2.
- [14] Saucedo H., Garzón I. (2011). Propiedades estructurales y vibracionales de nanobarras de Au. M.S. thesis, posg, cienc. fis., UNAM. México D. F.
- [15] Vardeman C., et al. (2005). Breathing Mode Dynamics and Elastic Properties of Gold Nanoparticles. *J. Phys. Chem. B*. pp 16695-16699. vol 109.



## **CICLO DE MARCHA DE UN ROBOT MEDIANTE EL SOFTWARE ARDUINO-MATLAB**

Alejandro Ortega Mena<sup>1</sup>, Alonso Ernesto Solis Galindo<sup>1</sup>, Gaby Yolanda Vega Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Tizayuca Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5  
Carretera Federal Tizayuca-Pachuca, C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México  
e-mail: [xolotltuzo@hotmail.com](mailto:xolotltuzo@hotmail.com); [soliser@uaeh.edu.mx](mailto:soliser@uaeh.edu.mx), [gaby\\_yolanda@hotmail.com](mailto:gaby_yolanda@hotmail.com)

### **RESUMEN**

Los robots representan uno de los movimientos más complejos e interesantes. El análisis de la marcha estática y dinámica en bípedos se ha incrementado en los últimos años debido a las ventajas de movilidad que presentan los mismos con respecto a otros robots móviles. La marcha bípeda es un fenómeno periódico, donde el ciclo de marcha se define como el intervalo comprendido entre dos eventos sucesivos referidos a una misma pierna y no teniendo ambos pies separados del suelo a la vez.

Investigaciones muestran que la marcha humana tiene como características bien identificadas que corresponden a la fase de apoyo del 60% del ciclo y el 40% restante a la fase de oscilación. El objetivo de la investigación es contrastar la marcha que puede ser establecida sobre un robot bípedo con 6 grados de libertad controlándolo mediante el software libre de Arduino además de emplear una interfaz desarrollada en Matlab, mediante los cuales se programan los movimientos necesarios para cada eslabón logrando un movimiento que se asemeja lo más posible al que tiene el cuerpo humano.

**PALABRAS CLAVE:** Robot Bípedo, Ciclo de Marcha, Arduino, Matlab

### **1. INTRODUCCIÓN**

Dentro de las diferentes funciones mecánicas complejas que realiza el cuerpo humano, se encuentra el proceso de marcha para lograr el desplazamiento de un lugar a otro. Este proceso representa uno de los movimientos más complejos e interesantes que el ser humano puede realizar diariamente. El análisis de la marcha en el sentido de la estática y la dinámica en robots bípedos ha tenido un mayor auge en los últimos años por las múltiples ventajas que representa la movilidad a través de extremidades con respecto a la realizada sobre ruedas. Uno de los elementos esenciales para lograr el ciclo de marcha en un robot bípedo se encuentra en lograr el equilibrio, considerando para ello el concepto de Centro de Masa de



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



toda la estructura que define al robot ya sea cuando se desee conservar el balanceo estático o el movimiento que implica mantenerse cuando el bípedo se está desplazando sobre la superficie.

Es por ello que la generación de bípedos es una de las áreas más recurrente al momento de realizar trabajos prácticos sobre la programación de dispositivos reconfigurables y por ello el establecimiento de algoritmos y/o técnicas que permitan el desplazamiento de un punto a otro, es decir, el establecimiento del ciclo de marcha si el medio de locomoción es a través de extremidades móviles para ello.

Dentro de los requisitos necesarios para que un individuo pueda establecer la marcha se citan los siguientes (Fernando, 2012):

- Cada una de las piernas deben ser capaces de soportar el peso del cuerpo sin colapsarse.
- El equilibrio de todo el individuo debe ser mantenido tanto de forma estática como dinámica.
- La pierna que se encuentre oscilando debe ser capaz de avanzar hasta una posición en la cual se pueda convertir en la pierna de soporte.
- El individuo debe proporcionar la fuerza suficiente para realizar el movimiento de las extremidades y avanzar el tronco.

El ciclo de marcha puede definirse como “el intercambio continuo de estabilidad y movilidad; acciones tales como comenzar el movimiento, detenerlo, realizar cambios en la dirección o en la velocidad son necesarios para realizar acciones tan comunes como estar de pie, andar o correr” (Fernando, 2012).

Para establecer el ciclo de marcha es necesario definirlo y establecerlo de tal forma que sea estáticamente estable y para ello es necesario lograr por separado tanto el balanceo como el avance. Es en esta parte donde el centro de masa del bípedo juega un papel importante ya que al momento en que se está desarrollando la marcha la misma inercia podría ocasionar que el centro de masas se esté ubicando constantemente al borde del polígono de soporte que las mismas extremidades del bípedo establece en su andar, si es excedido dicho polígono ocasionará que el bípedo se caiga. Por lo tanto lo adecuado para realizar la marcha o caminata debe ser lenta para desprestigiar los efectos de la inercia en el movimiento del bípedo.

De allí la importancia de tener presente el área que define el polígono de soporte que es definido por los puntos de contacto y/o de apoyo el bípedo sobre el suelo, dentro del cual deberá siempre encontrarse dentro el centro de masas para evitar una caída.

Es así como puede observarse que el desplazamiento de un bípedo está sujeto a lograr dos movimientos que se encargarán de definir el éxito de la marcha: el balanceo y el avance.

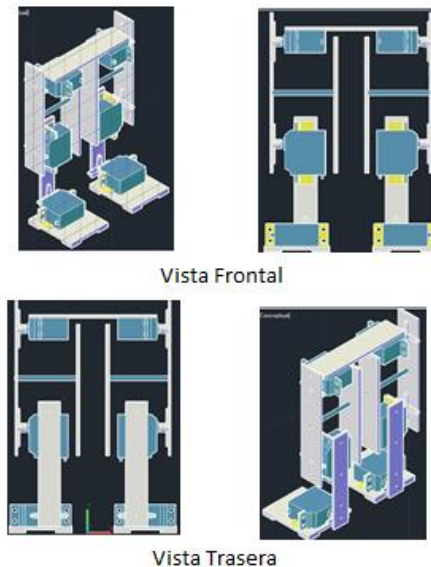


## 2. METODOLOGÍA

Investigaciones previas pueden determinar el éxito que el ser humano tiene al momento de realizar un proceso de marcha, desde el momento en el que un talón tiene contacto con el suelo hasta el siguiente contacto del mismo con el suelo nuevamente.

En esta investigación se implementó un robot bípedo con 6 grados de libertad como lo muestra en la figura 1 se observa la vista frontal y trasera del prototipo en estudio; se utilizó Arduino como software libre y una interfaz con Matlab; mediante los cuales se programaron los movimientos necesarios para cada eslabón logrando que se asemeje al cuerpo humano.

El balanceo estático se basa en el concepto del centro de masa (CoM). La condición de balanceo estático se reduce a la proyección del CoM dentro del área formada por la planta de los pies. Esto significa que en cualquier momento donde se detenga el robot, se encontrará en un estado de equilibrio por tiempo indefinido, por ejemplo, durante la FSD el CoM es proyectado sobre el polígono formado por ambas plantas de los pies y durante la FSS se mantiene dentro del área del pie de soporte



*Figura 1 Vista frontal y trasera del robot bípedo*

Mediante cálculos trigonométricos Figura 2 (a),(b) se puede obtener los ángulos que necesita el robót para mantener el equilibrio considerando el ciclo de marcha y el balanceo estático y dinámico

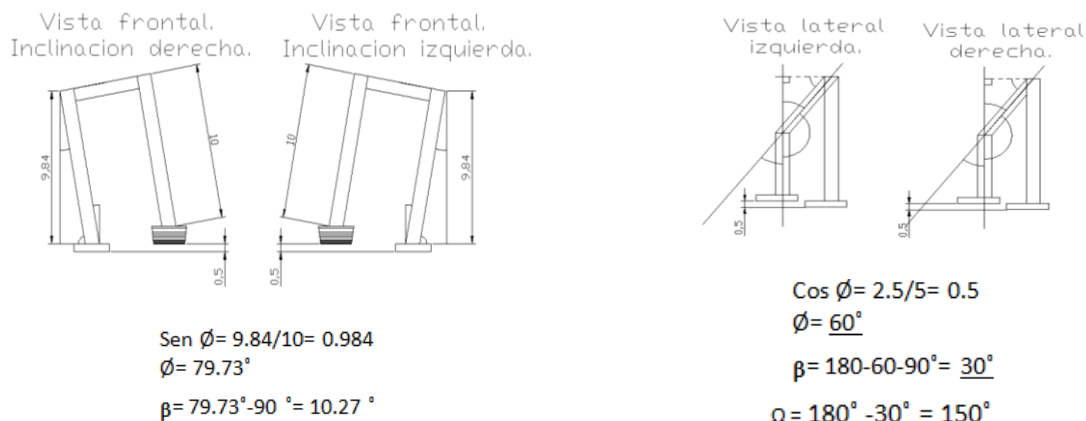


Figura 2 Obtención de ángulos (a) frontal, (b) lateral

### 3. RESULTADOS

Para llegar al objetivo principal se ha realizado multitud de pruebas para determinar el funcionamiento de todos los módulos integrados en el robot bípedo. Se partió desde la prueba más sencilla que es lograr dar un paso y de esta manera al depurar cada uno de los pasos y/o movimientos programados para realizarse sobre los servomotores se procede a realizar una serie de pasos utilizando la cámara como vista y panorama.

La intención de dotar al robot bípedo de una cámara es con el objetivo de monitorear el trayecto que va tomando durante la marcha para que sea controlada directamente desde la interfaz de control desarrollada en Matlab.

Inicialmente, al momento del arranque del sistema del bípedo es necesario realizar una fase de set-up que implica que cada uno de los actuadores se coloquen en 90° grados para que de esta manera el bípedo se encuentre en posición para comenzar a realizar la marcha. En ese momento es cuando el bípedo se puede considerar que se encuentra totalmente erguido.

Para comenzar a dar un paso se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Primera prueba.

<b>Resultados de la 1er prueba.</b>	
<b>Detalles de la ejecución.</b>	
Modo de ejecución.	Dependiente.
Algoritmo de ejecución.	Programado.
Posición inicial.	90°
<b>Descripción textual.</b>	
El robot dará solo un paso.	
<b>Lista de pasos a realizar.</b>	
No. De acciones.	Tipo.
1	Posicionamiento a 90°



2	Inclinar pie a 75°
3	Levantar pierna a 115°
4	Regresar pie a 90°

Tabla 2. Segunda prueba.

<b>Resultados de la 2da prueba.</b>	
<b>Detalles de la ejecución.</b>	
Modo de ejecución.	Autónomo.
Algoritmo de ejecución.	Programado.
Posición inicial.	90°
<b>Descripción textual.</b>	
El robot deberá dar dos pasos.	
<b>Lista de pasos a realizar.</b>	
No. De acciones.	Tipo.
1	Posicionamiento a 90°
2	Inclinar pie 1 a 75°
3	Levantar pierna 1 a 115°
4	Regresar pie 1 a 115°
5	Inclinar pie 2 a 115°
6	Levantar pierna a 130°
7	Inclinar pie 1 a 115°
8	Regresar pie 2 a 115°
9	Inclinar pie 1 a 75°
10	Regresa pierna 2 a 90°
11	Regresa pie 2 a 90°
12	Regresa pie 1 a 90°

En la figura 3 se muestra la gráfica obtenida para la fase de prueba para el movimiento correspondiente a uno de los pies del bípedo y cuyos datos corresponden a la tabla 1.

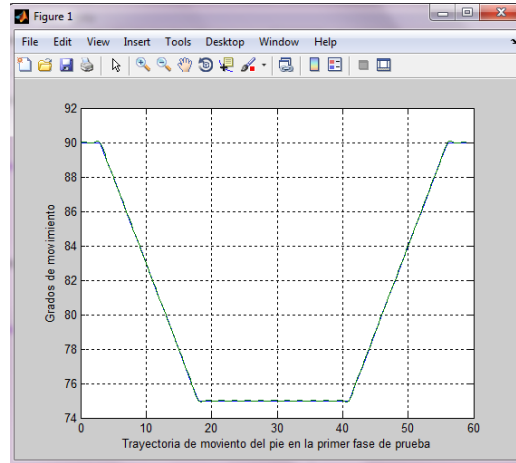


Figura 3 Fase de prueba

La figura 4 muestra la gráfica correspondiente a los resultados obtenidos durante la segunda fase de prueba realizada sobre el movimiento del pie y que corresponden a los datos que se muestran en la Tabla 2 se muestra a continuación en la gráfica X.

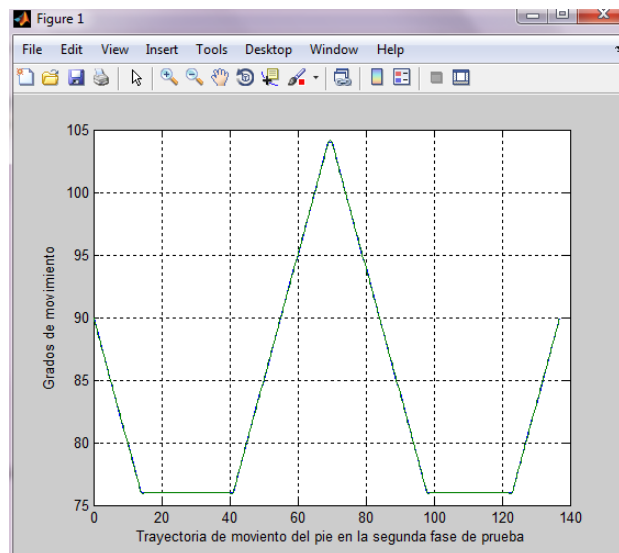


Figura 4 Fase de prueba 2

#### 4. CONCLUSIONES

La metodología utilizada permitió poder superar aquellas dificultades que encontraron al principio, además de encontrar algunas otras que al momento de realizar el ciclo de marcha simplemente se habían despreciado.

Es importante la similitud que en un principio se buscaba obtener de la marcha que





# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



podiera realizar el robot bípedo muy parecido al que logra el ser humano. El principal inconveniente fue lograr establecer el equilibrio al momento de realizar los movimientos correspondientes en el bípedo para establecer la marcha. Para ello se consideraron dos diseños distintos entre sí en los cuales el equilibrio a mantener al momento de realizar cada uno de los pasos fue realizado sobre los actuadores ubicados en la parte de los pies, casi de manera análoga a los tobillos, a través de los cuales permitía realizar movimientos en el plano coronal, a diferencia del movimiento en el plano sagital que realizan los actuadores ubicados para la parte de las rodillas y cadera del bípedo.

Dicho bípedo desarrollado resultó ser al cual se le dedico el mayor tiempo de investigación por el parecido más cercano que se tiene a la anatomía del ser humano.

El segundo prototipo desarrollado logra solo movimientos de los actuadores en el plano sagital y para mantener el equilibrio se logra a través del desplazamiento de un contrapeso que se desplaza en el mismo sentido a la pierna con la cual se logra equilibrar el peso del bípedo. El inconveniente de esto por un lado es el peso de todo el bípedo, la cantidad de actuadores y el número de salidas y entradas que se requieren en el micro controlador para su manipulación, y principalmente que el movimiento del bípedo no se parece a la marcha realizada por los seres humanos.

Otro elemento identificado y que resulta importante para el equilibrio es el tamaño del pie del bípedo. Al realizar las pruebas se pudo apreciar que puede ser un factor importante a considerar y manipular porque si no se hacía de manera adecuada el largo del pie podía resultar un elemento que obstaculizara el paso a dar para realizar la marcha. Por lo tanto se tuvo que hacer ajustes y consideraciones para que esto no representara un problema para el desplazamiento.

Para comenzar el trabajo ha sido necesaria una introducción en ciertos campos que desconocíamos y gracias a esto hemos tenido la posibilidad de descubrir los distintos planteamientos y posibilidades que ofrecen este tipo de aplicaciones y herramientas. Cabe destacar que dicho proyecto nos ha aportado el conocimiento sobre el amplio campo de la robótica y el desarrollo de software de programación.

## **REFERENCIAS**

- [1] Fernando S. Generación de trayectorias para el tren inferior del robot humanoide Teo subiendo escaleras. Proyecto de fin de carrera. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2012.
- [2] Alejandro A. Seminario del Proyecto de Investigación en Robótica Humanoide [http://homepage.cem.itesm.mx/aaceves/Bogobots/seminario/Como\\_camina\\_robot.pdf](http://homepage.cem.itesm.mx/aaceves/Bogobots/seminario/Como_camina_robot.pdf) (Accesado: 20 de agosto de 2013).
- [3] J. A. S. Sánchez, Avances en robótica y visión por computador. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2002.
- [4] J. L. C. Caveda and V. V. Garófano, Fundamentos para el desarrollo de la motricidad en edades tempranas. Ediciones Aljibe, 1997.
- [5] Rodríguez-Ángeles, A.1, Cruz-Villar, C. A.2 y Vite-Téllez, D. A. Generación de trayectorias



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



- para marcha semiestática de un robot bípedo: diseño y pruebas experimentales.
- [6] J. L. Santana, Control del equilibrio en el proceso de caminado de un robot bípedo, Diseño con Electrónica Integrada., Universidad de Guadalajara.



## **BALANCEO DE LÍNEAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN MEDIANTE EL ALGORITMO METAHEURÍSTICO DE ABEJAS**

**M.H. Lezama-León<sup>a</sup>, E. Lezama-León<sup>b</sup>, J.C. González-Islas<sup>b</sup>, A.E. Solis-Galindo<sup>b</sup>, C.M. Pérez-Ramírez<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico de Pachuca, <sup>b</sup>Escuela Superior de Tizayuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

**E-mail:** [ing\\_lezama@hotmail.com](mailto:ing_lezama@hotmail.com), [evangeli@uaeh.edu.mx](mailto:evangeli@uaeh.edu.mx), [sack\\_gi@yahoo.com.mx](mailto:sack_gi@yahoo.com.mx),  
[soliser@uaeh.edu.mx](mailto:soliser@uaeh.edu.mx).

### **RESUMEN**

Este trabajo aborda el problema de balanceo de líneas en el tipo SALBP-1 que busca la disminución del tiempo ocioso en la asignación de las operaciones en estaciones de trabajo, mediante el uso de la metaheurística llamada Algoritmo de Abejas (AA). Específicamente el AA se utiliza en la generación de la población de soluciones y se evalúa en el cumplimiento de las precedencias de cada operación.

**Palabras claves:** Algoritmo de Abejas, Optimización, Industria de la Confección, Balanceo de Líneas.

### **1.INTRODUCCIÓN**

El uso de algoritmos para búsqueda de soluciones aproximadas ha permitido resolver muchos problemas que anteriormente por su complejidad y tiempos de análisis exageradamente elevados eran inabordables, esto significa que han abierto una puerta muy grande a la investigación.

La frase "optimización global" se usa para referirse a la búsqueda de una solución  $x$  del conjunto  $S$  de todas las soluciones posibles, que mejor satisfaga uno o más criterios de optimización. Actualmente se cuenta con una amplia gama de algoritmos heurísticos y metaheurísticos para la solución de problemas de optimización NP-hard, utilizada en el contexto de la complejidad algorítmica.

“Los algoritmos de Cómputo Evolutivo (CE), comprenden un conjunto de técnicas iterativas que manejan una población de individuos, los cuales son evolucionados (modificados), mediante una serie de reglas que han sido especificadas claramente. En cada iteración hay periodos de autoadaptación, los cuales implican cambios en el individuo, son alternados con periodos de cooperación, lo que implica el intercambio de información entre individuos”, como lo mencionan en su estudio, Muñoz, López y Caicedo (2008).

El AA es un algoritmo de CE que imita el comportamiento en la naturaleza de los enjambres de abejas productoras de miel durante el proceso de recolección de alimento; este desempeña una combinación de búsquedas local y aleatoria global, capaz de encontrar soluciones eficientes al problema propuesto. (Pham y Ghanbarzadeh, 2006: 454-459)

El balanceo de líneas casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Como lo describen Jaramillo y Restrepo (2010) “Consiste en distribuir las tareas necesarias para ensamblar un producto a través del conjunto de estaciones que conforman la línea de ensamble. Esta distribución de las tareas en las estaciones de





$$FD = e^{(F_1+1-F_2)} + \arctg[w_1(1 - R_1) + w_2(1 - R_2) + w_3(1 - R_3)]$$

Dónde:

F1 = valor mínimo de la diferencia entre el tiempo ciclo (Tc) y el tiempo acumulado por estación (TkA).

F2= diferencia del tiempo ocioso (To) promedio por estación contra el real.

R1= cumplimiento de las precedencias.

R2= cumplimiento del tiempo por estación menor o igual al tiempo ciclo.

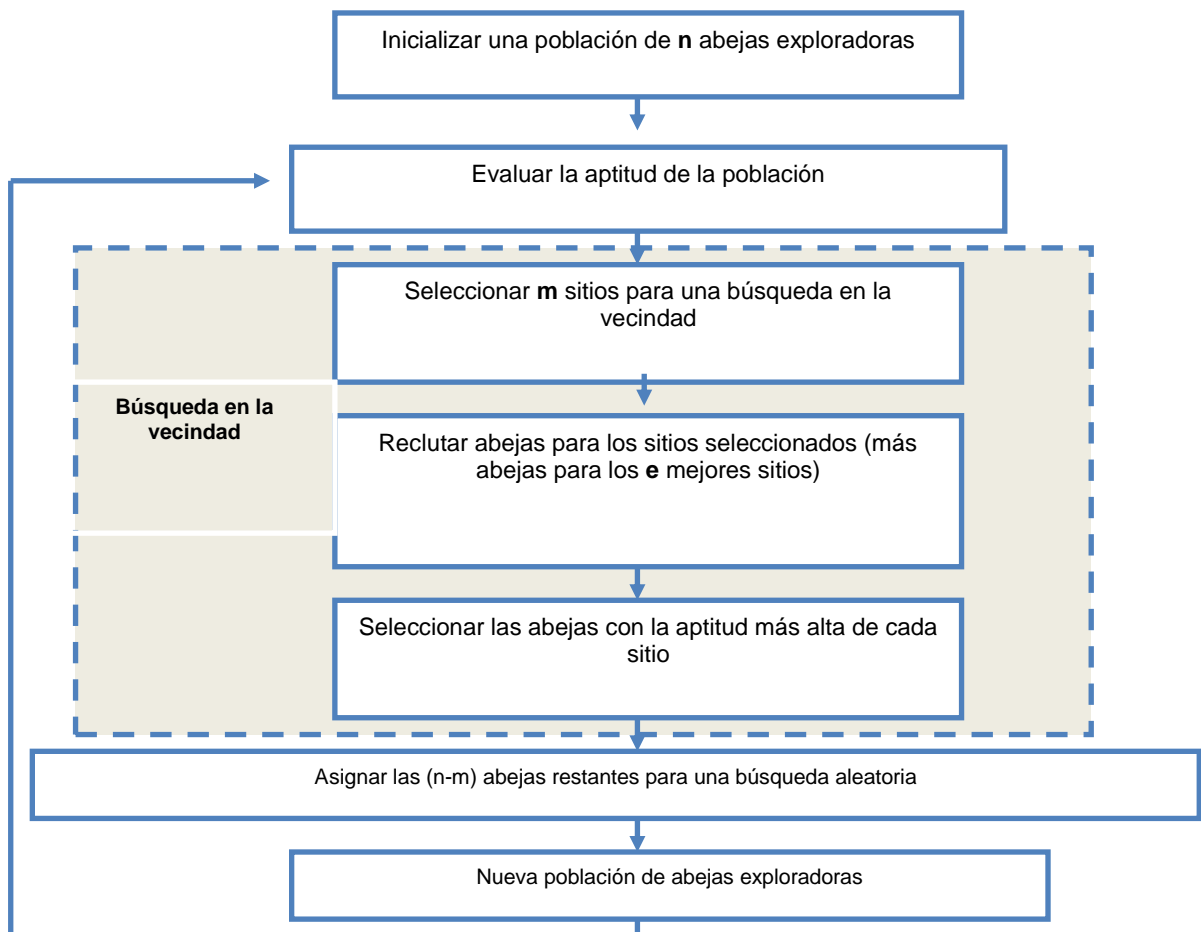
R3= cumplimiento del máximo número de estaciones (kmax).

w1= 10, peso de la restricción 1

w2= 6, peso de la restricción 2

w3= 4, peso de la restricción 3

Se utiliza el algoritmo que se describe en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 2. (Pham y Ghanbarzadeh, 2006: 454-459)



**Figura 2.** Diagrama de Flujo del Algoritmo de Abejas.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



Dónde los parámetros del algoritmo son:

n= Número de abejas exploradoras.

e= Número de abejas élite.

m = Número de sitios seleccionados de puntos visitados.

nep = Número de abejas empleadas para visitar sitios élite.

nsp = Número de abejas empleadas para otros sitios seleccionados.

ngh = Tamaño del sitio.

Criterio de paro= Número de iteraciones.

El resultado óptimo, es decir, la asignación óptima de las operaciones a diversas estaciones, será la que genere el menor valor de FD y que cumpla con todas las restricciones establecidas.

El algoritmo propuesto fue programado en Matlab ver. 7.8, y se utilizó un equipo de cómputo con CPU Cual Core memoria RAM 4 GB y el sistema operativo Windows 7 home premium.

Se analizaron dos problemas de distribución de operaciones, el primer problema con 14 operaciones (operaciones para la confección de un brasier) y el segundo con 45 operaciones (problema clásico de confección).

### **3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La solución arrojada para el primer problema de 14 operaciones, es factible por cumplir con las restricciones de precedencias en todas las operaciones, además de acuerdo a la función de evaluación FD, el resultado obtenido es el de menor valor que se traduce en el mejor de los resultados factibles obtenidos.

En cuanto al segundo problema con 45 operaciones, los resultados obtenidos no cumplen completamente con las restricciones, por lo que no se obtuvieron resultados factibles ni mucho menos óptimos

### **4. CONCLUSIONES**

El acercamiento a la obtención de soluciones factibles representa un gran avance por permitir que dichas soluciones sean generadas a partir de ordenamientos aleatorios. Sin embargo, este acercamiento se puede mejorar con la hibridación de del AA con otros algoritmos o con la reducción de los tiempos de procesamiento para sugerir mayor número de iteraciones que lleven a encontrar una población de soluciones factibles. Esto se puede lograr ya sea con el empleo de procesadores más potentes o bien, con el uso de un lenguaje de alto nivel, por lo pronto, el AA aplicado en la solución del problema de balanceo de líneas del tipo SALBP-1 en la industria de la confección, ha demostrado ser una técnica factible para su resolución así como para la solución de problemas de este tipo aplicado en otros sectores de la industria.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo conjunto de profesores Investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y del Instituto Tecnológico de Pachuca.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] M.A. Muñoz, J. A. López, y E. F. Caicedo. *Inteligencia de enjambres: sociedades para la solución de problemas (una revisión)*. Ingeniería e Investigación, (2008).
- [2] A.Jaramillo, J.H.Restrepo. *Aplicación de la programación dinámica para resolver el problema simple de Balanceo de Línea de Ensamble*. Scientia et Technica, pp. 62-67 (2010).
- [3] D.T. Pham, A. Ghanbarzadeh, *Elsevier*, pp. 454-459 (2006).



## **MODELADO DE FUNCIONES DE RELEVADOR CON REDES DE PETRI**

José Carlos Quezada Q<sup>1</sup>, Ernesto Flores G<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Tizayuca Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5 Carretera Federal Tizayuca-Pachuca, C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México  
e-mail: [qquezada@gmail.com](mailto:qquezada@gmail.com), [efloresg@uaeh.edu.mx](mailto:efloresg@uaeh.edu.mx)

### **RESUMEN**

La teoría de redes de Petri es una herramienta gráfica y matemática que permite modelar sistemas de eventos discretos. La lógica o función de los relevadores fue adoptada por el lenguaje de programación denominado Diagrama Escalera (LD: Ladder Diagram), el cual está considerado dentro de los cinco lenguajes en la norma IEC-61131-3 del comité electrotécnico internacional. En el presente artículo se modelan estructuras lógicas utilizadas en los LD para mostrar su comportamiento dinámico con la matriz de incidencia y la ecuación de estado de la red de Petri.

**Palabras clave:** Redes de Petri, Diagrama Escalera, IEC-61131, Matriz de incidencia, Ecuación de estado.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las redes de Petri (PN, por sus siglas en inglés) son el resultado de investigación de doctorado de Carl Adams Petri sobre la propuesta de formalismos para describir comportamiento de los Sistemas de Eventos Discretos (Murillo, 2008) (DES, por sus siglas en inglés) como lo son; Ejecución secuencial, Decisión o conflicto, Sincronización, Concurrencia, Agrupación e Inhibición, las cuales han sido simuladas gráficamente (Quezada, 2013); sin embargo, existen estructuras lógicas básicas (AND, OR y Auto-lazo) que se utilizan en el diseño de circuitos electrónicos y en los algoritmos de control de DES, independientemente del lenguaje de programación que se utilice. En general, las PN se han utilizado como método de análisis de DES, y en particular existen trabajos de investigación sobre la utilización de las PN para el diseño del controlador (algoritmo de control) de DES. En el presente trabajo se omite el estado del arte, ya que la intención del trabajo es mostrar la aplicación de las PN a estructuras básicas de lógica de control.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC, por sus siglas en inglés) se empezaron a diseñar en el año de 1968 por la compañía General Motor, con el objetivo de contar con un sistema digital programable que permitiera hacer los procesos de producción (en consecuencia del sistema de control) más flexibles en la fabricación de automóviles y reducir los tableros de relevadores que constituía el control eléctrico del momento y que requería de exceso de mantenimiento y de reconfiguración al cambio de producción (Murillo, 2008). En primera instancia, los PLC fueron





diseñados para el control de DES. La utilización en el control de procesos continuos y/o discretos de los PLC ha generado la estandarización de cinco lenguajes de programación por el Comité Electrotécnico Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) a través de la norma IEC-61131-3 donde se establece la sintaxis y la semántica. La lógica de relevador fue implementada en el lenguaje de programación Diagrama Escalera (LD, por sus siglas en inglés) el cual es considerado un lenguaje de tipo gráfico teniendo como base el comportamiento de un relevador electromagnético, constituido por una bobina y contactos (Electrotechnical, 2003).

## 2. REDES DE PETRI

Para el caso de algoritmos de control en LD se interpreta una PN como los lugares de señales de entrada física, señales de salida física o de memoria, y la transición tiene el requisito lógico a cumplir. La Tabla 1 muestra la definición formal de la PN.

Tabla 1: Definición formal de una PN.

Una PN es una tupla de 5, $PN = (P, T, F, W, M_0)$ donde:
$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ es un conjunto finito de lugares,
$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ es un conjunto finito de transiciones,
$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ es un conjunto de arcos,
$W : F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ es una función de ponderación,
$M_0 : P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ es un marcado inicial,
$P \cap T = \emptyset$ y $P \cup T \neq \emptyset$

Para la simulación del comportamiento dinámico, con base a un marcado de la PN, se considera la siguiente regla de transición (Murata, 1989):

1. Una transición  $t$  es habilitada si cada lugar de entrada  $p$  de  $t$  contiene  $w(p, t)$  señales activas (tokens) donde  $w(p, t)$  es la ponderación del arco que une de  $p$  a  $t$ .
2. Una transición habilitada puede o no ser disparada, en función de si o no el evento tiene lugar realmente.
3. El disparo de una transición habilitada  $t$ , remueve  $w(p, t)$  tokens de cada lugar de entrada y adiciona  $w(t, p)$  tokens a cada lugar de salida.

Un auto lazo en una PN es cuando el lugar de entrada también es el lugar de salida en una misma transición. A una red libre de auto lazos se le llama *pura*. Y a una PN donde todos sus lazos tienen ponderación de 1, se le llama *ordinaria*.



La Tabla 2 muestra los símbolos gráficos utilizados en la PN. Los círculos representan las señales de entrada provenientes de sensores, señales internas de memoria del PLC y señales de salida a los actuadores. El círculo negro son las señales activas en los lugares (tokens); el rectángulo negro representa las transiciones o la lógica a cumplir; la flecha es el arco habilitador y la línea con terminación de círculo es el arco inhibidor.

Tabla 2: Simbología de la PN.

	Lugar para señales físicas de entradas, salidas y de memoria.
	Señal activa (tokens).
	Transición.
	Arco.
	Arco inhibidor.

a. Matriz de incidencia y ecuación de estado

Para el comportamiento dinámico de la PN la matriz de incidencia es utilizada, la cual relaciona el peso de los arcos de entrada que van de los lugares  $p$  a la transición  $t$ , y los arcos de salida que van desde la transición  $t$  hacia los lugares  $p$ . Para una PN con  $n$  transiciones y  $m$  lugares, su matriz de incidencia  $A=[a_{ij}]$  es una matriz de números enteros representando el peso de los arcos de entrada y salida;  $a_{ij}^+$  representa el peso de los arcos que salen de la transición y  $a_{ij}^-$  representa el peso de los arcos que entran a la transición. La Ecuación 1 representa la matriz de incidencia.

$$a_{ij} = a_{ij}^+ - a_{ij}^- \text{ Ec. 1}$$

La ecuación de estado de una PN es una ecuación matricial que define los estados (comportamiento) de la red. Con marcado inicial  $M_0$  y una secuencia de disparos  $u_k$  de las transiciones habilitadas se va obteniendo el estado o comportamiento de la red  $M_k$ , al interrelacionar la matriz de incidencia de misma red como muestra la Ecuación 2.

$$M_k = M_{k-1} + A^T u_k \text{ Ec. 2}$$

### 3. FUNCIONES DE RELEVADOR EN DIAGRAMA ESCALERA

El lenguaje gráfico LD modela redes de elementos electromecánicos funcionando simultáneamente, tales como relevadores que contienen bobinas y contactos, temporizadores y contadores principalmente (Electrotechnical, 2003), aunque estos dos últimos son bloques de las funciones



respectivos. La Figura 1 muestra la equivalencia entre los principios de funcionamiento de relevadores y LD.

Los contactos pueden ser normalmente abiertos o cerrados (NO o NC, por sus siglas en inglés) y dependiendo de su activación por una señal física permiten o no el flujo de energía hacia las bobinas, las cuales pueden ser señales internas que activan contactos de memoria interna o señales de salida física que activan actuadores del proceso.

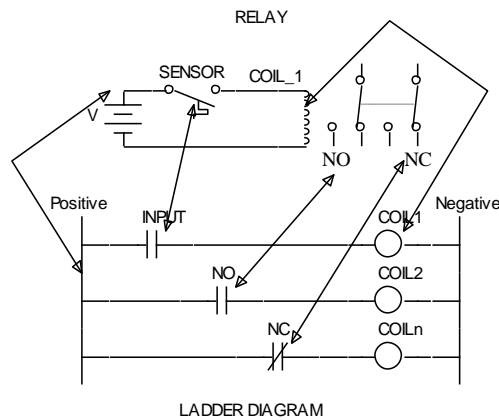


Fig. 1: Relación entre relevador electromecánico y LD.

#### 4. MODELADO DE LÍNEAS DE CONTROL

Las estructuras lógicas que se modelan son; AND, OR y Auto-lazo, por ser utilizadas en diferentes algoritmos de control independientemente del lenguaje de programación que se utilice. Estas estructuras lógicas se modelan con PN para visualizar su comportamiento dinámico en líneas de control en LD. Se muestran para un número definido de señales de entrada; sin embargo, su generalización no afecta el comportamiento dinámico de dicha estructura lógica.

##### a. Lógica AND de tres señales de entrada.

La Figura 2 muestra el LD de la lógica AND con tres señales de entrada y su respectiva PN.

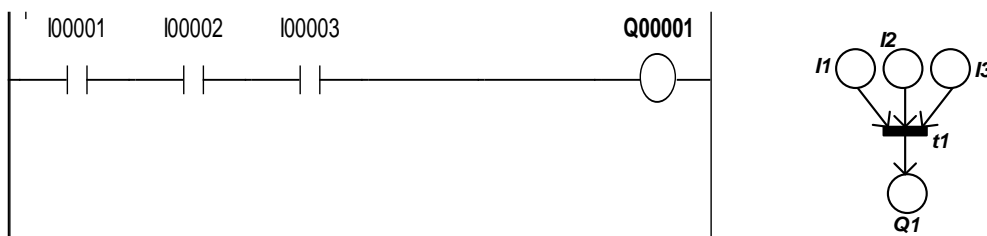


Fig. 2. Lógica AND a) LD

b) PN



La ecuación de estado de la lógica AND en PN se muestra en la Ecuación 3, donde se indica un marcado inicial  $M_0$  con tokens en  $I1$ ,  $I2$  e  $I3$ , la transpuesta de la matriz de incidencia respectiva y el vector de disparo  $u_k=1$  por solo tener una transición.

$$u_{k+1} = \begin{matrix} I1 \\ I2 \\ I3 \\ Q1 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} * [1] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ Ec. 3}$$

Al disparar  $t1$  se obtiene un token en el lugar de salida  $Q1$  correspondiente a la bobina de salida  $Q1$  en el LD.

b. Lógica OR de tres señales de entrada.

La Figura 3 muestra el LD de la lógica OR con tres señales de entrada y su respectiva PN.

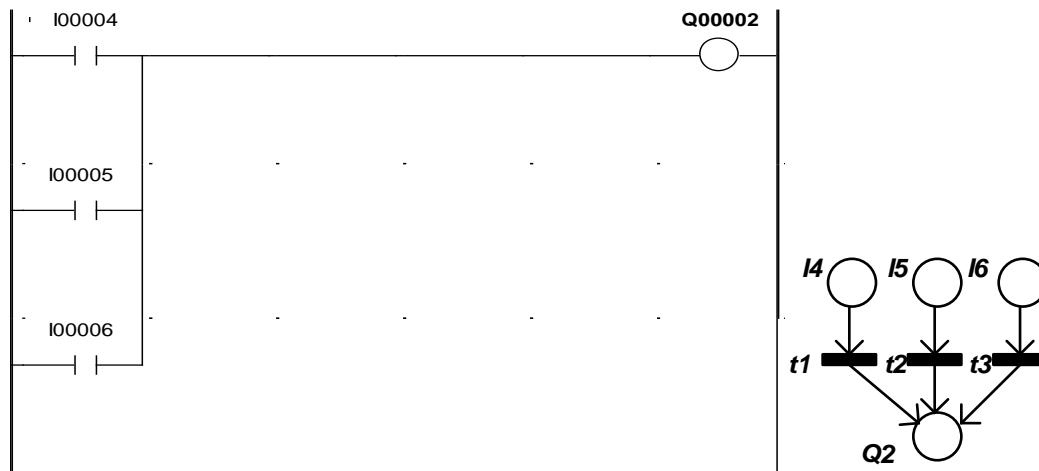


Fig. 3. Lógica OR, a) LD

b) PN

Considerando que en el LD de la lógica OR se activa la señal  $I0005$ , que es el encargado de que el lugar  $I5$  tenga un token, lo que habilita la transición  $t2$ . La ecuación de estado correspondiente a estas condiciones se muestra en la ecuación 4.

$$u_{k+1} = \begin{matrix} I4 \\ I5 \\ I6 \\ Q2 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ Ec. 4}$$



El vector de disparo  $u_k$  solo tiene habilitada a la transición  $t2$ , dando como resultado un token en el lugar Q2 de la PN correspondiente a energizar la bobina Q2 de LD de lógica OR.

c. Lógica de auto-lazo.

El auto-lazo en LD de la Figura 4 se da cuando la señal de salida (bobina Q3) es retroalimentada a través de un contacto para mantener a su propia bobina energizada, siempre y cuando se mantengan las señales que hacen la lógica AND 18 e 19 del LD. Normalmente se utiliza un auto-lazo cuando la señal que activa la lógica AND superior 17 es de tipo botón retentivo o el proceso solo activa por un instante la señal.

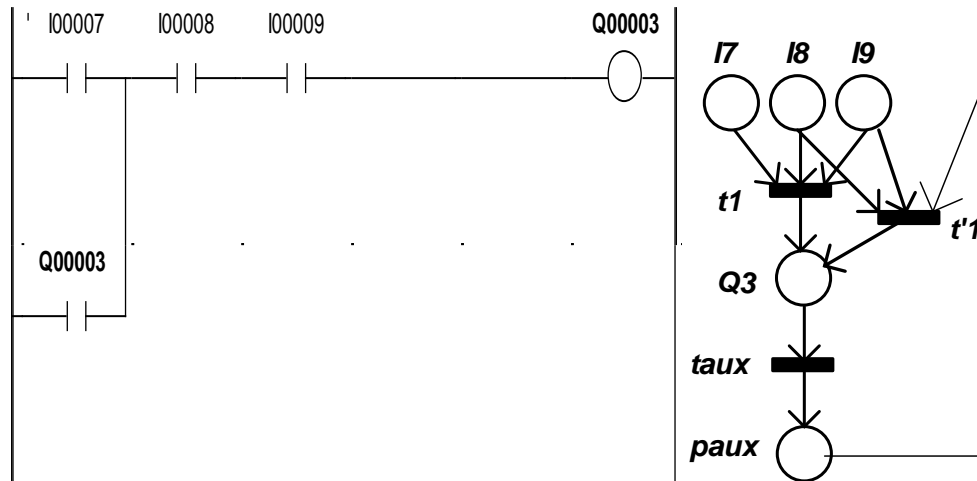


Fig. 4. Lógica de auto-lazo, a) LD b) PN

La transición  $t1$  es habilitada cuando los lugares 17, 18 e 19 tienen tokens, mientras que la transición  $t'1$  es habilitada cuando los lugares tienen 18, 19 y  $paux$  tienen tokens. El lugar  $paux$  tendrá un token cuando el lugar Q3 tenga un token (de la primera AND –  $t1$ ) habilitando la transición  $taux$ . Observe que es necesario en el marcado inicial  $M_0$  que los lugares 18 e 19 tengan dos tokens para que el comportamiento dinámico de la red permita mantener un token en lugar de salida Q3 que es el correspondiente a la bobina de salida en el LD. La ecuación de estado que representa el comportamiento de la lógica de Auto-lazo se muestra en la Ecuación 5.

$$u_{k+1} = \begin{matrix} 17 \\ 18 \\ 19 \\ Q3 \\ paux \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ Ec. 5}$$



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



## 5. CONCLUSIONES

Las estructuras lógicas AND, OR y de Auto-lazo son utilizadas en las líneas de los algoritmos de control de procesos de eventos discretos, así como en el análisis de circuitos electrónicos; de ahí la importancia de modelar su comportamiento dinámico, el cual las herramientas matemáticas de matriz de incidencia y la ecuación de estados permite realizarlo, además de poder visualizarlo a través de las redes de Petri.

Conjuntar la teoría de redes de Petri matemáticamente y gráficamente en lógicas de aplicación real en algoritmos de control desarrollados en diagrama escalera, siendo este uno de los lenguajes normados internacionalmente, permite motivar a los estudiantes a la resolución de problemas reales.

## REFERENCIAS

- [1] Murillo Soto, Luis Diego; “Redes de Petri: Modelado e implementación de algoritmos para autómatas programables”, *Tecnología en Marcha*, Vol. 21, No. 4, 2008, pp. 102-125.
- [2] J. C. Quezada, J. Medina, E. Flores; “Simulación mediante PLC-HMI de las características en Redes de Petri de Sistemas de Eventos Discretos”, *2º Congreso Nacional en Tecnologías de la Información 2013*, ISBN: 978-607-482-324-0.
- [3] International Electrotechnical Commission, “IEC 61131-3: Programmable Controllers,” *International standard*, segunda edición, 2003
- [4] Murata; “Petri Nets: Properties, Analysis and Applications”, *Proceedings of the IEEE*, 1989.
- [5] International Electrotechnical Commission, “IEC 61131-8: Guidelines for the application and Implementation of Programming Languages,” *International standard*, segunda edición, 2003.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



## SISTEMAS INTELIGENTES EMPRESARIALES

**Dra. Aurora Pérez Rojas, Dr. Ernesto Bolaños Rodríguez, M en C. Gaby Yolanda Vega Cano**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca, Hidalgo, México,  
[auropr@yahoo.com](mailto:auropr@yahoo.com), [bola7112@yahoo.com.mx](mailto:bola7112@yahoo.com.mx), [gaby\\_yolanda@hotmail.com](mailto:gaby_yolanda@hotmail.com)

### RESUMEN

Los Sistemas de información empresariales han evolucionado vertiginosamente en estos últimos años de la misma forma en que lo han hecho las Telecomunicaciones y el Internet Móvil. El logro de la satisfacción del cliente en sus necesidades presentes y futuras es la palabra de orden de cualquier empresa, con el objetivo de lograr el liderazgo del mercado donde se encuentra insertada, para lo cual hay que transformar la forma tradicional de dirigir y donde la movilidad corporativa adquiere un papel trascendental.

Las pequeñas y medianas empresas a nivel Latinoamericano se han convertido en las organizaciones generadoras de la mayoría de los empleos siendo parte vital del desarrollo económico de los países de la región, por lo se hará énfasis en como los sistemas deben de adquirir y manipular esa inteligencia que tanto se necesita a nivel empresarial.

En el desarrollo de este trabajo se ha empleado el método de análisis histórico lógico, lo cual ha permitido determinar la importancia del apoyo de la movilidad corporativa para aumentar la ventaja competitiva de la empresa, a partir de soluciones basadas en la Computación en la Nube donde se siga las tendencias XaaS (Todo como servicio).

**Palabras Claves:** Sistemas inteligentes, movilidad corporativa, Computación en la nube, XaaS

### 1. INTRODUCCIÓN

En la última década se puede señalar que el cambio en el comportamiento humano y de hecho, el empresarial se ha visto afectado por la evolución de las Telecomunicaciones y el Internet, y dentro de este último del Internet móvil. Esto nos ha traído grandes ventajas tanto a nivel personal como empresarial, generando una forma nueva de movilidad corporativa.

Se entiende por movilidad corporativa la tendencia existente para que cada individuo de la empresa traiga su propio dispositivo móvil, (Bring your own device, BYOD, según las siglas en inglés), movilizar el negocio de la empresa, el cual se presenta como un fenómeno global, provocado por la expansión de esta tecnología.

En la actualidad casi todo tiene un apellido de inteligente o “Smart”, de esta forma tenemos tanto teléfonos como televisores, sensores, software, electrodomésticos, vehículos, cámaras como las de videovigilancia, etc., los procesos de negocio, las comunicaciones, y los sistemas empresariales, no se quedan fuera de esta lista, que por supuesto no termina aquí. La respuesta a esto viene dada por la integración de las máquinas en sistemas inteligentes, ya que estos dispositivos pueden ser utilizados cuando están enlazados interactivamente. Nadie puede imaginar la vida cotidiana sin un celular Smartphone, tableta o una máquina computadora portátil que mantiene en contacto permanente las actividades que se desarrollan tanto en la empresa como en las personales y sociales.



# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



Por supuesto que esto a nivel empresarial ha dado un vuelco gigantesco a la forma de dirigir, a la forma de incrementar las ventajas competitivas y también al de mantener salvaguardada la información valiosa de la empresa. Esto ha planteado un reto para la seguridad y confidencialidad, de la información, debido a que se ha establecido un desafío móvil que incluye un cruzamiento entre las aplicaciones corporativas y usos personales y empresariales.

## **2. SISTEMAS INTELIGENTES**

Para todos es conocidos que las máquinas por si solas no poseen ninguna inteligencia, ahora bien si somos capaces de hacer que puedan comunicarse entre ellas estamos en presencia del concepto Máquina con Máquina ( M2M, Machine to Machine por sus siglas en inglés) y esto se logra mediante la conexión con tecnología IP (Protocolo de Internet).

El concepto M2M engloba una serie de tecnologías que se utilizan en el proceso de intercambio de información entre dos máquinas remotas, ya sea mediante redes fijas o móviles, y sin intervención humana.

Según la fuente de información proporcionada por Telefónica I+D, se prevé que en el año 2014 el 70% de los dispositivos electrónicos de consumo estarán conectados a Internet. Su uso no está asociado con una persona particular y, además, estos tendrán la capacidad de conectarse a múltiples redes y a través de múltiples tecnologías (3G, 4G, WiFi, televisión vía satélite, etc.). y en el año 2020 habrá más de 50 billones de dispositivos conectados a Internet. Esto implica que se estén desarrollando nuevas plataformas para recoger y gestionar la gran cantidad de información que origina el uso del M2M. Entre sus objetivos está ofrecer nuevas fuentes de información a los usuarios, transformar los flujos de datos disponibles de las ciudades inteligentes o “Smart Cities”, en información viable y habilitar el procesamiento masivo de datos de manera flexible y escalable para mejorar el control de los mismos.

Las “Smart Cities” o ciudades inteligentes se caracterizan por infraestructuras dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas, con elementos arquitectónicos de vanguardia, que fomentan un desarrollo económico sostenible y una elevada calidad de vida.

El uso intensivo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es otra de sus características, algo importante tanto desde el punto de vista técnico como del negocio: en el primer caso porque está relacionado con la evolución hacia el “Internet del futuro” y, en segundo lugar, porque para los actores implicados supone un cambio en su modelo de negocio. Otros autores denominan “la Internet de las Cosas” a esta interconexión de objetos físicos en la red de información. Desde el punto de vista empresarial se considera esta interconexión entre todos los dispositivos que sirven de interfaz entre un proceso de negocio y un usuario.

Cuando tenemos en cuenta la información que se manipula entre los procesos de negocio, de una empresa en su conjunto, se obtiene gran cantidad de información que a su vez es invaluable y desconocida en la mayoría de los casos. Es ahí donde entra el diseño de sistemas inteligentes para aprovechar la información almacenada con vistas a obtener una ventaja competitiva, que puede traducirse en predecir las necesidades de los consumidores, mejorar los procesos mediante la inteligencia de los negocios (BI), relacionarse ágilmente con los proveedores, etc.

Los sistemas inteligentes al interconectar también dispositivos través de internet y convertirse en dispositivos inteligentes son capaces de facilitar la captura, análisis y extracción de la información previamente almacenada en Bases de Datos empresariales, dando el plus de





# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



umentar la eficiencia de los procesos de negocio que lo contienen, contribuyendo a aumentar la satisfacción del cliente que es su razón de ser.

## **2.1. SISTEMAS DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS MÓVILES**

Los Sistemas de Gestión de Dispositivos Móviles (MDM Mobile Device Management, por sus siglas en inglés) son software que dan oportunidad de asegurar, controlar, gestionar y dar soporte a los dispositivos móviles de la empresa incluidos los personales.

Este tipo de software incluye las siguientes funcionalidades: distribución de aplicaciones, datos y configuración de todos los tipos de dispositivos móviles incluyendo teléfonos celulares, Smartphones, tabletas, computadoras, laptops, impresoras, dispositivos POS, etc., estos deben de ser aplicados tanto para los dispositivos propios de la empresa, como para los propios de los empleados, así como para los propios de los consumidores.

También debe de tenerse en cuenta el control y protección de los datos y la configuración de todos los dispositivos móviles en la red, reduciendo el costo y los riesgos del negocio, esto debe de tener el componente que permita optimizar la funcionalidad y seguridad de la comunicación de la red móvil.

## **2.2. MOVILIDAD CORPORATIVA**

Debido a que el Internet Móvil cada día se expande más en las empresas y a pesar de que esto repercute de forma positiva al aumentar la ventaja competitiva de las empresas y las posibilidades de resolver situaciones en tiempo real, no es menos cierto que las empresas se encuentran ante el desafío de gestionar y controlar el acceso inalámbrico a la información confidencial en la propia red de la empresa, implicando que se aumente a demanda de soluciones de gestión de dispositivos móviles.

Se da el caso actualmente, debido a la cantidad de dispositivos móviles que puede poseer un individuo, que un mismo usuario disponga de más de una terminal, entre personales y de la empresa y entre teléfonos inteligente, tabletas y laptops, provocando que se entremezclen sus usos, esto provoca una serie de problemas que los diseñadores de sistemas inteligentes empresariales deben de tener en cuenta. Entre ellos se encuentran:

- Buscar soluciones de gestión de dispositivos simples y centralizados: Se deben de controlar centralizadamente todos los dispositivos, sistemas operativos, aplicaciones que se permiten en la empresa, para que haya una sola política de movilidad para todos por igual.

- Entrenar al personal para que la movilidad apoye la productividad: Utilizar la movilidad en función del negocio, ya que el puesto de trabajo ahora se expande fuera de los límites de la propia oficina. Esto permite eliminar los tiempos muertos fuera de la oficina conectando permanentemente al trabajador con el proceso de negocio.

- Gestión centralizada del Sistema de seguridad de dispositivos móviles: Se debe de diseñar, de acuerdo con los indicadores de seguridad de la empresa, y de acuerdo a la estrategia de movilidad, el sistema que garantice la seguridad de los datos, para que no se pueda filtrar ninguna información confidencial por ninguna vía ni desde ningún dispositivo.

- Buscar soluciones adecuadas a las características de la empresa: Solo deben de



# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



permitirse los dispositivos móviles necesarios cuya gestión no incremente el costo, esto puede resolverse utilizando software gratuito que permita gestionar las terminales eficientemente.

De acuerdo a las investigaciones consultadas se ha encontrado que lo más conveniente son las que se basan en la Computación en la Nube o "Cloud Computing" que siguen la tendencia XaaS (Todo como Servicio), estas deben de incluir: IaaS (Infraestructura como Servicio), SaaS (Software como Servicio), Security as a Service, PaaS (Plataforma como Servicio), o sea todo como servicio.

### **2.3. COMPUTACION EN LA NUBE**

El significado de Computación en la Nube o "Cloud Computing" (CN) como se le conoce también, se dio a conocer inicialmente en 2006, cuando George Gilder publicó su artículo "The Information Factories" en la revista Wired. En él se expuso un modelo de Nube virtual, similar en estructura a la computación en grid, al permitir compartir recursos descentralizados geográficamente para resolver problemas de gran escala (Joyanes, 2009), sin embargo entre 2008 y 2009 fue que finalmente surgió el nuevo paradigma tecnológico de la Nube, con todas sus tecnologías asociadas, esto ya estaba siendo previsto por dos grandes cabeceras económicas, Business Week y The Economist, quienes analizaron con detalle la computación en la Nube y su impacto en las corporaciones.

Estamos ante un cambio determinante, en la aplicación de la computación en las empresas ya que los directivos deben enfrentar en conjunto con su área de Tecnología de Información para considerar el modo de adquirir y distribuir información en este entorno, protegiendo al mismo tiempo los intereses de la compañía. Es aquí donde las empresas innovadoras deben tomar ventaja de los nuevos recursos y reinventarse, aquellas que no se adaptan rápidamente pueden quedar desactualizadas y muy probablemente, fuera del negocio.

No obstante, la CN también representa grandes interrogantes y algunos problemas en asuntos altamente debatidos, como la protección de datos, la privacidad de los usuarios, la desaparición del ordenador tal y como hoy lo conocemos, sustituido por los equipos Smartphone, Tablet, u otros.

En Internet hay diversidad de nubes donde existen datos y aplicaciones que hacen uso de una extensa cantidad de servidores pertenecientes a los grandes de Internet, que poco a poco han logrado entrar con sus productos a cientos de empresas, universidades, administraciones, entre otros que desean ser favorecidos con las ventajas del uso de esta tecnología que permite: poseer centros de datos, correo electrónico disponible desde cualquier lugar, subir y descargar fotografías, videos, música, audiostreaming, gestión empresarial, etc.

Algunas de las innovaciones tecnológicas asociadas a la CN, que están produciendo transformaciones sociales, además del cambio tecnológico son: la Web en tiempo real, la geolocalización, la realidad aumentada, la telefonía móvil LTE de cuarta generación (4G), las tecnologías inalámbricas, códigos QR (Bidi), NFC, RFID, sensores inalámbricos, los estándares USB, Bluetooth e implantación de redes inalámbricas Wifi y WiMax, que están configurando la



# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



Internet de los dispositivos.

La CN representa un nuevo modelo de informática, considerado por muchos analistas tan innovadora y relevante como lo fue la computadora y el Internet en su momento. Es la evolución de un conjunto de tecnologías que tienen un gran efecto en la concepción de la infraestructura tecnológica de las empresas y organizaciones. Puesto que es como el cambio inesperado pero necesario que ha tenido la web, con la web 2.0 y la web semántica, CN incorpora nuevos conceptos potentes e innovadores que conforma un nuevo modelo con el cual trabajar. Este modelo puede estar relacionado a la infraestructura, a la plataforma o al software, como un ejemplo podemos tener, una aplicación a la que se accede a través de Internet y se ejecuta inmediatamente después de su carga, o bien puede ser un servidor al que se le solicita cuando este se necesite, ambas aplicaciones pueden ser utilizadas cuando sea necesario y pagando solo por el tiempo que considere preciso.

Actualmente no hay una definición que sea considerada como final acerca de CN; sin embargo, existen organismos internacionales cuyos objetivos son la estandarización de Tecnologías de la Información y, en este particular, el National Institute of Standards and Technology (NIST) y su Information Technology Laboratory, define la Nube o el Cloud Computing como:

*“Un modelo que permite el acceso bajo demanda a través de la Red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar rápidamente con el mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor del servicio”* (Timothy Grance, 2011).

### **3. MÉTODO, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el presente trabajo se utiliza el Método de Análisis Histórico-Lógico.

Lo histórico está relacionado con el estudio de la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos en el decursar de una etapa o período, en este caso se ha estudiado los sistemas inteligentes empresariales desde su perspectiva histórica.

Lo lógico se ocupa de investigar las leyes generales del funcionamiento del fenómeno, estudia su esencia (Cerezal y Fiallo 2002).

Lo lógico y lo histórico se complementan y vinculan mutuamente. Para poder descubrir las leyes fundamentales de los fenómenos como el Método Lógico debe basarse en los datos que proporciona el método histórico, de manera que esto no constituya un simple razonamiento especulativo. De igual modo lo histórico no debe limitarse solo a a simple descripción de los hechos, sino también debe descubrir la lógica objetiva del desarrollo histórico del objeto de investigación, en este caso los sistemas inteligentes empresariales.

Los sistemas inteligentes empresariales a la luz del año 2013 deben de permitir aumentar la eficiencia del negocio y mejorar a satisfacción del cliente al permitir que puedan identificarse los clientes y usuarios para darle una personalizada y mejor atención gracias a que la conectividad es en ambos sentidos, siempre cuidando la información a través de sistemas que gestionen los dispositivos móviles de forma remota pero segura.

Los sistemas inteligentes empresariales, gracias a la Computación en la Nube pueden economizar equipamiento, crear estrategias para utilizar los datos almacenados en dispositivos



# Ier Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013

Septiembre 30, 1, 2 de Octubre



inteligentes y analizar y agilizar la toma de decisiones en tiempo real.

La evolución de los sistemas inteligentes empresariales ya se perfila que va más allá de un simple sistema de información, aprovechará las posibilidades de la voz, video, gusto, tacto, etc., en función de brindar mayores capacidades entre el usuario y el sistema, tanto en la captura de información como con su propia interacción, todo ello gracias a la movilidad empresarial que se ha facilitado con las Telecomunicaciones e Internet.

## 4. CONCLUSIONES

El apoyo de la movilidad corporativa brinda facilidad de acción, seguridad y confiabilidad, para extraer el valor de la información para el negocio en tiempo y forma, siempre y cuando esté presente un Sistema de Gestión de Dispositivos Móviles.

Para contrarrestar la cantidad de dispositivos móviles que puede poseer un individuo dentro de una empresa se deben de buscar soluciones basadas en la Computación en la Nube donde se siga las tendencias XaaS (Todo como servicio), que facilite todos los servicios bajo demanda a través de la Red, compartiendo los recursos eficientemente y logrando aumentar la ventaja competitiva de la empresa.

## REFERENCIAS

- [1] **Acens. 2013.** La nube generará más de 200.000 millones en 2014. [Nota de prensa]. Madrid, España : Telefonica, mayo de 2013.
- [2] **Areitio, Javier. 2010.** Protección del Cloud Computing en seguridad y privacidad. s.l. : Revista española de electrónic, 2010. 666, págs. 42-48. ISSN 0482-6396.
- [3] **Avanade. June 2011.** *Global Survey: Has Cloud Computing Matured? Third Annual Report.* Research & Insights. June 2011.
- [4] **Cerezal, J. , Fiallo, J., 2002.** Los métodos científicos en las investigaciones pedagógicas, Edit Pueblo y Educación, La Habana, Cuba
- [5] **CSA. 2011.** Security guidance for critical areas of focus in Cloud Computing v3.0. CSA. [En línea] 2011. t <http://www.cloudsecurityalliance.org/guidance/csaguide.v3.0.pdf>. *Executive's Guide to Cloud Computing.*
- [6] **Marks, Eric A. y Lozano, Bob. 2010.** s.l. : Wiley, mayo de 2010, págs. 82-83. ISBN-10: 0470521724 ISBN-13: 978-0470521724.
- [7] **Gartner, Inc. 2013.** Gartner: Cloud Computing. *Gartner.* [En línea] 2013. [Citado el: 8 de abril de 2013.] <http://www.gartner.com/technology/topics/cloud-computing.jsp>.
- [8] **GOBeNIC. 2009.** GOBeNIC. *Estrategia General y Líneas de Acción de la Comisión de Gobierno Electrónico (GOBeNIC).* [En línea] 14 de Diciembre de 2009. <http://www.gobenic.gob.ni/comision/QS/estrategia>.
- [9] **INTECO-CERT. 2011.** Riesgos y Amenazas en Cloud Computing. *INTECO.* [En línea] marzo de 2011. [http://cert.inteco.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert\\_inf\\_riesgos\\_y\\_amenazas\\_en\\_cloud\\_computing.pdf](http://cert.inteco.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf).
- [10] **Joyanes, Luis. 2009.** La Computación en Nube (Cloud Computing): El nuevo paradigma tecnológico para empresas y organizaciones en la Sociedad del Conocimiento. s.l. : Icade: Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, 2009. 76, págs. 95-111. ISSN 1889-7045.
- [11] **Skok, Michael J. 2012.** Future of Cloud Computing 2012. [Diapositiva]. 2012. <http://es.slideshare.net/mjskok/2012-future-of-cloud-computing-2nd-annual-survey-results>.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



- [12] **Timothy Grance, Peter Mell. 2011.** *The NIST Definition of Cloud Computing - Recommendations of the National Institute.* Computer Security Division. Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 2011. 7 P.. 800-145.
- [13] **World Economic Forum and INSEAD. 2012.** *The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World.* 2012. pág. 441. ISBN-10: 92-95044-33-9; ISBN-13: 978-92-95044-33-3



## **ALGORITMO SEGUIDOR DE RUTAS PARA EVACIÓN DE OBSTÁCULOS**

*E.G. Ramírez Corona., L.R. Coello Galindo., A.S. DíazFergadiz Roldán., M.A. Sánchez Zapién.,  
S.I. Pérez Brito.*

*Escuela Superior de Tizayuca. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Km. 2.5 carretera  
federal Tizayuca-Pachuca. C.P. 43800. Tizayuca, Hidalgo, México.*

### **Resumen**

El sistema propuesto se basa en la implementación de un mapa de navegación construido a través de un plano cartesiano y con un obstáculo fijo definido por el usuario, Como parte inicial del funcionamiento, se deduce una ruta de navegación de un punto a otro utilizando el método numérico de LaGrange para encontrar la ruta más corta y efectiva, mediante la selección de botones se generan obstáculos fijos previamente definidos por el usuario los cuales deberán ser evadidos por un robot móvil, alterando de esta manera su ruta, pero sin alterar el punto final.

Palabras clave: Odometría, ruta de navegación.

### **1.Introducción**

Desde la creación de los robots móviles, es evidente que pueden llegar a colisionar. A partir de esto se ha buscado la realización de métodos anti-colisión y navegación segura. Los métodos de evasión de obstáculos en la navegación de un robot pueden categorizarse dependiendo si el obstáculo tiene o no movimiento. Para el desarrollo de la ruta de navegación se utilizará un obstáculo fijo utilizando una ruta lineal.

### **2.Desarrollo**

La **Odometría** es el estudio de la estimación de la posición de vehículos con ruedas durante la navegación. Para realizar esta estimación se usa información sobre la rotación de las ruedas para estimar cambios en la posición a lo largo del tiempo. Este término también se usa a veces para referirse a la distancia que ha recorrido uno de estos vehículos.

Los robots móviles usan la odometría para estimar (y no determinar) su posición relativa a su localización inicial.

Las etapas a considerar para la navegación son (González, 2012):

1. La planeación del movimiento: una ruta completa desde el punto inicial hasta el punto meta, que el algoritmo debe de seguir.

2. Evaluación de la ruta local: Las rutas de navegación posible son evaluadas, para que entre ellas, elegir la que sea libre de obstáculos y más próxima a la meta.

3. Capacidad de reacción: actualizar la dirección de movimiento basado en la información actual de la ruta, si hay obstáculos detectarlos para evadirlos y crear una nueva ruta a partir del último punto para llegar a la meta.



## 2.1. Descripción del problema

El problema a resolver consiste en crear un algoritmo que genere una ruta óptima y cercana desde los puntos iniciales y finales. Esta ruta es definida por el usuario, vía una interfaz gráfica, modelada por el software de programación C#(C- Sharpe). Así mismo el algoritmo es capaz de modificar las celdas para que actúen como obstáculos, de tal forma que interrumpan el camino de un robot móvil.

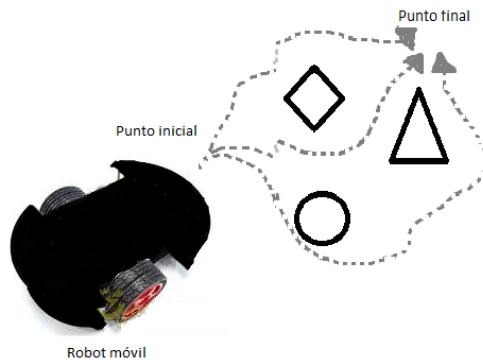


Fig. 1. Descripción del problema

En la fig. 1., el algoritmo debe ser capaz de responder ante un posible obstáculo en su camino sin que el móvil cuente con sensores electrónicos o elementos de adquisición de imagen o video, por lo que el algoritmo propone adecuarse en cuanto el dispositivo encuentre una obstrucción en el camino previamente trazado, mediante la implementación de pesos en las celdas que definen el camino a seguir.

## 2.2. Diseño del algoritmo

Primeramente se debe crear una matriz de botones de manera dinámica [Fig. 2] mediante el siguiente código, esta creación de botones emulará el plano cartesiano que seguirá la ruta:

```
void AddBotones()
{
    boton = new Button[9,15];
    for (int i = 0; i < 9; i++)
        for (int j = 0; j < 15; j++)
        {
            boton[i,j].Location
            boton[i,j].Name
            boton[i,j].Size
            boton[i,j].TabIndex
            boton[i,j].Text
            boton[i,j].Visible
            boton[i,j].Tag
            boton[i,j].UseVisualStyleBackColor
        }
}
```

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133

Fig. 2. Creación del mapa cartesiano en C#

Posteriormente se utiliza un algoritmo de degradado para definir costos [Fig. 3] empleando el siguiente pseudocódigo; el cual incrementa el valor de los vecinos del obstáculo de manera que se hacen más pesados y el algoritmo trata de evadirlos.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
Septiembre 30, 1, 2 de Octubre



```

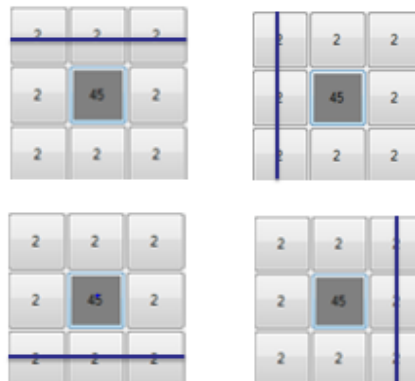
boton[i,j].Click += new EventHandler((sender, e) =>
Button boton = (Button)sender;
if (boton == Color.Gray)
{
    boton.BackColor = Color.Empty;
    Determinar linealmente caso 1(x,y): componentes del boton en matriz
    generar ruta();
    degrade(h, g);
}
}
Else
{
    boton.BackColor = Color.Gray;
    Determinar linealmente caso 2(x,y);
}

```



Fig. 3. Pseudocódigo para generar el degradado de las casillas.

Los vecinos se ven alterados después de fijar el evento handler (Deitel) el cual es empleado para crear los obstáculos e incrementar su valor para que el móvil los evada.



Mediante el método numérico de LaGrange se crea la ruta inicial uniendo dos puntos con una línea recta [Fig. 4]

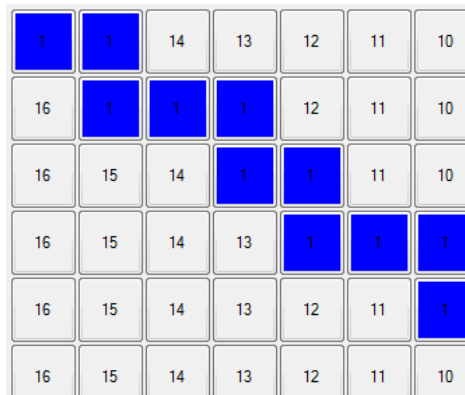


Fig. 4. Creación de ruta mediante LaGrange.

Se evalúan en torno a las manecillas de reloj [Fig. 5] para determinar la de menor costo.



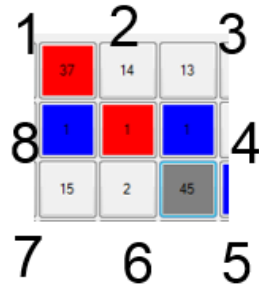


Fig. 5. Determinación de orden de pesos.

Se modela el algoritmo para suavizar los movimientos del objeto [Fig. 6]. De esta manera se trata de hacer más eficaz y no tan burdo los movimientos del móvil, donde la posición actual es delimitada desde la función anterior y compara el estado anterior siendo este al inicio de todo el sistema sur.

La función en base a los datos, determina cuantos grados debe de girar y hacia a donde avanzar una vez que se saben las posiciones actuales que se convierte en anterior al salir del caso y posición actual que se vuelve a definir en la función de creación de ruta en cada iteración de ciclo.

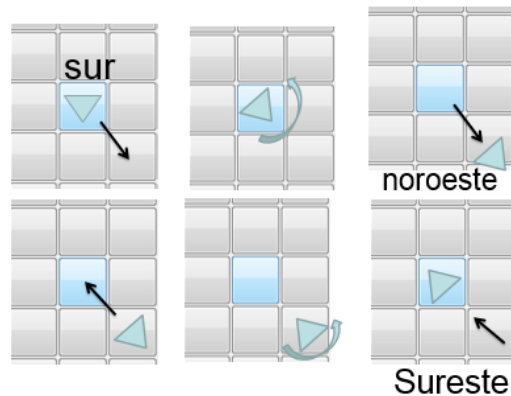


Fig. 6. Creación de giro para los motores del móvil

Se implementa el algoritmo de Magnetismo, esto hace posible que de los puntos (h, g), los valores que van avanzando en la matriz van creciendo de forma cuadrada aumentando en "t", sus valores así que si se siguen los valores más pequeños se crea una "atracción" hacia el punto (h,g); esto lo hace solo exceptuando los 45 obstáculos.



```
Degradeout(coordm h, coordn g)
if (h == 0) { }
else
{
    for (int t = 1; t <= 16; t++)
    {
        for (int p = h - t; p <= h + t; p++)
        {
            if (p >= 0 && p <= 8 && (g - t) >= 0 && (g - t) <= 14)
            { if (boton[p, g - t].Text == "45" || boton[p, g - t].Text == "2") { }
            else boton[p, g - t].Text = Convert.ToString(t + 2); }
            if (p >= 0 && p <= 8 && (g + t) >= 0 && (g + t) <= 14)
            { if (boton[p, g + t].Text == "45" || boton[p, g + t].Text == "2") { }
            else boton[p, g + t].Text = Convert.ToString(t + 2); }
        }
        for (int p = g - t; p <= g + t; p++)
        {
            if (p >= 0 && p <= 14 && (h - t) >= 0 && (h - t) <= 8)
            { if (boton[h - t, p].Text == "45" || boton[h - t, p].Text == "2") { }
            else boton[h - t, p].Text = Convert.ToString(t + 2); }
            if (p >= 0 && p <= 14 && (h + t) >= 0 && (h + t) <= 8)
            { if (boton[h + t, p].Text == "45" || boton[h + t, p].Text == "2") { }
            else boton[h + t, p].Text = Convert.ToString(t + 2); }
        }
    }
}
```

### 3. Pruebas

Primeramente se crea la interfaz de botones [Fig. 7] definiéndola por medio de una matriz de 9x15 así como de la creación de botones para definir la ruta inicial así como de la opción de manipular el punto final de la ruta.



Fig. 7. Ambiente de desplazamiento

Después de insertar las coordenadas del punto inicial se procede a trazar la ruta mediante LaGrange de un punto inicial al punto final definido por el usuario [Fig. 8]

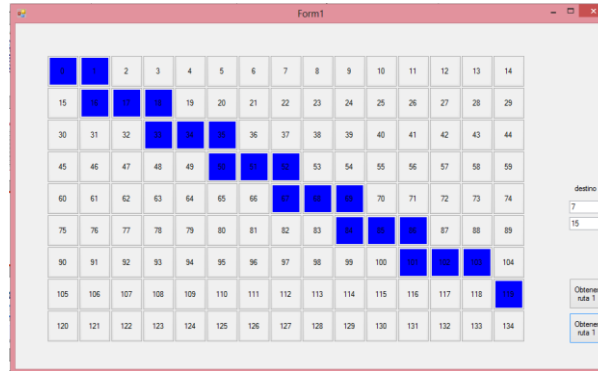


Fig. 8. Trazo de ruta mediante Lagrange

Se muestra la creación de obstáculos mediante el evento Handler los cuales interrumpen la ruta ideal [Fig. 9], como se observa en la figura, al seleccionar los puntos que definen el obstáculo, se asignan mayores pesos, esto para que repelen la atracción que estos mismos generan al seguir un punto a otro.

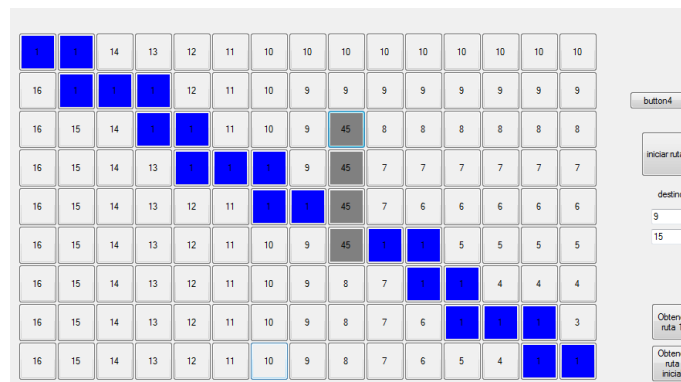


Fig. 9. Obstáculo sobre trayectoria deseada

Finalmente se ejecuta el programa y la nueva ruta creada a partir de la evasión del obstáculo (de rojo) se separa de la original (azul) gracias al algoritmo de costos y gracias al algoritmo de magnetismo después de evadir el obstáculo regresa a la ruta inicial y llega a la meta [Fig. 10]



Fig. 10. Ruta alterna seleccionada por el algoritmo

#### 4. CONCLUSIONES

La ruta más corta en distancia no es siempre la más rápida en tiempo si tiene complicados giros, de ahí se da la importancia de crear algoritmos que suavicen y magnifiquen la eficiencia de los movimientos, el sistema está diseñado para trabajar lógicamente sin ayuda de sensores por lo que la trayectoria debe ser predefinida por el usuario a través de un mapa cartesiano, con el uso del punto inicial y final siguiendo de esta manera la ruta más óptima evadiendo los pesos de los obstáculos y generando una nueva ruta a partir de estos, cabe mencionar que este algoritmo está diseñado para implementarse en un robot tipo móvil cuyo desplazamiento deberá ser rigurosamente en un terreno plano y con obstáculos fijos.

#### REFERENCIAS

- [1] Stallings, William. "Computer organization & architecture Designing for performance", Edit. Pearson education.
- [2] Deitel, Harvey M., Deitel, Paul J. "C++: Como programar", Edit. Pearson education.
- [3] Rubio, Antonio., Altet, Josep., Aragonés, Xavier., González, José Luis., Francesc Moll, Diego Mateo. "Diseño de circuitos y Sistemas integrados". Edit. Edicions UPC, 2003.
- [4] González S., José. "Rutas de navegación y evasión de obstáculos de robots móviles en terrenos exteriores. Tesis. Cinvestav-IPN. 2012



## VISIÓN SISTÉMICA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

**Graciela Vázquez Álvarez, José Luis González Domínguez**

*Instituto Politécnico Nacional, Sección de Posgrado e Investigación-ESIME-Zac-IPN, D.F., México*

[gravazquez@hotmail.com](mailto:gravazquez@hotmail.com), [jose77luis@yahoo.com](mailto:jose77luis@yahoo.com)

### Resumen

Es muy frecuente encontrar que una persona que tiene la intención de desarrollar un sistema de información, al realizar un análisis dentro de una empresa, se enfrente a la interrogante de qué hacer al iniciar el Desarrollo de un Sistema de Información. El presente documento constituye una herramienta para la identificación del trabajo a desarrollar en una empresa u organización de cualquier índole. Esta es una forma esquemática de analizar los Sistemas de Información en el que se muestra de manera gráfica que el sistema se puede concretar si se identifica con visión sistémica el sistema donde se desea trabajar y se detecta la situación actual que se tiene y aquella a la que se quiere llegar. Es decir, qué es lo que se tiene y qué es lo que se desea. Enseguida se da paso a que la discrepancia entre estos dos universos, es precisamente donde radica el trabajo a desarrollar en un Sistema de Información. Desde luego apoyada en conceptos teleológicos (funciones, metas, propósitos, elección y libre albedrío) para la identificación de requerimientos y explicar los fenómenos que generan los problemas en lo que se refiere a manejo de información dentro de una organización. En conclusión, este trabajo coadyuva a centrar y enfocar el desarrollo de alternativas de solución de una situación no deseada dentro de un contexto determinado.

**Palabras Clave:** Visión, Sistémica, Sistema de Información, Conceptos Teleológicos.

### 1. Introducción

Los sistemas de información son diseñados e implantados en las organizaciones no sólo para gestionar su información sino también como medio para automatizar y mejorar los procesos que en ellas ocurren. Dependiendo de las actividades de los usuarios o las organizaciones que operan los diferentes sistemas de información es que se podrán encontrar mayores o menores beneficios al momento de su uso.

Los sistemas de información constituyen en la actualidad un elemento clave en las organizaciones, con un importante impacto en sus procesos, estructura y cultura (Orero, 2007). Un sistema será más eficiente y mejor cuanto más capaz sea de mejorar los procesos de negocios y de toma de decisiones ya que así conducirá a una mayor rentabilidad en las organizaciones además de reducir sus costos (De Pablos, 2006).

La visualización sistémica de un Sistema de Información permite conocer y delimitar el terreno de lo desconocido, es decisivo en el resultado final: una definición incorrecta nos lleva a encontrar una pseudo-solución. Su planteamiento adecuado no sólo implica considerar la situación problemática, sino que es necesario también atisbar las posibles vías de solución.

La identificación de una necesidad no es suficiente para establecer los criterios que debe satisfacer la solución del Sistema; en este caso únicamente se reconoce la existencia de una necesidad para la cual se requiere una solución.

Para lograr una buena identificación de necesidades o problemas, se propone seguir un



método que se ha llamado Visión Sistémica de un Sistema, el cual se describe a continuación:

## 2. Desarrollo

Visión Sistémica de un Sistema de Información.

Inicialmente a través del proceso de observación, un analista o investigador debe hacer numerosas anotaciones y bosquejarlos para tener un archivo permanente de sus ideas que más tarde le sirva como referencia. Se debe revisar periódicamente estas ideas y anotaciones previas para evitar pasar por alto un concepto importante. Las ideas y pensamientos son el recurso vital de la creatividad y no deben desecharse.

Esta actividad puede realizarse con la ayuda del diagrama general de un sistema, el cual consiste en identificar la(s) entrada(s), el proceso (s), y la(s) salida (s) como se indica en la siguiente figura:



**Fig. 1 Diagrama General de un Sistema**

Partiendo de la definición de Ackoff de lo que es un problema, se tiene que éste “es la desviación entre lo real y lo deseado”, por tanto la salida de cualquier sistema es lo que se desea lograr, es decir la situación deseada o lo que se quiere obtener del sistema. Previamente se deberá haber identificado lo que se tiene; esto es lo que en el momento del análisis serían las entradas. Esta idea hace ver un ángulo que vincula la entrada con la salida, por lo que el diagrama anterior de la Fig. 1 se modifica de la siguiente manera:

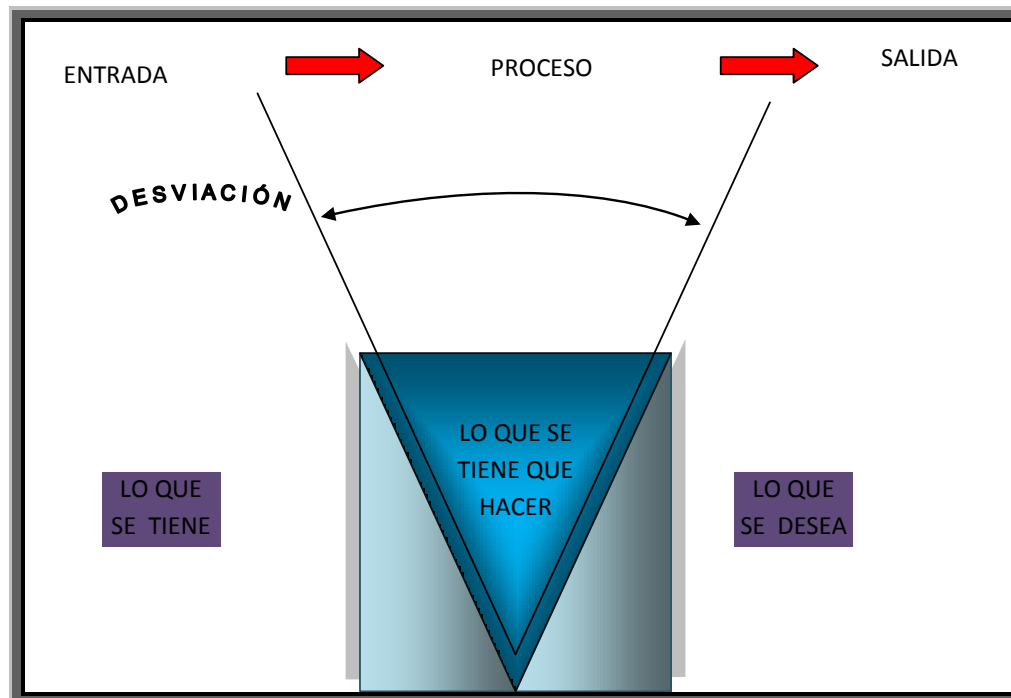


Fig.

2 Visualización Sistémica de un problema

El diagrama anterior permite visualizar que el sistema está realmente entre la entrada y salida de cualquier sistema del cual se espera funcione de alguna manera en particular.

Dicho de otra manera, la (s) entrada (s) es con lo que en realidad se tiene y esto quedaría como todo aquello con lo que se cuenta o tiene para iniciar algo y la(s) salida(s) es todo aquello que se quiere o desea funcione, trabaje, o se comporte el sistema en cuestión.

Para que esto sea real se tiene que trasladar este esquema dentro de un contexto, el cual indicara donde se quiere esto sea una realidad.

A menudo, los estudios de ideas preliminares no se desarrollan hasta su estado final sino mucho tiempo después del trabajo inicial. Las observaciones a este sistema deben ser lo más cuidadosas, detalladas y completas que se puedan para que reflejen las ideas claras del que visualiza el sistema durante el período en que su pensamiento sigue de cerca el sistema y, de esta forma, le ayude a retener su dominio. Las anotaciones breves o incompletas pueden ocasionar la pérdida de tiempo en la recuperación de conceptos olvidados o bien en pérdida de información. Los comentarios generales pertenecientes a una idea o bosquejo deben ser parte del registro permanente.

De esta manera, resulta fácil concentrarse prematuramente en una solución particular del sistema antes de analizarlo completamente. Más tarde, se dará cuenta de que su primera impresión no tenía el fundamento adecuado o éste era inexacto, debido al estudio incompleto de todos los factores es decir, no se tiene una visualización sistémica del sistema.



### 3. Método para tener una Visión sistémica de un Sistema de Información.

Este método consta de tres etapas: En la primera etapa del proceso se debe realizar un análisis del Sistema. Éste básicamente se hace del lado de la(s) entrada(s). Esto es, se busca reconocer los antecedentes o bien recolectar la información actual para identificar como es que funciona actualmente el sistema, es decir se hace un análisis de la situación; de tal manera que el gráfico se modifica como se muestra. Las líneas vertical y horizontal de la siguiente figura demarcan la zona de análisis:

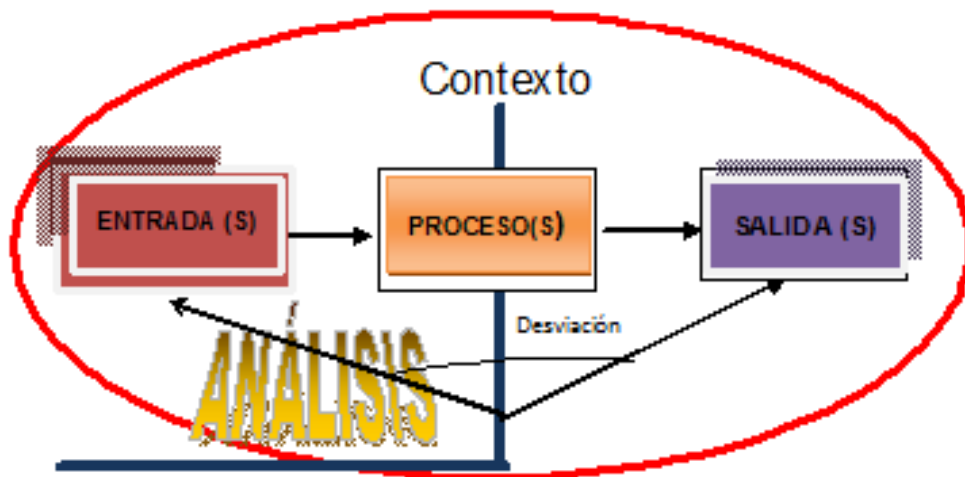


Figura. 3 Análisis del Problema

La segunda etapa corresponde con base en el análisis, a realizar un proceso creativo que permita generar alternativas para crear la salida deseada. Esto es realizar un proceso de diseño el cual se muestra en la siguiente figura.



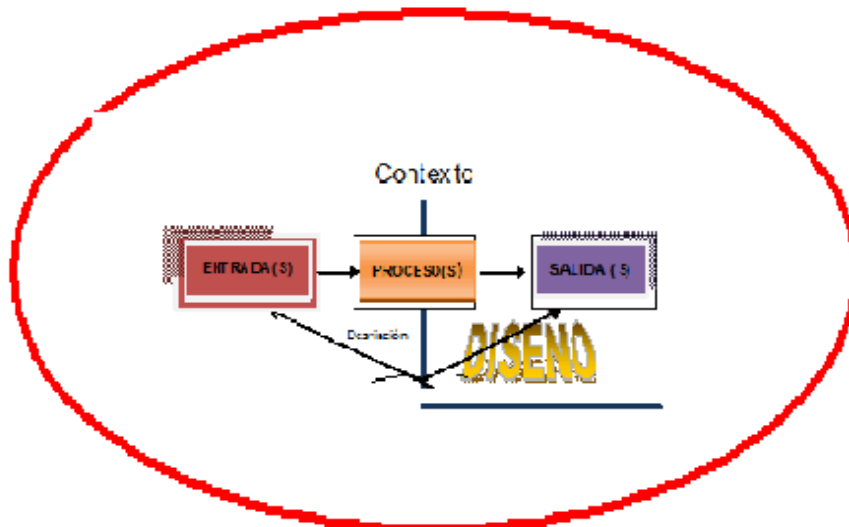


Figura.4 Diseño de la solución del Problema

La tercer etapa es una vez realizado al análisis y el diseño de la solución al Sistema consiste en proceder a planear lo que se tiene que hacer, para lograr que lo que salga del sistema, sea lo que se haya identificado deseado haciendo uso de lo que se tenía más lo que haga falta.

La visión sistémica de un Sistema de Información es un ejercicio mental, que requiere que el analista o investigador analice requisitos, limitaciones y otros parámetros. Este proceso mental está dirigido hacia resultados tangibles y los métodos gráficos se utilizan como un estímulo para motivar el pensamiento. Las anotaciones gráficas y bosquejos le permiten comunicarse consigo mismo y solidificar sus ideas.

El analista o investigador debe dedicar todos sus esfuerzos a la transcripción de sus pensamientos en hojas de trabajo tan pronto como sea posible, en vez de perder el tiempo esperando la inspiración.

En cada una de las partes que conforman este proceso, hay que recordar siempre de hacer uso de los conceptos teleológicos (funciones, metas, propósitos, elección y libre albedrio, los cuales permiten reconocer que un sistema es una tarea multidisciplinaria, y/o transdisciplinaria.

Una vez realizada la visión sistémica de un Sistema de Información, se está en condiciones de tener perfectamente un Sistema, el cual consta de 5 partes como se indica a continuación.

**1. Definición del Sistema.** Esta definición se debe escribir como punto de partida del proceso mental. La definición debe ser completa pero concisa para que el diseñador se pueda referir a ella con un mínimo de lectura.

**2. Requisitos del Sistema.** Haga una lista de los requisitos positivos que debe satisfacer el diseño. Utilice palabras o frases para describir requisitos o funciones específicos y que sean



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



importantes en la solución del Sistema.

Estas proposiciones pueden ser preguntas para contestar cuando se tengan datos suficientes.

**3.Limitaciones del Sistema.** Enumere los factores negativos que restringen el Sistema. Por ejemplo: (1) no puede ser de uso general, (2) el Sistema debe ser debe amigable para los usuarios, etc.

**4.Bosquejos.** Haga bosquejos de cualquier limitación física o requisito relacionados con el Sistema. Añada las anotaciones o dimensiones que aclaren la idea del bosquejo.

**5.Recolección de datos.** Un diseño completo puede necesitar el estudio de datos existentes relacionados con el Sistema. Estos datos pueden ser crecimiento de población, diseños afines, características físicas asociadas con el problema o análisis del mercado, cuando se elabora un producto de consumo general. La información de este tipo debe presentarse gráficamente cuando sea posible para permitir un análisis fácil, ya que la información tabulada es difícil de evaluar.

#### **4. Discusión de los Resultados**

El analista o investigador puede descubrir que su concepto acerca de la identidad del Sistema cambia a medida que obtiene más información pertinente. En este caso, se debe modificar la definición del sistema para describirlo en una forma más apropiada. La primera proposición no debe descartarse, sino que debe conservarse como registro del proceso deductivo; simplemente escriba una nota para indicar que la primera proposición fue revisada. Un lápiz de color ayuda a resaltar estas notas secundarias.

La identificación del Sistema es la primera tarea que el diseñador debe afrontar en cualquier proceso. Los dos tipos básicos de identificación son: (1) identificación de la necesidad y (2) identificación de los criterios de diseño.

La identificación de una necesidad consiste en el reconocimiento de un Sistema corregible o de un defecto o falla. Por extensión, este reconocimiento puede conducir a una propuesta del diseñador, en donde se establece la necesidad y se solicita permiso para intentar su solución. Esta propuesta puede ser una fase simple que establezca una necesidad o un informe extenso que incluya la identificación de los criterios de diseño.

#### **5. Conclusiones**

Es importante para conseguir una visión sistémica de los Sistemas de Información considerar un método que puede auxiliar al observador en la organización de sus esfuerzos, bien sea que trabaje independientemente o como miembro de un equipo de diseño. Este método, o uno parecido, pueden ser empleados para reducir pérdidas de tiempo y esfuerzo debidos a falta de organización. El programa de actividades debe revisarse y mortificarse de acuerdo con el progreso realizado a través del proceso de diseño.

El carácter subjetivo que inicialmente genere la visión sistémica de un Sistema de Información puede dificultar su planteamiento correcto; sin embargo, este paso es fundamental y determinante para el desarrollo Sistema. La objetividad consiste en no



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



asumir lo deseado como verdad, ni obviar los resultados desfavorables, sino estar en capacidad de apreciar la realidad como es y no de la manera que aspiramos. El pensamiento creador, según el Premio Nobel de Medicina *Sent Gyorgyi*, consiste en “ver lo que todo el mundo ve y pensar lo que nadie piensa”.

#### Referencias.

- [1] **Orero, A., López, J. L., & Arroyo, J. L. (2007).** Caso Lyma Getafe, S.A.M.: desarrollo e implantación de un plan estratégico de sistemas en una empresa municipal de servicios. *Revista de empresa*, 11.
- [2] **De Pablos, C., López-Hermoso, J. J., Martín-Romo, S., Medina, S., Montero, A., & Nájera, J. J. (2006).** Dirección y Gestión de los Sistemas de Información de la Empresa (Second ed.). Madrid, España: ESIC.
- [3] **Bunge M. 2002,** *Epistemología. Curso de actualización.* México D.F.: Siglo Veintiuno Editores, S. A. de C. V.
- [4] **Ackoff R. 2005,** “*Cápsulas de Ackoff: Administración en pequeñas dosis*” México D.F.: Limusa-Noriega
- [5] **Ruíz R. 2004,** “*El Método en las Ciencias, Epistemología y Darwinismo*”; México D.F.: Limusa-Noriega
- [6] **Ackoff R. 2005,** “*Rediseñando el Futuro*”; México D.F.: Limusa-Noriega.
- [7] **González-Domínguez J. L. 2010,** *Diseño de un Sistema de Información para Administrar una Microempresa. Caso de estudio: Negocio para comercializar Artesanías pistemología. Curso de actualización.* México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.



## CORROSIVE SYSTEM MONITORING USING BEES ALGORITHM

E. Bolaños-Rodríguez<sup>a</sup>, J.C. González Islas<sup>b</sup>, E. Lezama-León<sup>a</sup>, A. Pérez-Rojas<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Escuela Superior de Tizayuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5 Carretera  
Federal Tizayuca-Pachuca. C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México.

<sup>b</sup>Universidad Tecnológica de Tulancingo, Tulancingo, Hidalgo. México.

### ABSTRACT

The purpose of this research is to predict failures (corrosion, cracks, laminations, joins or other) in pipelines carrying natural gas. Using the Bees Algorithm based on the behavior that perform in nature. The obtained results show the systematic occurrence of faults, which implies the need for preventive maintenance in pipelines to keep infrastructure and population security.

**Key words:** Pipelines failures, Bees Algorithm, preventive maintenance.

### 1. INTRODUCTION

Many complex engineering problems cannot be solved exactly with polynomial computation, so in recent years evolutionary algorithms have been implemented for global search and optimization, which offer advantages such as simplicity and ease of implementation, general purpose permit an effective global search based on the selection of the best individuals from each population. (Hans, 2001)

The search for a global solution used evolutionary algorithms based on population to converge at the optimum; they include the Ant Colony Optimization (ACO), Genetic Algorithms (GA's), Particle Swarm Optimization (PSO) and Bees Algorithm (BA). In particular the latter has several characteristics that identify, such as: a relatively low convergence time, a small number of parameters to configure and simple heuristics. (Goldberg, 1989) and (Eberhart, Shi and Kennedy, 2001)

The BA mimics the behavior in the nature of the swarms of honeybees during foraging, and this performs a combination of local and random search global, able to find efficient solutions to the problem proposed. (Pham and Ghanbarzadeth, 2006: 454-459)

The pipelines usually have faults along its route for the carriage of natural gas, making it necessary to use tools for predicting the occurrence of faults both in a given segment as at specific points, which is why an algorithm is required comply with these restrictions to find an optimal solution.

The main faults in the pipelines can be chemical in nature and/or electrochemical processes manifested by aggressive or physical in nature shown through cracks, laminations, or other joints.

In the Petroleum Industry is very used the API 5L X-70 for construction of pipelines which



have frequent failures to predict diverse nature that prevent loss of life, severe economic and ecological damage. (Mc Allister, 2009)

## 2. METHODS AND MATERIALS

Recorded data are collected by a group of researchers CIATEQ (Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, A.C.), which uses a magnetostrictive sensor to quickly determine the defects in PEMEX pipeline structures shown in Table I.

**Table I.** Inspection report generated by the system. (CIATEQ, 2003)

No	Symbol	Distance	% Defect	Class
1	w1	2.17	10	Weld
2	D1	3.75	5.11	Defect
3	X	11.37	1.87	Direccionalidad
4	W2	15.62	10	Weld
5	D2	20.22	6.72	Defect
6	D3	25.36	2.96	Defect
7	D4	25.98	3.05	Defect
8	D5	26.33	3.39	Defect
9	EW	29.07	17.08	Elbow Weld
10	EW	29.53	4.84	Elbow Weld

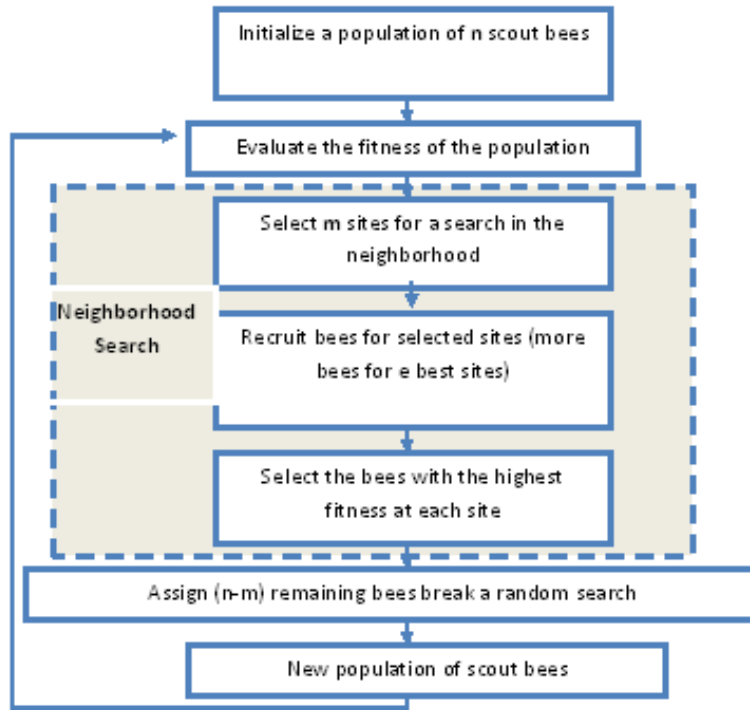
These data are obtained in sections of 35 meters of pipeline of 36 inches in diameter made of steel API 5L X-70 whose composition is shown in Table II, in an area of central Mexico.

**Table II.** Nominal composition of steel API 5L X-70,% by weight. (Arámburo, García, Pérez y Juárez, 2004: 17-6)

C	Mn	Si	S	P	Al	Nb	Cu	Cr	Ni	Ti	Ca	N <sub>2</sub>
0.03	1.5	0.1	0.00	0.01	0.0	0.0	0.2	0.26	0.16	0.010	0.002	0.004
7	0	4	3	5	3	9	7				5	0

From these data BA is applied, which is conditional on an objective function that includes parameters for estimating product failures through a global search in the solution space, where you get the optimal solution.

It uses the algorithm described in the flow chart shown in Figure 1. Pham and Ghanbarzadeth (2006)



**Figure 1.** Flowchart of Bees Algorithm

Where the parameters of the algorithm are:

- n = Number of scout bees.
- e = Number of bees elite.
- m = Number of points selected sites visited.
- nos = Number of bees used to visit sites elite.
- nsp = Number of bees used for other selected sites.
- ngh = Size of the site.
- Stop Criteria = Number of iterations.

All global search algorithm based on population requires an objective function ( $A$ ) which subjects the behavior of the algorithm.  $A$  contains the parameters of the restrictions of the function. In this particular problem of failure prediction in pipelines, are restricted securities positions and extent of the flaws in the positions defined through equation 1 which is minimized using BA.

$$A = \sum_{\omega=0}^L p_1(\omega) |f_e(\omega) - f_d(\omega)| + p_2(\omega) \quad \text{Equation 1}$$

Four necessary and sufficient conditions are:

$$f_d(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega = \omega_{i=1..n} \\ f_d, & \text{otherwise} \end{cases}$$



Where  $n$  is the number of faults identified and the vector in this particular work is represented by a bee.

$$p_1 = \begin{cases} 30, & \omega = \omega_i \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$p_{2w}, p_{2ep} = \begin{cases} 5, & f_e < 10 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$p_{2ew} = \begin{cases} 5, & f_e < 10 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

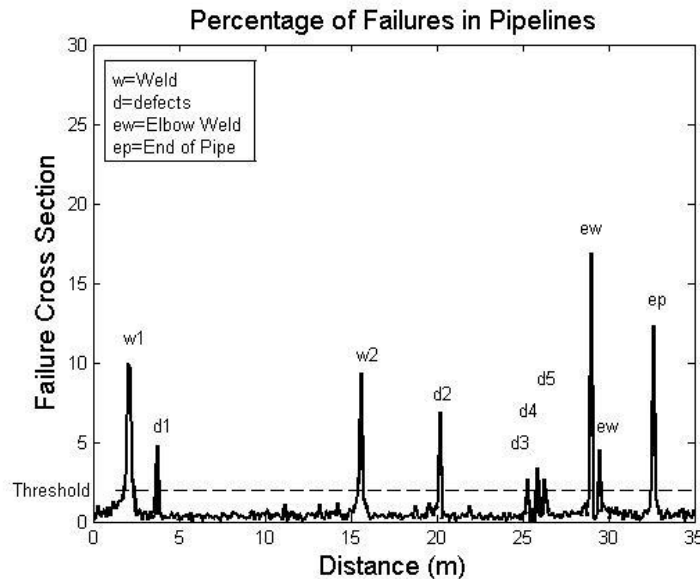
Where  $f_e(\omega)$  and  $f_m(\omega)$  are estimated using BA function and measured by the magnetostrictive sensor and  $p_1(\omega)$  and  $p_2(\omega)$  are included in  $A$  to control the position and extent of the faults respectively.  $p_1$  values ( $\omega$ ) and  $p_2(\omega)$  are chosen from experience in the use of this optimization tool.

The proposed algorithm was programmed in Matlab 7.10 simulation platform where you get the graph corresponding to the optimal solution found.

### 3. RESULTS AND COMMENTS

Figure 2 shows the behavior of failure rates in the product review section, which shows the existence of high percentages of those above the threshold between 2 and 3%. CIATEQ (2003)

Importantly, the highest failure rate occurs in the location of the fixtures and fittings of the system and not caused by nature corrosive chemical processes and/or electrochemical, which shows resistance to the environment (natural gas) that presents the steel API 5L X-70 used for pipeline construction.



**Figure 2.** Results of the estimation of failure by BA.

The results obtained by BA, shown in Figure 2, are similar to those reported by using magnetostrictive technology, which indicates that this type of algorithm is a reliable and valid technique for estimation.

All the above allows for a prediction tool with a fast convergence time, without destructive testing, ease of application and implementation of failures in pipelines carrying natural gas.

#### **4. CONCLUSIONS**

We show that using evolutionary computation in particular BA, it is possible to predict the behavior of faults in pipelines carrying natural gas with the advantage of lower costs compared to other detection methods and have a fast convergence time.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

This work could be done by financial support from project PROMEP UAEH-PTC-455: "Monitoring system to process in petroleum industry".

#### **REFERENCES**

- [1] Hans-George 2001, "The theory of evolution strategies", Springer-Verlag, Berlin. 380 pp.
- [2] Goldberg DE. Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning Reading; Addison-Wesley Longman, 1989.
- [3] Eberhart, R., Y. Shi, and J. Kennedy, Swarm Intelligence. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2001.
- [4] D.T. Pham, A. Ghanbarzadeh. "The Bees Algorithm – A novel Tool for Complex Optimization





*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



- problems”, Elsevier, pp. 454-459, 2006.
- [5] E. W. Mc Allister, *Pipelines Rules of Thumb Handbook*, Seventh edition, Canada (2009).
- [6] CIATEQ, Tecnología MsS Magnetoestricción, Premio Nacional de Tecnología, México (2003).
- [7] G. Arámburo Pérez, S. García Galán, R. Pérez Campos, J. A. Juárez Islas, Impacto Tecnológico de Aceros Grado API 5L X-70 para la Fabricación de Ductos de 36” de Diámetro Resistentes al Gas, Ingeniería. Investigación y Tecnología, enero-marzo, año/vol. V, número 001 UNAM, Distrito Federal, México (2004). pp. 17-26.



## **CONTROL DIFUSO ROBUSTO ADAPTABLE Y CONTROL DIFUSO ADAPTABLE ROBUSTO: COMPARATIVO MEDIANTE SIMULACIONES**

**D. Vélez-Díaz<sup>a</sup>, J. Gudiño-Lau<sup>b</sup>, O.A. Domínguez-Ramírez<sup>c</sup>, S.S.  
Moreno-Gutiérrez<sup>a</sup>, A. Fuentes-Penna<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Escuela Superior de Tlahuelilpan, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ex hacienda de San Servando s/n, C.P. 42780, Tlahuelilpan, Hidalgo, México

E-mail: [dvelezd\\_uah@yahoo.com.mx](mailto:dvelezd_uah@yahoo.com.mx), [maestriag3@yahoo.com](mailto:maestriag3@yahoo.com), [alexfp10@hotmail.com](mailto:alexfp10@hotmail.com)

<sup>b</sup>Facultad de Ingeniería Electromecánica, Universidad de Colima,

Carr. Manzanillo–Barra de Navidad Km 20, C.P. 28860, Manzanillo, Colima, Méx.

E-mail: [jglau@ucol.mx](mailto:jglau@ucol.mx)

<sup>c</sup>Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,

Cd. del Conocimiento, Carr. Pachuca–Tulancingo Km 4.5, Col. Carboneras, C.P. 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

E-mail: [omar\\_arturo@hotmail.com](mailto:omar_arturo@hotmail.com)

### **RESUMEN**

En este artículo se presenta un comparativo de los resultados obtenidos de un control difuso adaptable robusto y un control difuso robusto adaptable, ambos para sistemas no lineales. El problema de controlar una clase de sistemas no lineales para el seguimiento de una trayectoria de referencia es la presencia de incertidumbres. Los sistemas basados en lógica difusa (FLS) son usados para aproximar la función no lineal desconocida del sistema. Con base a información *a priori*, tanto la premisa del FLS como la matriz de pesos nominal se diseñan y se fijan. Una señal de compensación se usa para la matriz de error de pesos, la cual se diseña con base en análisis Lyapunov. Con ambos controladores, el seguimiento de la trayectoria deseada se lleva hasta un error último uniforme acotado.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Existe una cantidad grande de sistemas complejos no lineales con incertidumbre, los cuales son matemáticamente difíciles o imposibles para modelar en forma exacta, dado que la imprecisión en el modelo obtenido es inevitable. La imprecisión se debe a las incertidumbres del sistema o a la selección de las dinámicas simplificadas del sistema. Aún si el modelo exacto del sistema estuviera disponible, sus dimensiones serían tan grandes como infinito (Ioannou & Sun, 1996).

El control adaptable y el control robusto son técnicas efectivas para el manejo de las incertidumbres (ver, por ejemplo, (Corless & Leitmann, 1981) y (Narendra & Annaswamy, 1989)). El control adaptable, a través de un entonamiento en línea de los parámetros, puede manejar incertidumbres grandes, constantes o lentamente variables, sobre todo mejora su rendimiento conforme el proceso de adaptación avanza; sin embargo, generalmente presenta la desventaja de una convergencia asintótica



## Problema

Considérese una clase de sistemas no lineales inciertos, expresada en forma canónica:

$$\dot{x}^{(n)} = f(\mathbf{x}) + b(\mathbf{x})u$$

Donde:  $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T \in \mathbb{R}^n$ , es el vector de estados;  $u(t) \in \mathbb{R}$ , es la entrada de control en control en función del tiempo;  $f$  y  $b \in \mathbb{R}$ , son funciones del vector de estados.

Dados un vector de estados  $\mathbf{x}$  y un vector de estado) deseado  $\mathbf{x}_d$ , entonces se define un vector de error de seguimiento  $\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_d$ ; el problema es diseñar una ley de control  $u(t)$  que asegure que el vector de error de seguimiento  $\tilde{\mathbf{x}}$  sea final y uniformemente acotado.

Suposiciones: *i)*  $\mathbf{x}$  es medible, *ii)*  $f$  y  $b$  son funciones de  $\mathbf{x}$ , suaves y desconocidas, *iii)*  $f, b : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ , *iv)*  $b(\mathbf{x}) = 0, \forall \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$

Por lo anterior, el objetivo es que  $\mathbf{x} - \mathbf{x}_d \rightarrow 0$ , exponencialmente, a un conjunto residual para un  $\mathbf{x}_d$  acotado.

## 2. DESARROLLO

### Sistemas de lógica difusa (FLS)

Un sistema con variables de entrada y salida valuadas en los reales, cuya configuración básica presenta cuatro partes principales: *difusificador*, *base de reglas difusas*, *generador de inferencias difusas* y *dedifusificador*, se considera un sistema de lógica difusa (Wang, 1994).

Un *difusificador* realiza un mapeo de la entrada exacta observada

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{n_i}]^T \in X \subseteq \mathbb{R}^{n_i}$$

a un conjunto difuso definido en  $X$ . Hay por lo menos dos tipos de difusificadores: *singleton* y *no singleton*.

La *base de reglas difusas* consiste en un conjunto de  $n_r$  reglas difusas *si-entonces*, de la forma

$$R^r: \text{Si } x_1 \text{ está en } A_1^r(x_1) \text{ y } \dots \text{ y } x_{n_i} \text{ está en } A_{n_i}^r(x_{n_i}), \text{ entonces } y \text{ está en } B^r$$

donde  $r, 1 \leq r \leq n_r$ , indica la  $r$ -ésima regla difusa,  $A_1^r(x_1), \dots, A_{n_i}^r(x_{n_i})$  son conjuntos difusos caracterizados por funciones de membresía gaussianas

$$A_j^r(x_j) = \exp \left\{ - \left( \frac{x_j - c_j^r}{\sigma_j^r} \right)^2 \right\}$$

$x_j$  es la  $j$ -ésima entrada exacta,  $y \in Y \subset \mathbb{R}$  es la salida del FLS y  $B^r$  es un conjunto difuso definido en  $Y$ .

Un *generador de inferencias difusas* realiza un mapeo difuso arbitrario  $A'$ , definido en  $X \subset \mathbb{R}^{n_i}$ , a un conjunto difuso  $B'$ , definido en  $Y \subset \mathbb{R}$ ; el generador emplea los principios de lógica difusa para combinar las reglas difusas *si-entonces*, en la base de reglas difusas.

Un *dedifusificador* se define como un mapeo del conjunto difuso  $B'$ , definido en  $Y \subset \mathbb{R}$ , el cual es



la salida del generador de inferencias difusas, a un punto exacto  $y^* \in Y$ .

### Aproximador de funciones

Una función continua,  $f(\mathbf{x})$ , se puede aproximar por

$$f(\mathbf{x}) = \mathbf{B}^* \mathbf{W}(\mathbf{x}) + \Delta f(\mathbf{x}), \forall \mathbf{x} \in \mathbf{X} \subset \mathbb{R}^{n_i},$$

donde  $\mathbf{B}^* \in \mathbb{R}^{1 \times n_r}$  es el vector de parámetros óptimo,  $\mathbf{W}(\mathbf{x}) \in \mathbb{R}^{n_r}$  es la función de base  $\Delta f(\mathbf{x})$  se conoce como error de aproximación de la función, que satisface

$$\sup_{\mathbf{x} \in \mathbf{X}} |\Delta f(\mathbf{x})| < \kappa$$

$\kappa$  es una cota del error de aproximación.

### Simulaciones usando ARFC y RAFC

Considere las dinámicas de un sistema mecánico de un grado de libertad, el cual consiste de un motor cd conectado a una carga, a través de un juego de engranes, con una fricción significativa:

$$J\ddot{q} = u - F,$$

donde  $q$  es la posición angular del motor,  $u$  es la entrada de control y  $F$  representa la fricción, en estas simulaciones, son representadas por el modelo de LuGre (Olsson, Astrom, Canudas, Gafvert, & Lischinsky, 1998). Reacomodando las expresión, se tiene:

$$\ddot{q} = -\frac{F}{J} + \frac{1}{J} u$$

donde  $f(\dot{q}) = \frac{F}{J}$  y  $b = \frac{1}{J}$

Las fuentes de incertidumbre en el sistema mecánico son las fricciones y el parámetro de inercia (una constante desconocida). Así que sólo se necesita un FLS para aproximar  $f(\dot{q})$ .

En el *control difuso robusto adaptable* (ARFC) se utilizó la siguiente ley de control:  $u = u_0 + u_c$ , donde  $u_0$  es la señal de control nominal y  $u_c$  son las señales de compensación (ver los detalles del diseño en (Vélez-Díaz & Tang, Adaptive Robust Fuzzy Control of Nonlinear Systems, 2004).

En el *control difuso adaptable robusto* (RAFC) se utilizó la siguiente ley de control:  $u = u_a + u_r$ , donde  $u_a$  es la señal de control adaptable y  $u_r$  es la señal de control robusta (ver los detalles del diseño en (Vélez-Díaz & Tang, CDC, 2003)

## 3. RESULTADOS

En el grupo de Simulaciones A, los parámetros usados se tomaron de (Olsson, Astrom, Canudas, Gafvert, & Lischinsky, 1998)

$$[J \sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \alpha_0 \alpha_1 \alpha_2] = [0.0023 \ 260 \ 0.6 \ 0.0176 \ 0.28 \ 0.05 \ 0.01];$$

donde las unidades son del sistema internacional (SI); los resultados se presentan en la Figura 1.

En el grupo de Simulaciones B, los parámetros usados se tomaron de (Panteley, Ortega, & Gafvert, 1998)



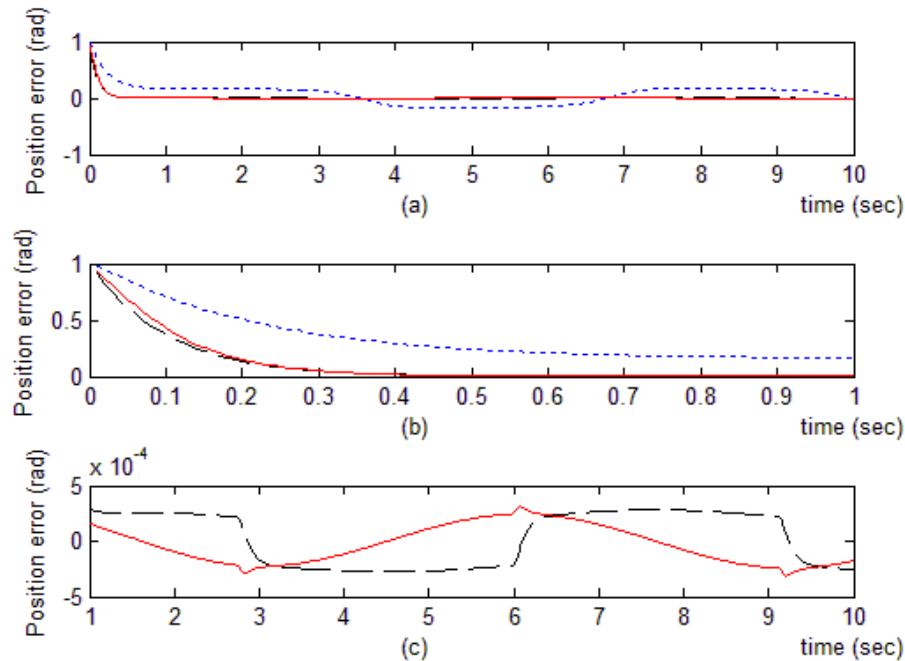
$$[J \sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \alpha_0 \alpha_1 \alpha_2] = [0.0025 \ 280 \ 1 \ 0.017 \ 0.22 \ 0.17 \ 0.1];$$

donde las unidades son del sistema internacional (SI); los resultados se presentan en la Figura 2.

En el grupo de Simulaciones C, los parámetros usados se tomaron de (Canudas, Olsson, Astrom, & Astrom, & Lischinsky, 1995)

$$[J \sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \alpha_0 \alpha_1 \alpha_2] = [1 \ 10E05 \ 316.227766 \ 0.4 \ 1 \ 0.5 \ 0.001];$$

donde las unidades son del sistema internacional (SI); los resultados se presentan en la Figura 3.



*Figura 1. Simulaciones A: Control nominal (línea punteada), ARFC (línea entrecortada) y RAFC (línea continua). (a) Comparativo del error de seguimiento de la posición angular del rotor  $q - q_d$ , (b) comparativo del error de seguimiento, durante los primeros 10s de operación y (c) operación posterior al primer segundo.*

Cuando se usa sólo el control nominal ( $u = u_0$ ), se observa un error de seguimiento grande debido a la cantidad grande de incertidumbres, como se puede observar en las Figuras 1(a), 2(a) y 3(a). En consecuencia, se suma el término de compensación al control, y el error de seguimiento generado por el controlador ARFC ( $u = u_0 + u_c$ ); además, para ilustrar el comportamiento comparativo, se agrega el error de seguimiento correspondiente RAFC ( $u = u_a + u_r$ ). Tanto el controlador ARFC como el controlador RAFC tienden exponencialmente a una pequeña vecindad del origen, durante el primer segundo de operación, como se muestra en las figuras 1(b), 2(b) y 3(b). Las dimensiones de la vecindad se aprecian en las figuras 1(c), 2(c) y 3(c), ya que sólo se representan los errores de seguimiento debidos a los controladores ARFC y RAFC.

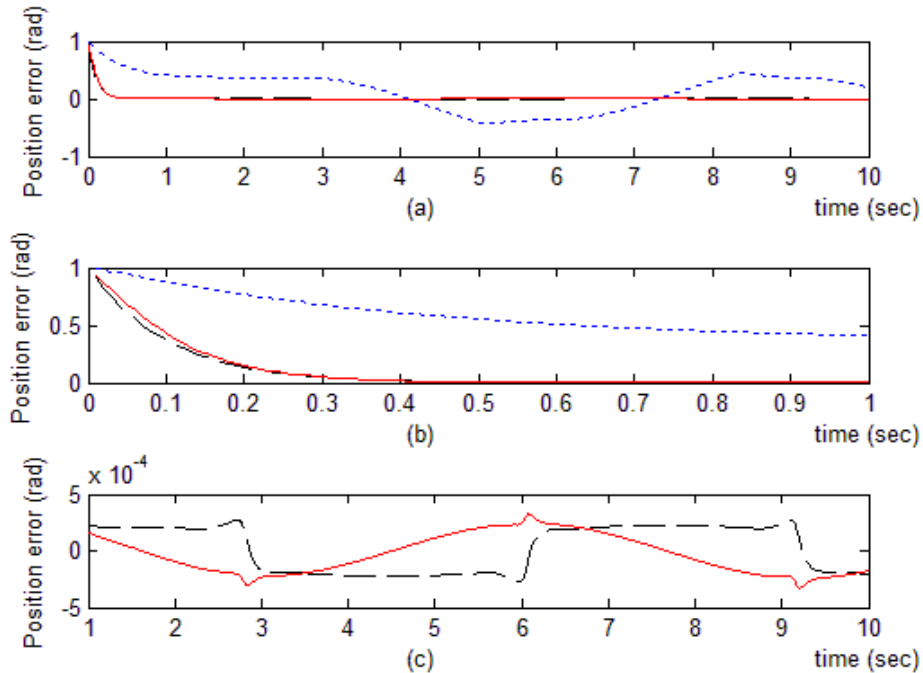


Figura 2. Simulaciones B: Control nominal (línea punteada), ARFC (línea entrecortada) y RAFC (línea continua). (a) Comparativo del error de seguimiento de la posición angular del rotor  $q - q_d$ , (b) comparativo del error de seguimiento, durante los primeros 10s de operación y (c) operación posterior al primer segundo.

#### 4. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un control difuso para una clase de sistemas no lineales inciertos para el seguimiento de una trayectoria de referencia suave. Mediante la combinación de las ventajas de los FLS, las técnicas de control robusto adaptable y control adaptable robusto, los esquemas usados presentan las características siguientes: *i*) permiten la incorporación fácil de información *a priori* acerca del sistema, a través de las reglas *si-entonces*, en el diseño de control, no es necesaria la información sobre la estructura de las incertidumbres como en los esquemas de compensación basados en un modelo de incertidumbre, *ii*) los esquemas presentados logran la convergencia *exponencial* del error de seguimiento a una vecindad pequeña del origen, por el contrario de la convergencia *asintótica* que se logra con la mayoría de los esquemas basados en aproximadores universales, *iii*) el conocimiento *a priori* que se requiere para la implementación es solo sobre la cota inferior en el control de ganancia  $b(\mathbf{x})$ , en este caso es una constante desconocida.

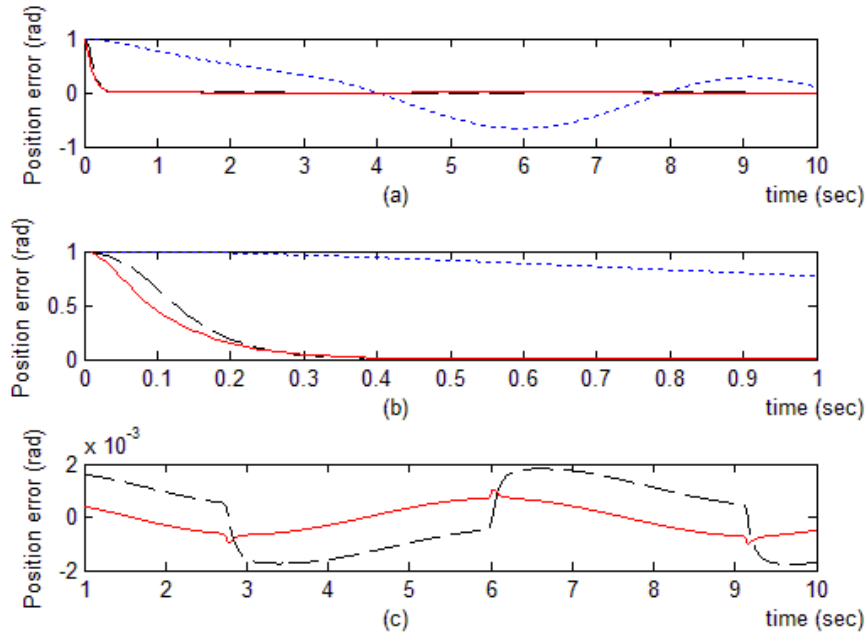


Figura 3. Simulaciones C: Control nominal (línea punteada), ARFC (línea entrecortada) y RAFC (línea continua). (a) Comparativo del error de seguimiento de la posición angular del rotor  $q - q_d$ , (b) comparativo del error de seguimiento, durante los primeros 10 s de operación y (c) operación posterior al primer segundo.

## REFERENCIAS

- [1] Canudas, C., Olsson, H., Astrom, K. T., & Lischinsky, P. (1995). A new model for control of systems with friction. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 40, 419-425.
- [2] Corless, M., & Leitmann, G. (1981). Continuous state feedback guaranteeing uniform ultimate boundedness for uncertain dynamic systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 26, 1139-1144.
- [3] Ioannou, P., & Sun, J. (1996). *Robust Adaptive Control*. Prentice Hall PTR.
- [4] Narendra, K. S., & Annaswamy, A. M. (1989). *Stable Adaptive Systems*. NJ: Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [5] Olsson, H., Astrom, K. J., Canudas, C., Gafvert, M., & Lischinsky, P. (1998). Friction models and friction compensation. *European Journal of Control*, 4(3).
- [6] Panteley, E., Ortega, R., & Gafvert, M. (1998). An adaptive friction compensator for global tracking in robot manipulators. *Systems and Control Letters*, 33, 307-313.
- [7] Tang, Y., & Vélez-Díaz, D. (June de 2003). Robust fuzzy control of mechanical systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 411-417.
- [8] Vélez-Díaz, D., & Tang, Y. (2003). Adaptive Fuzzy Control for a Class of Uncertain Nonlinear Systems. *Proceedings of the 42nd IEEE Conference on Decision and Control* (págs. 5227-5232). Maui, Hawaii, USA: IEEE.
- [9] Vélez-Díaz, D., & Tang, Y. (June de 2004). Adaptive Robust Fuzzy Control of Nonlinear Systems.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*  
*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



- IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics*, 34(3), 1596-1601.
- [10] Wang, L.-W. (1994). *Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and stability analysis*. Prentice-Hall, Inc.





## REPERCUSIÓN DE LA INFORMÁTICA EMPRESARIAL EN NICARAGUA

MSc. Gónzalo Zúniga Morales

Facultad de Ciencias y Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

E-mail: [gonzumor@uni.edu.ni](mailto:gonzumor@uni.edu.ni)

### RESUMEN

El trabajo de investigación se centra en mostrar la importancia de la informática empresarial. Cada día, la informática adquiere más relevancia en la vida de las personas y en las empresas, de ahí la relevancia de la formación de especialistas de alto nivel con este perfil. Se emplea el análisis documental y la experiencia en Nicaragua en este sentido. Las principales conclusiones obtenidas evidencian que a medida que las empresas se vuelvan menos jerárquicas, el uso eficiente de las redes en línea será crucial para el éxito.

**Palabras clave:** Informática Empresarial, Competitividad, Comunicaciones, Información, Toma de Decisiones.

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas quieren funcionar con informática, es a través de ella, que todo se resuelve con mayor facilidad.

Vivimos la era de la Información, esto se debe al avance tecnológico en la transmisión de datos y a las nuevas facilidades de comunicación, ambos impensables sin la evolución de las computadoras y dispositivos. (Gonzci, 2001) y (Posada, 2004)

El mundo está informatizado. La informática tal vez sea el área que más influenció el curso del siglo XX.

La informática se aplica a numerosas y variadas áreas:

- ❖ Gestión de negocios.
- ❖ Almacenamiento y consulta de información.
- ❖ Monitorización y control de procesos.
- ❖ Robots industriales.
- ❖ Comunicaciones.
- ❖ Control de transportes.
- ❖ Investigación y desarrollo de juegos.
- ❖ Diseño computarizado.
- ❖ Aplicaciones/herramientas multimedia.

El concepto de informática viene dado de la conjunción de dos palabras: Información y automática.

En tanto que en inglés se habla de conceptos tales como Computer Science, Electronic Data Processing, etc.

Según la el Diccionario de la Real Academia Española RAE es el: “Conjunto de



# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores“.

Informática disciplina encargada del estudio de métodos, procesos, técnicas, desarrollos y su utilización en ordenadores (computadores) con el fin de almacenar, procesar y transmitir información y datos en formato digital.

Entre las funciones principales de la informática se cuenta las siguientes (Castro et al., 2011):> Creación de nuevas especificaciones de trabajo.

- > Desarrollo e implementación de sistemas informáticos.
- > Sistematización de procesos.
- > Optimización de los métodos y sistemas informáticos existentes.
- >

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. MÉTODOS**

Se emplea el método de análisis y síntesis de documentos relacionados con la informática empresarial.

El análisis y la síntesis son métodos fructíferos solo en el caso en que se utilicen en estrecha unidad y correlación. El análisis se debe producir mediante la síntesis, porque la descomposición de los elementos que conforman la situación problemática se realiza relacionando estos elementos entre sí y vinculándolos con el problema como un todo.

A su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis. Esta unidad dialéctica supone que en el proceso de la investigación pueda predominar uno u otro en una determinada etapa, según la tarea cognoscitiva que se realice. (Cerezal y Fiallo, 2002)

También se utiliza el estudio de caso, en particular vinculado a la experiencia nicaragüense, en la formación de especialistas en una maestría que oferta la Universidad Nacional de Ingeniería, en Managua, Nicaragua denominada Maestría en Informática Empresarial (MIE).

El estudio de caso se basa en un examen completo o intenso de una faceta, una cuestión o quizás los acontecimientos que tienen lugar en un marco geográfico a lo largo del tiempo.

Todas las definiciones vienen a coincidir en que el estudio de casos implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprehensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés. (Rebollo, 2009)

Tras la presentación realizada de las distintas visiones, concepciones y clasificaciones de los estudios de caso, detectando variaciones entre unos autores y otros, (Rodríguez et al., 1996) llega a presentar como características esenciales del estudio de caso las siguientes: particularista, descriptivo, heurístico e inductivo. Su carácter particularista viene determinado porque el estudio de caso se centra en una situación suceso, programa o fenómeno concreto. Esta especificidad le hace ser un método muy útil para el análisis de problemas prácticos, situaciones o acontecimientos que surgen en la cotidianidad. Como producto final de un estudio de caso nos encontramos con una rica descripción del objeto de estudio, en la que se utilizan las técnicas narrativas y literarias para describir, producir imágenes y analizar las situaciones: el registro de caso. (Colbert et al., 1996)

### **2.2. INFORMÁTICA EMPRESARIAL**



# *1er Coloquio Internacional de Computación y Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



En los inicios del procesamiento de la información, la informática sólo facilitaba los trabajos repetitivos y monótonos del área administrativa.

La automatización de esos procesos, trae como consecuencia directa una disminución de los costos y un incremento en la producción.

Actualmente, no se concibe un área que no use, de alguna forma, el apoyo de la informática; en un enorme abanico que cubre desde las más simples cuestiones hogareñas hasta los más complejos cálculos científicos.

Dentro de las utilidades más importantes de la informática se encuentra:

- ❖ Facilitar información en forma oportuna y veraz.
- ❖ Para facilitar la toma de decisiones a nivel gerencial.
- ❖ Permitir el control de procesos críticos.

A partir de esto se han determinado las tres habilidades que necesita desarrollar el Gerente del Siglo XXI (Molinsky et al., 2012):

1. Cambio de código entre culturas: Para trabajar bien con colegas extranjeros puede que sea necesario cambios específicos para acomodar a normas culturales y los desafíos psicológicos que surgen cuando alguien trata de poner en acción el conocimiento cultural.

2. Ejercer influencia digital: A medida que las empresas se vuelvan menos jerárquicas, el uso eficiente de las redes en línea será crucial para el éxito.

3. Dividir la atención deliberadamente: En vez de luchar contra la distracción, adopte la tendencia de su cerebro a ella.

En Nicaragua con la puesta en marcha de la MIE en la UNI, se forman Profesionales con valor añadido en los campos de la Informática y la Gestión Empresarial, de manera que logre la alineación estratégica entre las tecnologías de la información y las comunicaciones con la gestión gerencial de la empresa.

Se han logrando cambios en los procesos organizacionales y productivos, para enfrentar los retos de competitividad que imponen las nuevas exigencias del mercado y el desarrollo nacional multilateral y sostenible.

Considerando lo antes expuesto el especialista de alto nivel, en este caso con grado de maestría en ciencias que se forma en Nicaragua tiene las competencias para el modelado, simulación y documentación, la monitorización y el análisis, la gestión empresarial, el desarrollo de procesos e integración, así como facilitar la interacción con usuarios.

### **3. CONCLUSIONES**

Los especialistas de alto nivel en la rama de la informática empresarial necesitan contar con las competencias relacionadas con el siguiente perfil profesional que les permitan insertarse en el mercado laboral, académico e investigativo como consultor o asesor, gestor de información, gerente de proyectos relacionados con la informática empresarial, modelador de datos y de los procesos gerenciales de la empresa, analista y/o entrenador de sistemas gerenciales, así como contar con las habilidades para organizar, revisar y controlar el desarrollo de sistemas integrados de información para la empresa.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castro, M., Tovar, E., Cubillo, J., Martín, S., San Cristobal, E., Gil, R., Tawfik, M., Díaz, G., Colmenar, A., Peire, J. (2011). Tecnología Educativa en la enseñanza de la ingeniería: Estudio de su evolución y Sostenibilidad de la misma. UNED.
- [2] Cerezal, J. y Fiallo, J. (2002). Los métodos científicos en las investigaciones pedagógicas. La Habana, Cuba.
- [3] Colbert, J., Trimble, K. y Desberg, P. (1996): The case for education contemporary approaches for using case methods. Allyn and Bacon. USA.
- [4] Gonzci, A. Análisis de las tendencias internacionales y de los avances en educación laboral basadas en normas de competencias. En: Arguelles, Antonio y Gonzci, Andrew. Educación y capacitación basada en normas de competencias: una perspectiva internacional. México: Limusa, 2001, p. 38-40.
- [5] Molinsky, A.L., Davenport, T.H., Iyer, B. & Davidson, C.. "Three skills every 21st century manager needs." Harvard Business Review January/February. (2012)
- [6] Posada Álvarez, R. (2004): "Formación superior basada en competencias, interdisciplinar y trabajo autónomo del estudiante". En *Revista Iberoamericana de Educación*. No. 19, 2004, p. 8.
- [7] Rebollo Aranda Sonia. (2009). "Aprendizaje Basado en Proyectos". *Revista Innovación y Experiencias Educativas*. No. 24, Noviembre, Madrid.
- [8] Rodríguez Gómez, G., J.G. Flores, E. García Jiménez. (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa. Madrid, España.



*1er Coloquio Internacional de Computación y  
Sistemas Inteligentes Empresariales Tizayuca 2013*

*Septiembre 30, 1, 2 de Octubre*



La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.

[Albert Einstein](#) (1879-1955)

*Comité Editorial.*

*Dra. Aurora Pérez Rojas*

*Dr. Ernesto Bolaños Rodríguez*

*Mtra. Gaby Yolanda Vega Cano*

ISBN: 978-607-482-349-3



9 786074 823493