

## **Sistema de comunicación inteligente para la disminución de accidentes automovilísticos por colisión**

*Intelligent communication system for the reduction of car accidents by collision*

*Sistema de comunicação inteligente para redução de acidentes de carro por colisão*

**Emmanuel Contreras Medina**

Dpto. de Ingeniería y Tecnologías de Información, Universidad Politécnica de Gómez Palacio Durango,  
México  
[econtreras@upgop.edu.mx](mailto:econtreras@upgop.edu.mx)

**Jorge Rafael Aguilar Cisneros**

Dpto. de Ingeniería y Tecnologías de Información, Área Planeación Estratégica y Dirección de  
Tecnología.  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
[jorge.aguilar@upaep.mx](mailto:jorge.aguilar@upaep.mx)

### **Resumen**

Las Tecnologías de la Información (TICs) han evolucionado y eficientizado sistemas tecnológicos de diferentes sectores industriales, entre ellos el sector automotriz. Esta evolución es posible gracias a las líneas de investigación que abordan problemas a ser resueltos o innovaciones a ser implementadas. Uno de estos problemas tiene que ver, de manera general, con el diseño, el desarrollo y la implementación de sistemas de comunicación de vehículo a vehículo (car-to-car) y de forma particular, con el uso de los sistemas car-to-car como un medio para disminuir la incidencia de choques por alcance (rear-end collisions) entre vehículos. Trabajar en este problema es relevante si observamos que el número de accidentes anuales por alcance son alrededor de 1.7 millones, donde, alrededor de 1700 personas mueren y 500 quedan heridas, tan solo en Estados Unidos. En este sentido, en este artículo se presenta un sistema de comunicación vehicular basado en redes de comunicación inalámbricas, para el intercambio periódico de información entre vehículos con el fin de disminuir colisiones de este tipo.

**Palabras clave:** Ad-hoc, Car-to-Car, wave.

## Abstract

The Technologies of Information (TICs) have evolved and improved technological systems of different industrial sectors, between them the automotive sector. This evolution is possible thanks to the lines of investigation that approach problems to being solved or innovations to being implemented. One of these problems must be seen by it, in a general way, with the design, development and system implementation of communication from vehicle to vehicle (car-to-car) and as a particular form, with the use of the systems car-to-car as a way to diminish the problem, incident, of crash for reaching (rear-end collisions) between vehicles. To be employed at this problem is relevant if we observe that the number of annual accidents for reaching are about 1.7 millions, where, about 1700 persons die and 500 remain wounded, only in the United States. In this respect, this article presents a system of traffic communication based on wireless networks of communication, for the periodic exchange of information between vehicles in order to diminish collisions of this type.

**Keywords:** Ad-hoc, Car-to-Car, wave.

## Resumo

As tecnologias da informação (TIC) evoluíram e melhoraram os sistemas tecnológicos de diferentes setores industriais, incluindo o setor automotivo. Esta evolução é possível graças às linhas de pesquisa que abordam problemas a serem resolvidos ou inovações a serem implementadas. Um desses problemas tem que fazer, de forma geral, o design, o desenvolvimento e a implementação de sistemas de comunicação de veículo para veículo (carro a carro) e, de maneira particular, com o uso de sistemas de carro a carro. como veículo para reduzir a incidência de colisões traseiras entre veículos. Trabalhar nesse problema é relevante se observarmos que o número de acidentes anuais por alcance é de cerca de 1,7 milhões, onde cerca de 1700 pessoas morrem e 500 estão feridas, apenas nos Estados Unidos. Neste sentido, este artigo apresenta um sistema de comunicação veicular baseado em redes de comunicação sem fio, para a troca periódica de informações entre veículos, a fim de reduzir as colisões deste tipo.

**Palabras-chave:** Ad-hoc, Car-to-Car, wave.

**Fecha Recepción:** Febrero 2017

**Fecha Aceptación:** Julio 2017

---

## I. Introducción

La evolución de la tecnología ha impactado en diversos sectores como el educativo, el político, el social y el comercial, transformando las formas de organización y de trabajo (Drucker, 2004). Así, en este ámbito los principales factores de estudio han sido la automatización de los servicios y el desarrollo de software impulsado por el cambio tecnológico (Arriola, 2008).

Uno de los principales sectores de cambio tecnológico se focaliza en la industria automotriz. Desde principios de 1990 se han incrementado los esfuerzos para integrar la tecnología de los sistemas de transporte para construir “carreteras inteligentes” que sean capaces de guiar vehículos para mejorar la seguridad del tráfico. El uso efectivo de tales sistemas tendría un gran impacto en el transporte global, y se espera que disminuya la probabilidad de accidentes de tráfico y pérdidas de vidas humanas. (Shereen A. M. Ahmed, 2013).

Hay aproximadamente 1.7 millones de colisiones por alcance en carreteras estadounidenses cada año. Alrededor de 1700 personas mueren en esas colisiones y otras 500 000 resultan heridas. Muchos de los accidentes de automóvil más comunes podrían evitarse si los fabricantes de automóviles empiezan a fabricar sistemas autónomos de colisiones en sus vehículos, dijo el Consejo Nacional de Seguridad de Transporte (NTSB). (Halsey, 2015).

El NTSB estimó que el 80% de las muertes y lesiones resultantes de colisiones por alcance podrían ser evitadas por los sistemas (Halsey, 2015).

Existen sistemas de transporte inteligente (ITS) en diferentes partes del mundo. Algunos de los intereses de los países de Estados Unidos y Japón es hacer frente a los retos del sistema de transporte tales como carreteras congestionadas y el deterioro de infraestructura, la construcción de infraestructura inteligente para satisfacer las demandas futuras y mejorar la red de transporte e implementar tecnologías para salvar vidas, tiempo, dinero y para mantener el medio ambiente

(Mohammad Horani, 2012).

Actualmente los automóviles cuentan con sistema GPS, para una mejor determinación de rutas de destino, e incluso hay intercambio de información entre vehículos. Los mapas de navegación por satélite con capas de información adicional, que contiene temas de actualidad observado por los vehículos y transmitida por *car-to-car* (C2C) para el intercambio de información y no por una infraestructura centralizada. Cada coche es un nodo en una red dinámica, que puede comunicarse directamente solo con los nodos físicamente adyacentes dentro de un cierto rango (Walter Balzano, 2014).

El coche a coche o de vehículo a vehículo (*car-to-car*) permite que los coches difundan su posición, velocidad, posición del volante, estado de frenado y otros datos a otros vehículos dentro de unos pocos cientos de metros (Knight, 2015 ).

En este sentido, esta información puede ser usada para determinar la posición de diferentes vehículos, si fuera enviada a una red en tiempo real, para conectar diferentes vehículos y compartir la información. El protocolo WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) se considera actualmente como la tecnología más prometedora para redes vehiculares. Su objetivo es apoyar la inter-operatividad y robustez de las comunicaciones de seguridad en un entorno vehicular (Shereen A. M. Ahmed, 2013).

Por otro lado, una red Ad-hoc es una red de comunicación inalámbrica que conecta nodos entre sí; esta comunicación puede ser establecida mediante el estándar IEEE 811 u otras tecnologías inalámbricas. Dentro de este tipo de redes se puede establecer una red entre dispositivos aislados sin requerir estación base, routers fijos, etc., o tener un administrador del propio sistema, debido a que son un tipo de red adaptativa, de bajo costo y auto configurables que en ocasiones se requiere de dos o tres nodos para su despliegue (Broch, Maltz, Johnson, Hu, & Jetcheva).

En el modelo *car-to-car* el vehículo puede compartir esta información con otros vehículos o unidades de borde de la carretera (RSU); por cada vehículo cooperativa o RSU está permitido generar una “imagen vista de pájaro” de la situación del tráfico local. Las unidades de infraestructura del sistema Car2X pueden ayudar al conductor en su adaptación al tráfico (Proskawetz, 2016).

El estudio de este tema pretende reducir accidentes automovilísticos por colisión con el intercambio de información con la tecnología vehículo a vehículo (*car-to-car*), a través de redes comunicación inalámbrica.

## II. Dimensiones de estudio

El programa de estabilidad (ESP) abrió la puerta a la seguridad activa. Los últimos sistemas de asistencia al conductor como control de crucero adaptativo (ACC), el frenado de emergencia y asistencia de carril ya contribuyen a evitar accidentes o al menos reducir la gravedad de los accidentes inevitables. Sin embargo, al igual que los sensores de radares, láser escáneres y cámaras son de alcance limitado detección y en la detección de situaciones complejas de tráfico en la proximidad del vehículo. Para superar estas restricciones, el intercambio de datos entre los vehículos (Proskawetz, 2016).

### A. *Accidentes de vehiculares*

En 2015:

- Hubo 32 166 accidentes vehiculares.
- De estos 32 166 accidentes fatales de tráfico, 15 293 (48%) ocurrieron en las zonas rurales, 14 414 (45%) en áreas urbanas y 2459 (8%) en áreas desconocidas (Analysis., 2017).

**Figura 1:** Índice de accidentes automovilísticos fatales 2006-2015.



Fuente: Figura adaptada de Washingtonpost

## B. Hipótesis

La hipótesis está construida a partir del modelo Car2X, infiriendo una relación de dos variables.

- A. Descriptiva, debido a que mide y evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.
- B. Experimental, ya que relaciona los experimentos y aplicaciones para comprobar la comunicación entre raspberries y Raspberry-PC (ambas tarjetas sirven para la adquisición de datos), por medio de redes Ad-hoc.

H1: El diseño e implementación de un sistema de comunicación con el Modelo *car-to-car* permitirá prevenir accidentes vehiculares por colisión.

## III. MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización del presente trabajo se tomó en consideración la investigación aplicada, debido a que busca la aplicación o utilización de los conocimientos de la tecnología y avance tecnológico que se adquieren.

Este tipo de investigación, dependen de los resultados de la investigación básica, con lo cual lo que interesa al investigador son las consecuencias prácticas ocasionadas en la observación.

## A. *Procedimiento*

Para el desarrollo del diseño e implementación de un sistema de comunicación, se siguió una serie de procesos que, en conjunto, cumplirán con el objetivo deseado. A continuación, se presenta los pasos a seguir en la investigación.

- Configuraciones del sistema operativo en la tarjeta de adquisición de datos (Raspberry).
- Configuraciones de la red Ad-hoc.
- Instalación del programa servidor-cliente VNC en las raspberry 1 asignada como Cliente y raspberry 2 asignada como servidor.
- Instalación y configuración del Sensor ultrasónico MB7076 en Raspberry Pi 2B a través de la interfaz de Arduino.

El desarrollo e implementación de un sistema integrado para la prevención de accidentes de tránsito en automóviles. El sistema funciona sobre una red Ad-hoc donde mediante 2 Raspberry Pi 2B se transmite en tiempo real.

Para los posibles obstáculos que se presenten delante del vehículo al cual va conectado la raspberry se utilizó el Sensor Ultrasónico MB7076.

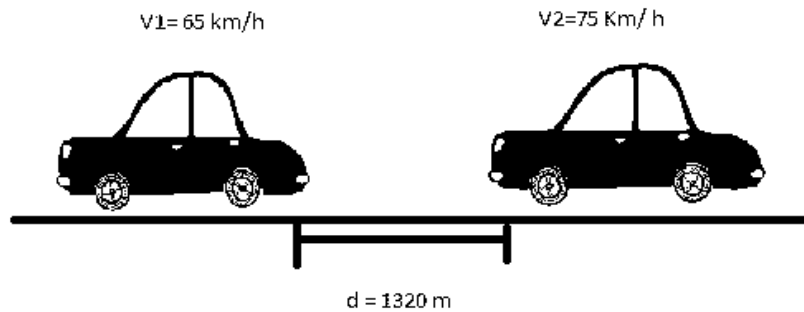
## IV. RESULTADOS

Se realizó la captura de datos de transmisión con el sensor ultrasónico, con una variación de tiempo, los mismos que sirvieron para calcular la tasa de transmisión.

El proceso se realizó en cuatro operaciones, llamándoles escenarios diferentes, para conseguir valores de transmisión distintos con los cuales arrojé los siguientes datos como muestra la siguiente tabla.

## Escenario 1

**Figura 2.** Distancia de vehículos prototipo (V1-V2).



Fuente: Autoría propia

El primer vehículo (v1) circula a una velocidad aproximada de 65 km/h, en este se encuentra la tarjeta de adquisición de datos raspberry asignada como servidor.

El segundo vehículo (v2) circula a una velocidad de 75 km/h. En él, se encuentra la tarjeta de adquisición de datos raspberry asignada como cliente, en este vehículo tenemos adaptado el prototipo de comunicación, con el sensor, el cual nos va a indicar la distancia que tenemos entre vehículos,

La distancia entre el v1 Y v2 es aproximadamente 1320 m.

$d = 1320$  m distancia entre vehículos

$v1 = 65$  km/h velocidad a la que se encuentra el primer vehículo.



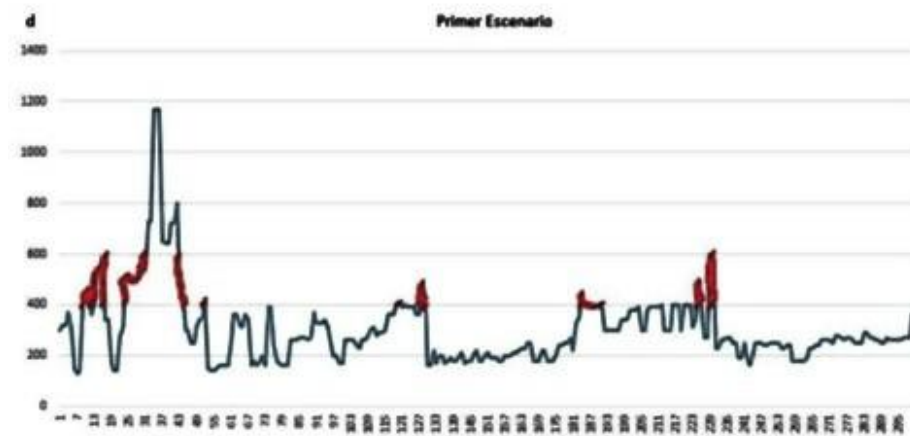
**Tabla 1.** Resultado del primer escenario.

Datos	Fórmula	Resultado
$d = 1320m$	$t = d$	$t =$
	$v$	1.21 <i>min</i>
$v1 = 1083 \text{ m/s}$		

Fuente: Autoría propia

En la gráfica 1 se muestra la detección del v2 con el sensor; el color rojo muestra el rango al que la alarma envió datos de posible colisión.

**Gráfica 1.** Detección de colisión del escenario 1.



Fuente: Autoría propia

## **Escenario 2**

Primer vehículo (v1) circula a una velocidad aproximada de 40 km/h, y en este se encuentra la tarjeta de adquisición de datos raspberry asignada como servidor.

La distancia entre el v1 Y v2 es aproximadamente 1200 m.

$d = 1200 \text{ m}$  distancia entre vehículos

$v1 = 40 \text{ km/h}$  velocidad a la que se encuentra el primer vehículo

Tabla 2. Resultado del primer escenario

Datos	Fórmula	O	R
		p	e
		e	s
		r	u
		a	lt
		ci	a
		ó	d
		n	o
<b>d = 1200 m</b>	$t = d$	<i>t</i>	<i>t</i>
	$v$	=	=
<b>v = 40 km/h</b>		1	1
		2	8
		0	0
		0	1
		<i>m</i>	<i>m</i>
		.6	<i>i</i>
		6	<i>n</i>
		6	
		<i>m</i>	
		/	
		<i>m</i>	
		<i>i</i>	
		<i>n</i>	

Fuente: Autoría propia

En la gráfica 2 se muestra la detección del v2 con el sensor, y el color rojo muestra el rango al que la alarma envió datos de posible colisión.

**Gráfica 2.** Detección de colisión del escenario 2



Fuente: Autoría propia

### *Escenario 3*

Primer vehículo (v1) circula a una velocidad aproximada de 80 km/h; en este se encuentra la tarjeta de adquisición de datos raspberry asignada como servidor.

La distancia entre el v1 Y v2 es aproximadamente 740 m.

$d = 740$  m distancia entre vehículos

$v1 = 80$  km/h velocidad a la que se encuentra el primer vehículo

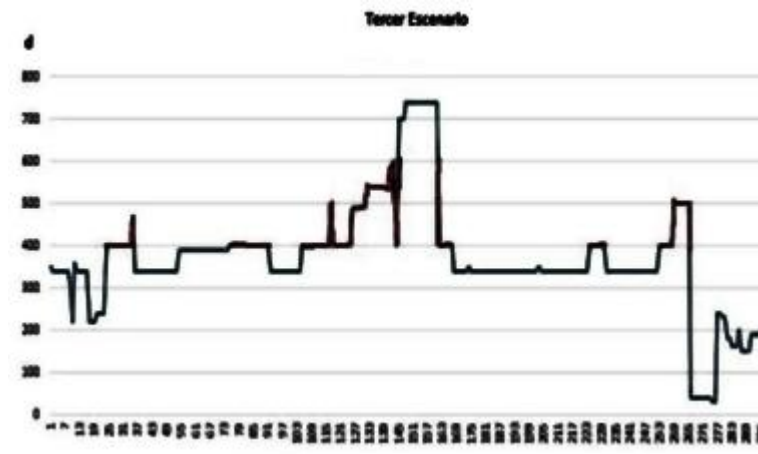
**Tabla 3.** Resultado del tercer escenario

Datos	Formula	Operación	Resultado
$d = 740m$	$t = d$	$t = 740 m$	$t = 563.9$
	$v$	1.333	<b>min</b>
$v = 80$ km/h		m/min	

Fuente: Autoría propia

En la gráfica 3 se muestra la detección del v2 con el sensor, y el color rojo muestra el rango al que la alarma envió datos de posible colisión.

**Gráfica 3.** Detección de colisión del escenario 3



Fuente: Autoría propia

### **Comprobación Hipótesis:**

En las gráficas, podemos observar los resultados de los ítems, donde podemos visualizar que el sistema tiene un buen tiempo de respuesta; de este modo, podemos corroborar la hipótesis planteada.

H1: El diseño e implementación de un sistema de comunicación con el Modelo *car-to-car* permitirá prevenir accidentes vehiculares por colisión.

## **Conclusión y recomendación**

La revisión e interpretación de los datos nos permiten concluir en la validación y comprobación afirmativa de la hipótesis presentada; sin embargo, el sistema puede tener algunas mejoras, las cuales analizamos a continuación.

Se concluye que para el sistema de comunicación existen determinados factores que intervienen en la sincronización, por ejemplo: conexión entre raspberrys, diferencia de velocidad a la que circula el vehículo y finalmente el rango de comunicación de 10 m - 15 m, dando como resultado un tiempo de conexión del sistema de 10 s.

Al implementar la red de comunicaciones Ad-hoc se debe realizar un análisis profundo de las características y las posibles alternativas de configuración como por ejemplo la red de comunicaciones Xbee cuyos objetivos estén enfocados al intercambio de información.

Este sistema puede aplicarse en sistemas inteligentes de transporte de próxima generación en el cual exista un intercambio de información entre todos los vehículos interconectados en una misma red que permita obtener detalles acerca de las características de la carretera, el estado de la vía y las condiciones climáticas del entorno.

Para la implementación de un sistema de comunicación entre tarjetas de adquisición de datos (raspberry) se debe conocer las características de configuración y sistemas operativos que pueden adaptarse para las aplicaciones que se desea realizar.

## Bibliografía

- Álvaro Cuervo-Cazurra, M. A. (2014). Building Chinese Cars in Mexico: The Grupo Salinas-FAW Alliance. *innovar*, 24(54) 219-230. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v24n54/v24n54a15.pdf>
- Analysis., N. C. (2017). Traffic Safety Facts. Report No. DOT HS 812 393. Rural/urban comparison of traffic fatalities, Recuperado de [https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2015/06/08/there-are-about-1-7-million-rear-end-collisions-on-u-s-roads-each-year-heres-how-to-stop-them/?utm\\_term=.a10036e3b8ed](https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2015/06/08/there-are-about-1-7-million-rear-end-collisions-on-u-s-roads-each-year-heres-how-to-stop-them/?utm_term=.a10036e3b8ed).
- Arriola, O. y. (2008). Sistemas integrales para la automatización. *Acimed*, 18 (6) 109-117. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352008001200009&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352008001200009&script=sci_arttext).
- Broch, J., Maltz, D. A., Johnson, D. B., Hu, Y.-C., & Jetcheva, J. (s.f.). A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols. Computer Science Department, Recuperado de <https://classes.soe.ucsc.edu/cmpe257/Spring03/papers/broch98performance.pdf>
- Drucker, P. (2004). La Sociedad Poscapitalista. Colombia: Editorial Norma.
- Halsey, A. (2015). There are about 1.7 million rear-end collisions on U.S. roads each year. Here's how to stop them. The Washington Post, Recuperado de [https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2015/06/08/there-are-about-1-7-million-rear-end-collisions-on-u-s-roads-each-year-heres-how-to-stop-them/?utm\\_term=.a10036e3b8ed](https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2015/06/08/there-are-about-1-7-million-rear-end-collisions-on-u-s-roads-each-year-heres-how-to-stop-them/?utm_term=.a10036e3b8ed).
- Knight, W. (2015 ). Car-to-Car Communication. MIT Technology Review. *The University of Michigan*.
- Mohammad Horani, A. S. (2012). Emerging Technologies Comparison in the United States, Europe, and Japan. *AutomotiveWorld*, recuperado de <https://s3.amazonaws.com/automotiveworld/presentations/V2V+Car2Car+Comparison.pdf>
- Proskawetz, O. (2016). Cooperative Intelligent Transport Systems and Services (C-ITS) - Car2Car and Car2Infrastructure Communication facilitates a huge potential for intermodal and sustainable mobility. Managing Director of ITS Niedersachsen GmbH. Recuperado de [https://eu-smartcities.eu/sites/all/files/docs/best-practice/Car2X\\_topic\\_description.pdf](https://eu-smartcities.eu/sites/all/files/docs/best-practice/Car2X_topic_description.pdf).

- Schütze, D. T. (2011). Automotive Security: Cryptography for Car2X. Rohde & Schwarz, Recuperado de [http://www.torsten-schuetze.de/reports/ieee1609-2\\_security.pdf](http://www.torsten-schuetze.de/reports/ieee1609-2_security.pdf).
- Schwarz., C. f. (2011). Overview of Wireless Access in Vehicular Environment . Indian Journal of Science and Technology.
- Shereen A. M. Ahmed, S. H. (2013). Overview of Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) Protocols and Standards. *Indian Journal of Science and Technology*, 6(7) Recuperado de <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/34355>.
- Walter Balzano, M. R. (2014). A Smart Framework for GPS Trajectories' Segmentation. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems.

<b>Rol de Contribución</b>	<b>Autor(es)</b>
Conceptualización	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA "IGUAL" JORGE RAFAEL AGUILAR CISNEROS
Metodología	"PRINCIPAL" EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Software	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Validación	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Análisis Formal	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Investigación	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA "IGUAL" JORGE RAFAEL AGUILAR CISNEROS
Recursos	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Curación de datos	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Escritura - Preparación del borrador original	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Escritura - Revisión y edición	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Visualización	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA
Supervisión	"PRINCIPAL" JORGE RAFAEL AGUILAR CISNEROS
Administración de Proyectos	"PRINCIPAL" JORGE RAFAEL AGUILAR CISNEROS
Adquisición de fondos	EMMANUEL CONTRERAS MEDINA





Revista  
Iberoamericana de las  
Ciencias Computacionales  
e Informática  
ISSN: 2007 - 9915