

# **Avances en Tecnologías de Información**

---

# Research in Computing Science

---

## Series Editorial Board

### Editors-in-Chief:

*Grigori Sidorov (Mexico)*  
*Gerhard Ritter (USA)*  
*Jean Serra (France)*  
*Ulises Cortés (Spain)*

### Associate Editors:

*Jesús Angulo (France)*  
*Jihad El-Sana (Israel)*  
*Jesús Figueroa (Mexico)*  
*Alexander Gelbukh (Russia)*  
*Ioannis Kakadiaris (USA)*  
*Serguei Levachkine (Russia)*  
*Petros Maragos (Greece)*  
*Julian Padget (UK)*  
*Mateo Valero (Spain)*

### Editorial Coordination:

*María Fernanda Rios Zacarias*

*Research in Computing Science* es una publicación trimestral, de circulación internacional, editada por el Centro de Investigación en Computación del IPN, para dar a conocer los avances de investigación científica y desarrollo tecnológico de la comunidad científica internacional. **Volumen 76**, septiembre 2014. Tiraje: 500 ejemplares. *Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título* No. : 04-2005-121611550100-102, expedido por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. *Certificado de Licitud de Título* No. 12897, *Certificado de licitud de Contenido* No. 10470, expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores. Queda prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio, sin el permiso expreso del editor, excepto para uso personal o de estudio haciendo cita explícita en la primera página de cada documento. Impreso en la Ciudad de México, en los Talleres Gráficos del IPN – Dirección de Publicaciones, Tres Guerras 27, Centro Histórico, México, D.F. Distribuida por el Centro de Investigación en Computación, Av. Juan de Dios Bátiz S/N, Esq. Av. Miguel Othón de Mendizábal, Col. Nueva Industrial Vallejo, C.P. 07738, México, D.F. Tel. 57 29 60 00, ext. 56571.

**Editor responsable:** *Grigori Sidorov, RFC SIGR651028L69*

**Research in Computing Science** is published by the Center for Computing Research of IPN. **Volume 76**, September 2014. Printing 500. The authors are responsible for the contents of their articles. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of Centre for Computing Research. Printed in Mexico City, in the IPN Graphic Workshop – Publication Office.

---

Volume 76

---

# Avances en Tecnologías de Información

**Pedro César Santana Mancilla,  
Juan Antonio Guerrero Ibañez,  
Juan José Contreras Castillo,  
Osva Antonio Montesinos López (eds.)**



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Computación  
México 2014

**ISSN: 1870-4069**

---

Copyright © Instituto Politécnico Nacional 2014

Instituto Politécnico Nacional (IPN)  
Centro de Investigación en Computación (CIC)  
Av. Juan de Dios Bátiz s/n esq. M. Othón de Mendizábal  
Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Zacatenco  
07738, México D.F., México

<http://www.rcs.cic.ipn.mx>

<http://www.ipn.mx>

<http://www.cic.ipn.mx>

The editors and the publisher of this journal have made their best effort in preparing this special issue, but make no warranty of any kind, expressed or implied, with regard to the information contained in this volume.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored on a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, including electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior permission of the Instituto Politécnico Nacional, except for personal or classroom use provided that copies bear the full citation notice provided on the first page of each paper.

Indexed in LATINDEX and Periodica / Indexada en LATINDEX y Periódica

Printing: 500 / Tiraje: 500

Printed in Mexico / Impreso en México

## Prefacio

Las Tecnologías de Información (TI) abarcan un importante número de temas, incluyendo el diseño, desarrollo, implementación y aplicación de sistemas basados en cómputo y telecomunicaciones. Los investigadores están actualmente investigando sistemas capaces de procesar información relevante para apoyar la toma de decisiones. También se está estudiando la creación de sistemas que contribuyen al mejoramiento de la salud, el entretenimiento o proponer nuevas estrategias para la mejora de los planes educativos actuales. Del mismo modo, el desarrollo de la seguridad y la transparencia de la información y los servicios son áreas de interés. Durante los últimos años, las TI están también investigando ambientes inteligentes para contribuir a resolver problemas que se encuentran presentes en las ciudades y autopistas.

Este volumen incluye 15 artículos de investigación con el estado del arte, que fueron revisados y seleccionados cuidadosamente. Esta edición incluye desarrollo de sistemas para el control vehicular en estacionamientos y autopistas, así como recomendaciones en tiempo real para conductores. Estudios para mejorar las experiencias de los turistas y las actividades físicas en niños. Los tópicos cubiertos también incluyen gestión de calidad, marcos para el aprendizaje, microinteracciones y proyectos de apoyo a la discapacidad.

Un total de 19 artículos fueron evaluados por pares y la tasa de aceptación fue de 78.9%. El proceso de evaluación se llevó a cabo en conjunto con la Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación y la Asociación Mexicana de Interacción Humano Computadora.

Nos gustaría agradecer a todas las universidades y centros de investigación que enviaron sus trabajos y la colaboración de la Universidad de Colima, la Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación y la Asociación Mexicana de Interacción Humano Computadora.

Pedro César Santana Mancilla,  
Juan Antonio Guerrero Ibañez,  
Juan José Contreras Castillo,  
Osval Antonio Montesinos López

Septiembre 2014



## Table of Contents (Índice)

	Page/Pág.
i-PARKING: Sistema Inteligente para Control de Plazas de Estacionamiento en Vías Públicas de Zonas Urbanas.....9 <i>Jazmín Acosta, Juan P. Tintos, Juan A. Guerrero</i>	9
Propuesta de un Esquema de Gestión de Calidad de Servicios en Entornos Vehicular Cloud.....17 <i>Montserrat Urzúa, Juan A. Guerrero</i>	17
Framework for Teaching the Design and Innovation of Green IT Services for High Social Impact.....25 <i>César R. Cárdenas, Rodrigo Mata</i>	25
Cómputo Ubicuo en el Control Canino para Actividades de Caza.....33 <i>Adrian Castañeda, Pedro Damián, María Andrade</i>	33
Considerando el Enfoque del Diseño de Microinteracciones como Aspecto Clave en el Desarrollo de Software.....43 <i>Jesús Hernández, Mónica A. Carreño, J. Andrés Sandoval, Italia Estrada</i>	43
SASVi – Sistema de Asistencia y Seguridad Vial .....51 <i>Fernando Martínez, Luis C. González, Manuel R. Carlos</i>	51
Collecting and Analyzing Energy Data for Central America, Mexico and the World: A Data Science Project.....61 <i>Leonel Morales, Krista Aguilar, Juan Pociano, María Rivas</i>	61
Estructuras de Representación del Conocimiento en Ambientes Asistidos .....73 <i>Ignacio Ruiz, Victor H. Castillo, Jorge R. Gutiérrez, Michel Villanueva, José L. Álvarez</i>	73
Desarrollo de un Prototipo de Impresora Braille de Bajo Coste como Apoyo a la Discapacidad Visual .....79 <i>Elvia Aispuro, Jaime Suárez, Javier Aguilar, Marcelo Ruíz, Aurora Ruíz, Javier Rodríguez</i>	79
A Storage Service based on P2P Cloud System .....89 <i>Gerardo García-Rodríguez, Francisco de Asís</i>	89
Importancia de los Encuentros de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior en la Preparación de la Olimpiada de Informática .....97 <i>Karina Figueroa, Cuauhtémoc Rivera</i>	97

Intelligent System for Real-Time Traffic Recommendations .....	105
<i>Pedro Pérez, César Cárdenas, Jorge Ramírez</i>	
Mejorando la experiencia del turismo cultural con un prototipo de realidad virtual.....	111
<i>Gabriel Peralta, Pedro Santana-Mancilla</i>	
Análisis de la relación amplitud-frecuencia en las señales EEG mediante Redes Bayesianas .....	123
<i>Gabriela García, Guillermo De la Torre</i>	
Diseño de una Arquitectura para la Ludificación de la Actividad Física en Niños.....	133
<i>María Cosío, Juan Nieto, Mabel Vazquez, Raymundo Buenrostro, Juan Guerrero, Carlos Flores</i>	

# **i-PARKING: Sistema Inteligente para Control de Plazas de Estacionamiento en Vías Públicas de Zonas Urbanas**

Jazmín Acosta, Juan P. Tintos, Juan A. Guerrero

Universidad de Colima  
{jazmin\_acosta, jtintos1, antonio\_guerrero}@ucol.mx

**Abstract.** Uno de los problemas que afecta a las grandes zonas urbanas en relación al transporte es el estacionamiento de vehículos. En las grandes ciudades es extremadamente difícil encontrar espacios vacantes para poder estacionar los vehículos, especialmente en horas pico. Esto generalmente causa un desgaste de tiempo, una frustración para los conductores así como un problema de congestión. El surgimiento en los últimos años de tecnologías emergentes como por ejemplo las redes de sensores pueden colaborar a solventar de mejor forma el problema de gestión de espacios de estacionamiento habilitando mecanismos de monitoreo eficiente y proporcionando alta flexibilidad de control para este proceso, contribuyendo de esta forma al concepto denominado ciudades inteligentes (*smart cities*). En este trabajo se presenta *i-PARKING* un sistema inteligente basado en tecnologías emergentes para el control de plazas de estacionamiento controladas por parquímetros en vías públicas en zonas urbanas.

**Keywords:** estacionamiento, comunicaciones inalámbricas, VANETs, WSN.

## **1 Introducción**

La sociedad moderna enfrenta serios problemas con los sistemas de transporte. El reporte publicado por el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) mostró que, por primera vez en la historia, más de la mitad de la población mundial (alrededor de 3.5 billones de personas) vive en zonas urbanas [1]. Dicho informe menciona que de acuerdo a esta tendencia se espera que dentro de 35 años, dos terceras partes de la población vivirán en zonas urbanas. Como consecuencia, en las últimas décadas las ciudades han sufrido un incremento desmedido del parque vehicular. De acuerdo al Departamento de Transporte de los Estados Unidos el número de vehículos dentro de ese país se incrementó de 234 millones en 2002 a 253 millones en 2011 [2]. El incremento descontrolado en urbanización hace necesario mecanismos eficientes y sustentables ambientalmente de gestión de varios procesos y operaciones urbanas. Uno de los problemas que afecta a las grandes zonas urbanas en relación al transporte es el estacionamiento de vehículos. En las grandes ciudades es extremadamente difícil encontrar espacios vacantes para poder estacionar los

vehículos, especialmente en horas pico. Esto generalmente causa un desgaste de tiempo y una frustración para los conductores.

Algunas medidas que se han implementado en las grandes ciudades son la instalación de parquímetros en las avenidas y calles y los conductores tienen que pagar por estacionarse en las zonas públicas. Sin embargo, los conductores siguen padeciendo de pérdida de tiempo en el proceso de localización de un lugar para estacionar el vehículo. En los últimos años han surgido una serie de tecnologías emergentes que pueden colaborar a solventar de mejor forma el problema de gestión de espacios de estacionamiento habilitando mecanismos de monitoreo eficiente y proporcionando alta flexibilidad de control para este proceso, lo que contribuirá de esta forma al concepto denominado ciudades inteligentes (smart cities). En el caso de la gestión de estacionamiento el reto es manejar eficientemente los espacios disponibles y reducir el volumen de vehículos cruzando por las calles en busca de lugares de estacionamiento para aligerar no solamente el congestionamiento vial sino también los problemas relacionados con el impacto ambiental. Con base en lo anterior es como surge *i-PARKING* un sistema inteligente para la administración de espacios de estacionamiento en vías públicas de zonas urbanas.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma. La sección 2 presenta una serie de trabajos relacionados con el problema abordado en este artículo. *i-PARKING* se describe en forma detallada en la sección 3. Finalmente se da cierre al artículo con las conclusiones del trabajo.

## 2 Trabajos Relacionados

En los últimos años se han redoblado esfuerzos para tratar de resolver el problema de gestión de plazas de estacionamiento. En específico, en la literatura se han publicado varios trabajos relacionados con el control de estacionamientos basados en el uso de tecnologías de comunicaciones.

En [3] los autores proponen SPARK, un sistema que hace uso de comunicación vehicular y la infraestructura de control de estacionamiento para proveer y administrar el estacionamiento completo. El principal problema es que este sistema solamente es aplicado en estacionamientos públicos y no se implementa en avenidas y calles. En [4] los autores un sistema para resolver de la mejor manera posible el problema con la sobrepoblación de autos en estacionamientos o incluso en la vía pública. Para este fin se propone un sistema inteligente de detección de autos y espacios para estacionarse basado en tecnología de sensores debido a que tiene un gran potencial de proporcionar una solución fácil y económica a esta aplicación. Sin embargo, la principal debilidad de este trabajo es que se queda corto en la explicación del mecanismo propuesto.

Otros trabajos presentan sistemas de estacionamiento inteligente que utilizan procesos estocásticos para modelar el proceso de entrada-salida de estacionamientos [5-6]. Mediante este análisis se pueden estudiar los servicios de estacionamiento óptimos y encontrar los mejores servicios. La información de los servicios se distribuye a los vehículos que pasan por el sitio de estacionamiento a través de redes inalámbricas.

En [7] los autores proponen una solución denominada *PhonePark* que detecta la disponibilidad de estacionamiento en la vía pública haciendo uso de los dispositivos móviles que llevan los conductores. La solución no se basa en cualquier infraestructura dedicada o sensores externos, y por lo tanto es mucho más económico que las soluciones existentes. Finalmente en [8] presentan una propuesta para la gestión de plazas de estacionamiento, que se basa en la detección rápida y oportuna de plazas libres para estacionarse. Sin embargo no queda claro como realizan la detección rápida de plazas desocupadas.

Finalmente en [8] se propone *iParkings* un sistema para control de plazas en estacionamientos públicos y privados y en estacionamientos en zonas públicas de ciudades. El sistema propone la colocación de una serie de sensores inalámbricos que trabajan sin conexión, ni energía eléctrica, los conductores pueden saber mediante GPS o a simple vista, los lugares de estacionamiento disponibles en esa calle o en zonas cercanas. El principal problema que tiene este trabajo es que no presenta una explicación clara de cómo los sensores inalámbricos distribuyen la información de estado de la plaza que controlan ni la forma en como se presenta a los usuarios.

Como se puede observar existen trabajos que tratan de solventar el problema de control de estacionamientos, sin embargo la principal diferencia de este sistema es que al conductor se le enviará información de espacios de estacionamiento en la vía pública reutilizando la red de parquímetros que se tienen instalados en las zonas urbanas.

### **3 Descripción de i-PARKING**

*i-PARKING* es un sistema que se basa en el modo de comunicación V2I (*Vehicle-to-Infrastructure*) definido en las redes VANET (*Vehicular Ad-Hoc Networks*). V2I hace referencia a la comunicación entre vehículo y algún tipo de infraestructura colocada en las avenidas, la cual se le denomina RSU (*Roadside Unit*). *i-PARKING* define dos arquitecturas: física y lógica. La arquitectura física define toda la infraestructura que se debe de implementar para el funcionamiento del sistema. La arquitectura lógica forman todos los módulos, entidades funcionales y protocolos de comunicación que tienen como función facilitar el procesamiento y difusión de la información dentro de *i-PARKING*.

#### **3.1 Arquitectura física**

La arquitectura física de *i-PARKING* comprende todos los dispositivos que se utilizan para el intercambio de información entre los diferentes actores que participan en *i-PARKING* (Fig. 1). En este caso se considera que los parquímetros conforman una red conectada en forma cableada o inalámbrica con conexión directa a través de Internet al servidor principal de gestión de plazas de estacionamientos.

*i-PARKING* está conformado por módulos que trabajan en forma integrada. A continuación se describen cada uno de los módulos y las funciones que realiza dentro del *i-PARKING*. El *Servidor Administrador de Estacionamiento* (SAE) es responsable de controlar en forma centralizada el estado de cada nodo monitor de parking (NMP).

El SAE es un servidor con una aplicación de gestión de las plazas de estacionamiento. El *Nodo Monitor de Parking* (NMP) es un sistema embebido inalámbrico con sensores que detecta el estado de ocupación de la plaza de estacionamiento. Este nodo está localizado en cada parquímetro y mediante un sistema de información inalámbrico se envía el estado de la plaza de estacionamiento a un centro de datos que está representado por el SAE. Finalmente los Nodos móviles (NM) representan los OBU (*On-Board Unit*) y son los que solicitan el servicio de estacionamiento directamente al SAE mediante una aplicación móvil. Dicha aplicación está fuera del alcance de este artículo.

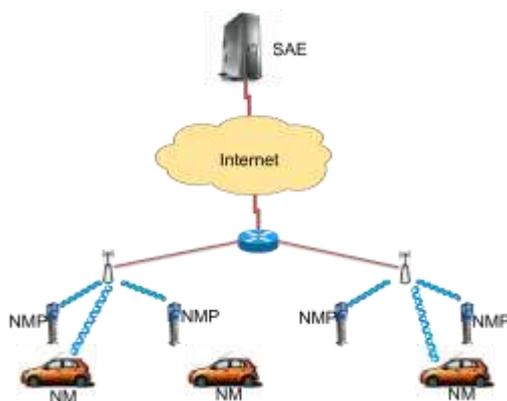


Figura 1. Representación de la arquitectura física de *i-PARKING*.

### 3.2 Arquitectura lógica

La arquitectura lógica de *i-PARKING* la conforman las entidades funcionales que son implementadas en cada módulo de la arquitectura física, el protocolo de comunicación y los formatos de trama de los mensajes. A continuación se explica a detalle cada una de las partes que conforman esta arquitectura.

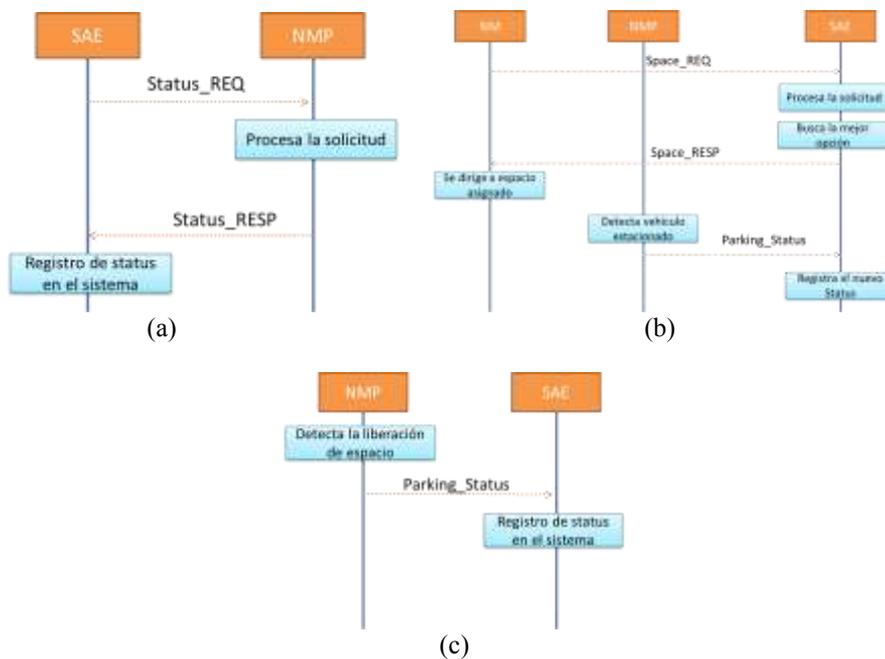
#### 3.2.1 Entidades funcionales

*i-PARKING* está conformado por diferentes entidades que trabajan en forma integrada. A continuación se describen cada una de las entidades y las funciones que realiza dentro del *i-PARKING*. El *Servidor Administrador de Estacionamiento* (SAE) es la entidad responsable de recibir las diferentes solicitudes de las entidades NM que se encuentran implementadas en los OBU. Además es la que solicita la información de cada uno de las entidades implementadas en los módulos NMP. La entidad NMP es responsable de la información de monitoreo de la plaza asignada en el sistema de control de espacios de estacionamiento, informándole a la SAE sobre la disponibilidad e información relevante de tiempo ocupado y la información del vehículo que está en dicha plaza. Finalmente la entidad NM es la responsable de la

comunicación directa con SAE para la solicitud de plaza de estacionamiento y de procesar la respuesta recibida de dicha solicitud.

### 3.2.2 Protocolo de comunicación

*i-PARKING* definen diferentes modos o procesos de comunicación para el intercambio de información entre las diferentes entidades funcionales que conforman el sistema. A continuación se describen los procesos que se incluyen dentro del sistema para una comunicación exitosa (Fig. 2).



**Figura 2.** Representación de los procesos de la arquitectura lógica de *i-PARKING*, a) proceso de inicialización del sistema, b) proceso de solicitud de plaza de estacionamiento, c) proceso de liberación de plaza.

El primer proceso definido es el de *inicialización* el cual se ejecuta cuando se inicializa por primera vez el sistema (Fig. 2a). En este caso el *SAE* envía un mensaje de solicitud *Status\_REQ* mediante Broadcast dirigida a todos los *NMP* para que le notifiquen el estado en que se encuentra cada uno de los espacios que están gestionando. Cada uno de los *NMP* notifican su estado mediante un mensaje *Status\_RESP* y el *SAE* los registra en el sistema.

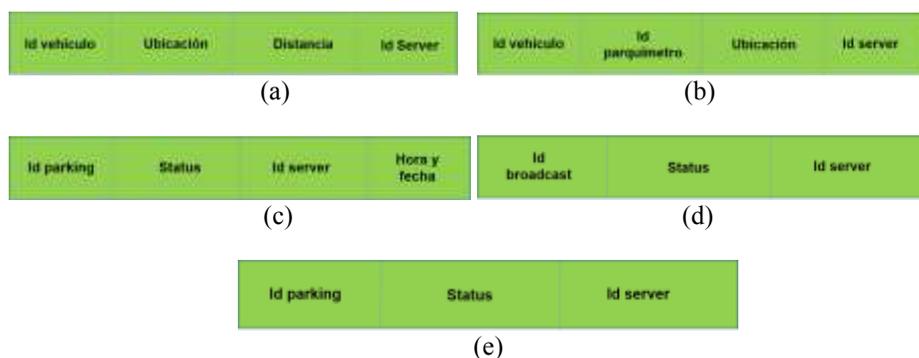
El segundo proceso es el de *solicitud de plaza* dentro del cual el *NM* solicita mediante un mensaje *Space\_REQ* enviado al *SAE* información para ubicar un espacio disponible para poder estacionarse (Fig. 2b). El *SAE* revisa la solicitud y localiza dentro de la aplicación de administración el espacio disponible más cercano a la ubicación actual del *NM*. El *SAE* manda la respuesta correspondiente mediante un

mensaje *Space\_RESP*. El vehículo procesa la respuesta y se dirige al espacio asignado. Cuando el *NMP* detecta que el vehículo está estacionado envía un mensaje *Parking\_Status* al *SAE* para notificarle el cambio de estado a ocupado.

El tercer proceso es el de *notificación de liberación*, el cual se ejecuta cuando el *NMP* detecta que el vehículo que estaba estacionado ha liberado el espacio (Fig. 2c). En este caso el *NMP* manda un mensaje *Parking\_Status* al *SAE* para notificar el cambio de estado y el *SAE* hace el registro de la actualización del nuevo estado del *NMP* dentro del sistema.

### 3.2.3 Formato de mensajes

Dentro del proceso de comunicación de *i-PARKING* se define una serie de formatos de tramas para el intercambio de información entre las diferentes entidades que conforman el sistema. A continuación se describen los diferentes formatos de las tramas que se envían en los diferentes procesos de comunicación (Fig. 3).



**Figura 3.** Representación de los formatos de trama de *i-PARKING*, a) Trama *Space\_REQ*, b) trama *Space\_RESP*, c) Trama *parking\_status*, d) Trama *status\_REQ*, e) Trama *status\_RESP*.

La trama *Space\_REQ* es utilizada por el *NM* para enviarle al *SAE* una solicitud de plaza de estacionamiento (Fig. 3a). Esta trama está formada por 4 campos, los cuales explicamos a continuación. El campo *Id vehículo* es el identificador del vehículo que está solicitando el servicio y es asignado cuando el usuario se registra en el servicio. El campo *Ubicación* representa las coordenadas de GPS desde el lugar en donde se encuentra el vehículo que está solicitando el servicio. El campo *Distancia* representa el rango de búsqueda que establece el usuario. Este campo sirve para que el usuario pueda establecer un radio de búsqueda máximo para conseguir una plaza de estacionamiento. Finalmente *Id server* representa el identificador asignado al *SAE*.

La trama *Space\_RESP* la utiliza el *SAE* para enviarle la respuesta al *NM* de la solicitud que realizó (Fig. 3b). Mediante esta trama el *SAE* manda la información relacionada con la plaza de estacionamiento sugerida para el *NM*. La diferencia con la trama anterior es que ahora se le agrega el campo *Id parking* que representa el

identificador asignado a cada parquímetro. Además el campo *Ubicación* representa las coordenadas de GPS del lugar en donde se encuentra ubicado el parquímetro.

La trama *Parking\_Status* es utilizada en el proceso de notificación de liberación y es enviada del *NMP* al *SAE* (Fig. 3c). La trama se envía cuando el *NMP* detecta que la plaza que tiene asignada para su administración ha cambiado de estado. Esta trama está formada por los siguientes campos: *Id parking* que representa el identificador asignado a cada parquímetro. *Status* representa el status que recibe el servidor del parquímetro. Dicho estado puede ser 0 si la plaza está libre o 1 si la plaza está ocupada. *Id server* representa el identificador asignado al servidor en donde llegan las solicitudes del servicio. *Hora y fecha* representa el día y la hora en que el *NMP* detecta la liberación de la plaza.

La trama *status\_REQ* se utiliza en el proceso de inicialización y es enviada del *SAE* al *NMP* (Fig. 3d). Esta trama está formada por los siguientes campos: *Id broadcast* representa que la solicitud va dirigida a todos los *NMP*. La dirección de Broadcast se representa con un valor de 0. *Status* representa el status que recibe el *NMP* del servidor. Cabe mencionar que este valor representa el último estado que quedó registrado en el sistema para cada parquímetro. *Id server* representa el identificador del *SAE* que realiza la solicitud.

Finalmente la trama *Space\_RESP* es utilizada en el proceso de inicialización y es enviada del *NMP* al *SAE* (Fig. 3e). Los campos son similares, la única diferencia es que en el campus *status* el *NMP* notifica si la plaza que administra está ocupada o libre mediante un 0 para indicar que está libre o un 1 para indicar que está ocupada.

## 4 Conclusiones

En este trabajo presentamos la propuesta de *i-PARKING*, un sistema inteligente para la gestión de plazas de estacionamiento en zonas públicas de zonas urbanas. *i-PARKING* hace uso de una red inalámbrica de sensores y comunicaciones inalámbricas para poder realizar la gestión de plazas de estacionamiento de zonas controladas por parquímetros. Este trabajo plasma el diseño completo de *i-PARKING* que se refleja en la definición de las entidades funcionales, el protocolo de comunicación y los diferentes formatos de los mensajes utilizados en el sistema.

Mediante el sistema *i-Parking*, se pretende asistir a los conductores en la localización de plazas de estacionamiento en zonas públicas, contribuyendo a reducir los problemas de congestión e incremento de niveles de contaminación que ocasionan los conductores al conducir de forma lenta tratando de encontrar un lugar para estacionarse

## Referencias

- 1 United Nations Population Fund.: Technical report: State of World Population 2011: People and possibilities in a world of 7 billion (2011).

2. Department of Transportation (DOT): National Transportation Statistics, [http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national\\_transportation\\_statistics/index.html](http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national_transportation_statistics/index.html), (2014).
3. Lu, R., Lin, X., Zhu, H., Shen, X.: SPARK: A new VANET-based Smart Parking Scheme for Large Parking Lots. INFOCOM 2009, pp. 1413-1421, Rio de Janeiro, Brazil (2009).
4. Srikanth, V., Pramod, P., Dileep, K., Tapas, S., Mahesh, U., Patil, M, Sarat, C.: Design and implementation of a prototype Smart parking (SPARK) system using wireless sensor networks. In: International Conference on advances information networking and applications workshop, pp. 401-406, Bradford (2009).
5. Yang, G., Yang, W., Rawat, D., Olariu, S.: SmartParking: A secure and intelligent parking system. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, pp. 18-30, (2011).
6. Xu, B., Wolfson, O., Yang, J. Stenneth, L., Yu, P., Nelson, P.: Real-time Street parking availability estimation. In 14th International Conference on Mobile Data Management, pp. 16-25, Milan, Italy, (2013).
7. Lu., R., Lin, X., Zhu, H., Shen, X.: An intelligent secure and privacy-preserving parking scheme through vehicular communication. IEEE Transaction on vehicular technology, pp. 2772-2785, 59(6),(2010).
8. iPARKINGS: Sistema Inteligente para control de estacionamientos. <http://www.iparkings.com>.
9. Kokolaki, E., Karaliopoulos, M., Stavrakakis, L.: Leveraging information in parking assistance systems. IEEE Transaction on vehicular technology, pp. 4309-4317, 62(9), (2013)

# Propuesta de un Esquema de Gestión de Calidad de Servicios en Entornos *Vehicular Cloud*

Montserrat Urzúa, Juan A. Guerrero

Universidad de Colima, Facultad de Telemática  
{sarai\_urzua, antonio\_guerrero}@uocol.mx

**Abstract.** Este artículo presenta una propuesta de un esquema de gestión de la calidad en los servicios ofrecidos en un entorno *Vehicular Cloud*. Cabe destacar que la arquitectura en la que se desarrolla nuestra propuesta consta principalmente de una comunicación vehículo a infraestructura (V2I) donde las infraestructuras serán los nodos fijos y los enlaces a la nube, un recurso remoto con conexión a internet, la cual tendrá un registro de credenciales y sesiones, por mencionar algunos, que gestionan los servicios ofrecidos en la red. Esta investigación se enfocará específicamente al servicio de almacenamiento (SaaS), el cual mediante un mecanismo de tarificación dinámico podrá ser alquilado por nodos móviles autorizados como “proveedores” y consumido por nodos móviles en la red identificados como “clientes”. Todo ello procurando siempre el beneficio, satisfacción y oportunidades de comercio para los usuarios de los entornos *Vehicular Cloud*.

**Keywords:** VANETs, cloud computing, QoS, tarificación, vehicular cloud.

## 1 Introducción

En los últimos años se ha hecho un esfuerzo considerable por hacer uso de la tecnología en una de las actividades que consume la mayor parte del día al realizar nuestras tareas diarias: la movilidad. Ésta motivación llevó a investigadores a la creación de un entorno de red con vehículos interconectados llamado *VANET* (Vehicular Ad hoc Network) que permitirá la creación de numerosas aplicaciones que contribuyan a solventar los problemas (congestión vial, seguridad vial e información y entretenimiento) que enfrenta la sociedad moderna con la transportación [1].

Las *VANET* se han enfocado en tres áreas principales de aplicación: seguridad vial, control de tráfico e información y entretenimiento o infotainment. Las dos primeras áreas han sido fuente de mucha investigación tratando de proponer soluciones para control de tráfico, así como también seguridad y eficiencia de recursos [2].

La última área no ha sido explotada e investigada de manera adecuada. Sin embargo en años recientes se ha prestado atención especial a ella siendo el camino hacia un mercado extenso con necesidades aún no cubiertas, brinda una oportunidad de negocio prometedora y ganancias a empresas y proveedores en el ámbito.

En los últimos años se ha generado un nuevo concepto que combina la potencialidad de las VANETS junto con los beneficios del cómputo en la nube (Cloud Computing) la cual es una tecnología que permite utilizar una gran variedad de servicios compartidos remotamente, como por ejemplo almacenamiento, datos, entre otros, de forma transparente a los usuarios, generando un entorno que ofrezca servicios a los conductores que se encuentren en desplazamiento. Este nuevo entorno es denominado Vehicular Cloud.

Ante esta nueva tendencia surgen varios retos importantes en diferentes áreas que tienen que ser resueltos (seguridad, privacidad, diseminación, tarificación, enrutamiento, gestión del entorno, calidad de servicio (QoS), por mencionar algunos).

Éste trabajo expone una propuesta que tiene el objetivo de realizar un análisis de prestación de servicios en este nuevo entorno; de manera más específica, se propone generar un mecanismo de selección de proveedores y un modelo de tarificación dinámico para alquilar el servicio de almacenamiento en la red, basándonos en QoS (Calidad de Servicio) de tal forma que proporcione una serie de beneficios tanto a proveedores como a clientes.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: La sección 2 presenta algunos de los más sobresalientes trabajos relacionados con el problema abordado en este trabajo. En la sección 3, nuestra propuesta se describe en forma detallada. Finalmente se da cierre al artículo con las conclusiones de nuestra investigación en la sección 4.

## 2 Trabajos relacionados

Los últimos años fueron testigos del creciente interés y necesidad de redes vehiculares y sus posibles aplicaciones. La literatura nos muestra una serie de publicaciones de trabajos relacionados con las redes vehiculares y su evolución al perseguir el concepto, *Vehicular Cloud*.

Fue así como el trabajo [3] en el año 2010 plantea una visión novedosa, avances en redes vehiculares, dispositivos incrustados y la computación en nube (Cloud Computing) pueden ser utilizados para formar lo que hemos estado llamando Vehicular Cloud Computing (VC2). En VC2, los recursos de vehículos infrautilizados tales como el poder de computación, conectividad a Internet y almacenamiento pueden ser compartidos entre los conductores o alquilados a través de Internet a diversos clientes, muy parecido a la forma de trabajar con Cloud Computing.

En 2011, en [4] se propone una arquitectura para Vehicular Cloud Computing que incluye un sistema vehicular ciber-físico (VCPS Vehicular Cyber-Physical System por sus siglas en inglés), redes vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I). Los retos de la investigación en el dominio Vehicular Cloud es introducir nuevos servicios para mostrar todo el potencial de este sistema de transporte inteligente para satisfacer las necesidades de seguridad y confort para el conductor.

En 2012, en [5] analizan lo que trae consigo la visión del nuevo tipo de nube que han presentado Olariu y varios investigadores del área *Vehicular Cloud Computing* [3]. Es claro que el concepto eleva retos de seguridad y privacidad excepcionales y que si uno de los principales objetivos de *Vehicular Cloud Computing* es ver una

amplia adopción y tener un impacto social significativo, las cuestiones de seguridad y privacidad deben ser abordados. Esto lo convierte en uno de los principales trabajos que se encarga de analizar los problemas de seguridad y amenazas a la privacidad potencial en una *Vehicular Cloud Computing*. Se enfocaron a algunos de los principales problemas de diseño que afectan a la futura aplicación de VC2 y proporcionar un conjunto de protocolos de seguridad y privacidad.

De los trabajos más reconocidos sobre el desarrollo de éste nuevo concepto, podemos hacer referencia a la investigación [6]. En el 2013, los autores se basaron en las sólidas capacidades de las VANETS, para dar vida al concepto Vehicular Cloud, donde los servicios de Cloud Computing son consumidos por vehículos que cuentan con los recursos para actuar como servidores en la nube móvil. Su investigación consta del diseño de un sistema que permite a los vehículos en una VANET buscar servidores de la nube móviles, es decir, vehículos que proveen el servicio, que estén dentro de su alcance y así descubrir sus servicios y recursos. Un factor clave para su investigación fue la propuesta de utilizar Roadside units (RSUs), que actúan como servidores de registro en la nube, los cuales comparten sus datos de registro para que los vehículos puedan descubrir y consumir los servicios de los servidores de la nube móviles dentro de un área determinada. Razón que hace a los RSUs indispensables en su contribución.

Haciendo un breve resumen de la investigación y trabajos que se han realizado sobre Vehicular Cloud Computing, podemos notar que áreas como la difusión de información o seguridad son aspectos que ya han sido tomados en cuenta pero como ya se había mencionado antes, Infotainment es un área no explotada, por lo tanto puede ofrecer numerosas oportunidades de investigación y comercialización.

Éste artículo busca hacer un aporte en esta área proponiendo un esquema de tarificación dinámico basado en calidad de servicio que cubra las demandas y necesidades de los consumidores de servicios un entorno Vehicular Cloud Computing.

### **3 Descripción de la propuesta**

Nuestro trabajo propone la definición de un mecanismo que fusionará la información que recolecta en la red, tales como las características del servicio que un proveedor dentro de este entorno puede ofrecer y los requerimientos de los clientes respecto al servicio que desean y así realizar búsquedas que permitan encontrar al proveedor que podría proporcionárselo, con el objetivo de crear un entorno basado en calidad de servicio que satisfaga las necesidades de los clientes estableciendo tarifas que se adecúen a lo que en realidad solicitaron y permita a los proveedores ser competentes en el mercado. La propuesta define dos arquitecturas: la física y la lógica. A continuación se explica cada una de estas arquitecturas.

#### **3.1 Arquitectura física**

La arquitectura física está compuesta por los dispositivos que interactúan en una red *Vehicular Cloud*; los cuáles constan básicamente de vehículos equipados con

tecnología con capacidad de conectarse a la nube por medio de las infraestructuras existentes en la red, estos pueden estar o no en movimiento y serán definidos como *Clientes* o *Proveedores*, las infraestructuras tendrán conexión a la nube, la cual podemos visualizar físicamente como un *Servidor de Administración (SA)* donde se guardarán las sesiones y registros de cada nodo que participe en la red, con el fin de diferenciar, controlar e identificar a los nodos que proveen un servicio y aquellos que consumen un servicio (Fig. 1).

Tanto la tecnología de los vehículos como la de las infraestructuras serán adecuadas para trabajar bajo el estándar 802.11p, el cuál está diseñado específicamente para implementarse en comunicaciones vehiculares, dichas tecnologías no han sido especificadas con exactitud y se abordan de manera tentativa en este trabajo.



Figura 1. Representación de la arquitectura física.

### 3.2 Arquitectura lógica

La arquitectura lógica de esta propuesta consta de entidades funcionales, las cuales están presentes en los elementos de la arquitectura física para ejercer la comunicación entre los dispositivos, también consta de un proceso de comunicación y formatos de mensajes existentes en este esquema propuesto. A continuación se describen a detalle.

#### 3.2.1 Entidades funcionales

Existen tres entidades que trabajan en la red *Vehicular Cloud*, el *Proveedor*, el *Cliente*, y el *Servidor de Administración*. Sus funciones son las que hacen posible la comunicación en éste entorno y se describen a continuación.

El *Proveedor* de servicio en la red es, como su nombre lo indica, el que alquila el servicio a quien se lo solicite, su función por un lado es conectarse a la red por medio de las infraestructuras, identificarse ante el *Servidor de Administración*, brindar la información solicitada tal como servicio, costo, tiempo, por mencionar las más importantes, y por otro lado es responder las peticiones de alquiler de servicio al *Cliente*.

Las entidad *Cliente* se conecta al SA al igual que el *Proveedor* y es aquella encargada de brindarle la información al SA respecto al servicio que solicitan, como costo, calidad, tiempo, entre otras, y una vez analizada y procesada su información por el mecanismo de selección, el *Cliente* puede seleccionar la opción que más le satisfaga a partir de una lista de recomendación generada por dicho mecanismo.

Por último pero no menos importante es el *Servidor de Administración* el cual hace el papel de la nube y es encargado del control de las sesiones de los nodos *Proveedor* y *Cliente*, su registro de servicios que ofrecen en caso de ser *Proveedor* o de lo que se solicita en caso de ser un *Cliente* y por supuesto es la entidad que, por medio de un mecanismo de tarificación dinámico, genera opciones recomendadas para consumir un servicio acorde a las necesidades del solicitante.

### 3.2.2 Proceso de comunicación

El escenario propuesto para ésta investigación es una red vehicular (VANET) basada en vehículos e infraestructuras para ejercer una comunicación entre dichos nodos (V2I) combinada con una nube cuyo papel en la red será la de controlar el registro, identificación, pago, sesiones, por mencionar algunas, de los nodos móviles que serán los *Proveedores* de servicios y los *Clientes*, éstos nodos tendrán acceso a la nube por medio de las infraestructuras creando así un entorno Vehicular Cloud.

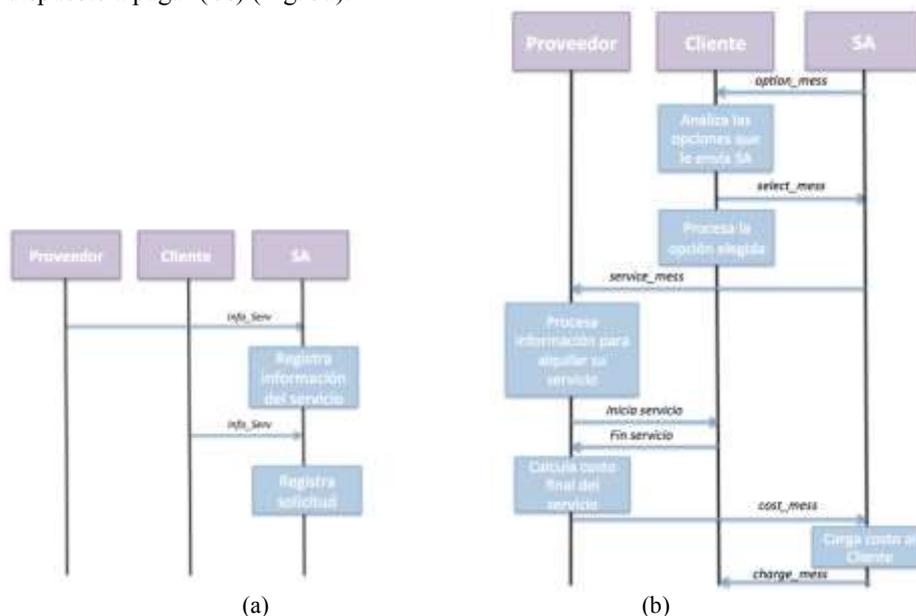
El primer proceso definido es el de Inicialización, comienza cuando los vehículos son encendidos y se conectan a una VANET, en este instante se registran por medio de las infraestructuras en el Servidor de Administración identificándose como Proveedor, Cliente o ambos, un nombre de usuario y una contraseña (Fig. 2).



Figura 2. Proceso de comunicación de Inicialización.

Una vez identificados en la VANET, podemos continuar con un segundo proceso, Información y Petición de Servicios, en caso de ser autenticado ante el SA como un Proveedor, este debe facilitar algunos datos respecto al servicio que ofrece, tales como el tiempo durante el cual estará conectado a la VANET (Tp), el

almacenamiento máximo que puede ofrecer por usuario ( $S_m$ ), tiempo máximo total de almacenamiento ( $T_t$ ) y costo por unidad de almacenamiento ( $C_s$ ). Así mismo los nodos Cliente previamente identificados en la nube o el SA, facilitarán información respecto al servicio que desean alquilar, como el tiempo que requieren el servicio ( $T_c$ ), la capacidad máxima de almacenamiento requerida ( $S_m$ ), tiempo máximo total de almacenamiento ( $T_t$ ) y el costo máximo por unidad de almacenamiento que está dispuesto a pagar ( $C_s$ ) (Fig. 3a).



**Figura 3.** Procesos de comunicación, a) *Información y Petición de Servicios* y b) *Tarificación, Selección y Proveer Servicio*.

Una vez reunida ésta información un tercer proceso comienza, Tarifación, a partir del registro que se creó con la información recabada de los nodos en la VANET, el SA hará un análisis con ayuda del mecanismo de tarifación para así generar opciones según la conveniencia del Cliente (Fig. 3b). Como cuarto proceso, después de la generación de los resultados sugeridos para el Cliente según sus especificaciones, el Cliente elegirá de una lista el que más se ajuste a sus necesidades, denominaremos esto como el proceso de Selección. Y por último como quinto proceso, el *Proveedor* recibirá la instrucción por parte del SA, quien tiene la decisión del *Cliente*, y responderá a ésta solicitud para alquilarle el servicio. Básicamente así funcionaría el alquiler de servicio de almacenamiento en un entorno Vehicular Cloud.

### 3.2.3 Formato de mensajes

Dentro del proceso de comunicación definiremos una serie de formatos de tramas para el intercambio de información entre las diferentes entidades que conforman la propuesta. A continuación se describen los diferentes formatos.

La trama *info\_Ident* es utilizada en el proceso de inicialización y es enviada desde los nodos Cliente o Proveedor hacia el SA por medio de las infraestructuras presentes en la red (Fig. 4a). El campo *Id* representa el identificador del vehículo que está enviando la información, es decir, el SA necesita saber si el vehículo que se conectó a la VANET es un Cliente o un Proveedor, este campo podrá llevar tres valores diferentes: 01 para Cliente 10 para Proveedor y 11 para un nodo que se desempeñe con ambos roles. El campo *user\_Id* es aquel donde se enviará un identificador personalizado para cada nodo que se registre en el SA y por último el campo *pass* contiene una contraseña ingresada por el usuario para autenticarse en la red.



**Figura 4.** Representación de los formatos de trama a) *info\_Ident*, b) *info\_Serv*, c) *option\_mess*, d) *select\_mess*, e) *service\_mess*, f) *cost\_mess* y g) *charge\_mess*.

La trama *info\_Serv* es utilizada en el proceso de información y petición de servicios y es enviada desde los nodos Cliente o Proveedor según sea el caso hacia el SA (Fig. 4b). Basándonos en [7], en caso de ser el Cliente quien mande el mensaje, el campo *Tc* es el tiempo que requieren el servicio, el campo *Sm* es la capacidad máxima de almacenamiento requerida, el campo *Tt* es el tiempo máximo total de almacenamiento y el campo *Cs* el costo máximo por unidad de almacenamiento que está dispuesto a pagar el Cliente. En caso de ser el Proveedor quien envíe el mensaje, el campo *Tp* es el tiempo durante el cual estará conectado a la VANET, el campo *Sm* es el almacenamiento máximo que puede ofrecer por usuario, el campo *Tt* es el tiempo máximo total de almacenamiento y por último el campo *Cs* es el costo por unidad de almacenamiento que ofrece tal Proveedor.

La trama *option\_mess* es utilizada en el proceso de tarificación y es enviada desde el SA al nodo Cliente (Fig. 4c). El campo *user\_Id\_Pro* identifica al Proveedor del servicio, el campo *serv\_Id* identifica el servicio ofrecido y el campo *info* contiene las características sobre el servicio.

La trama *select\_mess* es utilizada en el proceso de selección y es enviada desde el nodo Cliente al SA (Fig. 4d). El campo *user\_Id\_Cli* identifica al Cliente que está solicitando el servicio, el campo *user\_Id\_Pro* identifica el proveedor que seleccionó, el campo *serv\_Id* identifica el servicio que solicita y el campo *info* contiene las características sobre el servicio.

La trama *service\_mess* es utilizada en el proceso de selección y es enviada desde el SA al nodo Proveedor (Fig. 4e). El campo *user\_Id\_Cli* identifica al Cliente que está solicitando el servicio y el campo *serv\_Id* identifica el servicio que se le está solicitando.

La trama `cost_mess` es utilizada en el término de proveer el servicio y es enviada desde el nodo Proveedor al SA con el cargo total por el consumo del Cliente (Fig. 4f). El campo `user_Id_Pro` identifica el proveedor que alquiló el servicio, el campo `user_Id_Cli` identifica al Cliente al que se le facilitó dicho servicio, el campo `charge` contiene el cargo por el servicio y el campo `info` contiene las características sobre el servicio brindado.

Por último, la trama `charge_mess` es utilizada cuando se hace el cargo por servicio al Cliente y es enviada desde el SA al nodo Cliente con el cargo total por su consumo (Fig. 4g). El campo `user_Id_Pro` identifica el proveedor que solicita el pago, el campo `charge` contiene el cargo y el campo `info` tiene la información del servicio consumido.

## 4 Conclusiones y trabajos futuros

Numerables aplicaciones se han propuesto en área de control de tráfico y seguridad sin embargo *infotainment* sigue siendo un terreno poco explorado pero con gran potencial para el comercio y la investigación. El presente trabajo propone un esquema de tarificación dinámico para servicios ofrecidos en un entorno *Vehicular Cloud* ya que las necesidades no son las mismas en los usuarios y los servicios ofrecidos en la red pueden variar según su proveedor.

Al momento del envío de éste documento se trabaja en el diseño del mecanismo que generará recomendaciones de servicio según las necesidades del cliente y la implementación para su validación en un simulador de red. Como trabajo futuro se podría desarrollar mecanismos similares para diversos y diferentes servicios.

## Referencias

1. Placzek, B.: Selective data collection in vehicular networks for traffic control applications. *Transportation Research Part C*, No. 23, pp. 14-28 (2011).
2. Popescu Zeletin, R.; Radusch, I.; Rigani, M.A.: *Vehicular-2-X Communications State-of-the-Art and Research in Mobile Vehicular Ad hoc Networks*. Springer, (2010).
3. Abuelela, M.; Olariu, S.: Taking VANET to the Clouds. *MoMM2010*, pp. 8-10 (2010).
4. Abid, H.; Phuong, L.T.T.; Wang, J.; Lee, S.; Qaisar, S.: V-Cloud: Vehicular Cyber-Physical Systems and Cloud Computing. *ISABEL'11*, pp. 26-29 (2011).
5. Yan, G.; Rawat, D. B.; Bista, B. B.: Towards Secure Vehicular Clouds. *IEEE Computer Society*, pp. 370-375 (2012).
6. Mershad, K.; Artail, H.: Finding STAR in a Vehicular Cloud. *IEEE Intelligent Transportation Systems*, pp. 55-68 (2013).
7. Mershad, K.; Artail, H.: CROWN: Discovering and Consuming Services in Vehicular Clouds. *Mobile and Cloud Computing*, pp. 98-102 (2013).
8. Whaiduzzaman, M.; Sookhak, M.; Gani, A.; & Buyya, R.: A survey on vehicular cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 40, 325-344 (2014).

# Framework for Teaching the Design and Innovation of Green IT Services for High Social Impact

César R. Cárdenas <sup>1</sup>, Rodrigo Mata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Querétaro

<sup>1</sup>ccarden@itesm.mx, <sup>2</sup>rmata@uteq.edu.mx

**Abstract.** This paper proposes a framework for projects of academic programs related to information and communications technologies. The framework is intended to include sustainability issues, innovation and high social impact. It integrates four domains of practical knowledge: the practices of green information technologies, the framework in information systems research, the guide to the software engineering body of knowledge, the body of knowledge for project management and principles.

**Keywords:** Green IT, IT Service Innovation, Socially Relevant Computing, Service-Learning in Information Systems.

## 1 Introduction

To achieve environmental sustainability we need to involve many actors. We must join industrial and academic intentions that contribute to the preservation of the environment and thus contribute to the global needs such as those presented by the Development Program of the United Nations (UNDP) which proposes challenges to everyone in order to generate new technological innovations for 2015 and post-2015. The MDGs (The Millennium Development Goals) have to be considered as well. The MDGs provide a framework for the entire international community to work together towards common goals. According to UNDP, environmental sustainability is vital to avoid reaching the point of no return. The ten most important environmental problems facing the planet are: population, climate change, biodiversity loss, nitrogen and phosphorus cycles, water, ocean acidification, pollution, wear, ozone, overfishing and deforestation [1]. Meanwhile, Mexico faces serious problems such as deforestation, declining freshwater bodies, forestry, hunting of protected areas and inadequate waste management [2]. The environmental problems in Mexico can be divided into five areas: rural development, natural resources and biodiversity, urban development, industrial growth, regulatory and institutional development and education [3]. The Information and Communications Technologies (ICTs) specialized academic programs can also contribute to preserving the environment and saving energy. This research seeks to propose a solution from the ICT's specialized educational system, where for instance, academic-industry projects and final projects are very valuable as experiential experiences, however they still relatively simple. Some of the results

from these projects have little innovation, sustainability and high social impact issues considered. Also, few academic projects supporting sustainability and environmental care are not really implemented and do not promote research and entrepreneurship. We believe that the low or no participation of students in innovative projects supporting green initiatives and social impact is due to, for example, the lack of initiatives involving these concepts as an opportunity to address problems and include them in their learning objectives. Also, no resources are allocated; no actions or initiatives in the universities are implemented. One way to motivate students are the competitions held in the country, for instance, the Cleantech Challenge Mexico [4], the most important competition of green companies in the country, or the global competition Cleanweb Hackathon [5], which consist on demonstrating the impact of the application of IT in energy and resources and aimed at creating web and mobile applications that solve energy and sustainability problems. Unfortunately the universities participation is very low, students who enroll have good ideas but lack in realizing the business of the idea and many have trouble to make well-founded technical proposals based on a methodology for projects development<sup>1</sup>.

To our knowledge, few universities in Mexico are including activities in their educational processes to promote and encourage environmental awareness and promote through research projects a harmonious relationship between the environment and human activities in order to ensure sustainability. For the Tecnológico de Monterrey (a.k.a. ITESM), sustainable development skills are promoted through the curriculum. This program prepares teachers to include in each of their courses activities related to sustainable development from the discipline [6]. Another example is the Universidad Tecnológica de Querétaro who promotes sustainable development in two ways, providing a university environment to well prepare graduates to become agents of change towards sustainable development in our society under the vision of being recognized as the Sustainable University [7].

An opportunity area that contributes to the lack of innovation and the generation of green projects and social impact is the lack of research and development in the higher education field and the lack of use of industry-based frameworks grounded in the bodies of knowledge and based in environmental sustainability, in innovation and social problems. By including this, it will allow the implementation of projects to abate problems systematically and appropriately, following standards and design processes based on knowledge and fundamentals. In educating IT engineers, a solution to the issues raised can be based on Green IT, a holistic approach to the environment and the sustainable management of IT activities. It can also be complemented with other educational paradigms aiming to find solutions to social problems and environmental care as well as new educational paradigms focused on finding solutions based on science and human behavior to make it possible to design innovative devices that can help sustainability. From all the above reasons we conclude that a framework for academic projects is needed so the students can learn it and develop artifacts that meet sustainability requirements.

---

<sup>1</sup> Personal experience. The authors have been judges of the event Cleantech Challenge Mexico in the center zone of the country.

In this paper we propose a framework for projects of academic programs related to ICTs. The framework is intended to include sustainability issues, innovation and high social impact. It integrates four domains of practical knowledge and is aimed at creating innovative artifacts. In section 2, the environmental impact of IT development is presented. Section 3 presents new paradigms in engineering education. In section 4 we present the state of the art in Green IT teaching. Section 5 presents frameworks and bodies of knowledge that we consider relevant to this research effort. Section 6 presents the research methodology used in this research. Section 7 presents a first approach to our proposal, finally in section 8 we provide the conclusions and future work.

## **2 Environmental Impact of the Information Technology Sector**

The technology sector is a large energy consumer with a significant carbon footprint. 1% of global electricity consumption is concentrated in data centers around the world and Google accounts for 0.01% of global electricity consumption [8]. CO<sub>2</sub> emissions across the technology sector are equivalent to 2% of global emissions [8]. This information shows that ICT should contribute to reducing electricity consumption and CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. In the education sector, we should intervene so that future IT engineers will bet for the efficient use of computer hardware. The efforts known as Green Computing and Green IT ask the technology to be sustainable and energy efficient. Green IT is a technological initiative for the efficient use of computing resources, it seeks to minimize environmental impact, maximize their economic viability and meet social norms. Green IT is perceived as a theoretical term, distant and difficult to implement in everyday processes, in Information Systems (IS) and ICT barely appears in the consolidation of data centers and reducing the number of physical servers and virtual concepts of Cloud Computing. But it must be driven from a culture of education in universities offering these specialties. This will reduce environmental problems through the implementation of green technologies in government and private initiatives.

## **3 Paradigms of Engineering Education**

Besides Green IT, there are other educational paradigms aimed at finding solutions for environmental care. For example the paradigm Sustainable Engineering [9], which is applied to the principles of engineering and design, and promote social and economic development by minimizing environmental impact through energy savings and the redesign and readjustment of existing systems. Service Learning is a learning model based on service; it combines community service with classroom instruction, focusing on critical and reflective thinking, and personal and civic responsibility [10]. Socially Relevant Computing (SCR) is a computing paradigm that focuses on the use of computation to solve problems that students are passionate. It presents computer science as a support discipline that solves problems that are socially relevant [11]. Citizen Engineer is another paradigm that seeks the connection point between science

and society, between pure knowledge and how it is used. Citizens Engineers are responsible and promote technological processes and products that are environmentally, economically and socially responsible participants [12]. The first author of this paper has developed frameworks of technological innovation for high social impact [13-14].

#### **4 Teaching Green IT Engineering**

The Green IT concept has been subject of study for the universities. In [15], authors study Green IT, examined the position taken by IT departments at some universities regarding environmental sustainability and how the work they do helps to be more responsible with the environment in their business, teaching and research activities. The study concludes that higher education is not taking an active role and most institutions take sustainability efforts more opportunistic than systemically. In [16], authors discuss the main research challenges and solutions development, education and training activities about Green IT, safe computing and telecommunications. One of the objectives of their work is to discuss the Green IT paradigm to analyze the modern trends in the fields of research, development and security education related to security and low energy consumption. They conclude that ICTs consume relatively little power, but the use is expanding more and Green IT paradigm is implemented in various areas. Other researchers report that due to the rapid increase in the use of ICTs worldwide, they have become an important subject of research. However, recycling end of life ICT products is becoming an environmental issue that should concern all and consider that stakeholders at all levels, including universities, must increase the awareness of students, especially in relation to their moral responsibility to contribute to sustainable development, and guide them to a better and more sustainable future [17]. To our knowledge, there is no previous work that focuses on the contribution of this paper which is a framework that promotes sustainable thinking processes in students.

#### **5 Frameworks and Bodies of Knowledge**

Based on all the above and to provide a solution to the problem stated previously, we propose the integration of industry recognized frameworks and bodies of knowledge. The Design Science in Information Systems Research Model [18], which aims to describe the performance of research in the science of information systems through a conceptual framework. In this model, the paradigm of design science, knowledge and understanding of a problem and its solution are realized with the construction and implementation of a designed artifact. Hevner [19] elaborates his model based on two paradigms that characterize research in information systems, behavioral science and design science. In this paper, we extend the previous work by integrating three more frameworks. The Green IT approach, the Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK) provides a basis in the field of software engineering. It serves as a dynamic compendium, develops and evolves as software engineering matures.

The current version was developed and created by leaders in the field. It is revised and updated frequently in order to adapt to changes [20]. The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) describes the sum of knowledge involved in the profession of project management. Provides common terminology and is defined as guide to the project management, published by the PMI (Project Management Institute), constitutes the sum of knowledge of the professionals, brings together innovative and professional practices, proven and accepted, skills, techniques and tools. PMBOK describes methods and practices for the life cycle of a project. The application of these practices can lead to project management and maintain greater control, allowing make effective and efficient projects (scope, time, cost), as well as ensure quality throughout the life of project [21].

## **6 Methodology**

For this work, documentary research was performed; the theme was selected to investigate from the perspective of sustainability issues in Mexico and how to solve this problem with the support of the academic processes and their students. Exploratory work was conducted on the practices carried out in the Higher Education Institutions (HEIs), specifically in the ICT education, about the production of ecological social impact academic projects, gathering information on the subject was held in looking for ideas, data and researches presented in the past to have a solid basis for improving our understanding. After, literature and publications were reviewed looking for other jobs with schemes and paradigms about Green IT and Innovation in HEIs. We did not find documents or research that considers the perspective from frameworks. Then, we develop the themes and study objectives were defined. Then an index was designed to develop and complete the first phase of this research process. Finally the content was developed and organized. Ultimately the final work and conclusions of the first phase of this research were written.

## **7 Results: Green Social Innovation IS Framework**

Through the integration of the framework Design Science in Information Systems Research and bodies of knowledge, SWEBOK, PMBOK, Green IT, and educational paradigms. We concluded with our particular design, Green Social Innovation IS Framework. This effort is a proposal to teach the design of ICT services with a green innovative approach and high social impact. This work is founded on the life cycle of an IT project, the steps, since it begins with the need for a system until it is replaced. According to the SWEBOK guide [20], steps are usually made with the phases of requirements, design, construction, testing and maintenance. The software life cycle and its stages are in the recent guide, so we suggest use this SWEBOK as a basis for the development of each phase of project development considered; like the SWEBOK, PMBOK allows the stages of a project can be aligned with the software life cycle and practices and knowledge described on this guide, can be adapted to any software project. Given the proper review of the two bodies of knowledge PMBOK

and SWEBOK, which are the basis on this initial approach to the development of software projects. The initial step of the framework, requirements analysis, should be initiated oriented from an approach based on the exploration of the social needs of the environment, in which can benefit a large percentage of the population in order to be considered as a high social impact project. After, we suggest that exploring and using the educational paradigms address analysis, looking for the positive impact on the environment and society. For all next steps, it is considered as the basis of knowledge SWEBOK and PMBOK, particularly looking for implement in each phase of the project the principles and practices of Green IT to generate artifacts that will support sustainability.

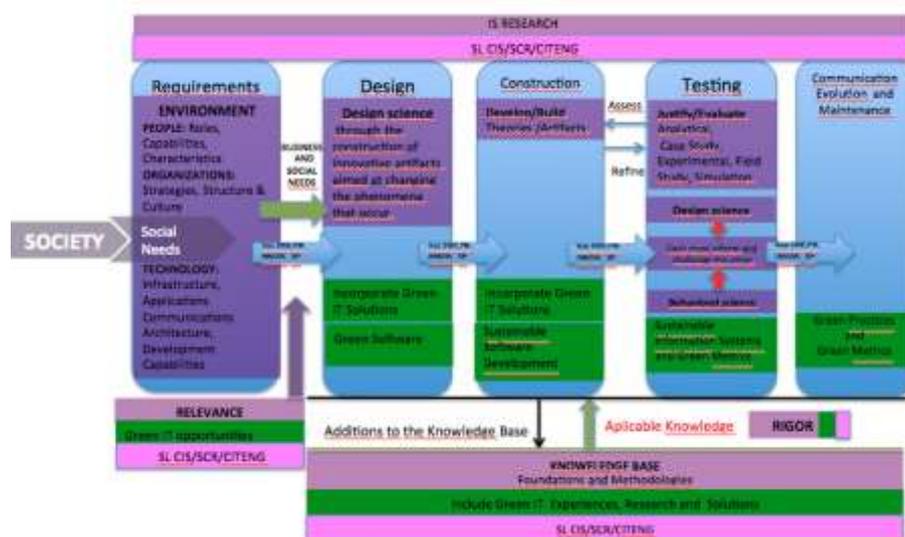


Figure 1. Green Social Innovation IS Framework.

In figure 1, the proposed framework is shown. In the first stage of requirements referring to the environment, which is where problems of interest and opportunities resides, in our approach we propose open the system and bring it to the social needs of the environment where these are manifested and can be resolved through a draft IS Research. Social needs should be assessed in the context of the prevailing needs of the social system, considering the culture and existing social processes. These factors are also positioned relative to the existing ITs structures, applications, communication architectures and development capabilities. Which together define the needs of a society or part of it to be identified or sought by the student. Focusing on research activities, in the pursuit of social problems and address the needs that are identified, the relevance of the work research and social impact is assured. Once a need is identified, research is carried out in two complementary phases. Behavioral science research focused through the development and justification of theories that explain or predict related to the identification of social needs phenomena. Basic skills with which the student must have, are the foundations of the SWEBOK, PMBOK, SDLC and principles and practices of Green IT, these provide guidelines for justification and

evaluation phase of the project and helps to justify the Rigor and Relevance, which are key factors to achieve innovative, green and high social impact projects. The Rigor between the body of knowledge and the phases of design, construction, testing and maintenance is achieved by appropriately applying known methodologies and fundamentals to generate new knowledge. New contributions to the foundations and research methodologies in the IS projects will be evaluated according to how they help the social needs what students found in an appropriate environment, and how the artifacts are used, and also, how new knowledge is added to the knowledge base through research and practice developed. The rigor of the framework should be applied to actually build new knowledge and to enrich the knowledge base. To actually generate innovation, is essential establishing the differentiation between routine design and construction of the research design. The difference is in the nature of the problem and its solution, routine design is the application of existing knowledge to social problems using known artifacts of best practices in the knowledge base (which is commonly done at universities). The research design science (innovative, green and high social impact) addresses important unsolved problems, solutions uniquely innovative or troubleshooting more effective or efficient solutions. The objective of the proposed framework is to generate artifacts green, innovative for high social impact and the acquiring new knowledge and understanding to enable the development and implementation of technology-based solutions that solve important social problems that so far have not been resolved.

## **8 Conclusions and Future Work**

SWEBOK, PMBOK, Green IT and the paradigms in education and engineering are useful to solve independently problems and propose social initiatives and sustainability. In this way its usefulness is limited in the specific area, therefore they just help a little to teachers and students to find areas of opportunity in social and sustainability issues facing the global village, or problems that can be solved with green technologies. With the integration of the Design Science in Information Systems Research Model, as well as, the basis of the bodies of knowledge, PMBOK and SWEBOK and also the integration of the paradigms in education and principles and practices of Green IT, is possible to develop projects that are useful and have a strong involvement in social issues and sustainability. Applying this integration in academic research projects may get green, innovative product with high social impact. Overall for the framework presented its usefulness and effectiveness must be evaluated and measured to make suggestions on its implementation and deployment. Future goals are, evaluate courses and academic plans that can integrate the framework.

## **References**

- 1 Planet Earth Herald, <http://planetearthherald.com/top-10-environmental-issues>
- 2 Ochoa, G.: Hiperactivos. <http://www.hiperactivos.com/ambientales.shtml>

- 3 Gutierrez, B., & Herrera, N. I.: La Ingeniería Ambiental en México. Publicaciones Anuies, [http://publicaciones.anuies.mx/acervo/revsup/res111/txt4\\_2.htm](http://publicaciones.anuies.mx/acervo/revsup/res111/txt4_2.htm) (2010)
- 4 Cleantech Challenge México 2014, <http://www.cleantechchallenge.org>
- 5 Cleanweb Hackathon, <http://www.cleanwebhackathon.com>
- 6 Tecnológico de Monterrey.: SNC Portal Informativo, <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/snc/portal+informativo>
- 7 Universidad Tecnológica de Querétaro. UTEQ Visión, <http://www.uteq.edu.mx/test/ConoceLaUTEQ/MisionVisionObjetivos.php>
- 8 Velasco, J.: Centros de datos sostenibles, optimizando la refrigeración de los servidores Think Big. Tecnología, <http://blogthinkbig.com/cat/tecnologia> (2013)
- 9 WiseGEEK.: Clear answers for common questions, <http://www.wisegeek.com>
- 10 American Association of Community Colleges.: aacc.nche.edu. <http://www.aacc.nche.edu/Resources/aaccprograms/horizons/Pages/> (2014). June 14th, 2014.
- 11 Socially Relevant Computing.: src.cse.buffalo. <http://src.cse.buffalo.edu> (2009). June 19th, 2014.
- 12 Douglas; Papadopoulos; y Boutelles.: Citizen Engineer: A Handbook for Socially Responsible Engineering. P. Education. (2009)
- 13 Cárdenas, C., “A Multidisciplinary Approach to Teach the Design of Socially Relevant Computing Systems for Social Change,” International Journal of Engineering Education. Special Issue on Methods and Cases in Computing Education. ISSN-e 0949-149X, Vol. 27, no. 1, 2011 , págs. 3-13.
- 14 Cárdenas, C.; Moysen, R., Palma, D., Loya, E.,; Signoret, C., “A Multidisciplinary Course based on Social Intelligence Design and Collaborative Learning,” International Journal AI & Society, Special Issue on SID 2008, Springer Verlag.
- 15 Sheehan, M.: Powering Down Green IT in Higher Education. EDUCAUSE Center for Analysis and Research. Research and publications. <http://www.educause.edu> (2010)
- 16 Kharchenko, V., Gorbenko, A., Sklyar , V., & Phillips, C.: Green Computing and Communications in Critical Application Domains: Challenges and Solutions. IEEEExplore. Digital Library, <http://ieeexplore.ieee.org> (2013)
- 17 Issa, T., Issa, T., & Chang, V.: Sustainability and green IT education: Practice for incorporating in the Australian higher education curriculum, Curtin University. Library Curtin University, <http://espace.library.curtin.edu.au/> (2014)
- 18 Hevner, A. R.; March, S. T.; Park , J.; & Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. MisQuarterly, <http://misq.org/design-science-in-information-systems-research.html> (2004)
- 19 Hevner, A.; Chatterjee, S.: Design Research in Information Systems Theory and Practice. Springer. (2010)
- 20 IEEE Computer Society. Pierre B.; Fairley R.: Guide to the Software Engineering Body of Knowledge SWEBOK Vol. 3.0. IEEE. (2014)
- 21 PMI, Project Management Institute. PMBOK Guide and Standards, <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards.aspx> (2014)

# Cómputo Ubicuo en el Control Canino para Actividades de Caza

Adrian Castañeda, Pedro Damián, María Andrade

Universidad de Colima, Facultad de Telemática  
{acasta66, damian, mandrad}@uacol.mx

**Resumen.** En este trabajo se expone una investigación donde se analizan varios de los principales trabajos en Interacción Animal Computadora (ACI) y los distintos dispositivos tecnológicos en comunicación que existen en la actualidad para animales. Estos dispositivos son usados por el ser humano para interactuar con los animales, lo cual nos permitirá diseñar y desarrollar una herramienta para telefonía celular. El software será enfocado principalmente para saber la localización, establecer comunicación y conocer el estado físico de perros de trabajo cuando realizan una actividad, todo ello con el propósito de tener una mejor interacción y control sobre estos animales.

**Palabras Clave:** Interacción Animal-Computadora, Perro, Caza, Telefonía Celular.

## 1 Introducción

Actualmente el uso de las tecnologías de información se encuentra presente en las diferentes actividades de la sociedad. El ser humano puede interactuar de forma transparente con objetos de uso diario, que cuentan con capacidades computacionales que les permiten percibir y capturar el mundo que rodea al usuario, con la finalidad de adaptar su comportamiento y proporcionar un servicio en el lugar y el momento necesario.

Hoy en día la tecnología se ha ampliado ofreciendo aplicaciones para los dueños de animales, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de éste, además de proporcionar los estímulos que necesita y profundizar en las necesidades de la mascota, que en este estudio se enfoca a los perros.

Los dispositivos tecnológicos para animales que existen en la actualidad, apoyan la interacción con sus dueños, y frecuentemente se observan perros de trabajo en diferentes actividades de ayuda al hombre, como lo es en la cacería. Para apoyar de mejor manera esta relación se propone desarrollar una herramienta que permita la interacción mediante la utilización de telefonía celular.

## **2 Antecedentes**

El origen de la caza ha estado presente a lo largo de la historia y la actividad de perseguir, atrapar o matar cualquier animal, comúnmente es realizada por humanos como alimento, comercio y recreación [10].

Desde su domesticación el perro ha acompañado y apoyado al cazador en sus actividades, por lo tanto el hombre ha ido seleccionando al perro para distintas tareas, de tal forma que en la actualidad existen distintas razas especializadas, con diferentes características de instinto, fuerza, olfato, ladrado, valentía, iniciativa y tamaño [9]. Asimismo, la clasificación de la Federación Cinológica Internacional (FCI) seis de sus diez grupos de razas de perros son de caza, desde perros sabuesos, lebreles, terriers, perros de muestra, perros cobradores, perros de agua, perros levantadores y perros nórdicos [16].

Por otra parte en 1992 la empresa IBM y BellSouth creó el teléfono móvil Simon Personal Communicator, adelantado para su época, combinando las características de teléfono móvil, localizador, agenda electrónica y pantalla táctil, con aplicaciones de calendario, libreta de direcciones, correo electrónico y juegos [8].

Además, hoy en día es muy usado el teléfono inteligente, el cual es un teléfono móvil convencional con capacidad de almacenar datos y realizar actividades semejantes a una computadora. Es llamado inteligente por ser usado como procesador de bolsillo. Generalmente tienen pantalla táctil, acceso a correo electrónico, y permiten la instalación de programas, multitarea, acceso a internet, funciones multimedia y manejo de múltiples formatos de documentos [15].

No obstante, uno de los pioneros en interfaz humano-animal fue Resner (2001), quien diseñó un sistema remoto de interacción humano-perro llamándolo Rover@Home. El objetivo fue construir un dispositivo que permitiera a los animales y a sus propietarios tener una interacción mientras se encuentran separados geográficamente, de la misma manera que un teléfono permite a dos seres humanos distantes comunicarse, desarrollaron un dispositivo que realiza una función similar entre animales domésticos y seres humanos. Este sistema permite enseñar a sus perros nuevas tareas, usando internet, una computadora y técnicas de entrenamiento, aplicando principios de diseño de Interacción Humano Computadora (IHC). En su investigación, explica que hay una serie de razones de por qué los perros representan un nuevo e interesante reto de diseño. En primer lugar, que los perros son criaturas muy sociables y por lo tanto se benefician de una interacción bien diseñada con un compañero remoto humano. En segundo lugar, los humanos están familiarizados con los perros y esa interacción proporciona un rico conjunto de conocimiento que sirve de guía para el desarrollo. Y tercero, menciona que el proceso de pensar a través de lo que es una interacción bien diseñada en el contexto de una computadora entre un perro y un ser humano aclara nuestra comprensión para la creación de dispositivos para humanos y animales por igual. Argumenta que los puntos clave de diseño centrado en el usuario son también muy útiles guiando el proceso de diseño de dispositivos para animales [1].

Adicional a lo anterior, años más tarde Demi Mankoff (2005), desarrolló un sistema de vigilancia a distancia para la interacción humano-perro, ayudando a los perros a mantener un sentido de conexión con sus dueños mediante un juego de lanzarle pelotas de tenis al perro, mitigando el aislamiento social, ya que los humanos se

encuentran muchas horas del día fuera de casa o trabajando. El sistema consiste en una Interfaz Usuario-Humano (HUI) y una Interfaz Usuario-Perro (DUI). Demostraron que los sonidos y videos son más efectivos en el interés del perro. El sistema provee a los seres humanos herramientas para proporcionar a los animales una mejor calidad de vida [2, 3].

### **3 Tecnología de Comunicación, Rastreo e Interacción con Animales**

Actualmente, en el Instituto de Georgia de Tecnología están trabajando en un proyecto llamado FIDO (Facilitating Interactions for Dogs with Occupations), el cual investiga aspectos fundamentales en la tecnología portátil para apoyar la comunicación entre perros de trabajo y sus dueños. Utiliza un chaleco para perros con diferentes sensores (morder, tirar y gestos de nariz) y muestra la creación de sensores portátiles que los perros pueden activar. El principal objetivo de este proyecto es investigar los aspectos fundamentales de tecnología portátil de apoyo en la comunicación de los perros de trabajo a sus dueños. Los perros proporcionan información a través de los sensores integrados en el chaleco del perro, creando interfaces de usuario para perro, los cuales fueron probados con tres diferentes perros de asistencia entrenados para evaluar la facilidad de la interacción. A partir de un estudio piloto, determinaron qué tipo de sensores para perro puede ser más apto para favorecer la interacción. Con la colocación de múltiples sensores en el chaleco del perro para comunicar una variedad de mensajes, probaron cada sensor individualmente en la misma ubicación del lado izquierdo del chaleco del perro, y para cada sensor midieron las lecturas mediante una serie de interacciones con el perro. Los resultados del estudio piloto fueron extremadamente alentadores, y demostraron que es posible crear sensores portátiles que los perros pueden activar para comunicarse con sus dueños. Mencionan que existe una gran cantidad de trabajo que aún no se ha hecho, faltando probar los sensores en ambos lados del chaleco para determinar qué ubicación es alcanzable para diferentes tipos de cuerpos de perro y determinar el área óptima de cada tipo de sensor. Necesitan descubrir la colocación de los sensores para entrenar los perros con los diferentes sensores en sus cuerpos. Esta tecnología podría ser fácilmente adaptada a otras profesiones caninas como perros policía o perros militares, proporcionando a los perros la habilidad de comunicarse con sus dueños claramente [4].

La tecnología de la comunicación ha favorecido la conexión entre las personas y ha sido una parte integral de nuestra vida cotidiana. La tecnología móvil se ha usado por un par de décadas para la comunicación entre personas y recientemente para monitorear eventos remotos, salud y actividad, estando presente en todos los sectores de la vida. Recientemente se ha ampliado para ofrecer aplicaciones para los dueños de perros, y se ha investigado el uso de la tecnología para la interacción entre personas y perros, ya que un perro es una parte esencial de la vida cotidiana de su dueño, por ser significativa la inversión en tiempo y esfuerzo en ellos. Además, la tecnología está encontrando lentamente el negocio en los perros, ya que el desarrollo de tecnología relacionada con mascotas es aún un campo nuevo y recientemente investigaciones en

tecnología desarrollada para animales se ha concentrado en dos áreas: una que interactúa con los animales en forma remota [1] y el monitoreo del cuidado o bienestar de éste [17]. Ambos aspectos tienen el mismo objetivo, mejorar la calidad de vida del animal proporcionándole los estímulos que necesita o profundizar en el conocimiento del dueño en la mascota. Como la tecnología de comunicación para el monitoreo de perros es relativamente nueva, en casos específicos de diseños con nuevos prototipos o con aplicaciones existentes son dirigidas a grupos específicos de usuarios que por lo general son cazadores [5].

Asimismo, los animales cada vez están más integrados en contextos interactivos de tecnologías digitales, el presente y futuro de dichas tecnologías es un tema relevante para la investigación de HCI. Un campo de estudio en actividades de caza es el uso de dispositivos de rastreo GPS en perros. Siendo la interacción entre perros y seres humanos afectada con nuevas tecnologías, además esta interacción humano animal es apoyada con la tecnología digital, como los dispositivos para entrenar perros utilizando descargas eléctricas, cuidado de perros con control remoto de dispositivos de alimentación, así como perros de vigilancia por medio de localización por GPS. Sin embargo, la investigación en esta área es limitada por lo que es difícil entender la experiencia de esas nuevas tecnologías. Los cazadores utilizan dispositivos GPS para monitorear los perros cambiando la relación entre perros y humanos cuando se introduce nueva tecnología. El GPS permite a los cazadores obtener una comprensión mejor de lo que el perro está haciendo para apoyarlo en sus acciones. El perro proporciona información al cazador de donde está la presa, al usar los dispositivos GPS se tiene una nueva forma de caza y visión a distancia. Se podría interpretar que esta nueva forma le quita placer a la caza, sin embargo, añade una nueva dimensión pero no le quita el reto de la caza [6].

Por otra parte, el uso de la tecnología en rastreo en animales está en aumento. Sin embargo es poco investigada restringiéndose a perros y gatos. Los dueños pueden escoger entre una gran variedad de diseños de dispositivos GPS [7]. En investigaciones de interacción humano-animal, pocos estudios muestran el uso de dispositivos GPS durante actividades como la cacería [5]. Sin embargo, la tecnología de rastreo ha sido usada con animales por un largo tiempo, por ejemplo para monitorear animales salvajes en peligro de extinción en esfuerzos de conservación, o coordinar equipos de trabajo en actividades durante la cacería, ofreciendo nuevas oportunidades de interacción [7].

Actualmente existe en el mercado para la interacción con animales una amplia selección de productos de tecnología de comunicación, algunos sistemas de comunicación basados en Internet, por ejemplo iSeePet Webcam/Feeder en donde los usuarios pueden ver la actividad de sus mascotas y darles de comer en forma remota [18]. Webcams son utilizadas para el monitoreo de mascotas [19]. Es decir, existe mucha tecnología relacionada con el rastreo [20].

Los sistemas de rastreo en el mercado se basan principalmente en GPS, donde los dispositivos usados en cacería contienen un transmisor GPS para el perro y un dispositivo GPS de mano para el usuario. La unidad GPS está unida al collar o arnés del perro durante el rastreo. En los sistemas basados en Sistema global móvil (GSM), un teléfono móvil se utiliza como dispositivo de mano. Los sistemas basados en GSM requieren estar conectados con un proveedor de servicio de Internet. Sin embargo, los sistemas basados en frecuencia muy alta (VHF) tienen un rango máximo de 3 a 10 km

dependiendo del entorno. En contraparte, en los sistemas basados en GSM no hay un rango límite siempre y cuando la red GSM esté disponible para ambas unidades. Hay sistemas GPS que sólo utilizan señal de radio frecuencia para enviar la ubicación al receptor de mano y saber qué tan lejos está el perro [5]. El sistema VHF no tiene un rango de operación muy amplio en comparación con sistemas basados en GSM el cual es, sin duda, el más fiable y más fácil de utilizar.

#### **4 Trascendencia de la Propuesta**

Actualmente es común ver perros de trabajo en actividades de apoyo a personas con capacidades diferentes. Tal como la organización de compañeros caninos para la independencia, la cual es sin fines de lucro para mejorar la vida de personas con discapacidad, proporcionando perros de asistencia altamente capacitados [11]. En seguridad como perros policía, son utilizados por uno de los grupos especiales del ayuntamiento de Chihuahua el cual ya tiene 10 años y utilizan perros de la raza pastor belga millinois [12]. En la unidad canina de la policía federal de México también utilizan perros para la revisión de personas, mercancías y objetos [13]. En búsqueda y rescate en asociaciones civiles como la brigada canina de la Universidad de Colima que ha apoyado en búsqueda de personas extraviadas, sepultadas en escombros así como ahogadas [14], y en actividades de caza empleando diferentes tipos de razas de perro.

Por otra parte, hoy en día es frecuente ver anuncios de perros extraviados en diarios, revistas, anuncios en paredes y postes en la calle, así como en páginas de internet. Un estudio realizado en España en el 2010 por la fundación Affinity sobre el abandono de animales de compañía, destaca que uno de los motivos de abandono es el fin de temporada de caza y entre las medidas para erradicar el abandono es tener un mayor control sobre la caza con animales [21].

Además, la Organización Panamericana de la Salud cambió el título de perro callejero a “perro de dueño irresponsable”, ya que la gran mayoría de los callejeros llegan a la vía pública debido a que sus propietarios ya no los quieren en sus casas porque dejan de considerarlos graciosos o tiernos, o porque no pueden asumir los gastos que implica el cuidado del animal. Algunos animales llegan a la calle por extravío. Según datos de la Secretaría de Salud capitalina, cada año 18 mil perros se pierden o son abandonados por sus dueños. Durante 2011, en los dos centros de control canino a cargo de esta secretaría se recibieron aproximadamente 60 mil perros y gatos callejeros, de los cuales 9 de cada 10 son “sacrificados” debido a que no fueron reclamados o no tuvieron la fortuna de ser adoptados. La tenencia responsable implica entender que tener un animal es una gran responsabilidad, como tener un hijo; “es un miembro más en la familia, al igual que todos necesita nutrición, cuidados, atenciones, recreación, amor y protección” [22]. Con respecto a los porcentajes de animales abandonados o que se pueden localizar en las ciudades, es difícil calcularlos pues no hay reportes documentados de estos eventos en ningún medio.

También, al realizar algunas actividades de caza se utilizan perros para rastrear, localizar, perseguir, apuntar y recoger presas [9], donde los perros pueden desplazarse largas distancias perdiéndose de la vista de sus dueños, sin poder escuchar sus

ladridos, lo que origina que en algunas ocasiones los perros se extravíen. Por lo tanto, en ocasiones es imposible que el cazador pueda dar instrucciones a los perros cuando se encuentran retirados haciendo el menor ruido posible, así como conocer el estado físico del perro.

De ahí que, la práctica de la cacería puede ser apoyada con la utilización de telefonía celular mediante el desarrollo de una aplicación, la cual apoyaría al cazador en todo momento en conocer la ubicación y ruta trazada por el perro, así como poder transmitirle alguna orden al perro, siempre con el conocimiento de su estado físico durante la actividad y precisamente de esta necesidad se origina esta propuesta de investigación. En la figura 1, se muestra uno de los escenarios diseñados, utilizando telefonía celular para tener un mejor control sobre los perros, de tal manera se adapta al chaleco del perro un compartimento para portar un celular, el cual transmite el ritmo cardiaco y su ubicación, además recibe instrucciones de su dueño, proporcionando al cazador información útil para tomar decisiones mientras se realiza la actividad de caza.

Se tiene el propósito de que esta herramienta pueda ser utilizada por asociaciones de clubes cinegéticos y búsqueda y rescate, no sin antes ser evaluada.

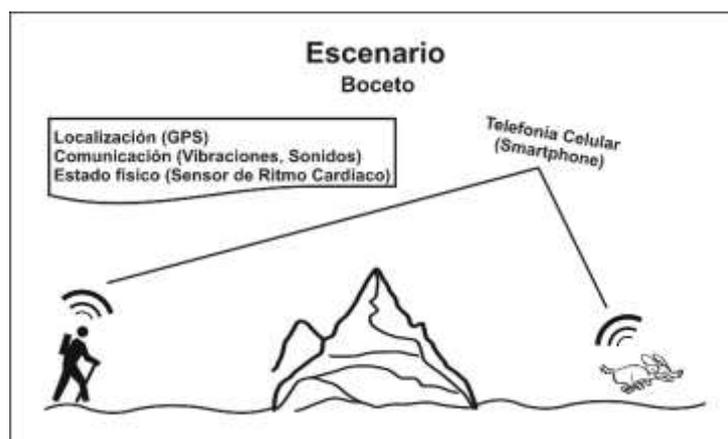


Figura 1. Escenario de la práctica de cacería con apoyo de la tecnología.

Para la actividad de evaluación se tiene preparado un instrumento de valoración y análisis con expertos.

## 5 Trabajo en Desarrollo

Actualmente se está desarrollando la herramienta de apoyo para perros de trabajo que permite la interacción entre el perro y su dueño. Se registra el ritmo cardiaco del perro, su ubicación así como el registro de las instrucciones. Con ello, es posible la evaluación de la aplicación tecnológica. Por estas razones, se decidió investigar y documentar la implementación de cómputo ubicuo en el control canino mediante el

desarrollo de una aplicación para telefonía celular (Smartphone) en las actividades de caza.

En la figura 2 se muestra la forma de interacción entre los dispositivos en la que el sensor transmite el ritmo cardiaco mediante comunicación Bluetooth al Smartphone que están colocados en el chaleco del perro.

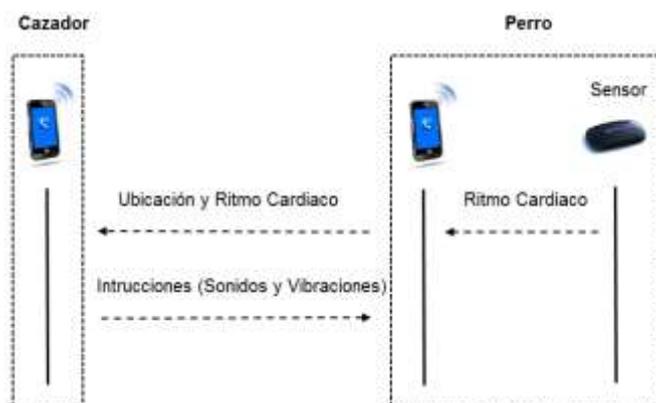


Figura 2. Comunicación entre los diferentes dispositivos.

A su vez, el Smartphone transmite su ubicación y el ritmo cardiaco a través de servicio de datos de telefonía celular al Smartphone del cazador, el cual envía instrucciones por medio de sonidos y vibraciones al Smartphone que tiene el perro.

## 6 Conclusiones

El cómputo ubicuo ha demostrado ser una opción muy importante en varias actividades de la vida cotidiana del ser humano. Así mismo se ha extendido para apoyar en distintas acciones para beneficio de los animales debido a un aumento de dispositivos tecnológicos que favorece la interacción de los dueños con sus mascotas, fortaleciendo la relación del hombre con los animales en sus necesidades. Por lo tanto, mediante el desarrollo de una aplicación para telefonía celular (Smartphone), consideramos que su implementación y uso puede favorecer las actividades de caza. Esto se llevará a cabo con la utilización de sonidos, vibraciones, localización y ritmo cardiaco. La herramienta se probará y evaluará para tener un mejor control del perro.

## Referencias

- 1 Resner, B.I., *Rover@Home: Computer Mediated Remote Interaction for Dogs*. Media Arts and Sciences. MS, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology. 2001

- 2 Mankoff, D., Dey, A. K., Mankoff, J. & Mankoff, K. (2005). Supporting interspecies social awareness: using peripheral displays for distributed pack awareness. In P. Baudisch, M. Czerwinski & D. R. Olsen (eds.), *UIST* (p./pp. 253-258): ACM. ISBN: 1-59593-271-2
- 3 Mancini, Clara (2013). Animal-Computer Interaction (ACI): changing perspective on HCI, participation and sustainability. In: *CHI 2013*, 27 April-02 May 2013, Paris, pp. 2227–2236.
- 4 Jackson, M. M., Zeagler, C., Valentin, G., Martin, A., Martin, V., Delawalla, A., Blount, W., Eiring, S., Hollis, R., Kshirsagar, Y. & Starner, T. (2013). FIDO - facilitating interactions for dogs with occupations: wearable dog-activated interfaces. In K. V. Laerhoven, D. Roggen, D. Gatica-Perez & M. Fukumoto (eds.), *ISWC* (p./pp. 81-88), ACM. ISBN: 978-1-4503-2127-3
- 5 Paldanius, M., Kärkkäinen, T., Väänänen-Vainio-Mattila, K., Juhlin, O. & Häkkinen, J. (2011). Communication technology for human-dog interaction: exploration of dog owners' experiences and expectations. In D. S. Tan, S. Amershi, B. Begole, W. A. Kellogg & M. Tungare (eds.), *CHI* (p./pp. 2641-2650), ACM. ISBN: 978-1-4503-0228-9
- 6 Weilenmann, A. & Juhlin, O. (2011). Understanding people and animals: the use of a positioning system in ordinary human-canine interaction. In D. S. Tan, S. Amershi, B. Begole, W. A. Kellogg & M. Tungare (eds.), *CHI* (p./pp. 2631-2640), ACM. ISBN: 978-1-4503-0228-9
- 7 Mancini, C., Van der Linder, J., Bryan, J., Stuart, A. Exploring Interspecies Sensemaking: Dog Tracking Semiotics and Multispecies Ethnography. *UbiComp 12*, Sep 5-Sep 8, 2012, Pittsburgh, USA. Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1224-0/12/09
- 8 Corcoran P. (2011). "A Bitter Pill or a Better Tablet? A historical perspective on tablet computers" Available: <http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-history/a-bitter-pill-or-a-better-tablet>
- 9 Gutierrez D. Hunting Dog Information. Recuperado el 18 de junio de 2014, de <http://dogcare.dailypuppy.com/hunting-dog-information-3933.html>
- 10 El Diccionario de la lengua española (DRAE), <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?id=3stRVstbFDXX2aGfL8D9>
- 11 Canine Companions for Independence, [http://www.cci.org/site/c.cdKGIRNqEmG/b.3978475/k.3F1C/Canine\\_Companions\\_for\\_Independence.htm](http://www.cci.org/site/c.cdKGIRNqEmG/b.3978475/k.3F1C/Canine_Companions_for_Independence.htm)
- 12 Ayuntamiento Chihuahua, [http://www.municipiochihuahua.gob.mx/policia/dependencia/grupos\\_especiales.aspx](http://www.municipiochihuahua.gob.mx/policia/dependencia/grupos_especiales.aspx)
- 13 Comisión Nacional de Seguridad, <http://www.cns.gob.mx/portalWebApp/ShowBinary?nodeId=/BEA+Repository/1332058//archivo>
- 14 Universidad de Colima, <http://www.ucol.mx/ssocial/bcanino/antecedentes.htm>
- 15 John D. Sutter. (2010). ¿Qué es y qué debo esperar de un "teléfono inteligente"?. Recuperado el 10 de junio de 2014, de <http://mexico.cnn.com/tecnologia/2010/10/21/que-es-y-que-debo-esperar-de-un-telefono-inteligente>
- 16 Gutiérrez, J. (2012). Lista Oficial de Razas Caninas de la FCI. Recuperado el 18 de junio de 2014, de <http://www.adiestradorcanino.com/webdelperro/lista-oficial-de-razas-caninas-de-la-fci/84>
- 17 Yonezawa, K., Miyaki, T. & Rekimoto, J. (2009). Cat@Log: sensing device attachable to pet cats for supporting human-pet interaction. *Advances in Computer Entertainment Technology* (p./pp. 149-156), ACM. ISBN: 978-1-60558-864-3
- 18 Grundner A. (2004). iSeePet Webcam/Feeder. Recuperado el 16 de junio de 2014, de <http://www.ehomeupgrade.com/2004/04/24/iseepet-webcamfeeder/>
- 19 Fernández A. (2013). Webcams para ver animales en directo. Recuperado el 8 de junio de 2014, de [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2013/03/28/216266.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2013/03/28/216266.php)

- 20 Tobar E. (2014). 3 gadgets para el monitoreo y cuidado de tu mascota. Recuperado el 18 de junio de 2014, de <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/tecnologia-usable-gadgets-mascota/>
- 21 Casamayor P. Responsable del proyecto. (2010). Estudio Fundación Affinity sobre el abandono de animales de compañía. Recuperado el 18 de junio de 2014, de <http://www.fundacion-affinity.org/sites/default/files/EstudioAbandono2010.pdf>
- 22 Morán L. (2012). Proponen solución al problema de los perros callejeros. Recuperado el 18 de junio de 2014, de [http://ciencia.unam.mx/leer/109/Proponen\\_solucion\\_al\\_problema\\_de\\_los\\_perros\\_callejeros](http://ciencia.unam.mx/leer/109/Proponen_solucion_al_problema_de_los_perros_callejeros)



# Considerando el Enfoque del Diseño de Microinteracciones como Aspecto Clave en el Desarrollo de Software

Jesús Hernández, Mónica A. Carreño, J. Andrés Sandoval, Italia Estrada

Universidad Autónoma de Baja California Sur  
{jhernandez, mcarreno, sandoval, iestrada}@uabcs.mx

**Resumen.** La búsqueda de la perfección en el diseño de nuevas tecnologías ha impulsado la concepción de nuevos enfoques y entender los distintos y variados fenómenos envueltos en este proceso evolutivo. Vivimos en un mundo donde los mínimos detalles, las pequeñas cosas y los breves instantes son ya considerados realmente relevantes; esta aseveración se ha formado a partir de los descubrimientos consolidados al ahondar a mayores niveles de profundidad en la interacción entre personas y la tecnología digital. Es aquí donde aparecen con gran importancia las microinteracciones, pequeñas interacciones construidas como bloques moleculares en las interfaces, dando forma y consistencia a la trascendencia en el uso de una aplicación de software. Este trabajo busca establecer una postura conformando una serie de fundamentos significativos para aceptar a las microinteracciones como parte sustantiva en el desarrollo de software.

**Palabras clave:** Diseño de interacción, microinteracciones, interfaces, usuarios, aplicaciones.

## 1 Introducción

La expansiva cobertura de las distintas tecnologías en las actividades humanas nos han obligado a reflexionar sobre su impacto y trascendencia. Probablemente, porque no hay más remedio: las nuevas tecnologías ya forman parte de las costumbres, hábitos, cultura y relaciones sociales. Están aquí y no parece que vayan a desaparecer [1]. Esto ha conducido en el transcurso de las últimas dos décadas, la suma de nuevos y mayores esfuerzos para propiciar una mejor convivencia entre los dispositivos tecnológicos y sus principales usuarios, los seres humanos.

En consecuencia, esto también ha impactado a las aplicaciones de software, al menos es lo que se espera de ellas, pues hoy en día, un usuario común se ha convertido en un agente dinámico, capaz de desarrollar participaciones más activas basadas en el ejercicio de múltiples roles. El usuario promedio actual puede actuar, ya sea como el inconfundible operador de un sistema transaccional, o como un peculiar productor de nuevos contenidos [6]. La evolución y amplia variedad de aplicaciones le permiten transitar dentro de una pluralidad de roles, tales como operador,

productor, cliente, participante, colaborador, miembro de una comunidad digital, entre muchos otros.

Esta transición ha sido favorecida en gran medida, por el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), bajo la orientación del factor humano como eje central. Esta filosofía de diseño ha permitido el desarrollo y utilización de nuevos productos tecnológicos, incorporándolos a las actividades cotidianas de las personas, y a la vez propiciando de forma determinante su consideración como verdaderas herramientas de soporte y de contribución significativa [6].

El software no ha sido la excepción, las compañías desarrolladoras y programadores independientes han generado una gran oleada de aplicaciones bajo el mismo enfoque del DCU. Han entendido que el software debe idearse como un producto de calidad, útil y valioso, integrando características y funciones mediante una interfaz que deberá proyectar claramente su capacidad de cómo conseguir la satisfacción de las necesidades y deseos de los usuarios [7]. Una gran interfaz dispone en definitiva la balanza a favor de la aceptación y éxito de una aplicación.

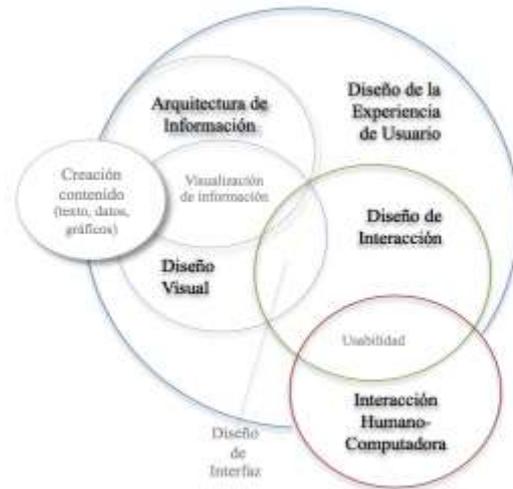
A partir del contenido del presente artículo se pretende establecer una propuesta de enfoque a utilizar durante el diseño de aplicaciones, específicamente apuntalar al diseño de interacción como un requisito obligatorio para el diseño de mejores interfaces de usuario, muy cercanas al ser humano. Asimismo, se puede considerar como un llamado a la promoción de la relevancia de las microinteracciones, esas interacciones al detalle, que arman un tejido de pequeñas soluciones destinadas a construir mejores experiencias de uso para los individuos.

## **2 Estado del arte**

Con los primeros estudios sobre usabilidad y psicología cognitiva realizados por Donald A. Norman, junto a la investigación de Ben Shneiderman sobre Interacción Hombre-Computadora (IHC) y los aportes del pionero Bill Moggridge dentro de la disciplina del Diseño de Interacción, han llevado a aceptar que la tecnología digital no sólo se trata de ofrecer alta tecnología, llena de sofisticadas funciones de gran desempeño, sino que además deben conjugar una disposición de interfaces y usos, en las formas más convenientes para el ser humano.

Derivados de tales estudios e investigaciones surgieron otros fundamentos y disciplinas que resultaron convenientes en el entendimiento de la interacción. Estas interrelaciones están presentadas a través de la figura 1, la cual muestra con claridad la estrecha relación entre estas múltiples disciplinas, y señala la inclusión de varios fundamentos identificados como significativos en un proceso de diseño con enfoque incluyente.

Es necesario señalar que la misma figura aborda con delimitación lo relacionado con el desarrollo de software, por lo que fue adaptada de su versión original para buscar una mejor explicación, y no confundir con la inclusión de otras disciplinas más relacionadas con el diseño de otro tipo de productos.



**Figura 1.** Representación de la relación del Diseño de Interacción con otras disciplinas. Creada a partir de la figura presentada por Saffer [8].

A partir de la figura 1, se derivan las siguientes definiciones como pertinentes:

*El Diseño Centrado en el Usuario (DCU)*, es una filosofía de diseño que coloca al usuario de un producto, aplicación, o actividad (experiencia), como el centro de mayor atención en el proceso de diseño [6].

*El Diseño de Interacción (DI)*, es todo lo concerniente a nuestra vida junto a la tecnología interactiva, como computadoras, telecomunicaciones, teléfonos móviles, entre otros [2]. El DI define la estructura y el comportamiento de los sistemas interactivos, donde los diseñadores de interacción se esfuerzan por crear lazos significativos entre las personas, productos y servicios que utilizan, desde computadoras, dispositivos móviles, aparatos y otros productos que van aún más allá [3].

Las *macrointeracciones* están relacionadas con la forma en que los usuarios interactúan con la interfaz, con la intención de ejecutar las operaciones claves que les lleven a culminar las tareas significativas [8]. Es posible considerar al conjunto de prestaciones o serie de funciones principales presentes a lo largo y ancho de la interfaz de una aplicación. Con las macrointeracciones se busca cumplir con los propósitos buscados en el trabajo de los usuarios.

Como una *microinteracción*, se considera a ese momento relativo a un producto o dispositivo que gira en torno a un caso de uso en particular – una pequeña parte de la funcionalidad que únicamente realiza una acción individual [4]. A través de las microinteracciones se llevan a cabo los detalles interactivos y funcionales de un producto, dispositivo o aplicación de software.

Existe una relación de pertenencia entre las macro y las microinteracciones (Fig. 2). Una macrointeracción puede integrar una o varias microinteracciones, y estas a su vez, pueden contener si es necesario, otras microinteracciones.



**Figura 2.** Representación de los niveles de interacción de una aplicación de software.

La especificación se detalla de izquierda a derecha, en el extremo izquierdo aparece la interacción desde el nivel de aplicación, en este punto se encuentra una visión general de la interacción del sistema. Hacia el lado derecho, se muestran las macrointeracciones y microinteracciones, donde el nivel de detalle aumenta conforme el diagrama se extiende horizontalmente en ese mismo sentido.

### 3 Relevancia y Estructura de las Microinteracciones

Con la conceptualización anterior es posible conducir la atención en la microinteracciones. A pesar de que pueden pasar desapercibidas por los usuarios por su mínimo tamaño o casi invisibilidad, las microinteracciones son muy importantes, ya que pueden ser útiles para:

- Ejecutar una tarea simple.
- Interconectar dispositivos.
- Interactuar con datos simples o básicos.
- Controlar algún proceso en ejecución.
- Ajustar un parámetro de configuración.
- Visualizar o crear una pequeña pieza de contenido como un mensaje de estado.
- Iniciar, detener o cambiar alguna función.

En una aplicación las microinteracciones son frecuentemente las responsables de convertirla en un producto predilecto o en otros casos, simplemente en algo tolerado. Su trascendencia puede ir aún más allá, pueden hacer la vida de las personas más sencilla, divertida e inclusive más interesante, si son bien construidas. Las microinteracciones se conforman bajo la siguiente estructura de elementos (Fig. 3):



Fig. 3. Elementos que conforman la estructura de una microinteracción [4].

De acuerdo a la figura 3, los elementos de una microinteracción son:

- Un iniciador (trigger) es cualquier cosa que inicia o dispara una microinteracción. Los iniciadores manuales son disparados bajo el control del usuario, y puede ser un icono, una voz, un sonido, un toque, o comando gestual. Los iniciadores automáticos son manejados por el sistema bajo ciertas condiciones y reglas de ejecución bien definidas.
- Las reglas (rules) definen un modelo no técnico de la microinteracción, estableciendo lo que se puede hacer y en que orden. Las reglas deben reflejar y manejar restricciones de negocio, condicionamientos contextuales y técnicos. Es importante aprovechar lo que se sabe del usuario, plataforma, o el entorno para mejorar la microinteracción.
- La retroalimentación (feedback) consiste en el entendimiento de lo que el usuario necesita conocer con oportunidad. En adición, son también importantes para entender las reglas de la microinteracción, identificando cuales de ellas merecen retroalimentación.
- Los ciclos & modos (loops & modes), se debe considerar los modos o modalidades de acción en correspondencia a la posible frecuencia de utilización, así como la distinción de la situación en curso para realizar las reacciones inmediatas y correspondientes. Los ciclos se refieren a las adaptaciones de las microinteracciones para extender su vida, requieren parámetros para asegurar la mejor experiencia del usuario. Los ciclos largos permiten crear un historial, útil para develar o cancelar aspectos a través del tiempo.

#### 4 Consideraciones en el Proceso de Diseño

Un producto de software debe ser fácil de usar, accesible, flexible y de eficiente interacción. Todas estas características serán la fórmula perfecta para la interacción persona-computadora [5]. Por ello, el proceso de diseño de interacción debe ser abordado adecuadamente, incluyendo distintos niveles de interacción.

Por lo general, las microinteracciones son las últimas partes en ser diseñadas y desarrolladas, y por lo tanto, son frecuentemente ignoradas. Pero pasarlas por alto puede significar un error. Si se desarrollan con carencias, las funciones principales, sin importar que tan agradables sean, estarán envueltas por sufrimiento y frustración [4].

El diseño de una aplicación es tan bueno como lo sea en sus componentes más pequeños, en muchos de los casos los mínimos detalles desatan grandes emociones. Para los humanos la emoción es lo que dirige las cosas y las microinteracciones pueden estar ligadas a ellas. A continuación se describen algunos aspectos generales a considerar para el proceso de diseño de elementos macro y microinteractivos.

#### **4.1 Diseño de macrointeracciones**

En el nivel del macrodiseño de interacción de una interfaz, es necesario obtener un marco de referencia determinante para sentar las bases para el desarrollo del diseño a niveles más detallados y específicos (microdiseño). La intención de trabajo tiene que ir con una visión top-down, es decir, proceder con un enfoque de arriba hacia abajo.

Para este tipo de diseño resultan convenientes las herramientas del tipo wireframes y storyboards, consideradas como esenciales para mostrar y describir secuencias de pantallas, así como cuadros de diálogos que son llevados a cabo por los usuarios cuando ejecutan sus labores [9]. Como resultado debe mostrarse como se puede acceder a la funcionalidad de las tareas individuales.

El diseño de macrointeracciones de una interfaz de usuario tiene que ver con el panorama ofrecido por el cuadro grande de la interacción.

#### **4.2 Diseño de microinteracciones**

En el diseño de este nivel es preciso establecer claramente el entendimiento entre macrointeracción y microinteracción, debido a que algunos miembros de un equipo de desarrollo pueden llegar a confundirse o pensar que es lo mismo.

Para el diseño de microinteracciones hay que tener siempre en mente lo siguiente:

- Identificar el contexto,
- Pretender ser tan humano como el usuario lo es,
- Reciclar lo existente,
- No generalizar,
- Alejarse de la arbitrariedad e
- Inyectar emociones positivas a las interacciones.

Debido a la implicación de detalles dinámicos de los componentes individuales de la interfaz, es necesario usar diferentes recursos para diseñar su interacción. Realizar amplias descripciones textuales o storyboards con amplio detalle narrativo, son recursos muy valiosos; sin embargo, pueden aparecer algunas pequeñas interacciones que sean muy complicadas de definir con alguna herramienta o recurso disponible, por lo que quedará a la experiencia y habilidades del equipo de desarrollo para transmitir o comunicar lo que se desea conseguir como sensación de interacción [9].

Una vez lograda una definición y ajuste de expectativas, se puede pasar a la elaboración de prototipos desde dos perspectivas posibles [9]:

**El diseño de interacción por componente.** La modalidad de perspectiva de diseño de interacción por componente, consiste en definir las microinteracciones por

componente, es decir, cada componente se trata con independencia. No se busca ninguna relación ni alineación de comportamientos individuales para conformar un comportamiento mayor.

**El diseño de interacción concertada.** Esta perspectiva también considera al comportamiento de los componentes o controles individuales, pero a la vez busca alinear o sincronizar aquellos que se comportan de forma semejante. Para esto, se identifican dimensiones claves para ubicar los componentes similares, y así definirlos con semejanza. Una configuración de parámetros centrales puede ser útil en esta idea.

En resumen, como aspectos principales a considerar serían: mantener siempre la conciencia del contexto -lo cual es fundamental para el diseño de microinteracciones-, la información de los usuarios, la plataforma presente y el entorno existente. Disponer de toda esta información y aprovecharla con el sentido de predecir acciones que pueden llegar a convertirse en una apreciación placentera para los usuarios por funcionalidad y apariencia estética, se puede valorar como un gran diferencial.

## **5 Conclusiones**

El trabajo de desarrollo de software es mayormente concebido a macro escala, en frecuentes ocasiones los detalles son ignorados, o bien son turnados a un espacio de tiempo posterior, como la fase de pruebas o mantenimiento.

El diseño de interacción debe ser considerado principalmente durante las etapas de análisis de requerimientos y diseño de software, y vivirá hasta la etapa de pruebas para validar resultados y de ser necesario recibirá retroalimentación que podrá utilizar para redefinir aspectos de la interfaz de usuario durante el tiempo que sea necesario para su mejora paulatina.

Lo anterior, no resulta en nada una labor sencilla, conlleva la satisfacción de todo un espectro de requerimientos identificados para una aplicación. Por ello, involucra la aplicación de conocimientos y experiencias de buen nivel por los desarrolladores de software, pues la actualidad exige soluciones informáticas oportunas y concretas a problemas y necesidades de muchas formas y dimensiones, que en muchas ocasiones son difíciles de abordar.

Afortunadamente, han surgido nuevos paradigmas y enfoques, como propuestas para distinguir los mejores caminos de abordaje, siendo vital atenderlos para idear su incorporación de los nuevos productos de software. Aunado a esta divergencia, el factor humano ha trascendido con mayor exigencia de interacciones adecuadas a través de vivencias agradables y espléndidas en el uso de aplicaciones de cualquier tipo.

Como reciente dinámica, las microinteracciones han aparecido como una promesa al aseguramiento de una grata experiencia de usuario, en base a un correcto diseño pueden impulsar hacia la distinción entre una buena interfaz de usuario y una de gran trascendencia.

En consecuencia, el diseño a nivel de microinteracciones está tomando mayor importancia y a la vez adquiriendo un papel esencial respecto a la experiencia de usuario. Esto debe tomarse como un indicador a considerar para todo profesional independiente o equipo de desarrollo de software. Asimismo, es prioritario

responder ágilmente a los planteamientos novedosos de enfoques que apoyen la redefinición de estrategias y estilos envueltos en todo el proceso de desarrollo de software. Resulta también importante, aplicar la misma incorporación de forma seria y permanente a todos los proyectos de software producidos en el contexto educativo, a través de las distintas asignaturas relacionadas con la programación.

Finalmente, hay que entender que las interfaces de usuario como producto final de participación interdisciplinaria, significan por ende logros estéticos para su aceptación, pero además también significan elevar la productividad de colaboradores, aceptación de clientes, afianzamiento con proveedores, y en general, el incremento de la aceptación del ser humano.

## **Referencias**

1. Ogalde Carreaga, I., González Videgaray, M.: Nuevas tecnologías y educación. Diseño, desarrollo, uso y evaluación de materiales didácticos. Trillas, México (2009)
2. Moggridge, B.: Designing interactions. MIT Press, 1ra. edición (2006)
3. Interaction Design Association, <http://www.ixda.org/about/ixda-mission>. Consultado el 10 de Junio de 2014.
4. Saffer, D.: Microinteractions. O'Reilly Media; 1ra. edición (2013)
5. Hernández, J., Carreño, M., Sandoval, J., Estrada, I., Aispuro F., Suárez, J.: Aplicación Móvil como Asistente en la Comunicación de Personas Discapacitadas y con Limitaciones del Habla. En: Memorias del 6to. Congreso Internacional en Ciencias Computacionales, pp. 30-35. Facultad de Ciencias, UABC, (2013)
6. Pratt, A.: Interactive Design: An Introduction to the Theory and Application of User-centered Design. Rockport Publishers (2012)
7. Pannafino, J.: Interdisciplinary Interaction Design: A Visual Guide to Basic Theories, Models and Ideas for Thinking and Designing for Interactive Web Design and Digital Device Experiences. Assiduous Publishing, 1ra. edición (2012)
8. Saffer, D.: Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices. New Riders, 2da. edición (2009)
9. User Interface Architectures, <http://www.centigrade.de/en/article/micro-interactions-vs-macro-interactions>. Consultado el 19 de Junio de 2014.

# SASVi – Sistema de Asistencia y Seguridad Vial

Fernando Martínez, Luis C. González, Manuel R. Carlos

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, 31125, Chihuahua, MX  
{fmartine, lgonzalez, p168786}@uach.mx

**Resumen.** En los países desarrollados se observa un despliegue a gran escala de tecnología para desarrollar actividades de vigilancia ciudadana y de asistencia vial. Cámaras y redes de sensores dan soporte a estrategias de agilización del tráfico y de contención de delincuencia en las zonas urbanas. En los países en desarrollo, por el contrario, se observa un limitado nivel de infraestructura tecnológica para atender este tipo de problemas sociales. La computación disponible en contextos públicos y a través de ésta recolectar información para dar soporte a las estrategias de gobierno en las grandes ciudades. La plataforma de asistencia y seguridad vial propuesta por SASVi busca contribuir en esta línea. SASVi explota las tecnologías de sensores integradas en los dispositivos móviles y utiliza sistemas de almacenamiento en la nube para dar soporte al concepto de informática urbana. Esta plataforma ofrece recursos y facilidades que notifican al conductor acerca de la presencia de irregularidades en el pavimento de avenidas y carreteras, informan acerca de del reglamento vial aplicable a la zona por la cual se transita, y registran evidencia de la interacción entre oficiales de vialidad y conductores.

**Palabras clave:** cómputo móvil, asistencia vial, servicios en la nube.

## 1 Introducción

Las grandes urbes enfrentan grandes problemas. Conforme las ciudades se desarrollan, los problemas de congestamiento de tráfico vehicular, delincuencia y contaminación ambiental se incrementan. En los países desarrollados se observa la integración de plataformas tecnológicas a través de las cuales se puede contar con información que apoya la toma de decisiones en la administración de las ciudades. Redes de cámaras de vigilancia apoyan contextos de seguridad social ya que es posible identificar el comportamiento de individuos. Información proporcionada por redes de sensores ayudan a agilizar el flujo vehicular e incluso habilitan el monitoreo de los niveles de contaminación y de impacto ambiental en diferentes zonas de la ciudad. Las limitaciones tecnológicas que los países en desarrollo presentan, por el contrario, comprometen el aseguramiento de confort y seguridad que los ciudadanos requieren. En estos países la participación de la ciudadanía puede ser el medio para recolectar datos del entorno urbano y recíprocamente recibir mejores servicios por parte del gobierno. Hoy en día los teléfonos celulares cuentan con tecnología de

sensores GPS, acelerómetro, giróscopo, cámara fotográfica y con canales de comunicación Bluetooth, WiFi y 3G. A través de su teléfono el ciudadano puede escribir una opinión acerca del aspecto que guarda el vecindario en el que vive, puede tomar fotos y utilizarlas como evidencia y a su vez sugerir cambios. La información disponible en las redes sociales da muestra de ello.

La plataforma SASVi, ofrece recursos y facilidades de asistencia y seguridad vial. Los servicios de asistencia incluyen la notificación de irregularidades en el pavimento (e.g. baches y reductores de velocidad sin señalización) de avenidas y carreteras, y la información del reglamento vial aplicable a la zona por la cual se transita. El servicio de seguridad consiste en el registro de evidencia que da soporte a la versión de hechos calificada por el agente vial. Ciudadanía, industria y gobierno pueden verse beneficiadas con este tipo de servicios. Por ejemplo, con los servicios de asistencia los ciudadanos pueden reducir el riesgo de daños a sus vehículos por problemas existentes con el pavimento. La industria podría identificar rutas alternas con mejor flujo vehicular y no comprometer sus tiempos de distribución. El gobierno podría contar con información dura para realizar una mejor calificación del perfil de riesgo de conducción de las personas, y posiblemente mejorar las estrategias de mantenimiento de vías de comunicación terrestres. La plataforma SASVi pretende contribuir con la exploración de soluciones tecnológicas que podrían atender algunas de los retos urbanos del estado de Chihuahua. Chihuahua cuenta con 3.5 millones de habitantes, circulan cerca de 1.5 millones de vehículos, y como en la mayor parte del país se presentan situaciones de conflicto entre ciudadanos y elementos de seguridad vial y policial. Adicionalmente, el clima extremo que prevalece en verano (36-40 grados centígrados) y en invierno (-3-0 grados centígrados) contribuye al deterioro de caminos y carreteras, lo cual también repercute en el nivel de movilidad vehicular.

La organización del trabajo es la siguiente: en la sección 2 se presenta la revisión de algunos de los esfuerzos que la comunidad científica ha realizado para la exploración de soluciones tecnológicas que atiendan factores de movilidad y tráfico urbano así como aquellas propuestas que promueven el uso de la tecnología para brindar asistencia y seguridad a los ciudadanos. En la sección 3, se describe la plataforma tecnológica SASVi y el soporte proporcionada a aspectos de asistencia y seguridad vial. En la sección 4, se ofrecen los resultados del desempeño de SASVi. En la sección 5, se realiza una discusión sobre algunas consideraciones experimentales para SASVi y finalmente, en la sección 6 se ofrecen las conclusiones y el trabajo futuro de este proyecto.

## **2 Motivación**

Según información del INEGI, Chihuahua ocupa el tercer lugar a nivel nacional en accidentes de vialidad, de los cuales la mayoría de estos accidentes son causados por conductores que circulan con exceso de velocidad. En el 2012 en el estado de Chihuahua se registraron un total de 30,382 accidentes en la entidad y 17 mil personas perdieron la vida. Por supuesto, en muchos de los casos se observa que el factor humano es relevante [1]. Para contribuir en la reducción de accidentes la comunidad académica ha explorado diferentes niveles de integración de tecnología tanto en el

auto como en la ciudad. La literatura muestra propuestas con diferente nivel de integración de tecnología enfocadas en asistir a conductores durante su tránsito por las ciudades de forma segura. Por ejemplo, Bierlaire et al. [2] presentan un sistema que hace uso de dispositivos móviles para recabar información de recorridos realizados por los usuarios y con esta información sugiere las mejores rutas para llegar a un lugar desde un sitio determinado en el menor tiempo posible. También se puede utilizar la información geoespacial de la ubicación del automóvil para poder sincronizar servicios de emergencia en caso de encontrarse en zonas desconocidas [3], o en caso de verse involucrado en un accidente vial [4]. A través del teléfono celular que porta la persona es posible incluso identificar su perfil de conducción [5].

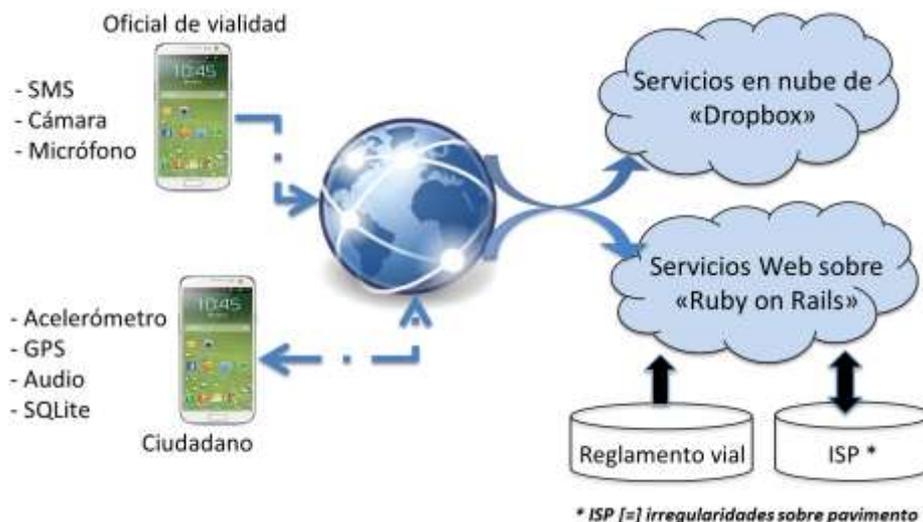
Otro de los factores que puede agregar al índice de accidentes es el estado que guarden las carreteras. La administración de estas vías de comunicación puede ser retardadora para países que no cuentan con la infraestructura adecuada. La aparición de irregularidades o desperfectos en las carreteras pueden deberse a factores ambientales o humanos. Factores ambientales pueden generar grietas, hundimientos, remoción de tapas de sistemas pluviales y erosión de señalizaciones. Los departamentos que administran las carreteras pueden tener fallas en el mantenimiento de las mismas o la adecuada señalización de por ejemplo reductores de velocidad. Cualquiera que sea su naturaleza, sin embargo, la presencia de estas irregularidades afecta el nivel de movilidad vial. Por lo tanto, resulta importante poder contar con un sistema de identificación de baches, topes y boyas, entre otras irregularidades en los caminos y carreteras para posteriormente contar con un sistema de notificación de la presencia de estos problemas a los conductores. En Kertész et al. [6], por ejemplo, se utilizan dos cámaras y proyectores láser para identificar baches en el pavimento, y con la tecnología Kinect de Microsoft Joubert et al. [7] logra medir la profundidad de los baches. En Mednis et al. [8] se desarrolló la grabación y el análisis de audio proveniente de los baches a través de los cuales se conduce un automóvil. La tecnología de acelerómetros es utilizada por Eriksson et al. [9], quienes clasifican baches, cruces de vías de ferrocarril y reparaciones realizadas a la carretera. Otros autores han aprovechado la disponibilidad de acelerómetros en dispositivos móviles. Fazeen et al. [10], identifica baches y topes a partir de datos provenientes del celular que la persona porta en algún compartimento de su ropa.

Finalmente, existe trabajo que reporta la existencia de conflictos entre elementos que representan la ley y conductores. Por ejemplo, la información que un oficial registra puede entrar en controversia con la declaración de los hechos por parte del conductor [11], lo cual puede generar situaciones ríspidas entre las personas involucradas generando en ocasiones agresiones físicas. Sin embargo, la tecnología portada por un oficial puede agilizar la tarea y agregar veracidad a la generación de reportes, además de reducir riesgos de ataques contra oficiales [12].

### 3 Plataforma SASVi

Como se ha mencionado SASVi pretende ofrecer recursos y facilidades para proveer servicios de asistencia y seguridad vial. El sistema ofrece información referente a la reglamentación de vialidad establecida para diferentes zonas de la ciudad, así como

notificaciones de las irregularidades presentes en la carretera. Se ofrece adicionalmente, un recurso para registrar audio y video producto de la interacción entre el oficial de vialidad y el conductor. La plataforma tecnológica de SASVi utiliza tecnologías de cómputo móvil y servicios en la nube como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** El teléfono celular del conductor o del oficial de vialidad representa el nodo de recolección de datos del entorno. Los servicios de asistencia y seguridad se recuperan de la nube.

## 2.1 Servicio de Asistencia y Seguridad Vial

Tanto el conductor como el agente vial utilizan un teléfono inteligente, el cual se comunica con un servidor remoto para gestionar o transferir información según sea el caso. Para el servicio de asistencia vial se hace uso de la posición actual del vehículo y de la orientación del mismo, información que es obtenida a través del GPS y del giroscopio integrados en el teléfono celular. Con esta información se consulta un servidor remoto para actualizar el reglamento vial aplicable a la zona en la cual se transita, y la información de geo-localización disponible para las irregularidades de las carreteras registradas dentro de la misma zona. La información GPS se procesa para calcular la velocidad del automóvil la cual se compara contra las velocidades máximas permitidas. Esta información también se utiliza para notificar al conductor de posibles encuentros con baches y/o reductores de velocidad sin la señalización adecuada. SASVi reproduce comandos de voz indicando al conductor cuando se rebasó el límite de velocidad o emite señales sonoras ante la posible presencia de baches, topes u otras irregularidades en el pavimento. Adicionalmente, se realiza un registro local (SQLite) de las faltas cometidas, el cual puede ser revisado



realiza mediante un cliente http el cual envía una petición a la URL del servidor junto con una serie de parámetros incluyendo el nombre de la avenida y la orientación del automóvil, o propiamente dicho del dispositivo móvil:

*Private static readonly string ServerURL = <http://192.168.1.5:3000/speedLimit/Vallarta>*

Una respuesta en formato JSON es enviada hacia el dispositivo móvil con la información de la reglamentación vial aplicable a la zona, como se muestra en la figura 3.

```
defspeedLimit
  @zone=Zone.find_by:street(params[:street])
  respond_to do |format|
    format.json{render json: @zone.speed}
  end
end
```

**Fig. 3.** El dispositivo móvil recibe una respuesta del servidor en formato JSON.

En relación con la transferencia de información que realiza SASVi para brindar soporte al oficial de vialidad, se tiene que el dispositivo móvil establece un canal de comunicación continuo con un servicio en la nube de “Dropbox”. Para poder establecer la comunicación entre el celular y Dropbox es necesario que el usuario obtenga una cuenta y por lo tanto las llaves de acceso a este servicio, como se muestra en la figura 4.

```
AndroidAuthSession session= new AndroidAuthSession(appkeys, ACCES_TYPE);
DropboxAPI<AndroidAuthSession> API = new Dropbox<AndroidAuthSession>(session);
API.getSession().startAuthentification(Activity.this);
```

**Fig. 4.** Establecimiento de conexión con un servicio en la nube de Dropbox.

Una tarea adicional del sistema informático es la recolección de datos de aceleración proporcionados por el sensor del teléfono celular y la clasificación de irregularidades presentes en el pavimento a lo largo de la carretera. Estos datos son procesados del lado del servidor utilizando una red neuronal “back propagation” [13] con una capa oculta y 5 neuronas.

## 4 Resultados

La fase de recolección de datos se realizó con teléfonos celulares HTC, con 278 MB de memoria RAM, un solo procesador y una cámara de 5 mega pixeles, durante el verano de 2013 en 2 carros diferentes, un Nissan Sentra 2013 y un Nissan Tsuru 2001. En cada auto se realizaron diversos recorridos cada uno considerando el tránsito sobre avenidas, calles, bulevares y carreteras de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México. La figura 5 muestra uno de estos recorridos cuya longitud es de 40 Kilómetros.



**Figura 5.** Trayectoria de 40 Km. sobre la cual se recolectaron primeramente eventos de aceleración asociados a baches, topes y boyas. Posteriormente se prueban los servicios de asistencia y seguridad que ofrece SASVi.

En este recorrido existen zonas escolares con límites de velocidad de 20 Km/hr. A lo largo de la trayectoria se recolectaron eventos correspondientes a 24 baches, 46 boyas y 51 topes. La red neuronal implementada del lado del servidor clasificó con un porcentaje de acierto superior al 85% estos eventos [14]. El sistema de notificación utiliza esta información.

El sistema SASVi ofrece soporte de asistencia vial a través de notificaciones auditivas cuando existe la posibilidad de la existencia de una irregularidad en el pavimento o cuando se ha rebasado un límite de velocidad para la vía en la cual se transita. Las pruebas desarrolladas para el servicio de asistencia muestran que con una conexión de 1 y 2 Mbps la actualización del reglamento vial en el celular toma entre 1 y 3 segundos. Se comenta que el reglamento vial se simuló ya que hasta donde se conoce no existe un mapa de reglamento vial por zonas urbanas. Respecto al registro de evidencia en formato media se obtuvo que la transferencia de una imagen de 1920 x

1080 pixeles del celular al Dropbox tardó de 4 a 10 segundos, mientras que la transferencia de videos de 2 minutos tardan entre 1 y 4 minutos, por supuesto, esto depende del ancho de banda disponible en la red. Por otro lado, la binarización de la imagen se desarrolla en promedio en 2 segundos.

## **5 Discusión de Resultados**

Para su operación SASVi asume que existe una plataforma digital en la ciudad [15] mediante la cual es posible el intercambio de información entre el teléfono celular del conductor y los servicios digitales en la nube. Limitante que no existe con los agentes de vialidad ya que en la actualidad se hace uso de los servicios 3G para comunicar las unidades con el centro de mando. Otro factor considerado durante la evaluación del sistema propuesto es la existencia de un reglamento vial sectorizado. Esta es una propuesta a desarrollar ante la dirección de vialidad de la ciudad, la cual podría ajustarse a los esfuerzos iniciados por el gobierno para la sectorización del sistema policial. Con la disponibilidad de contextos viales locales se habilita un intercambio de datos ágil entre los dispositivos móviles y la nube, sin la necesidad de utilizar estrategias de alto costo computacional como las requeridas para la identificación en tiempo real de señalizaciones viales utilizando procesamiento de imágenes [16]. Finalmente, el contexto de seguridad que ofrece SASVi solo considera posibles agresiones de parte del conductor hacia el oficial debido a que el oficial puede como parte de un protocolo de seguridad portar la tecnología necesaria para garantizar la veracidad de los hechos [17]. Por el contrario, un ciudadano al volante puede colocar su teléfono celular en la bolsa de su pantalón, blusa, bolso de mano, compartimiento en la puerta o guantera del auto, lo cual compromete la calidad del audio que proviene de la interacción entre el oficial y el conductor.

## **6 Conclusiones y trabajo a futuro**

En este trabajo se ha descrito la plataforma SASVi la cual ofrece servicios de asistencia y seguridad vial. Los servicios de asistencia disponibles permiten notificar al conductor y mantenerlo alerta de las reglas de vialidad aplicables en la zona por la cual transita. Además le va indicando al conductor acerca de las diferentes irregularidades que existen en el pavimento a lo largo de su trayectoria. El servicio de seguridad que se ofrece se basa en el registro de evidencia que puede dar soporte al registro de hechos realizado por el oficial de vialidad y de contar con la silueta del rostro del conductor en caso de que exista algún tipo de agresión contra el oficial de vialidad.

Las pruebas desarrolladas con SASVi son alentadoras y permiten visualizar posibilidades de apoyo para las estrategias de gobierno enfocadas a brindar seguridad y confort a los ciudadanos en las vías de comunicación terrestres. Sin embargo, para poder llevar a SASVi a un nivel de demostración masiva es necesario fortalecer algunos aspectos técnicos de esta plataforma. Primero, en el mejor de los casos el sensor GPS presenta en ocasiones un error de hasta 10 metros, pero en ocasiones

puede incluso existir pérdida de información geo-espacial por la oclusión con el satélite. Por lo tanto, se debe utilizar información de otros sensores como el acelerómetro y giróscopo para robustecer este servicio. Para reducir el margen de error del proceso de clasificación de baches, topes y bollas se están explorando algoritmos de clasificación como máquinas de soporte de estado y árboles de decisión, además de la integración de técnicas de “crowdsourcing”. Se debe adicionalmente, incrementar la calidad de procesamiento para la detección de rostros y posiblemente integrar un proceso automatizado de reconocimiento de los mismos para facilitar la identificación de conductores agresivos. Finalmente, no existen facilidades para notificar al conductor sobre tiempos de traslado desde su ubicación actual hasta su destino ni tampoco opciones de rutas con mejor flujo de tráfico, lo cual puede complementar los servicios presentes en SASVi.

## Referencias

1. Mannering, F. (2009). An empirical analysis of driver perceptions of the relationship between speed limits and safety. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(2), 99-106.
2. Bierlaire, M., Chen, J., & Newman, J. (2010). Modeling route choice behavior from smartphone GPS data. *Report TRANSP-OR, 101016*, 2010.
3. Yang Guo. (2009). A Mobile Distributed System for Personal Security. Department of information Technology. Institutionen for informationsteknologi.
4. Aldunate, R. G., Herrera, O. A., & Cordero, J. P. (2013). Early Vehicle Accident Detection and Notification Based on Smartphone Technology. In *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Context-Awareness and Context-Driven Interaction* (pp. 358-365). Springer International Publishing.
5. Eren, H., Makinist, S., Akin, E., & Yilmaz, A. (2012, June). Estimating driving behavior by a smartphone. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE* (pp. 234-239). IEEE.
6. Kertész, I., T. Lovas, and A. Barsi. "Photogrammetric pavement detection system." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37 (2008).
7. Joubert, D., Tyatyantsi, A., Mphahlehle, J., & Manchidi, V. (2011). Pothole tagging system.
8. Mednis, Artis, Girts Strazdins, Martins Liepins, AndrisGordjusins, and Leo Selavo. "Roadmic: Road surface monitoring using vehicular sensor networks with microphones." In *Networked Digital Technologies*, pp. 417-429. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
9. Eriksson, Jakob, Lewis Girod, Bret Hull, Ryan Newton, Samuel Madden, and HariBalakrishnan. "The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring." In *Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services*, pp. 29-39. ACM, 2008.
10. Fazeen, Mohamed, Brandon Gozick, Ram Dantu, MoizBhukhiya, and Marta C. González. "Safe driving using mobile phones." *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* 13, no. 3 (2012): 1462-1468.
11. Shinar, D., Treat, J. R., & McDonald, S. T. (1983). The validity of police reported accident data. *Accident Analysis & Prevention*, 15(3), 175-191.
12. Harris, D. A. (2010). Picture This: Body-Worn Video Devices (Heads Cams) as Tools for Ensuring Fourth Amendment Compliance by Police. *Tex. Tech L. Rev.*, 43, 357.

13. Ethem A. (2009). Introduction to Machine Learning. The MIT Press; second edition.
14. Martínez, F., Carlos Gonzalez, L., & Ricardo Carlos, M. (2014). Identifying Roadway Surface Disruptions Based on Accelerometer Patterns. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, 12(3), 455-461.
15. Ishida, T. (2000). Understanding digital cities. In *Digital Cities* (pp. 7-17). Springer Berlin Heidelberg.
16. De la Escalera, A., Armingol, J. M., & Mata, M. (2003). Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles. *Image and vision computing*, 21(3), 247-258.
17. Harris, D. A. (2010). Picture This: Body Worn Video Devices ('Head Cams') as Tools for Ensuring Fourth Amendment Compliance by Police. *Texas Tech Law Review*, *Forthcoming*.

# Collecting and Analyzing Energy Data for Central America, Mexico and the World: A Data Science Project

Leonel Morales, Krista Aguilar, Juan Ponciano, María Rivas

Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – InCyTDe  
Universidad Rafael Landívar  
{leonel, krista, juan, mafer}@incytde.org

**Abstract.** Data Science is a developing computational field in Central America and Mexico. The high availability of data related to energy and economy through several international agencies provides an excellent opportunity to plan and execute research projects and test tools and techniques. Also, energy is an important subject of research from different perspectives: economic, social, human development, engineering, among others. We took the challenge of locating the sources, collecting the data, cleaning it, performing initial exploratory data analysis, and applying basic modeling techniques to get familiar with the data and understand the information and knowledge it provides in regard to the possible nexus between energy and economic growth. In this paper we present a first recount of the process and some of the insights obtained during its execution.

**Keywords:** Data Science, Energy, Mexico, Central America.

## 1 Introduction

Nowadays data is being captured in multitude of environments, through sensors, logs, user input and other forms. The format in which data is being collected differs according to the needs of each project including plain text, numeric, binary formats, image, video, and application specific file formats. In general, it is a good idea to assume that there is no standard format. The extended use of computers, smart phones, tablets, and other devices with information processing capabilities increases the rate at which data is added to databases both in industrial and end-user settings. These data explosion phenomenon has been resumed with three words: volume, velocity and variety [3, 17, 25] although the discussion keeps going on about the convenience of including other words starting with V: veracity, volatility, validity, value, and others [11, 18, 24].

Four skills have been identified as relevant in order to get the most out of big data: programming, statistics, visualization and domain specific substantive expertise [10, 33]. Programming, or better, hacking skills are needed to download, parse, reformat, clean, and store data from several sources, statistics to explore and model relations in data, visualization to communicate findings visually through graphs and compositions

and domain specific substantive expertise to make sense of the whole process as it is always referred to a context which has its own rules and limits.

Although data science is not exactly the same as big data, a reference to it is needed in any data science project because it can be argued that data scientists need to be able to work with big data and in the process contribute the analysis, experimental design, and systematization that characterizes scientists when producing scientific knowledge. Several authors have abounded in this relation [5, 19, 25, 33]. For this paper the explanation provided in the previous paragraphs is adequate.

Our project concentrated in collecting data about energy and economy from several sources. Energy data and economy indicators are abundant (volume) come in different formats (variety) and are produced constantly (velocity). Programming skills together with statistical and visualization-building abilities come handy for getting and working with this data, which in turn is not possible without domain specific knowledge.

In order to be able to apply data science methods in this setting we started exploring data for Central American countries and then broadened our scope to include several countries from around the world. This exercise helped us to get familiar with the data and start identifying relations that are worth modeling in order to, in future efforts, describe the energy and economy phenomenon for our countries, do some classification and even predict potential outcomes. We consider that this effort will contribute to integrate energy data for the whole Central American region, help spread information useful for decision making, and also serve as input for further studies.

The following sections describe our data sources and the process to obtain the data (section 2), the exploratory data analysis up to this point along with a discussion of the insights obtained in it (section 3), and finally our plans to continue the project and the prospect models we intend to construct (section 4).

## **2 Energy and Economy Data Sources**

Following the principles of the Open Data movement [26, 27, 28, 35], many institutions that collect information around the world have made it available through their websites opening new opportunities for researchers interested in applying data science methods and tools to contribute to obtain the knowledge hidden in it [8].

This has been the case in many fields like environment and ecology [31], biology [19], health [4, 16], finance and business [34], energy [15], and economy [2]. Governments have also agreed to make the data they collect available under certain guidelines to avoid compromising public security or exposing private personal information of citizens [6, 7, 12, 32, 36].

Not all data sources provide the same level of openness, or the same set of tools to work. Inconsistencies are not uncommon among different sources, presumable due to differences in methods, interpretations, conversions and integration criteria.

## 2.1 Selection Process

For this project a survey was made of the sites sharing information on energy and economy [21] see Table 1. There are an important number of institutions that provide that type of data, with different aims, scopes, and timeframes. Some of them are limited to a region, a country, or other geographical circumscription; others focus on renewable, non renewable or other subsets of primary sources. There are official agencies and NGOs dedicated to this task that share more or less information with different periodicity.

Based on consistency of publication and the broader scope possible, institutions and websites were selected to work with them. In the cases of energy data and economic indicators we found that information is published more consistently and for longer periods when it is released yearly, although other time intervals are possible.

Databases that include most countries were preferred to those that are limited to a single country or region, because the intention was to broaden the scope of the study. International agencies were found to be the most convenient.

**Table 1.** A list of sources of energy and economy data. In addition, most countries have local agencies for economy, energy and statistics.

Site	URL	Method for obtaining data
UN data	<a href="http://data.un.org/">http://data.un.org/</a>	API
United Nations Development Programme	<a href="http://hdr.undp.org/en/data">http://hdr.undp.org/en/data</a>	API
International Energy Agency	<a href="http://www.iea.org/statistics/">http://www.iea.org/statistics/</a>	On screen tables
The World Bank, World DataBank	<a href="http://databank.worldbank.org/data/databases.aspx">http://databank.worldbank.org/data/databases.aspx</a>	API
Inter-American Development Bank, Statistics and Databases	<a href="http://www.iadb.org/en/research-and-data/statistics-and-databases,3161.html">http://www.iadb.org/en/research-and-data/statistics-and-databases,3161.html</a>	Download as Excel file type
The U.S. Government's Open Data	<a href="http://www.data.gov/">http://www.data.gov/</a>	API
Energy Statistics European Commission	<a href="http://ec.europa.eu/energy/observatory/statistics/statistics_en.htm">http://ec.europa.eu/energy/observatory/statistics/statistics_en.htm</a>	Download as PDF file type
Organization of the Petroleum Exporting Countries	<a href="http://www.opec.org/opec_web/en/publications/202.htm">http://www.opec.org/opec_web/en/publications/202.htm</a>	Download as PDF file type
CEPALSTAT – CEPAL	<a href="http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/Portada.asp">http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/Portada.asp</a>	API

## 2.2 Obtaining the Data

Although some sites allow downloading the data in a CSV or Microsoft Excel format, it is also common to find application programming interfaces – APIs – or web services that facilitate the process through programming.

In this project we also implemented a two phase method. In the first phase a Visual Basic for Applications – VBA – script inside a macro enabled Excel workbook was

crafted to open an Internet Explorer object that then navigated to a web page with the data of interest and transferred the data table into a new Excel workbook. With this method it was possible to set a list of web sites and a list of parameters to pass them to the script and let it download and save the data for later process. For certain websites, especially those designed to show the information online rather than to allow downloading it, this proved to be best suited.

In a second stage a Microsoft Access database was built and refined whenever needed, to grab and store all the information in the Excel workbooks. Again, a VBA script was crafted to automatically open each workbook as an Excel object, access each worksheet and insert the information into the tables of the database using SQL insertion queries.

This two phase method proved to be very useful. It came very handy to just enter the URLs in the macro workbook and then letting the script run frequently overnight to grab the data.

In some cases only the second phase was applicable, for example when the data was already available in an Excel file, which was the case for percentage of electric grid coverage by country that was located after some effort in that format. In other cases it was necessary to enter the information manually, locating it first in the web by searching and then entering it in the appropriate field in the database.

At this point it has been possible to compile information for more than 120 countries from around the world, for a period of time starting in year 1990 and ending in 2011, with most of the data covering intervals of one year and including data about energy and economy.

The database has more than 1.2 million registers and keeps growing.

### **3 Exploring Energy and Economy Data**

Obtaining the data of interest, although very important and work-intensive, was just a first step in the data science project. The next, or better, the concurrent step as the first never ends, was getting familiar with the data, its meaning in the specific domain of interest – energy and economy – the way it vary among countries or intervals of time through the application of basic statistics, and showing it in graphics and charts to have a visual clue of where important phenomena may be occurring.

Crafting SQL queries was necessary to filter and extract the relevant data sets for the countries of interest that were later plotted. More than 80 SQL queries were programmed to produce 70 tables of data. 35 of them corresponded to Central American countries and 35 were the equivalent for a set of 11 countries outside of the region (Germany, Argentina, Brazil, Canada, Chile, China, USA, Spain, Japan, Mexico, and Venezuela).

Plotting compound indicators, those that result from ratios or percentages like electricity consumption divided by population, proved more convenient than quantifications like Gross Domestic Product (GDP) or Total Primary Energy Supply (TPES) for direct comparison among countries. On the other hand, the quantifiable energy and economy variables provide a contrast of size and volume so they are also worth plotting.

Some of the tables to chart were readily available from the collected data; others needed calculation from values taken from different places. Sometimes after calculating and plotting a table the resulting image signaled interesting relations or trends, for others the lack of relevant information was pointed to and so was the need to find and collect that information, and for most of the rest no interesting treat was found, although, arguable, the very exercise yielded knowledge about the data that could eventually be used in other context.

### 3.1 Plotting Data

To plot data in Excel in this initial stage, only one type of chart was used: lines with the indicator, value or ratio in the y-axis and the year from 1990 to 2011 in the x-axis. Although this can be considered only a very basic form of visualization, it helped to understand the evolution of each figure over time and the differences among countries. A brief discussion of a few of the charts analyzed in the project will help to appreciate the extent this effort may have with further refinements.

**Electricity Consumption / Population.** This ratio shows the gross amount of electricity consumed by the country (gross production plus imports less exports less losses) divided by the population. Fig. 1 shows the evolution over time for this indicator for Central American countries and Mexico. There are clearly two groups of countries according to how much electricity their inhabitants dispose of.

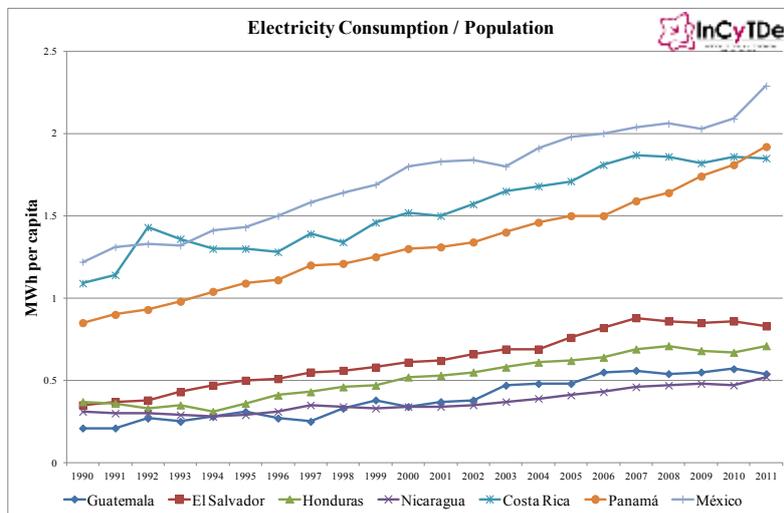


Figure 1. Electricity Consumption / Population. Mexico, Costa Rica and Panama provide, in average, more electricity to their citizens.

**CO<sub>2</sub> / Population.** This ratio calculates the average CO<sub>2</sub> emissions in tons per capita and is shown in Fig. 2. The amount of CO<sub>2</sub> can be linked to the sources the country employs for producing electricity and for other energy uses. A higher amount of oil and oil products may increase this ratio.

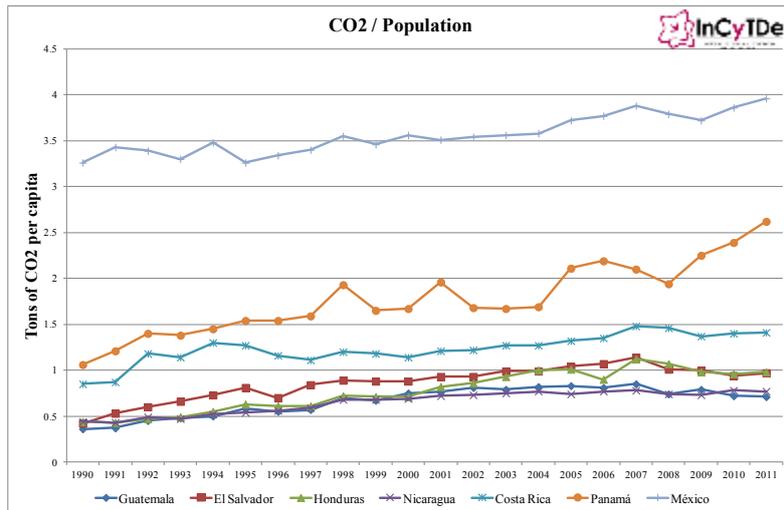


Figure 2. CO<sub>2</sub> / Population. The average of tons of CO<sub>2</sub> emitted per capita.

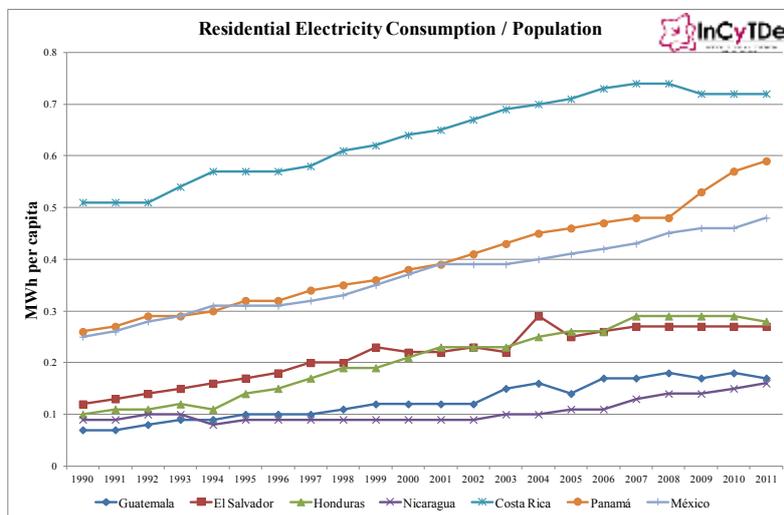
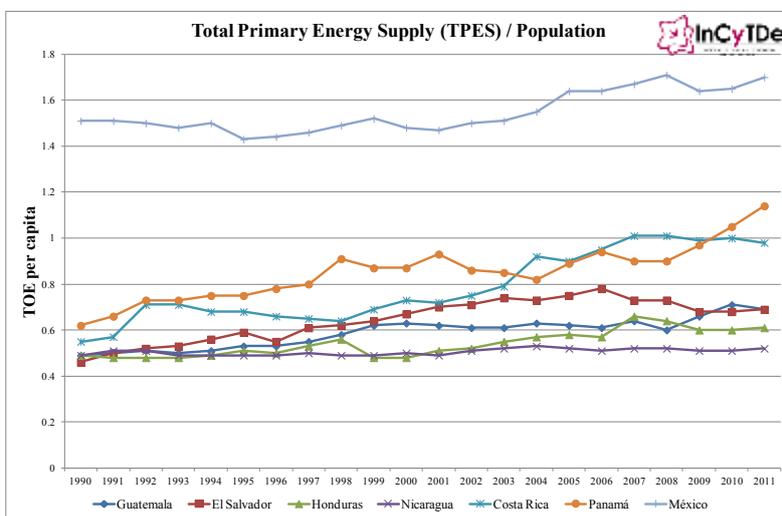


Figure 3. Residential Electricity Consumption / Population. This chart differs from Fig. 1 in that in this only the electricity used for homes is aggregated and averaged.

**Residential Electricity / Population.** Not all electricity consumed in a country is destined to housing needs; an important portion is used in commercial, industrial, services and others. This means that a more accurate figure for the availability of electricity in homes would be the amount of residential electricity consumed divided by the population. This is shown in Fig. 3.

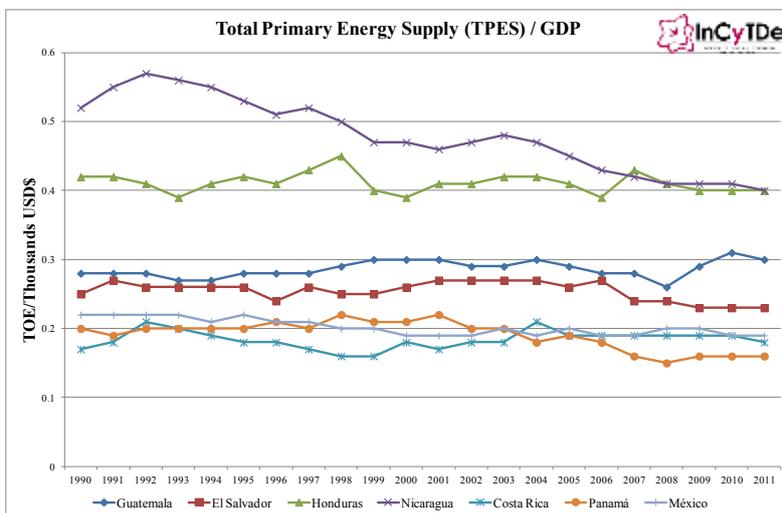
**Total Primary Energy Supply (TPES) / Population.** TPES measures the total amount of energy available from primary sources before any transformation. Divided by population provides an indicator that is comparable among countries, see Fig. 4. This figure is indicative of how much energy the country disposes of. Transformations induce losses and inefficiencies so this indicator, in conjunction with others, may help identify them.



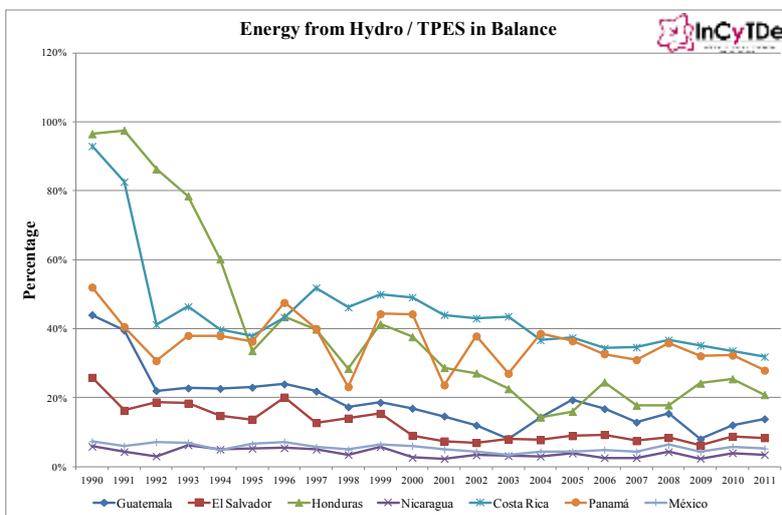
**Figure 4.** TPES / Population. In tons of oil equivalent or toe. 1 toe is approximately 11.63 MWh or 41.87 gigajoules.

**Total Primary Energy Supply (TPES) / GDP.** This ratio is key for the identification of the relation between energy and economic growth. As a country increases economic activities more energy is required. Although other energy variables can be used (energy imports, electricity consumption in the industrial sector, oil products consumption, and others) any relation can be referred to that of TPES and GDP. The indicator evolution over the years can be seen in Fig. 5.

**Energy from Hydro / TPES in Balance.** The Energy Balance Sheet keeps an account of the flows of energy, including transformations and final consumption, in a country [14, 37]. This chart is shows a trend in regard of energy from hydro sources, as shown in Fig. 6. As countries have increased the amount of energy they consume over the years they have tended to depend heavier on sources different from hydro.



**Figure 5.** TPES / GDP. This chart depicts the close relation between energy and economy. A perfect relation would render a constant ratio. Except for the case of Nicaragua all the countries in the region keep a nearly flat curve.



**Figure 6.** Energy from Hydro as a percentage of TPES according to figures in Energy Balance. Countries in the region have reduced the percentage of energy they get from hydro sources, not by reducing the net volume of production but by increasing other sources.

### 3.2 Beyond Charts

More advanced techniques of visualizations can be employed to analyze data. In a previous report [22] the use of Sankey diagrams or Energy Flow Diagrams was presented as a better option for comprehending the complete energy situation of a country. At this point in the project, all the information is available to produce such diagrams not only for a single year or a single country, but for several years and several countries.

This is a challenging task not only to craft the visualizations but to be able to compare among the different sets of data and find the trends and models needed. Nevertheless, we consider that building these visualizations is an important step towards a full understanding of the dynamics of energy and economy data.

For an example of the Energy Flow Diagrams see [13, 22] and Fig. 7.

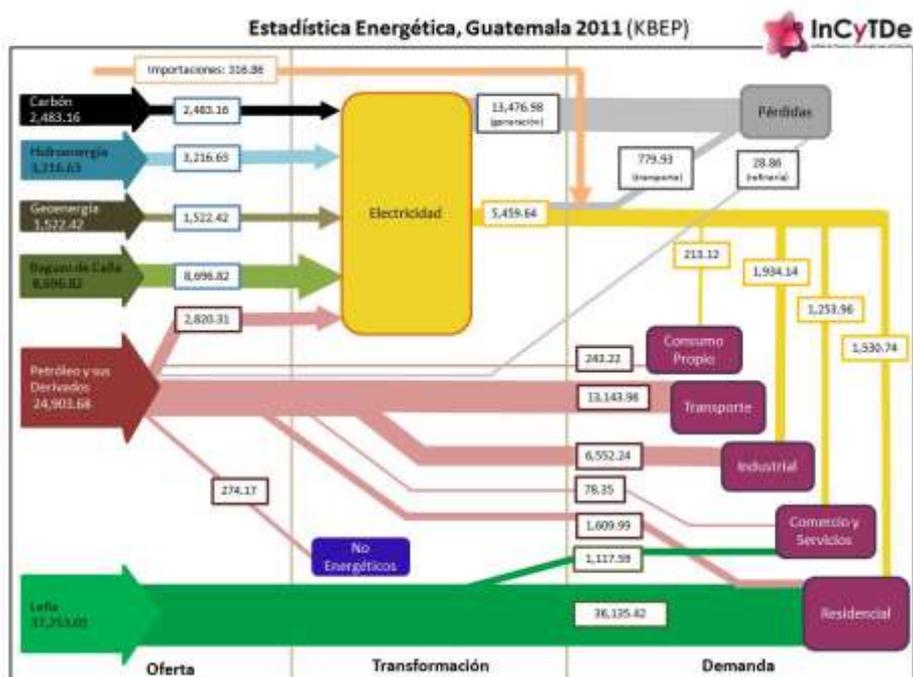


Figure 7. Energy Flow Diagram prepared in Spanish for energy data of Guatemala for 2011.

## 4 Proposing Models

Causal relationship between energy usage and economic growth is a topic under continuous examination in every country and proves to be central for discussions of energy policymakers. The evidence for an underlying relationship is typically obtained within bivariate modeling frameworks from energy data in close relation to

the main economic activities. As such, clean data about the composition of energy production and consumption, or the generation and consumption of energy by energy source and by economic sector constitute an essential input to those analyses.

Two interesting examples of analysis and modeling of energy and economy data, in line with this can be found in [1] and [29].

The common and simplest approach is to employ bivariate models, from which it is possible to capture the general ideas of the probable scenarios. However, many studies have shown that this first approach might lead to unsatisfactory or conflicting results, proving thus necessary to resort to more elaborated models [9].

There exist several efforts to build more specific models including other variables such as indicators in regard to capital measures and labor of force [23, 30, 38].

One promising line seems to be studying and modeling the behavior of aggregate energy variables like electricity consumption, total primary energy supply (TPES) and variables from the economy domain like GDP, population, inflation and others.

As Fig. 5 suggest, there is a good correlation between TPES and GDP for most countries of Central America and Mexico. It is easy to see that a clear next step is to find how good is that correlation for the rest of countries of the world and what are the characteristics of those with good correlation versus those with a less significant figure. Intuition suggests that countries with similar correlations between those variables, or any other more relevant pair, may present similarities worth studying.

Because energy consumption patterns vary in countries according to, among many other reasons, their geographical position, the integration of geo-positional information into the database seems to be relevant. We are incorporating such information now for future use. Under this perspective it can be argued that countries in similar latitudes should have similar energy consumption needs and that should be reflected in the data when isolated from the influence of other variables. This though, remains unverified.

Global energy data is difficult to produce and collect. Most of the databases consulted for this work have a delay of at least two years in their data, meaning that we will be able to see the fruits of current efforts in the field of renewable sources or changes in policies and production models until two years pass. Nevertheless as technology advances the recollection process will most likely speed up.

It is very important then to prepare the data science tools, including databases, data gathering processes, analytics, models and predictions for this speed increment.

## **5 Conclusion**

In this paper we have provided a first account of the process we are conducting to apply data science techniques and methods to energy and economy data for the countries in the Central American region with the intention of applying the same analysis to the whole world.

We started explaining why this can be considered a data science project and how energy and economy data have the characteristics of big data. The basic sources to obtain the data were listed with notes about the method that can be employed with

each one, although the list is not exhaustive, it is a starting point for anyone wanting to apply data science in a practical manner.

How to get familiar with the data through plots, chart and diagrams was then explained and a discussion of the possible models was included. All these models and many others, limited only by the creativity of each data scientist, can be built, tested and applied in order to produce predictions that will be validated in the near future.

It can be argued that the main point of this whole article is to signal the opportunity energy and economy data presents to develop the data science computational field in Central America and Mexico but it will not be the main advantage for sure. We will all benefit from a better understanding of the dynamics of energy and economy in the first place.

## References

1. Apergis, N., Payne, J.: Energy Consumption growth in South America: Evidence from a panel error correction model, *Energy Economics* 3, 1421-1426 (2010)
2. Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., Levine, R.: Financial institutions and markets across countries and over time: Data and analysis. World Bank. (2009)
3. Birke, R., Björkqvist, M., Chen, L. Y., Smirni, E., Engbersen, T., Xue, J.: (Big) Data in a Virtualized World: Volume, Velocity, and Variety in Cloud Datacenters. In Proceedings of the 12th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 14) (pp. 177-189). USENIX (2014)
4. Boulton, G., Rawlins, M., Vallance, P., Walport, M.: Science as a public enterprise: the case for open data. *The Lancet*, 377(9778), 1633-1635 (2011)
5. Bryant, R., Katz, R. H., Lazowska, E. D.: Big-Data Computing: Creating Revolutionary Breakthroughs in Commerce, Science and Society. (2008) [http://www.cra.org/ccc/files/docs/init/Big\\_Data.pdf](http://www.cra.org/ccc/files/docs/init/Big_Data.pdf)
6. DATA.GOV.UK, <http://data.gov.uk/>
7. DATA.GOV: Frequently Asked Questions, <http://www.data.gov/faq>
8. Davies, T., Perini, F., Alonso, J.: Researching the emerging impacts of open data. World Wide Web Foundation. (2013)
9. Davis, C.: Making Sense of Open Data: From Raw Data to Actionable Insight. Dissertation. Next Generation Infrastructures Foundation. (2012)
10. Graves, S.: Meeting the challenges of data-intensive science. In Proceedings of the 2011 workshop on Climate knowledge discovery (pp. 4-4) ACM (2011)
11. Grimes, S.: Big Data: Avoid 'Wanna V' Confusion. *InformationWeek.com* (2013)
12. Huijboom, N., Van den Broek, T.: Open data: an international comparison of strategies. *European journal of ePractice*, 12(1), pp. 1-13 (2011)
13. InCyTDe: Balance Energético Guatemala 2011. [http://incytde.org/flujo\\_energia/principal.html](http://incytde.org/flujo_energia/principal.html)
14. International Energy Agency: Energy Balances Statistics. <http://www.iea.org/statistics/topics/energybalances/>
15. Krioukov, A., Goebel, C., Alspaugh, S., Chen, Y., Culler, D. E., Katz, R. H.: Integrating Renewable Energy Using Data Analytics Systems: Challenges and Opportunities. *IEEE Data Eng. Bull.*, 34(1), 3-11 (2011)
16. Krumholz, H. M.: Big Data And New Knowledge In Medicine: The Thinking, Training, And Tools Needed For A Learning Health System. *Health Affairs*, 33(7), 1163-1170 (2014)
17. Laney, D.: 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. Technical Report, META Group Research (2001)

18. Laney, D.: Deja VVVu: Others Claiming Gartner's Construct for Big Data. In Gartner Blog, Jan.14 (2012) Available: <http://blogs.gartner.com/doug-laney/deja-vvvue-others-claiming-gartners-volume-velocity-variety-construct-for-big-data/>
19. Marx, V.: Biology: The big challenges of big data. *Nature*, 498(7453), 255-260 (2013)
20. McAfee, A., Brynjolfsson, E., Davenport, T. H., Patil, D. J., Barton, D.: Big Data. The management revolution. *Harvard Bus Rev*, 90(10), 61-67 (2012)
21. Morales, L.: Bases de Datos en Internet. In InCyTDe Blog, Apr.1 (2014) Available: <http://incytde.org/incytde/content/bases-de-datos-en-internet>
22. Morales, L. V., Aguilar, K. I., & Ponciano, J. A. Visualizing Energy Data and Seeing the Whole Picture of Energy in Guatemala. In *Proceeding of Power and Energy 2013*, ActaPress, (2013)
23. Nasreen, S., Anwar, S.: Causal relationship between trade openness, economic growth and energy consumption: A panel data analysis of Asian countries. *Energy Policy*, 69, 82-91 (2014)
24. Normandeau, K.: Beyond Volume, Variety and Velocity is the Issue of Big Data Veracity. Inside Big Data. (2013)
25. Novikov, B., Vassilieva, N., Yarygina, A.: Querying big data. In *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Systems and Technologies* (pp. 1-10). ACM (2012)
26. Open Data Commons, <http://opendatacommons.org/>
27. Open Definition, <http://opendefinition.org/>
28. Open Knowledge: What is Open? <https://okfn.org/opendata/>
29. Ozturk, I., Aslan A., Kalyoncu H.: Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries, *Energy Policy* 38, 4422-4428 (2010)
30. Ozturk, I.: A literature survey on energy-grow nexus, *Energy Policy* 38, 340-349 (2010)
31. Reichman, O. J., Jones, M. B., Schildhauer, M. P.: Challenges and opportunities of open data in ecology. *Science(Washington)*, 331(6018), 703-705 (2011)
32. Santana, M. T., & da Silva Craveiro, G.: Challenges and requirements for the standardisation of open budgetary data in the Brazilian public administration. In *GI-Jahrestagung* (pp. 836-848) (2013)
33. Schutt, R., O'Neil, C.: *Doing Data Science: Straight Talk from the Frontline*. O'Reilly Media, Inc. (2013)
34. Streeter, L. A., Kraut, R. E., Lucas Jr, H. C., Caby, L.: How open data networks influence business performance and market structure. *Communications of the ACM*, 39(7), 62-73 (1996)
35. The Open Data Foundation, <http://www.opendatafoundation.org/>
36. U. S. Office of Management and Budget (OMB): Open Data Policy – Managing Information as an Asset, M-13-13, <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/memoranda/2013/m-13-13.pdf> (2013)
37. Vargas, A.: National Energy Balances. In *Natural Resources Forum* (Vol. 6, No. 1, pp. 29-42). Blackwell Publishing Ltd. (1982)
38. Yıldırım, E., Sukruoglu, D., Aslan, A.: Energy consumption and economic growth in the next 11 countries: The bootstrapped autoregressive metric causality approach. *Energy Economics*, 44, 14-21 (2014)

# Estructuras de Representación del Conocimiento en Ambientes Asistidos

Ignacio Ruiz, Víctor H. Castillo, Jorge R. Gutiérrez, Michel Villanueva, José L. Álvarez

Universidad de Colima  
{ignacio.ruiz, victorc, jrqp, michel\_villanueva, joseluis}@uclm.mx

**Abstract.** El envejecimiento progresivo de la población es un tema que está llamando la atención de muchos países. Los ambientes asistidos han surgido como una filosofía que proporciona un apoyo considerable a la vida cotidiana de las personas con necesidades específicas (edad avanzada, así como las personas con discapacidad), ayudándolas a mantener una vida independiente y digna. Al ser sistemas críticos por llevar el cuidado de la salud, es conveniente usar metodologías o herramientas que puedan mejorar la fiabilidad de los sistemas. Las ontologías, como herramientas de representación del conocimiento, aportan numerosas ventajas, tales como dar una semántica formal de los datos intercambiados, proporcionando un mecanismo para la representación y el intercambio de dicha información estructurada. Este artículo expone una aplicación de ontologías diseñadas para apoyar el desarrollo de entornos asistidos.

**Keywords:** AAL, adultos en plenitud, vida independiente, vida asistida, entornos inteligentes, estructuras de representación del conocimiento, ontología, esquema de arquitectura.

## 1 Introducción

De acuerdo al Fondo de Población de las Naciones Unidas, la población mundial ha llegado a 7 mil millones en octubre de 2011 y seguirá experimentando un rápido crecimiento, alcanzando 10 mil millones a mediados de este siglo [1].

Como se menciona en [2], el envejecimiento es un proceso dinámico, determinado por el tamaño relativo de los grupos más jóvenes y de más edad en la población en diferentes momentos en el tiempo. El actual envejecimiento en la población resulta de la transición demográfica, un proceso por el que las reducciones en la mortalidad son seguidas por reducciones en la fertilidad. En conjunto, estas reducciones pueden dar lugar a menores proporciones de niños y un porcentaje mayor de personas mayores en la población.

Esta tendencia es evidente cuando se analizan los datos estadísticos de los 27 países de la Unión Europea [3]. En 2008, el porcentaje de población con más de 65 años de edad ya era un 17% y las predicciones para el año 2060 apuntan a un 60% [4]. Considerando solo la población con más de 85 años de edad, el aumento estimado

será de 4% a 12% [3]. Este incremento está siendo acompañado por una disminución en la proporción de los jóvenes (menores de 15), por lo que, para el año 2050, el número de personas mayores en el mundo superará el número de los jóvenes por primera vez en la historia [1].

Desde 1950, la proporción de asistencia en la vejez en el mundo se ha ido reduciendo de forma continua, lo que significa que cada vez hay menos personas en edad de trabajar para apoyar a todas las personas de 65 años o más [2]. La relación pasó de 12 personas en edad de trabajar por cada persona mayor en 1950 a 8 en 2013, y se espera que caiga a 4 en 2050 [2].

Conforme la gente envejece se vuelve cada vez más enferma y débil. Por lo tanto requieren más cuidado y atención médica [3]. El envejecimiento de la población es, por lo tanto, uno de los principales objetivos de la iniciativa internacional para la atención sanitaria generalizada [1].

En el presente artículo se hace una revisión del estado del arte acerca de la aportación hecha de las ontologías dentro de los ambientes asistidos, mismo que se usa para fundamentar una hipótesis de investigación. Este artículo está organizado de la siguiente forma. En la sección 2, se abordan los ambientes asistidos y sus contribuciones en el área médica. En la sección 3, se describe la ontología como esquema de representación de conocimiento y sus aportaciones o usos dentro de los ambientes asistidos. En la sección 4, se dan las conclusiones de la revisión de literatura.

## **2 Ambientes Asistidos**

Los ambientes asistidos (Ambient Assisted Living, por sus siglas en inglés AAL) han surgido como una filosofía que incluye métodos, productos y servicios que proporcionan un apoyo considerable a la vida cotidiana de las personas con necesidades específicas (edad avanzada, así como las personas con discapacidad) a vivir más independientemente en sus entornos de residencia familiares [1].

AAL surgió en la década de 1990, pero sólo a partir de mediados de la década de 2000 se ha dedicado más atención a ella [1]. Por lo tanto, es un campo relativamente nuevo y se ha convertido en un tema cada vez más importante, en la investigación multidisciplinaria de las comunidades tanto médicas como de tecnología [1].

Los objetivos principales de los AAL son permitir a las personas vivir de forma independiente, segura y saludable en sus propias casas, mejorando su calidad de vida y reduciendo los costos para la sociedad y los sistemas de salud pública [5].

Para contribuir en esta área ya se han asignado considerables fondos alrededor del mundo para la investigación en diferentes áreas del conocimiento: ciencias exactas, humanidad y ciencias biológicas [1]. En particular, la informática también ha proporcionado contribuciones tanto teóricas como prácticas, a través de la investigación en diversas áreas, tales como la inteligencia artificial [6], La interacción humano-computadora [7, 8], multimedia [7], la computación ubicua[8], la robótica [9], y el software de ingeniería[10, 11].

Reconociendo los retos en este tema de investigación prácticamente nuevos, los esfuerzos se han llevado a cabo principalmente a través de proyectos de investigación y programas conjuntos en Europa, como el programa conjunto de ambientes asistidos

(Ambient Assisted Living Joint Programme, por sus siglas en inglés AALJP) que financia proyectos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas mayores y reforzar la base industrial en Europa mediante el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) [12]. Otro programa con el mismo fin es conocido como proyecto AALIANCE2, financiado por el Programa de las TIC de la Comisión Europea [11].

Como buenos ejemplos de sistemas de AAL, podemos encontrar sistemas para la monitorización de la actividad, los sistemas para la detección de situaciones de desamparo [13], y los sistemas para el seguimiento a distancia los signos vitales (por ejemplo, el ritmo cardíaco, el pulso y la presión arterial [3]).

La mayoría de los esfuerzos en pro de la construcción de ambientes asistidos para las personas de edad avanzada se basan en el desarrollo de dispositivos ubicuos y utilizar la Inteligencia Ambiental para integrar estos dispositivos en conjunto para construir un ambiente de seguridad [14]. Sin embargo, la complejidad y el carácter crítico de este tipo de aplicaciones lleva a una necesidad real de metodologías y herramientas que pueden mejorar la fiabilidad de los sistemas finales [15].

La inteligencia emocional también tiene una gran cabida en esta área de investigación. Utilizando inteligencia emocional seríamos capaces de identificar los estados emocionales y utilizar esta información para decidir sobre las acciones apropiadas a ejecutar. Para esto tendríamos que reconocer los estados de ánimo de la persona. Una opción es el usar las señales neuronales para identificar estos estados. A partir de estas señales se obtienen patrones plasmados en electroencefalogramas (EEG), que pueden ser interpretados de diferentes maneras. En este punto se podrían usar algoritmos de aprendizaje de máquina que ayudarían a definir los estados de ánimo a partir de los EEG.

Para poder interpretar y darle estructura al conocimiento generado a partir de los algoritmos, debemos utilizar estructuras de representación del conocimiento que nos permiten representar mediante un formalismo las "verdades" relevantes en algún dominio. Algunos de estos tipos de representación son los esquemas de marcos, frames, ontologías y redes semánticas entre otros.

### **3 Ontologías**

En filosofía, la ontología es el estudio de los tipos de cosas que existen [16]. En el campo de la inteligencia artificial, una ontología consiste en una lista finita de términos y las relaciones entre estos términos. Los términos denotan conceptos importantes (clases de objetos) del dominio, mientras que las relaciones incluyen jerarquías de clases [17].

Actualmente, el término "ontología" constituye un tópico de interés por parte de la comunidad científica, independientemente del ámbito de investigación [18]. En la representación del conocimiento es cada vez más común el uso de las ontologías como herramientas que permitan relacionar los conceptos que aparecen dentro de un área de conocimiento [19].

El uso de estas estructuras de representación del conocimiento tiene numerosas ventajas tales como dar una semántica formal de los datos intercambiados,

proporcionando potencialmente un mecanismo fundado para la representación y el intercambio de dicha información estructurada [15].

Considerando las aplicaciones de ambientes asistidos como sistemas críticos de seguridad, donde la seguridad del usuario es un requisito importante [15], podemos hacer uso de estructuras de representación del conocimiento, como lo son las ontologías, dando estructura y fiabilidad al conocimiento y a la vez este pueda ser reutilizado y compartido a través de aplicaciones de software [18].

Dentro de los ambientes asistidos encontramos el uso de ontologías enfocado a varios aspectos: apoyo la toma de decisiones, como en [3]; darle a sistemas inteligentes una estructura semántica, que pueda convertir estos desarrollos en proyectos fiables, deterministas y escalables, por ejemplo en [20]; o para personalizar los servicios de asistencia creando un modelo ontológico de perfil de usuarios, como en [21].

En [22], se describe el uso de una ontología para la asistencia en casas inteligentes, esto a partir del censado de las actividades que realiza una persona, por ejemplo hacer té, café o chocolate caliente. Desde este punto de vista lo que se pretende es apoyar las actividades a realizar por la persona dentro de una casa inteligente, a partir de las actividades ya realizadas. Estas predicciones se hacen a partir de minería de datos y heurísticas que se basan en los hechos, sin embargo los seres humanos dependemos de los estados de ánimo, por lo tanto un cambio en el estado de ánimo de la persona podría derivar en una actividad diferente y que para el sistema no sería coherente de llevar a cabo, a partir de las actividades previas. Aunque esa propuesta es muy interesante, sólo involucra el uso de micrófonos y cámara, lo cual dificulta la predicción de los estados de ánimo, aspecto de suma importancia cuando se diseña un entorno asistido. Analizar señales biométricas, como las señales registradas en electroencefalogramas, permite estudiar el estado del individuo y su comportamiento al realizar acciones, ya sea interactuando con el entorno o encontrándose en una situación crítica para su salud. Este análisis podría ser relevante si se esquematiza en una estructura de representación del conocimiento, como una ontología.

## **4 Conclusión**

La aportación de las ontologías a diversos dominios de aplicación es muy amplia e importante a la vez, ya que prevé a los sistemas de una base de conocimientos que puede reutilizarse, y dar fiabilidad y estructura a los datos. Sin embargo no todas las áreas han explotado estas cualidades del todo, como por ejemplo los ambientes asistidos. Siendo estos, sistemas con una gran complejidad y carácter crítico, resulta pertinente impulsar el uso de ontologías que apoyen su desarrollo, mejoren el manejo del conocimiento obtenido y amplíen sus posibilidades de uso.

## Referencias

- 1 E. Y. Nakagawa, P. O. Antonino, M. Becker, J. C. Maldonado, H. Storf, K. B. Villela, *et al.*, "Relevance and perspectives of AAL in Brazil," *Journal of Systems and Software*, vol. 86, pp. 985-996, 2013.
- 2 P. D. Department of Economic and Social Affairs, United Nations, "World population ageing 2013," 2013.
- 3 T. Oliveira, Á. Costa, J. Neves, and P. Novais, "A Comprehensive Clinical Guideline Model and a Reasoning Mechanism for AAL Systems," *International Journal of Artificial Intelligence*, vol. 11, p. 17, 2013.
- 4 K. Giannakouris, "Ageing characterizes the demographic perspectives of the European societies," *Eurostat.*, 2008.
- 5 S. Chernbumroong, S. Cang, A. Atkins, and H. Yu, "Elderly activities recognition and classification for applications in assisted living," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, pp. 1662-1674, 2013.
- 6 A. A. P. Wai, S. S. Devi, J. Biswas, and S. K. Panda, "Pervasive intelligence system to enable safety and assistance in kitchen for home-alone elderly," *ICOST'2011, Montreal, Canada*, pp. 276-280., 2011.
- 7 H. Kim, J. Heo, J. Shim, M. Kim, S. Park, and S. Park, " Contextual research on elderly users' needs for developing universal design mobile phone.," presented at the UAHCI'2007, Beijing, China, 2007.
- 8 M. W. Raad, "A ubiquitous mobile telemedicine system for the elderly using RFID," *International Journal of Security and Networks*, vol. 5, pp. 156-164, 2010.
- 9 A. M. Sabelli, T. Kanda, and N. Hagita, "A conversational robot in an elderly carecenter: an ethnographic study," presented at the HRI'2011, Lausanne, Switzerland, 2011.
- 10 W. Ijsselsteijn, H. H. Nap, d. Y. Kort, and K. Poels, "Digital game design for elderly users," *Future Play'2007, Toronto, Canada*, pp. pp. 17-22, 2007.
- 11 (2011). *European Commission's ICT Programme European Commission's, AALLANCE2 European Next Generation Ambient Assisted Living Innovation Alliance*. Available: <http://www.aalliance2.eu/node/2>
- 12 (2014). *European Commission, About ambient assisted living joint programme*. Available: <http://www.aal-europe.eu/about/>
- 13 J. A. Botia, A. Villa, and J. Palma, "Ambient Assisted Living system for in-home monitoring of healthy independent elders," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 8136-8148, 2012.
- 14 H. Sun, V. D. Florio, N. Gui, and C. Blondia, "Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems," presented at the ~~Conf~~Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, Las Vegas, Nevada, USA, 2009.
- 15 M. Hilia, A. Chibani, and K. Djouani, "Trends and Challenges in Formal Specification and Verification of Services Composition in Ambient Assisted Living Applications," *Procedia Computer Science*, vol. 19, pp. 540-547, 2013.
- 16 B. Chandrasekaran, R. Josephson, and V. R. Benjamins. (1999) What are ontologies, and why do we need them? *IEEE Intelligent Systems*.
- 17 B. Zhou, S. C. Hui, J. Tang, and G. Y. Hong, "Generation of Personalized Ontology Based on Consumer Emotion and Behavior Analysis," *IEEE Transactions on affective computing*, vol. 3, p. 13, 2012.
- 18 M. M. Álvarez and D. Palliotto, "Desarrollo y Evaluación de Ontologías en Áreas de la Informática Educativa," presented at the XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, 2010.

- 19 J. A. Senso, A. A. Leiva-Mederos, and S. E. Domínguez-Velasco, "Modelo para la evaluación de ontologías. Aplicación en Onto-Satcol," *Revista española de Documentación Científica*, vol. 34, pp. 334-356, 2011.
- 20 M. Klein, A. Schmidt, and R. Lauer, "Ontology-Centred Design of an Ambient Middleware for Assisted Living: The Case of SOPRANO," presented at the 30th Annual German Conference on Artificial Intelligence, Osnabrück, Germany, 2007.
- 21 K.-L. Skillen, L. Chen, C. Nugent, M. Donnelly, W. Burns, and I. Solheim, "Using SWRL and ontological reasoning for the personalization of context-aware assistive services," presented at the Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, Rhodes, Greece, 2013.
- 22 L. Chen, C. Nugent, and G. Okeyo, "An Ontology-Based Hybrid Approach to Activity Modeling for Smart Homes," *IEEE Transactions on human-machine systems*, vol. 44, pp. 92-105, 2014.

# Desarrollo de un Prototipo de Impresora Braille de Bajo Coste como Apoyo a la Discapacidad Visual

Elvia Aispuro<sup>1</sup>, Jaime Suárez<sup>1</sup>, Javier Aguilar<sup>1</sup>, Marcelo Ruíz<sup>2</sup>,  
Aurora Ruíz<sup>2</sup>, Javier Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur  
{aispuro, jsuarez, jaguilar}@uabcs.mx

<sup>2</sup>Alumno Universidad Autónoma de Baja California Sur  
pulze9@gmail.com, rorriizz8@hotmail.com, jaro\_222@hotmail.com

**Resumen.** Las limitaciones en la realización de actividades cotidianas que enfrentan las personas con dificultades para ver, están estrechamente relacionadas con la forma en la que está organizado el entorno construido, ya que un entorno accesible favorece la autonomía personal y la participación en la vida cívica para incorporarse a los servicios de educación y de salud, así como al mercado de trabajo. El presente artículo resalta la importancia de formular programas innovadores que mejoren la vida de las personas con discapacidades, promoviendo un mundo inclusivo, por lo que se ha desarrollado un prototipo de impresora Braille de bajo coste como propuesta de solución económica que permita a las personas con discapacidad visual, así como débiles visuales, contar con una muy útil herramienta para el acceso a la información escrita que coadyuven en su desarrollo personal.

**Palabras clave:** discapacidad, discapacidad visual, impresoras braille.

## 1 Introducción

En la última década, las necesidades de información sobre las características y condiciones de las personas con discapacidad se han incrementado considerablemente a raíz de la promoción de una perspectiva de la discapacidad basada en los derechos humanos y de los cambios o transformaciones demográficas y epidemiológicas que vive la población mundial, a fin de proporcionar datos destinados a la formulación de políticas y programas innovadores que mejoren las vidas de las personas con discapacidades. Sin embargo, los recursos asignados a poner en práctica políticas y planes son a menudo insuficientes. La falta de financiación efectiva es un obstáculo importante para la sostenibilidad de los servicios, sea cual sea el nivel de ingresos del país. Por ejemplo, en los países de ingresos altos, entre el 20 y el 40% de las personas con discapacidad no tienen cubiertas sus necesidades de asistencia para las actividades cotidianas [1–6]. En muchos países de ingresos bajos y medianos, los gobiernos nacionales no pueden proporcionar servicios adecuados, y los proveedores comerciales de servicios no están disponibles o no son financieramente asequibles para la mayoría de las familias [7].

Considerando lo anterior, y en acuerdo a participar en actividades que mejoren la calidad de vida de las personas con discapacidad, promoviendo un mundo inclusivo en el que todos podamos vivir una vida de salud, comodidad y dignidad, se ha desarrollado un prototipo de impresora Braille de bajo coste que propone una solución económica que permita proporcionar a las personas con discapacidad visual, así como débiles visuales, una muy útil herramienta para el acceso a la información escrita que ayude en su educación y desarrollo personal.

## **2 La discapacidad**

### **2.1 La discapacidad en el mundo**

Según datos de la Organización Mundial de la Salud, más de mil millones de personas viven en todo el mundo con alguna forma de discapacidad; de ellas, casi 200 millones experimentan dificultades considerables en su funcionamiento. En los años futuros, la discapacidad será un motivo de preocupación aún mayor, pues su prevalencia está aumentando. Ello se debe a que la población está envejeciendo y el riesgo de discapacidad es superior entre los adultos mayores, y también al aumento mundial de enfermedades crónicas tales como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y los trastornos de la salud mental[7].

En todo el mundo, las personas con discapacidad tienen peores resultados sanitarios, peores resultados académicos, una menor participación económica y unas tasas de pobreza más altas que las personas sin discapacidad. En parte, ello es consecuencia de los obstáculos que entorpecen el acceso de las personas con discapacidad a servicios que muchos de nosotros consideramos obvios, en particular la salud, la educación, el empleo, el transporte, o la información. Esas dificultades se exacerban en las comunidades menos favorecidas de manera desproporcionada. Los resultados de la Encuesta Mundial de Salud indican que la prevalencia de la discapacidad es mayor en los países de ingresos bajos que en los países de ingresos más elevados.

Para lograr las perspectivas de desarrollo que están en el corazón de los Objetivos de Desarrollo del Milenio para el 2015 y más allá, se pretende emancipar a las personas que viven con alguna discapacidad y suprimir los obstáculos que les impiden participar en las comunidades, recibir una educación de calidad, encontrar un trabajo digno y lograr que sus voces sean escuchadas [7].

### **2.2 La discapacidad en México**

En México, de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 — en su cuestionario ampliado—, 5 millones 739 mil personas en el territorio nacional declararon tener dificultad para realizar al menos una de las siete actividades

evaluadas: caminar, moverse, subir o bajar (en adelante caminar o moverse); ver, aun usando lentes (ver), hablar, comunicarse o conversar (hablar o comunicarse); oír, aun usando aparato auditivo (escuchar); vestirse, bañarse o comer (atender el cuidado personal); poner atención o aprender cosas sencillas (poner atención o aprender); limitación mental (INEGI, 2011a)<sup>2</sup>; es decir, son personas con discapacidad. Cifra que representa 5.1% de la población total del país.

Si bien el número de mujeres con discapacidad es ligeramente superior al de los hombres (2.9 millones frente a 2.8 millones) como efecto de que en el país hay más mujeres que hombres, el porcentaje de discapacidad al interior de cada sexo es el mismo: 5.1 por ciento.

La población con discapacidad está conformada principalmente por adultos mayores (60 años y más) y adultos (de 30 a 59 años); es decir, se trata de una población demográficamente envejecida: 81 de cada 100 personas que reportan discapacidad tienen 30 o más años, mientras que sólo 19 de cada 100 son menores de 30 años de edad. Como se muestra en la figura 1, dicha estructura etaria es contraria a la de las personas sin discapacidad, que se caracteriza por tener una mayor proporción de niños (de 0 a 14 años) y jóvenes (de 15 a 29 años); es decir, es una población más joven: 58 de cada 100 tiene menos de 30 años y 42 de cada 100, más de 30 años. De hecho, mientras que el promedio de edad de la población sin discapacidad es de aproximadamente 28 años, en la con discapacidad es 55 años [8].

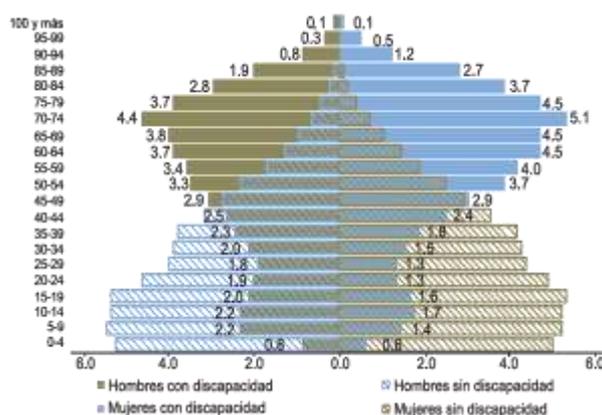


Fig. 1. Estructura etaria de la población en México.

### 3 La discapacidad visual

La vista es el sentido que permite percibir sensaciones luminosas y captar el tamaño, la forma y el color de los objetos, así como la distancia a la que se encuentran. Las

dificultades para ver implican una extensa gama de posibilidades relacionadas con las funciones ópticas en general: la agudeza y campo visual, la percepción del color y los contrastes, entre otras. Las limitaciones en la realización de actividades cotidianas que enfrentan las personas con dificultades para ver están estrechamente relacionadas con la forma en la que está organizado el entorno construido, ya que un entorno accesible favorece la autonomía personal y la participación en la vida cívica, y es esencial para incorporarse a los servicios de educación y de salud, así como al mercado de trabajo; mientras que uno inaccesible introduce barreras que limitan tanto la participación como la inclusión social de los individuos [8].

En el 2010, por cada 100 personas con discapacidad, 27 declararon tener dificultades para ver, aun usando lentes, lo cual representa alrededor de 1.6 millones de individuos. Número solo superado por quienes tienen limitaciones de movilidad; es decir las limitaciones visuales ocupan el segundo lugar en el país [8].

### 3.1 La discapacidad de la vista en BCS

En Baja California Sur, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, se cuenta con una población de 637,026 personas a lo largo de todo el estado. Las personas con discapacidad para ver, incluso usando lentes, se tiene un registro de 7,639 personas, con un porcentaje del 1.20% del total de su población, la mayor concentración lo ocupa el municipio de la Paz con un total de 3,062 personas, seguido de los cabos con 2,717, en tercer lugar el municipio de Comondú con 919, Mulegé 799 personas y por último el municipio de Loreto con 142 personas [9].

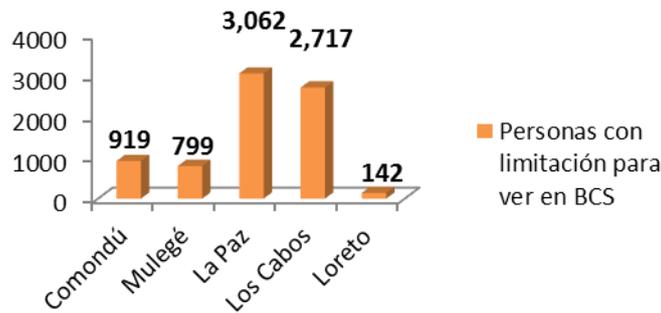


Fig. 4. Población con limitación para ver en BCS

### 3.2 Centro de atención ciudadana a personas ciegas o débiles visuales en la ciudad de la Paz

Sobre los centros de atención y ayuda ciudadana especializados para atender este sector de la población, el estado cuenta con un número muy reducido de centros de ayuda. Además, las condiciones de tecnología e infraestructura y de equipamiento son

prácticamente nulas. Para el caso particular de contar con infraestructura que permita tener acceso a información escrita, el número de impresoras Braille que se encontraron son de una sola impresora en funcionamiento en el Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial, CECATI, No. 39, otra más en el DIF, colonia Calandrio, sin embargo, este último fuera de servicio; ambas impresoras ubicadas dentro de la ciudad de la Paz, lugar donde se llevó a cabo dicho estudio particular.

Se encontró, por otro lado, la asociación civil para personas ciegas y débiles visuales de la ciudad de la Paz, la cual se dedica promover la formación y capacitación de individuos en diferentes labores, tanto artesanales como de apoyo en su educación y desarrollo personal, sin embargo, la asociación no cuenta con impresoras braille que aporte a este tipo de desarrollos. Los agremiados, mencionan en las entrevistas realizadas que para tener acceso a texto impreso, tienen que recurrir al centro CECATI No. 39 (antes mencionado) para satisfacer esta necesidad.

#### **4 Desarrollo de un prototipo de Impresora Braille de bajo costo**

La tecnología promueve un rol importante en la vida de toda persona, más aún, en personas invidentes, el contar con dispositivos que les permitan tener acceso a la información escrita, como un recurso importante para su desempeño, que coadyuven en su educación y desarrollo personal, resulta de gran relevancia. Sin embargo, uno de los principales problemas para la adquisición de impresoras braille, son los costos tan elevados que mantienen estos dispositivos en el mercado, lo que imposibilita el acceso a este tipo de recursos para este sector de la comunidad. Algunos de los precios de una impresora braille de características básicas oscilan entre los \$30,000.00 y \$60,000.00 pesos en México, la tabla 1 muestra las imágenes, nombres y precios de algunos modelos.

	BASIC-D	\$40,300.00
	Everest- DV 4	\$54,600.00

**Tabla. 1.** Impresoras más comerciales en el país.

Con esto en mente, se ha construido un prototipo de impresora de bajo costo la cual pretende aportar grandes beneficios a este sector de la población. Con este prototipo, las personas con discapacidad visual así como débiles visuales, tienen la oportunidad de crear e imprimir sus propios documentos sin la dependencia absoluta de una persona auxiliar, así como, la complejidad de trasladarse de su hogar a un lugar remoto, evitando los conflictos que esto implica, promoviendo con esto, individuos

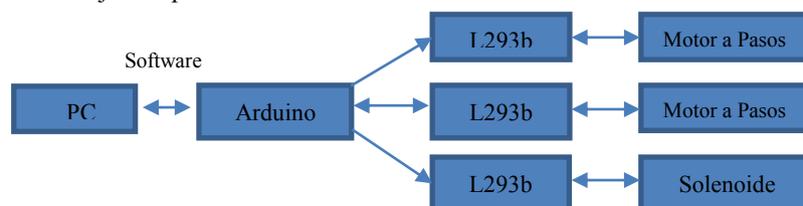
capaces de tener acceso a la información escrita, como un recurso importante para su desempeño, que ayude en su educación y desarrollo personal. Por otro lado, se ha desarrollado el software en Java como un editor de textos, que permite escribir o abrir documentos que se deseen imprimir en braille. Este editor, tiene como característica particular, reproducir el sonido de la palabra que se escribe, de esta forma, la persona invidente que hace uso del editor, puede saber si la palabra escrita es correcta o no.

#### 4.1 La parte electromecánica

La parte electromecánica de la impresora braille está compuesto por dos Motores a pasos bipolares, tres circuitos integrados L293b, una tarjeta de desarrollo arduino Uno, un solenoide de 5V y un rodillo. El circuito está controlado por la tarjeta arduino, tiene la función de comunicación con la computadora para poder enviar las señales necesarias para controlar los motores y un solenoide. Se utilizan circuitos integrados L293b para facilitar el control de los dispositivos electromecánicos y realizar las diferentes impresiones de los caracteres braille.

Uno de los motores a pasos está conectado a un rodillo que permiten desplazar la hoja a través de la impresora, mientras que el segundo motor desplaza el solenoide hacia los lados utilizando una banda, este solenoide tiene la función de percutor que permite hacer el relieve del sistema braille, una vez alimentado el solenoide este baja para generar la presión suficiente para realizar la impresión.

La tarjeta arduino recibe de manera serial un entero del 0 al 2, que permite en respuesta a estos números decidir qué acciones tomar: 0 permite desplazar una posición el solenoide, 1 permite realizar una marca de relieve en la hoja y desplazar una posición al solenoide, 2 permite regresar al solenoide a la posición inicial y desplazar la hoja una posición hacia adelante.

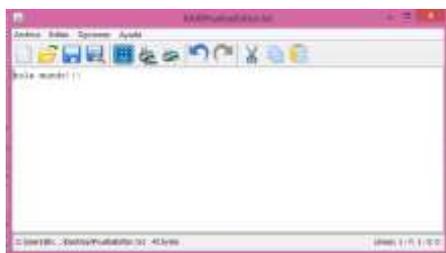


**Fig. 5.** Diseño de componentes electromecánicos de la impresora Braille

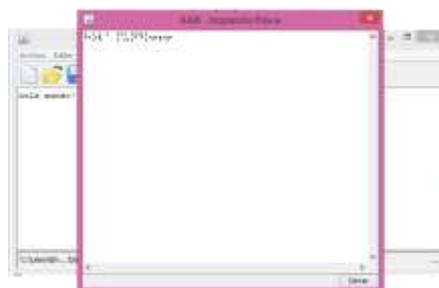
## 4.2 El software

El software controlador de la impresora se ha desarrollado en el Lenguaje Java, brindando las ventajas del software libre. Se trata básicamente de un Editor de textos, que permite la escritura de documentos nuevos o apertura de documentos ya existentes. Presenta las opciones básicas de un editor de textos, así como la vista previa del documento escrito en braille; opción adicional para personas que puedan auxiliar en esta tarea a una persona invidente. Finalmente el software permite la comunicación con el prototipo de la impresora braille con el fin de realizar el proceso de impresión, y obtener el resultado esperado.

La figura 6 muestra la pantalla principal del editor de texto desarrollado para imprimir documentos en braille.



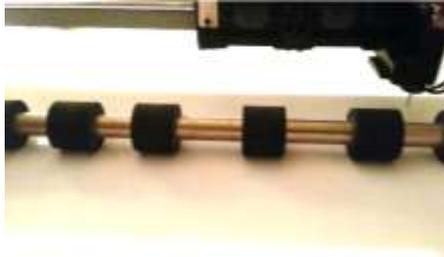
**Fig. 6.** Editor de textos para el desarrollo de documentos e impresión en braille



**Fig. 7.** Vista previa del documento en braille

## 4.3 Prototipo de impresora braille

La impresora consta de un rodillo que se encarga del desplazamiento de la hoja; en principio, se encarga de ubicarla en posición de inicio, lista para empezar con el proceso de impresión, en secuencia; el rodillo gira para desplazar la hoja por cada renglón que se vaya imprimiendo y por último, éste gira para desplazar la hoja fuera del lugar de impresión para que pueda ser retirada fácilmente de la impresora, lista para su lectura. La figura 8 muestra el rodillo que hace posible el movimiento de la hoja.



**Fig. 8.** Rodillo de la impresora



**Fig. 9.** Solenoide de la impresora

En la figura 9 y 10 se puede apreciar el solenoide de color azul, éste es desplazado por el riel a lo ancho de la hoja para ser activado cuando se requiera realizar una perforación.

Como resultado del proceso de impresión realizado por el prototipo de impresora, se obtiene el texto braille, tal como lo muestra la figura 11.



**Fig. 10.** Riel que desplaza el solenoide



**Fig. 11.** Impresión en braille, realizado por el prototipo de impresora

## **5 Resultados e investigaciones futuras**

Las tecnologías facilitan que las personas con discapacidad adquieran, desarrollen y mejoren sus capacidades cognitivas y las habilidades funcionales, contribuyendo a mejorar su calidad de vida. El prototipo de impresora braille realizado, se ha utilizado por la asociación civil para personas ciegas y débiles visuales de la ciudad de la Paz con gran satisfacción y aceptación por el producto. Cabe mencionar que este grupo de personas participó de forma colaborativa en el proceso de construcción del prototipo, aportando ideas y probando el resultado, hasta llevarlo a un nivel de calidad aceptable.

Como segunda fase para este proyecto; fase definida el objetivo principal de este desarrollo, se pretende llevar el prototipo mencionado a la reproducción comercial de una impresora braille de bajo costo con mejoras físicas aceptables, promoviendo un programa de reproducción a mediana escala, el cual permita satisfacer las necesidades particulares para un importante sector de esta población en el estado de BCS.



**Fig. 12.** Uso del prototipo de impresora braille por asociación civil para personas ciegas y débiles visuales de la ciudad de la Paz

## Referencias

1. Testing a disability question for the census. Canberra, Family and Community Statistics Section, Australian Bureau of Statistics, 2003.
2. Disability, ageing and careers: summary of findings, 2003 (No. 4430.0). Canberra, Australian Bureau of Statistics, 2004 (<http://tinyurl.com/ydr4pbh>, accessed 9 December 2009).
3. Disability supports in Canada, 2001: participation and activity limitation survey. Ottawa, Statistics Canada, 2001 (<http://www.statcan.ca/english/freepub/89-580-XIE/help.htm>, accessed 30 August 2007).
4. Supports and services for adults and children aged 5–14 with disabilities in Canada: an analysis of data on needs and gaps. Ottawa, Canadian Council on Social Development, 2004 (<http://www.socialunion.ca/pwd/title.html>, accessed 30 August 2007).
5. Living with disability in New Zealand: a descriptive analysis of results from the 2001 Household Disability Survey and the 2001 Disability Survey of Residential Facilities. Wellington, New Zealand Ministry of Health, 2004 (<http://www.moh.govt.nz/moh.nsf/238fd5fb4fd051844c256669006aed57/8fd2a69286cd6715cc256f33007aade4?OpenDocument>, accessed 30 August 2007).
6. Kennedy J. Unmet and under met need for activities of daily living and instrumental activities of daily living assistance among adults with disabilities: estimates from the 1994 and 1995 disability follow-back surveys. *Medical Care*, 2001,39:1305-1312. doi:10.1097/00005650-200112000-00006 PMID:11717572

*Elvia Aispuro, Jaime Suárez, Javier Aguilar, Marcelo Ruíz, Aurora Ruíz y Javier Rodríguez*

7. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011) Informe mundial sobre la discapacidad. Recuperado el 18 de Junio de 2014, de: [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/es/](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/)
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010). Las personas con discapacidad en México: una visión al 2010.
9. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Base de datos de la muestra.

# A Storage Service based on P2P Cloud System

Gerardo García-Rodríguez, Francisco de Asís López-Fuentes

Department of Information Technology  
Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa (UAM-C)  
Av. Vasco de Quiroga 4871, Cuajimalpa, Santa Fe  
05348 Mexico City, México  
{flopez}@correo.cua.uam.mx

**Abstract.** During the last years, cloud computing has been quickly adopted worldwide, and several solutions have emerged. Cloud computing is used to providing storage service, computing power and flexibility to end-users, in order to access data from anywhere at any time. Although, all benefits introduced by cloud computing, this technology still faces several challenges related to privacy, security, robustness, scalability and throughput. Many of these problems are due to the fact that traditional cloud computing is based on centralized servers, who are responsible for the management and storage all data. This paper proposes a P2P infrastructure as alternative platform for deploying cloud storage services. In particular, we are interested in exploring cloud computing for personal storage services.

**Keywords:** P2P architectures, cloud computing, distributed systems.

## 1 Introduction

Cloud computing has become more and more popular every day, and many users and companies use these services to store their data or to get more computing power. According to M. Armbrust et al [1], cloud computing refers to the applications delivery and services over the Internet, as well as the hardware and systems software in the datacenters that provide these services. From this definition we can deduce that cloud computing is a model that allows access to files, applications or services in a ubiquitous and pervasive way through network in order to share a set of configurable computing resources. These resources can be servers, storage, applications and services, which can be rapidly provisioned and released with a minimal effort in service management or interacting with the provider. Therefore, cloud computing provides the illusion of unlimited and on-demand scalability. Authors in [2] identify the following essential characteristics of a Cloud: on-demand self-service, network access, resource pooling, elasticity and measured service. Cloud computing refers to two very basic concepts: abstraction and virtualization [5]. Abstraction means that the implementation details of the system users and developers are abstracted. Thus, applications run on physical systems that are not specified, the files are stored in places where users do not know their actual location, the system can be managed via outsourcing, and clients can access to the system in a ubiquitous manner. On the other hand, resources of the systems are pooled and shared in a virtualized way. Regarding virtualization, Sosinsky, B. states in

[5] that systems and storage can be provisioned as needed from a centralized, costs are assessed on a metered basis, multi-tenancy is enabled, and resources are scalable with agility.

Although cloud computing introduce several benefits such as massive computing power, storage capacity and great flexibility, cloud computing is facing challenges. Most traditional cloud computing systems are centralized and based on the client-server paradigm. A centralized structure introduces several drawbacks in cloud computing as storage dependence, privacy, scalability, privacy locally or connectivity. In this scenario, peer-to-peer (P2P) networks have emerged as a promising distributed information management platform. A P2P network is a distributed network formed by a group of nodes, which build a network abstraction on top of the physical network, known as an overlay network. In a P2P system each peer can take the role of both, a server and of a client at the same time. An important advantage of P2P networks is that all available resources such as processing, memory and bandwidth are provided by the peers. Therefore, when a new peer arrives to the P2P system the demand is increased, but the overall capacity too. This is not possible in a client server model with a fixed number of servers. P2P paradigm allows that a distributed platform distributes its load and duties on the participating peers. In this paper, we propose a general architecture for cloud computing services based on P2P networks. Main characteristic of this project is its qualified storage method based on reliability indices, which are totally transparent to the user as it is in the centralized cloud computing.

The rest of this paper is organized as follows. In Section 2, we introduce the main concepts related to cloud computing and peer-to-peer networks. We introduce our proposed in Section 3. Then, in section 4, we explain the implementation of our model and its evaluation. This paper concludes in Section 5.

## **2 Background**

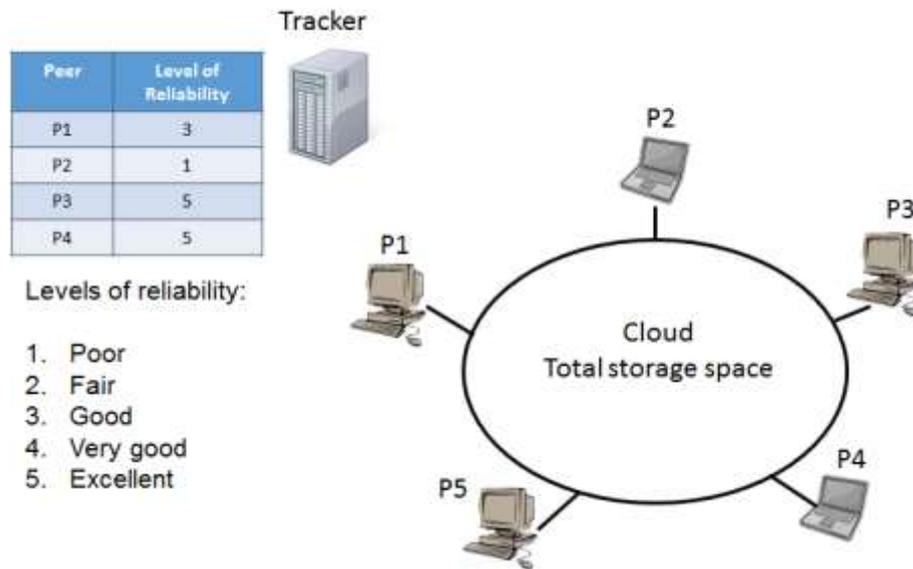
A distributed storage system is an infrastructure that allows to store files in nodes, which are connected through a computer network. These systems are characterized by their wide range of applications, that among most important are backup files, sharing of files in network and edition of documents from different locations. On the other hand, P2P paradigm has also been used to build distributed storage systems. The basic idea of distributed file system by P2P is that we can replicate our personal files and save these replicas in the shared spaces of other network users, as well as sharing of resources such as hard disk, processing via a P2P network and users' interconnection. Users must accept the pieces of files on their part of the network shared disk, file redundancy to have multiple backups and user registration. In this type of system, user can know where the files are stored. In contrast, a P2P storage system only supports flat namespaces, distributed file systems typically support hierarchical namespaces [3]. Cloud computing typically has been used as a storage system. Many specialists separate the cloud computing into two different models: service and development. A service model defines the level of abstraction at which a customer interfaces a cloud computing environment [4], while a development model refers to the location and management of the cloud infrastructure. There are three types of service accepted and defined, which are the "Software as a Service" (SaaS) model, the "Platform as a Service" (PaaS) model,

and the "Infrastructure as a Service" (IaaS) model. SaaS is an entire operating environment with applications, management and user interfaces. In this model, the application is given by the client through a small user interface, which could be a web browser, and the clients has an absolute responsibility to manage their files only. The entire application is the responsibility of the supplier [5] and the Cloud customer has no control over this infrastructure. A PaaS Cloud provides virtual machines, operating systems, application services, development frameworks, transactions and control structures for applications developed by the Cloud customer. In this model, the users or customers can develop their applications within the cloud infrastructure or use their applications scheduled. The service provider manages the cloud infrastructure, operating system, software or enabling [5]. However, the customers are responsible for the installation and maintenance of the applications they are developing. Finally, an IaaS Cloud provides fundamental computing capabilities such as virtual machines, virtual storage, virtual infrastructure and other hardware analogy as a provision for customers. IaaS provider manages all infrastructure while the customer is responsible for the development aspects [4], [5]. Respect to the development model we have the following types [5]: private, public, community and hybrid. Recently has emerged the P2P cloud concept, which combines cloud and P2P networks. This type of Cloud computing is based on a fully distributed Cloud architecture and can be useful for some usage scenarios. Authors in [4] state that a P2P Cloud allows organizations or even individual to build a computing infrastructure out of existing resources, which can be easily allocated among different tasks. Potential benefits of P2P Cloud computing have recognized during the last year and several related work have been proposed. Cloud@Home is presented in [6], which is a hybrid system that combines characteristics from volunteer computer and cloud computing paradigms. Xu et al [8] propose another distributed P2P Cloud system which is designed to provide storage service only. An architecture and its prototype to provide an infrastructure and service through a P2P cloud are presented in [4]. Authors in [7] combine P2P and cloud computing to obtain a hybrid and distributed architecture for multimedia streaming service. This work is focused mainly to reach QoS requirements.

### **3 Proposed Model**

This section introduces our model. We propose a distributed storage service that takes advantage of P2P networks in order to create a cloud based on this type of infrastructure, that is to say, stores files are decentralized and its location is completely transparent to the user. This proposal differs from traditional distributed file systems which are equally used to share resources, but they have a lower level of transparency, and users know about the file system. A P2P Cloud system consists of peers which contain the client application. Peers come together to share their available hard disk capacity in order to create a total storage space together. The contents are split and each of these fragments are distributed within the peers. If a content is not split, then it only is sent by the tracker to any of the nodes that is part of the cloud. Thus, a user can realize a replication of files within the cloud.

Reputation levels play an important role, because they allow the system to define the way how files are stored within the peers. When a tracker is created, it must contain the table of confidence (trust) levels which consists of an average of the levels of trust, dynamism and availability of each peer in the system. The tracker decides where to store the files according to the level of reputation of each peer. We exemplify this case as follows: if the peer P1 is level 5, then it can store its content on peers with same reputation level. In contrast, if P1 has a low reputation level its content is sent to peers with the same level of reputation. We use this strategy for the benefit of the cloud, and thus any type of contingency in the cloud as file access failure by peers with greater reliability. Figure 1 illustrates the tracker operation in the cloud. The tracker or server routes data and establishes communication between peers. These communications are based on the confidence level of each peer and contain the information required for each.



**Fig. 1.** Proposed P2P cloud model

Figure 2 shows how the peer P5 uploads a file to the cloud. We can see how the tracker is responsible for routing the file to a peer with the same level of reliability as P5. In this case tracker selects peers P3 to store the file of peer P5, because both peers have same level of reliability.

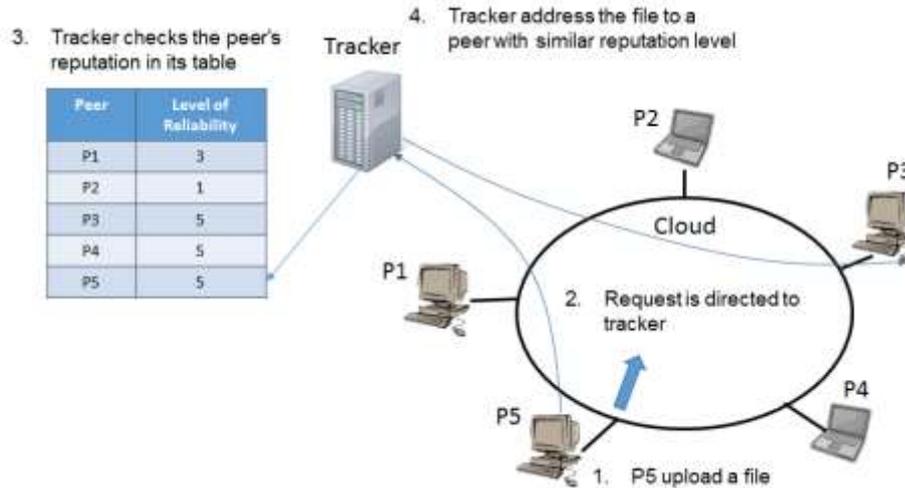


Fig. 2. Operation example for storing a file

## 4 Implementation

We implement our model using different entities and addressing methods. These entities are peers, tracker and database, which are involved in the cloud storage system and interaction between them.

*Peer.* This application is hosted on each node in the P2P network, and is executed in each computer involved in the P2P cloud. Since a peer is an entity that receive and send files at the same time, we need to implement an application to perform these two tasks simultaneously. These tasks are realized through the peer application. Peer application also is responsible for monitoring each peer and reports its shared resources to tracker. Parameters to be monitored in each peer are its store capacity (trust), the number of disconnections during a day (availability), and its availability (number of storage requests that are rejected by a peer). These three metrics are averaged in order to obtain the reliability level in each peer. After all, reliability is the metric used by a tracker to route content between peers. Peer application is formed by two parts: a server and a client. Server part (server.c) always is listening in order to attend to other peers. In this case, to store files in the host computer. Our server application is composed by the following functions *receive\_file*, *exceed\_client*, *send\_file*, *reloj* and *create\_directory*. A flow diagram for our peer application (server side) is depicted in Figure 3. On the other hand, client part realizes different functions such as uploading files, display files and exit. Additionally, client program is who communicates with tracker in order to report all information about this computer in the cloud system. Client application (client.c) is composed by the following functions: *send\_direction*, *send\_file*, *notify\_output*, *tie\_file\_location*, *download\_file*. Figure 4 shows how these functions work in the client application.

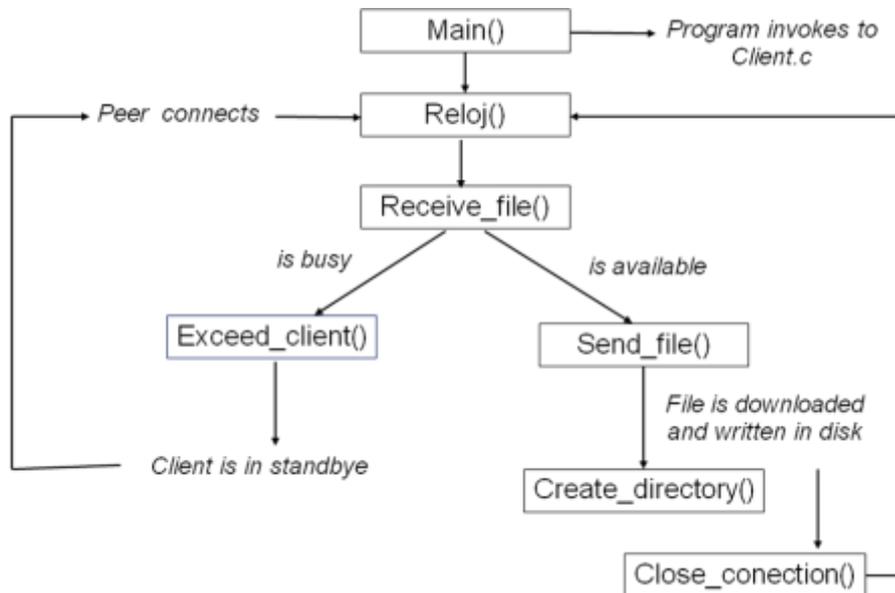


Fig. 3. Flow diagram for Peer application

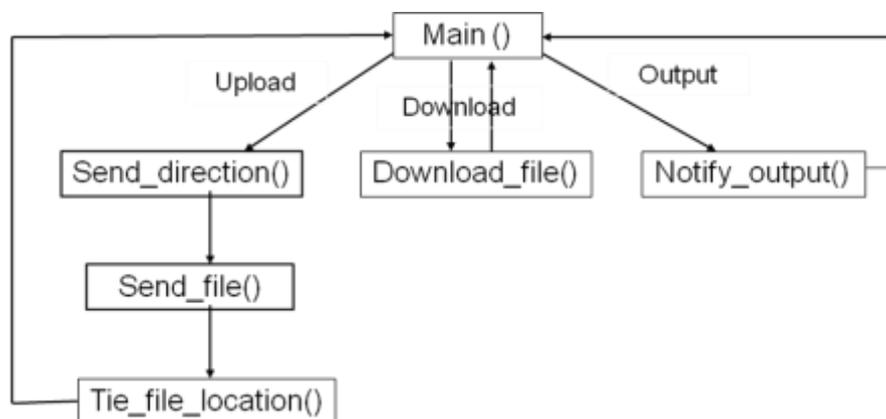
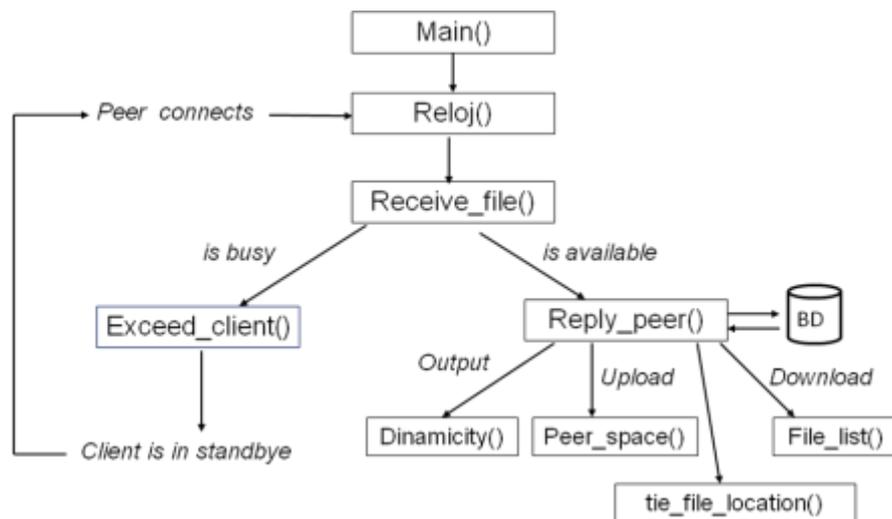


Fig. 4. Flow diagram for Client application

*Tracker* is responsible for system initialization. This application establishes the communications among peers. Tracker application also manipulates the database, in which the reports generated by each peer and its contents are registered. It is important to note that the tracker is not a storage server, so the tracker never manage files. Tracker

only redirects the contents received from a peer to another depending on levels of reliability of each peers. However, tracker offers localization transparency to all users in the systems. In this way, a peer sends its content to tracker, whom decides in which peer will be placed this content. This location is transparent for the requesting peer. When a requesting peer wishes recovery its content, it is requested via the tracker. Then, content is be addressed from the host peer to the requested peer. To allocate contents, the tracker queries the levels of dynamism, reliability and availability of each peer in the database and calculates an average integer value. The addressing is realized as follows. If a peer P1 wishes to store a file in the cloud, it must submit a request to tracker, which selects the host peer. Peer P1 can receive an IP address to upload its file to the host peer by itself, or the file can be addressed by the tracker directly. Different host peers can have the same availability level. In this case, tracker selects peer with the largest storage space. Tracker application is composed by the following functions: *receive*, *exceed\_client*, *reply\_peer*, *reloj*, *tie\_file\_location*, *peer\_space*, *dynamicity*, *file\_list*. Flow diagram for tracker application (tracker.c) is shown in figure 5.



**Fig. 5.** Flow diagram for Tracker application

*Database*, is designed to register and control all information received by the tracker from the peers. The database in this cloud system is based on a relational model. In its design we consider three entities: reputation metrics, peers and files. Data recorded and monitored for each peer are: physic address, IP address, date and time of the last connection, available space in disk, number of rejections, availability, dynamicity, true and reliability. Data recorded for each file are its name, size and location. Files are localized using the peer’s physic address. Relational model is useful to maintain a right relationship between file, proprietary and storage place.

## 5 Conclusions

During the last years the centralized cloud computing have evolved to a federated approach. In this scenario, P2P networks emerged as an ideal infrastructure to deploy cloud computing in the future. This paper proposes and implements a P2P cloud model considering different approaches such as reputation and collaborative storage. Compared with other storage models such as cloud storage based on client-server, distributed storage or P2P distributed storage, our proposed model offers different benefits such as scalability, confidentiality, file sharing, data replication, data management, quality of service, decentralization, and transparency. However, unlike the P2P distributed storage, our proposed model does not offer file fragmentation. We plan to integrate fragmentation and a distributed tracker in our model as future work.

## References

1. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I. and Zangia, I.: Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud. In: Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, University of California at Berkeley, Berkeley, CA, USA, (2009).
2. Mell, P. and Grance, T.: The NIST Definition of Cloud Computing. In: Special publication 800-145 (draft), Gaithersburg, MD, USA, (2011).
3. Lakshman, A. and Malik, P.: Cassandra - A Decentralized Structured Storage System. In: Workshop on Large-Scale Distributed Systems and Middleware (LADIS'09), Big Sky, MT, USA (2009).
4. Babaoğlu, O., Marzolla, M. and Tamburini, M.: Design and implementation of a P2P cloud system. In: 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC'12), pp 412–417, Trento, Italy (2012).
5. Sosinsky, B.: Cloud Computing Bible. In: Wiley Publishing Inc., Indianapolis, IN, USA (2011).
6. Cunsolo, V., Distefano, S., Puliafito, A. and Scarpa, M.: Cloud@home: Bridging the gap between volunteer and cloud computing. In: 5<sup>th</sup> International Conference on Emerging Intelligent Computing Technology and Applications (ICIC'09), Ulsan, South Korea, (2009).
7. Trajkovska, I., Salvachua Rodríguez, J., and Mozo Velasco, A.: A Novel P2P and Cloud Computing Hybrid Architecture for Multimedia Streaming with qos Cost Functions. In: ACM International Conference on Multimedia (MM'10), pp. 1227-1230, Firenze, Italy (2010).
8. Xu, K., Song, M., Zhang, X. and Song, J.: A Cloud Computing Platform based on P2P. In: IEEE International Symposium on IT in Medicine Education (ITME '09), pp. 427-432, Shandong, China, (2009).

# Importancia de los Encuentros de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior en la Preparación de la Olimpiada de Informática

Karina Figueroa, Cuauhtémoc Rivera

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
{karina, crivera}@fismat.umich.mx

**Abstract.** Las olimpiadas del conocimiento tienen como objetivo premiar a la excelencia académica de niñas y niños, así como alentar la participación de los principales agentes que intervienen en el proceso educativo. Las olimpiadas fomentan las vocaciones científicas y tecnológicas mediante la participación de estudiantes de instituciones educativas en México. La olimpiada de informática en particular tiene problemas de integración con el plan de estudios en el estado de Michoacán, es decir, los temas de la olimpiada de informática, no están incluidos en los planes de estudio.

En este artículo se presenta la organización de la Olimpiada de Informática en el estado y como ha coadyuvado el Encuentro de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior en este proceso y en el avance de la percepción de la Computación en general en los estudiantes de ese nivel.

## 1 Introducción

Las olimpiadas del conocimiento tienen como objetivo premiar a la excelencia académica de niñas y niños, así como alentar la participación de los principales agentes que intervienen en el proceso educativo. Las olimpiadas fomentan las vocaciones científicas y tecnológicas mediante la participación de estudiantes de instituciones educativas en México [5]. Estas olimpiadas consisten en proporcionar herramientas y recursos necesarios que coadyuven a fortalecer las actividades inherentes a estos cursos, tales como el registro de los participantes, la aplicación de exámenes, capacitación de los seleccionados y participación en la etapa nacional, entre otros. Existen olimpiadas que se aplican en distintos niveles, por ejemplo, a nivel primaria, a nivel secundaria y medio superior. Este artículo se enfocará en las olimpiadas a nivel medio superior, con jóvenes que cursen de preferencia en el 1er y 2o año.

This work is partially funded by National Council of Science and Technology (CONACyT) of México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Las olimpiadas en el país están organizadas de la siguiente manera generalmente. Cada estado entrena a sus talentos durante un año aproximadamente, posteriormente hacen un examen estatal para seleccionar a los mejores. El comité nacional realiza una justa donde cada estado asiste con sus delegaciones. En esta etapa se seleccionan a los mejores del país para que puedan seguir entrenando para llegar a otras etapas como por ejemplo el nivel internacional. En la *Olimpiada Mexicana de Informática* se organiza con este mismo modelo que el resto de las otras olimpiadas.

En particular en la olimpiada de informática, en el concurso nacional los estudiantes escriben programas computacionales como parte de la competencia. El material académico que se utiliza son 2 lenguajes de programación: uno de alto nivel (i.e. Lenguaje del robot Karel [6,2]) y otro muy formal y de bajo nivel (i.e lenguaje C o Java, [7,1]).

El primer problema al que nos enfrentamos en la olimpiada de informática en el estado de Michoacán es que ni el lenguaje del robot Karel, ni un lenguaje de bajo nivel como C, son contemplados dentro de los programas de estudio. Las materias del área de computación que podría llegar a cursar un alumno son generalmente de temas como ofimática y paquetería. El reto en esta olimpiada es enorme pues a cada alumno participante debemos enseñarle a programar sin conocimiento previo.

Aunado al problema descrito anteriormente, los profesores de nivel medio superior usualmente no poseen conocimientos de programación en ningún lenguaje y los que poseen estos conocimientos en su mayoría ya lo consideran olvidado. De manera que los estudiantes seleccionados en alguna de las etapas recibe muy poco apoyo académico por parte de los maestros cercanos a él.

En este trabajo se presentará un modelo a cargo del comité estatal en el que se han integrado todas la partes y elementos para fortalecer la preparación de los alumnos de la olimpiada de informática en el estado de Michoacán. Este modelo se centra en fortalecer el aprendizaje de los profesores y coadyuva en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se expone la metodología de la olimpiada de informática en el estado de Michoacán y como ha incidido la capacitación ofrecida a los maestros durante los encuentros de profesores de computación de nivel medio superior. En la sección 3 mostramos los resultados obtenidos durante los 5 años que llevan los encuentros de profesores. Finalmente, en la sección 4 mostramos las conclusiones de este trabajo.

## **2 Metodología**

La *olimpiada de informática en el estado de Michoacán* esta dividida básicamente en 4 etapas, que brevemente se resumen así [3]: la primera etapa es el examen de lógica y la invitación a todas las escuelas de nivel medio superior a participar; la segunda, son los entrenamientos masivos, la tercera es el examen selectivo estatal y la cuarta es la preparación rumbo al examen nacional.

A continuación daremos una descripción detallada de cada una y la importancia de los encuentros de profesores de computación en el desarrollo de las mismas.

### **2.1 Examen de Selección**

La organización de la Olimpiada de Informática en el estado de Michoacán comienza desde finales de agosto con un Encuentro de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior (EPCnms). Para este evento, se lanza una convocatoria en el interior del estado y los profesores inscritos asisten al encuentro.

Durante el EPCnms se invita a los profesores asistentes a participar activamente en la preparación de estudiantes para participar en la olimpiada de ese año, así mismo se da a conocer la calendarización y detalles de logística.

Su primera participación consiste en aplicar en sus escuelas un examen de lógica y razonamiento para identificar niños con talento en esta área.

En esta etapa se subdivide en 2 temas, el Encuentro de Profesores de Computación de nivel Medio Superior y el examen aplicado.

### **Encuentro de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior**

Este encuentro consiste en 3 días de actividades distribuidas de la siguiente forma [4].

**Día 1.** Se imparten conferencias sobre temas de actualidad por parte de investigadores del estado del área de Computación. El objetivo en este día es vincular a los profesores con los temas de investigación y que en algún momento puedan transmitirles a sus estudiantes estos temas y los retos de computación actuales.

**Día 2.** Durante este día se enseña a los profesores el lenguaje de programación de la olimpiada (Lenguaje del Robot Karel [6]). Cabe mencionar que en los últimos años se hacen 2 tipos de talleres, uno para los principiantes y otro para los profesores con mas experiencia en este lenguaje. La idea es mejorar las habilidades de los profesores para que puedan preparar mejor a los estudiantes participantes de la olimpiada.

En este día también se han diseñado exámenes por parte de los participantes de manera que alguno de estos efectivamente sean parte del examen estatal. Con esto se pretende que los profesores capaciten a sus estudiantes consientes del nivel y tipo de examen que se aplicará en la justa estatal.

**Día 3.** El último día se presentan talleres cortos sobre tecnologías de información recientes, uso de plataformas educativas, etc. En general material que pueden llevar a las aulas para contribuir en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Examen de Lógica y Razonamiento**

Una vez que se tienen identificadas las escuelas que aplicarán el examen de lógica, éste se envía y cada escuela. Esta a su vez aplica el examen y selecciona a los estudiantes mas sobresalientes de ese examen. Los profesores encargados de la olimpiada en esa escuela comienzan a darle asesorías y entrenamientos a esos chicos seleccionados. Cabe mencionar que esos profesores encargados son precisamente los que asisten y participan en el Encuentro de Profesores de Computación.

### **2.2 Etapa 2. Entrenamientos**

Para la etapa 2, el comité organizador estatal programa fechas de entrenamiento complementarias a las de cada escuela para apoyar a los profesores en su proceso de enseñanza, selección y fomentar la competencia entre los estudiantes. Usualmente, estas fechas se programan en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Michoacana donde son atendidos por profesores y ex-olímpicos que colaboran con el proyecto.

Cabe mencionar que esta etapa dura aproximadamente mes y medio y los estudiantes participantes reciben 2 tipos de capacitaciones la primera es por parte de sus profesores y la segunda es la programada por el comité estatal. Nótese que estos profesores son precisamente los que han participado en los EPCnms.

Durante esta etapa se van descartando alumnos en base a su desempeño y su nivel de aprendizaje, además se diseñan exámenes preselectivos que ayudan a los profesores a decidir los 2 alumnos que participarán en la siguiente etapa.

### **2.3 Etapa 3. Examen Estatal**

En la etapa estatal consiste en aplicar un examen de 10 problemas en un solo día, y los alumnos participantes deben tratar de resolverlos usando una computadora en un tiempo no mayor de 5 horas continuas. Cada ejercicio resuelto es enviado a un jurado y evaluado en tiempo real, posteriormente el resultado es notificado a los alumnos concursantes. Cabe mencionar que para esta etapa solo se reciben a 2 alumnos de cada escuela, los que debieron tener el desempeño mas alto de la etapa 2.

Durante el examen, los profesores que acompañan a los estudiantes también están observando el desarrollo del examen, los comentarios de los jueces e incluso, observando como se evalúa a cada uno de ellos, sin poder interferir en el proceso.

Cabe mencionar que en los últimos años, se han recibido 3 solicitudes para realizar simultáneamente el mismo examen estatal en otras sedes. Las sedes han sido: CE-

CyTEM 05 de Guacamayas, Instituto Tecnológico de Pátzcuaro e Instituto Tecnológico de Zamora.

Este examen es la conclusión de la participación de los profesores capacitados en los EPCnms. Sin embargo, la mayoría de ellos continúa trabajando en sus escuelas con miras al siguiente año.

El resultado de esta etapa son los 10 mejores alumnos del estado, a los cuales se les invita a participar en la última etapa.

#### **2.4 Etapa 4. Entrenamientos Rumbo al Nacional**

Durante esta etapa se entrenan a los mejores 10 alumnos de todo el estado, esta capacitación la ofrece el comité estatal por un periodo de 6 meses aproximadamente. Durante este periodo, se aplican exámenes de manera periódica de tal forma que al final de esta etapa solo queden los 4 mejores alumnos de todo el estado y ellos conforman la delegación estatal.

Cabe mencionar que esta es la única etapa en la que se tiene poca participación de los profesores capacitados en los EPCnms. Pues básicamente consiste en la preparación de los alumnos en el lenguaje de bajo nivel.

### **3 Propuesta y Resultados**

La propuesta planteada por nosotros desde un principio fue apostar por la continuidad del proceso, la capacitación del estado, tanto de profesores como estudiantes. De esta manera, independientemente de quién dirija la olimpiada, ésta ya sembró la semilla de la inquietud hacia la superación en los profesores, hacia la participación de los alumnos en este tipo de competencias. Los profesores que han participado en los EPCnms de cada año se muestran mas conscientes del reto que tenemos por delante para fomentar el estudio de ciencias de la computación, de la creación de la tecnología e industria del software en el estado.

Ambas actividades han estado siendo apoyadas en un sitio web. La Olimpiada de Informática en el estado puede consultarse en [3] y el Encuentro de Profesores de Nivel Medio Superior se encuentra en [4].

#### **3.1 Resultados**

Este modelo planteado para el desarrollo de la Olimpiada de Informática en el estado de Michoacán lleva 5 años desarrollándose. Las estadísticas son:

Año	Sedes	Núm de alumnos examen estatal	Escuelas participantes	Núm de alumnos sin resolver problemas
2009	2	100	20	80
2010	1	50	20	30
2011	1	50	35	35
2012	2	50	45	15
2013	3	80	50	20

**Table 1.** Resumen de las Olimpiadas estatales bajo el esquema planteado en este artículo

De la tabla anterior se puede ver que el número de alumnos participantes ha disminuido, puesto que el nivel de exigencia ha aumentado. Por ejemplo, en el año 2013 el requisito para presentarse al examen estatal fue que los estudiantes debieron haber resuelto varios problemas propuestos por el comité.

La última columna de esta tabla muestra que con el paso de los años hay menor número de estudiantes que no contestan los problemas. Esto significa que hay mayor competencia en el interior del estado, que los alumnos vienen mejor preparados y evidentemente es debido a su participación en los EPCnms.

Como parte del comité estatal hemos comparado los exámenes aplicados en los años anteriores y definitivamente se están aplicando exámenes con mayor exigencia y con gusto notamos que los participantes asisten mejor preparados.

El análisis aquí planteado es cualitativo puesto que los resultados solo se pueden observar entre el nivel de una olimpiada y otra.

## 4 Conclusiones

En este artículo se presentó la organización de la Olimpiada de Informática en el estado y como ha coadyuvado el Encuentro de Profesores de Computación de Nivel Medio Superior en este proceso y en el avance de la percepción de la Computación en general en los estudiantes de ese nivel.

Básicamente la olimpiada de informática en el estado está dividida en 4 etapas. La primer etapa es la aplicación de un examen de lógica, la segunda etapa consiste en la preparación de los alumnos rumbo al examen estatal llevado a cabo en la tercer etapa y por último los entrenamientos a estudiantes talentosos rumbo al examen nacional.

Finalmente, sin lugar a duda, se puede decir que la organización de la olimpiada de informática en el estado de Michoacán tiene un proceso firmemente establecido, y en el que contamos como al menos 40 profesores que han participado de manera continua en los encuentros de profesores de computación de nivel medio superior.

Es de resaltar que de los profesores asistentes sus estudiantes cada vez participan con mejor preparación en la olimpiada estatal y nacional.

**Referencias.**

1. Arefin, A.S.: Art of Programming Contest. C Programming Tutorials, Data Structures and Algorithms. ISBN: 984-32-3382-4, ACM (2008)
2. Bergin, J., Stehlik, M.: Karel++: a gentle introduction to the art of object-oriented programming. Wiley (1997), <http://books.google.com.mx/books?id=uNRQAAAAYAAJ>
3. Figueroa, K.: Olimpiada de informática en michoacán, <http://computo.fismat.umich.mx/omimichoacan>
4. Figueroa, K.: Encuentro de profesores de computación de nivel medio superior (2013), <http://computo.fismat.umich.mx/encuentro>
5. Jakab, C.: Olympic Science: Activities to Develop Knowledge and Skills in Science and Technology. Addison Wesley Longman (1999), <http://books.google.com.mx/books?id=kxofAAAACAAJ>
6. Patis, R.E.: Karel the Robot: A Gentle Introduction to the Art of Programming. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1st edn. (1981)
7. Skiena, S.S., Revilla, M.A.: Programming Challenges. The programming contest training manual. ISBN: 0-387-00163-8, Springer (2002)



# Intelligent System for Real-Time Traffic Recommendations

Pedro Oscar Pérez Murueta<sup>1</sup>, César Raúl Cárdenas Pérez<sup>1</sup>, Jorge Adolfo Ramírez Uresti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro, Departamento de Sistemas Computacionales, Av. Epigmenio González 500, Querétaro, México

<sup>2</sup> Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México, Departamento de Tecnologías de la Información y Computación, Carr. Lago de Guadalupe Km. 3.5, Margarita Maza de Juárez, Estado de México, México  
{pperezm, ccardena, juresti}@itesm.mx

**Abstract.** Multi-agent systems have proven to be a powerful technology for the development of large-scale distributed systems that have to deal with highly dynamic systems. The traffic and transportation systems have this feature, which makes them an excellent application area of these systems. This paper proposes a multi-agent system able to make recommendations of travel routes in real time. An agent-based hierarchical architecture analyzes the information obtained from users, open Application Programming Interfaces and social networks to get information about traffic incidents and issues, such as construction sites and traffic congestion and approximate the existing traffic flow. This information is given to an agent-based app that, supported on the preferences and needs of the user, presents recommendations of optimal routes.

**Keywords:** Multi-agent System (MAS), Route Guidance, Algorithm, Recommendations.

## 1 Introduction

The current state of transportation systems in the cities, the main objectives of a system of real-time recommendations for drivers and the benefits of its implementation in a multi-agent system is explained below:

### 1.1 Present Situation of Transport in the Cities

The rapid population growth of cities has created great demands on their transport systems. The traffic generated by public and private transport is the cause of many problems that big cities face today. Problems such as air pollution, hazardous noise levels, economic loss, loss of time and global warming, to name a few. For example, it is estimated that the loss of productivity caused by traffic of Mexico City costs about 33 billion dollars annually [1].

In order to mitigate the effects of traffic congestion, the governments of many cities held every year significant investments in transportation infrastructure. Mexico City, for example, conducted an investment of 2.5 billion pesos in 2013 in the construction or improvement of new roads [2]. A similar strategy has been developed by the city of Dhaka, capital of Bangladesh, whose government has opted for an increase in its road infrastructure coupled with the creation of rapid urban transport system [3].

Although this is not the only solution that cities that suffer from this problem have tried. In London, since 2003, those who lead by areas of the city with high traffic problems are required to pay a special fee [4]. And there are many innovative solutions, such as high-speed train that passes over the file that is being developed in China [5].

However, the construction of new roads is usually very costly and inefficient. In fact, Braess [6] showed that adding a new path can result in an increase in total travel time. It is also necessary the application of new technologies that increase the efficiency and effectiveness use of the existing structure. This is the main reason why the development of an information system able to present real-time recommendations on best transport routes to drivers is particularly necessary and important.

## **1.2 Objective**

Traffic congestion is one of the biggest problems faced by drivers of large cities. It's main reason for delays, loss of time, stress, significant monetary losses, air pollution and hazardous noise levels. But not only affects drivers, also afflicts passengers, pedestrians, cyclists, buses and taxis. Traffic congestion reduces the quality of life of people and should be undertaken seeking an improvement in transport systems.

However, the high cost of the required technologies for Intelligent Transportation Systems (ITS) are for example in sensors, computers, communication, in-vehicle route guidance among other things and it makes them few large cities having these systems.

Our goal is to develop the conceptual framework for an intelligent system for real-time traffic recommendations inexpensive and able to successfully manage the complexity and dynamism of the city traffic. This system will reduce congestion through more efficient and informed use of existing streets and avenues.

## **1.3 Implementation using Multi-agent System**

A multi-agent system is an autonomous computer system, in which there are software agents with a certain level of intelligence. This intelligence can vary from a set of roles (and responsibilities) predetermined to intelligent entities capable of learning. The goal of a multi-agent system is to decompose a problem that can be large, complex and dynamic in smaller single agents and are able to cooperate and communicate [7].

Since agent-based systems are able to generate high-quality models for large systems, complex and dynamic, as would a system route guidance in real time, are considered as appropriate technology for the kind of system we want to develop [8].

In this paper we propose an intelligent traffic information system based on agents (MAS) that is able to generate recommendations for alternate routes with less traffic flow in real time considering user preferences. The following section describes the problem to solve. Section 3 describes the framework we have developed for the traffic information system based on real-time multi-agent systems and the agents involved. Finally, Section 4 concludes the paper and provides the future work.

## **2 Problem to Solve**

One of the technologies that promise a solution to the problem of congestion are ITSs. An ITS, is a system that integrates communication systems, computers and sensor technology and that enables effective and efficient management of traffic systems [9]. In fact, there are many proposals that show how the use of these systems can reduce travel time for travelers who are still unfamiliar with a given route [10].

However, the high cost of these systems makes that few cities can have them. That's the reason why our proposal, Intelligent System for Real-Time Traffic Recommendations, is based primarily in two technologies that enable us to develop a decentralized ITS at a very low cost. First, the technology of smart phones that have communication systems and sensors to know the location and speed of a user in real time. And second, multi-agent systems that allow us to handle the complexity and dynamism of vehicular traffic. Figure 1 shows the proposed multi-agent architecture. It shows how different agents interact in order to estimate the traffic on the streets and to get real-time recommendations of routes with better flow.

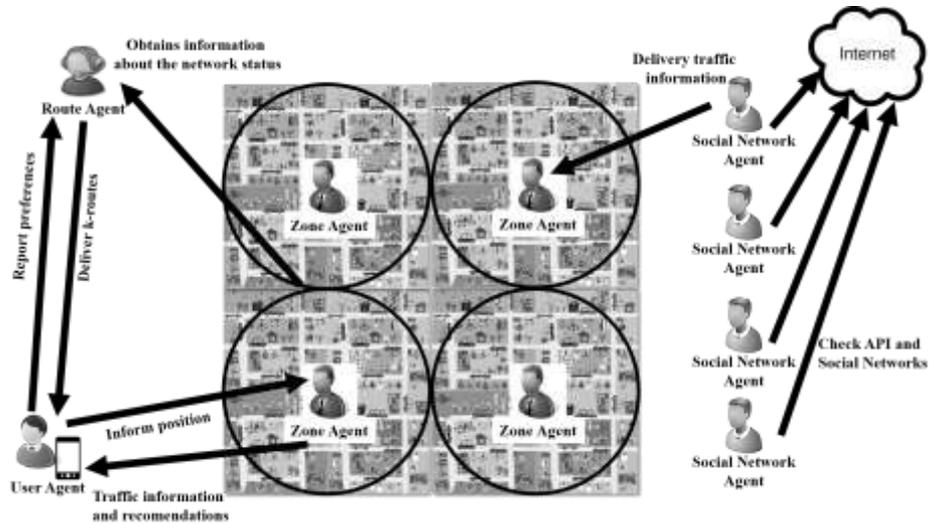


Fig. 1. Different agents interact in order to estimate the traffic on the streets and to get real-time recommendations of routes with better flow.

### 3 Framework of System

After a review of the literature on such systems, we found that a framework composed of three layers was the most suitable for the type of systems that we want to develop [7]. The first layer is an agent platform; in the next layer we find the multi-agent architecture and finally the traffic information system. See Figure 2.



Fig. 2. System Agent Framework.

For the agent platform we use JADE. JADE (Java Agent Development Framework) is a framework based on Java for the development of distributed multi-agent applications. It is actually a middleware that provides a set of easy-to-use services and complies with the FIPA standard. Moreover, JADE is very flexible framework and can be used on devices with limited resources such as smart phones [11].

In the multi-agent architecture layer agents and structures necessary for the implementation of traffic information system are located. There are 4 types of agents as shown in Figure 1: User Agent, who represents to the user in the interactions with

the system; Zone Agent, who is responsible for determining the traffic flow on a set of streets; Social Network Agent, who is monitoring social networks and open traffic Application Programming Interfaces (APIs) looking for information on traffic problems; and Route Agent, who is responsible for generating possible alternative routes.

Finally, we see the implementation of the Intelligent System for Real-Time Traffic Recommendations. Using this scheme, we can extend and deploy new agents to add new functionalities in the system.

Below we describe the main agents that are present in the architecture used for intelligent system of recommendations in real time.

### **3.1 User Agent**

This agent represents the user in their interactions with the system. It is responsible for reporting the geographical position of the user. It provides communication and interoperability between the user and the system. It presents alternate routes with better traffic flow based on user preferences. It learns how the user drives in order to better understanding of the preferences thereof. It is responsible for storing previously used routes.

### **3.2 Zone Agent**

The zone agent gets information from user agents to determine the density of traffic flow, updating this information in an Origin-Destination (OD) matrix. It informs to the user agents inside its area about possible congestion on the routes that the agents are using. When congestion on its area reaches a threshold, communicate this information to other zone agents.

### **3.3 Route Agent**

The route agent is responsible for generating the best  $k$  routes between a given source and destination using preferences sent by the user agent. It stores the results in order to avoid generating a route previously calculated again.

### **3.4 Social Network Agent**

The social network agent gets information about traffic incidents and issues, such as construction sites and traffic congestion from open traffic APIs. It analyzes traffic-related information that may exist in social networks. The information obtained is sent to area agents.

## 4 Conclusions and Future Work

Although the ITS are systems that allow efficient use of existing traffic infrastructure, the high costs associated with the technologies that are used cause little used in large cities. However, mobile technologies, coupled with the multi-agent systems, make it possible to develop cheaper and easily implemented solutions.

In this paper we present an architecture of an intelligent agent-based system able to know the status of the network traffic and make recommendations, in real time, to users of it. Future work will consist on implement the architecture then to evaluate it.

## References

1. Redacción Atracción 360 (2013) Caos vial frena competitividad en el DF. <http://www.atraccion360.com/caos-vial-frena-competitividad-en-el-df>. Accessed 3 Sep 2013.
2. Morales A. L. M. (2013) El punto crítico. <http://www.elpuntocritico.com/noticias-metropoli/noticias-df/64286-presenta-gdf-a-trav%C3%A9s-de-sobse-informe-sobre-inversi%C3%B3n-en-remoci%C3%B3n-y-mejoramiento-vial.html>. Accessed 3 Sep 2013.
3. Mahmud, K., Gope, K., & Chowdhury, S. (2012) Possible Causes & Solutions for Traffic Jam and their Impact on the Economy of Dhaka City. *Journal of Management and Sustainability* 2(2): 112-135.
4. Visitlondon.com. (2014) Official visitor guide. <http://www.visitlondon.com/traveller-information/getting-around-london/congestion-charge>. Accessed 26 Feb 2014.
5. Wassener, B. (2010) The New York Times Global Business with REUTERS. [http://www.nytimes.com/2010/08/18/business/global/18bus.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2010/08/18/business/global/18bus.html?_r=0). Accessed 3 Feb 2014.
6. Braess, D., Nagurney, A., & Wakolbinger, T. (2005). On a Paradox of Traffic Planning. *Transportation Science*, 39(4), 446–450. doi:10.1287/trsc.1050.0127
7. Jin, X., Itmi, M., & Abdulrab, H. (2007). A Cooperative Multi-agent System Simulation Model for Urban Traffic Intelligent Control. In *Proceedings of the 2007 Summer Computer Simulation Conference* (pp. 953–958). San Diego, CA, USA: Society for Computer Simulation International. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1357910.1358059>
8. Chen, B., Cheng, H. H., & Palen, J. (2009). Integrating mobile agent technology with multi-agent systems for distributed traffic detection and management systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(1), 1–10. doi:10.1016/j.trc.2008.04.003
9. Huang, Y. W., Jing, N., & Rundensteiner, E. A. (1995) Route guidance support in intelligent transportation systems: an encoded path view approach University of Michigan Technical Report
10. Adler, J. L. (2001) Investigating the learning effects of route guidance and traffic advisories on route choice behavior *Transportation Research Part C* 9(1), 1-14
11. Bordini, R. H., Braubach, L., Dastani, M., El Fallah-Seghrouchni, A., Gomez-Sanz, J. J., Leite, J., Ricci, A. (2006). A survey of programming languages and platforms for multi-agent systems. *Informatica (Slovenia)*, 30(1), 33–44.

# Mejorando la experiencia del turismo cultural con un prototipo de realidad virtual

Gabriel Peralta Domínguez, Pedro C. Santana-Mancilla

HCLab  
Facultad de Telemática  
Universidad de Colima  
{peralta\_gabriel, psantana}@ucol.mx

**Resumen.** Este artículo presenta una propuesta de prototipo que permite a los visitantes de un lugar realizar recorridos de corte turístico-cultural, por medio de un prototipo de mediana fidelidad con tecnología de Realidad Virtual. Se realizó una evaluación de usabilidad, donde el objetivo fue determinar el nivel en qué los usuarios pueden aprender y utilizar el sistema propuesto para alcanzar sus metas o realizar diversas tareas de esparcimiento en relación a ciertos recorridos propuestos. Además de evaluar la aceptación de dicho prototipo por parte de los usuarios.

**Palabras clave:** Realidad virtual, Turismo virtual, Experiencia del usuario.

## 1 Introducción

En mayor o menor medida la sociedad es testigo de las transformaciones impulsadas por las tecnologías, los desarrollos tecnológicos se han convertido en elementos imprescindibles, formando parte de una cotidianeidad que evolucionó históricamente sin comparación a partir de los últimos años del siglo XX. De estos adelantos, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son los ejemplos más evidentes. Una de las definiciones globales, formulada por la comisión de la Comunidad Europea en el año 2001 señala: Las tecnologías de la información y de la comunicación es un término que se utiliza actualmente para hacer referencia a una gama amplia de servicios, aplicaciones y tecnologías que utilizan diversos tipos de equipos (Hardware) y de programas informáticos (Software) y que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones (Netware) [1].

Con las TIC disponemos de nuevos lenguajes y medios que permiten una transformación en la forma de guardar nuestra memoria en su conservación y preservación, en las funciones de los centros culturales, en el proceso de comunicación, en la transmisión de conocimientos, en el acercamiento real al patrimonio..., si somos capaces de aprovechar sus potencialidades para re-crear nuevas formas, más allá de la falsa modernidad de un envoltorio vacío de contenidos, Unas potencialidades, aún infravaloradas, que nos plantean nuevos retos para el siglo XXI: creación de contenidos de calidad y generación de información innovadora para convertir la información en conocimiento, difusión del patrimonio de forma atractiva y amena orientada a la educación y al público en general, a la exploración científica

de los profesionales y a la creación artística. El patrimonio rompe su exclusiva dimensión física lo que implica el acercamiento del patrimonio a la sociedad con una perspectiva diferente [2].

Por estas razones el patrimonio cultural no debe quedar supeditado a su apreciación y conceptualización tradicionales, por el contrario, dada nuestra realidad tecnológica, las TIC supone un excepcional potencial para la realización de tareas como la gestión, documentación, conservación, investigación, difusión y conocimiento. [3]

Es así, que actualmente pueden hallarse múltiples aplicaciones relacionadas como productos multimedia en diversos soportes, visitas virtuales a museos, itinerarios culturales, reconstrucciones de emplazamientos o edificios, contextualización de las expresiones culturales (espacial, temporal, social o cultural), etc.

Esta investigación se basa en dichos planteamientos, donde estas nuevas tecnologías facultan a los usuarios el acercamiento y reconocimiento de patrimonio, que dada su ubicación, distancia, costo de acceso, entre otras características que requiere la presencia personal para la apreciación de recintos de carácter artístico-cultural, tienen un valor agregado también como capital turístico.

Dicho capital tiene un objetivo clave en el desarrollo económico de los sectores sociales involucrados, uno de los principales para dicho progreso, es el empleo, ya que el sector de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación suponen nuevas oportunidades para el conjunto de los ciudadanos, pero también nuevas amenazas para los que no tienen una relación cercana con ellas. La creación de empleo ha beneficiado a los trabajadores de niveles educativos medios y altos y presenta también un sesgo positivo hacia dos de los colectivos con una situación más desfavorable en el mercado de trabajo. [3]

Este proyecto de aplicación, pretende favorecer a dichos sectores económicos vulnerables, como lo es la de los trabajadores de servicio de lustrado de calzado, conocidos en el argot coloquial como “boleros”, siendo estos parte importante del paisaje urbano, íconos locales de un oficio tradicional y esencia de un pasado histórico de las ciudades que aun los resguarda.

Así que nuestra propuesta consiste en un prototipo de mediana fidelidad de recorrido virtual que utiliza las tecnologías de Google: Maps y Street View; y que sea capaz de realizar recorridos en 3D por los recintos culturales e históricos de la localidad, con un alto nivel de inmersión por medio del dispositivo de realidad virtual, con el fin de estimular la presencia de turistas en las estaciones de servicio de lustrado de calzado y con ello prestar un valor agregado a la prestación del servicio, ofreciendo al usuario, sin moverse de su asiento, la oportunidad de visitar de nueva forma alternativa, diferentes destinos considerados como patrimonio regional y de interés turístico.

## **2 Contexto**

El diseño del prototipo está encaminado a un entendimiento más preciso sobre las actividades y actitudes realizadas por parte de los participantes observados, que corresponden a los trabajadores de lustrado de calzado, que de ahora en adelante

llamaremos "boleros" y las características de los usuarios o "clientes" potenciales. El trabajo de campo se establece en el municipio de Ciudad Guzmán, Jalisco, una pequeña ciudad seleccionada por su reconocida riqueza cultural y cuna de célebres artistas y literatos. En ella, reside una de sus más importantes plazas públicas, el jardín central, donde en dicho paisaje urbano, los tradicionales "boleros" comparten espacio con otros recintos históricos colindantes. Dichos trabajadores independientes, realizan una labor típica de este lugar, la cual es lustrar el calzado de los visitantes del jardín principal. Donde desde hace décadas han mantenido su presencia en los alrededores del mismo sitio, por lo que su alcaldía busco mejorar las condiciones con las que se establecieron y formalizar su estancia. Por tanto, se asignaron y reacondicionaron espacios más atractivos y eficientes en diseño, además de exclusivos para establecerse de manera más permanente, donde según sus propios habitantes, fueron designados con el objetivo de mantener el oficio del "bolero", y que por su histórica presencia, se convirtieron en íconos y parte del patrimonio cultural intangible de esa localidad.

## **2.1 Método**

Para fines de recolección de información sobre requerimientos y comportamiento de los usuarios, se empleó la observación directa (activa) hacia los boletos y sus clientes en el Jardín Principal, de Ciudad Guzmán, Jalisco; con un muestreo aleatorio para captar con mayor detalle la naturaleza de las situaciones, con el uso de un herramientas de grabación de notas de voz y cámara fotográfica. No se tipificó perfiles o características predeterminadas, ya que el propósito fue precisamente, el reconocimiento de sus probables perfiles, sin embargo, se consideraron aspectos como la ubicación del puesto de servicio, su tamaño (si este se extendía), la variabilidad de carga de trabajo según horario, sus servicios o productos secundarios ofertados, así como los elementos estéticos que pueden intervenir en su elección, como la organización, higiene y estética, publicidad, y otros posible de detectar durante la observación.

## **2.2 Resultados**

Se observaron las características del puesto donde se encuentran ubicados los boleros. En total son 16 puestos ubicados en la parte oriente y poniente del Jardín. Cada puesto consta de una caseta con capacidad para dos sillas de bolero, las sillas están sobre una tarima de madera, en la cual se encuentran cajones para el almacenamiento de los utensilios y materiales que se utilizan para bolear calzado.

En la parte del frente de cada caseta, están instaladas lonas para tapar la luz del sol, que puede ser molesta debido a la ubicación de los puestos. Dichas lonas tienen impresas imágenes antiguas de la ciudad, con el objetivo de que los usuarios o personas que transiten fuera, observen el registro de un momento capturado de la historia de la ciudad y comparar el desarrollo de la misma en el tiempo (ver figura 1).



Fig. 1. Comparativa a través del tiempo de los puestos de servicios.

Un aspecto interesante observado, es el equipamiento de cada puesto de servicio para la atención al usuario, en donde el 80 por ciento de los boleros observados, disponen de revistas o periódicos, un 15 por ciento en otras casetas cuentan con radio e incluso en la parte superior de la caseta se encuentra una televisión y solo un 5 por ciento incorporan los anteriores e incluyen otros como venta de productos de calzado, golosinas e incluso bebidas embotelladas. Lo que fue observable, en aquellos boleros que incluyen otros servicios, es la búsqueda de elementos alternos de entretenimiento o distintivos de sus servicios para captar la atención y preferencia de sus clientes.

El tiempo promedio registrado de dicho servicio es de entre 7 y 10 minutos aproximadamente, en fuerte dependencia al estado y dimensiones del calzado de cada usuario, así como otros servicios complementarios como lavado, pintado o reparaciones superficiales.

En un horario de 4 a 7 de la tarde, durante un día domingo, el grupo observable de clientes, se ubicaron entre los 30 y 50 años de edad, todos ellos varones, recurrieron durante dicho lapso, a los puestos de boleros para la prestación del servicio. Se encontraron 2 puestos de servicio cerrados y los que permanecieron abiertos se tuvo un registro de 10 servicios promedio. Algunos clientes mantenían en mano una revista o periódico durante el servicio, algunos escuchaban la radio, como otros observaban la televisión (en aquellos puestos que contaban con el servicio), el resto optó simplemente en conversar con los prestadores del servicio.

En lo referente a los boleros, se observó que todos ellos son hombres, jóvenes mayores de 25 años y señores de más 60 años aproximadamente. Entre las características notables de su oficio, resalta su aplicación ágil y sistémica, dado que la adquisición de sus habilidades bien puede ser resultado mismo de sus destrezas

psicomotoras y su relación con los años de experiencia en el oficio, algunos desde muy temprana edad.

Como estos datos, se percibió que dichos puestos de servicios, pueden ser un punto importante y en beneficio del turismo local y a la competitividad comercial de los prestadores de servicios, ya que los clientes son personas en edad productiva y con potencial adquisitivo, dado entonces que el tiempo que invierten al tomar un servicio de limpieza para su calzado puede ser utilizado para brindar una prestación alternativa de entretenimiento o esparcimiento, la cual puede colaborar al incremento en sus clientes y se manifieste en un conveniente desarrollo económico local de los involucrados, a través de la difusión de los diversos destinos turísticos y culturales de la región que se traduzca en la estimulación de la actividad turística y económica del estado, con la visita de más turismo nacional e internacional, al permitir incluir en los recorridos virtuales a empresas tradicionales, tales como de comida típica como de productos artesanales.

### **3 Diseño del prototipo**

Los prototipos son una manera efectiva de probar y validar la funcionalidad de una propuesta de diseño, antes de avanzar en el desarrollo. Los prototipos también son una gran manera de experimentar e idear con el dispositivo y/o los usuarios, sobre todo cuando se trata de lidiar con interacciones complejas [4].

El prototipo propuesto es un Software de Recorrido Turístico-Cultural Virtual, utilizando un dispositivo de hardware de Realidad Virtual.

Para ello se creó un prototipo de mediana fidelidad en papel, los cuales son útiles ya que se pueden crear tantos escenarios como se necesiten. También se pueden revisar rápidamente de una prueba a otra, es decir, si un usuario potencial dice un error evidente en algo que ha creado, no es un proceso complejo para actualizar el diseño antes de avanzar en el desarrollo. También es barato, más allá de la cantidad de tiempo que se invierte en la elaboración de prototipos de papel, generalmente puede ser creado cualquier escenario por un costo menor de lo esperado [4].

Por tanto, las vistas generales del dispositivo se encuentran en la Fig. 2, mostrando el visor de Realidad Virtual de color negro, con una diadema ajustable, que se adapta al tamaño de la cabeza de cualquier usuario.



**Fig. 2.** Prototipo de mediana fidelidad de Realidad Virtual.

Para completar el prototipo, además de hardware se diseñó el software que acompaña al visor, el cual propone la utilización de geolocalización utilizando el API de Google Maps, el diseño de interfaz cuenta con una estructura minimalista para facilitar la

navegación y el recorrido virtual, el usuario puede girar hacia los costados, arriba y hacia abajo con solo girar su cabeza .



Fig. 3. Software de paseo virtual.

La aplicación muestra la pantalla inicial, con las opciones Localización, Recomendaciones y más visitados (ver Fig. 3).

El menú de recomendaciones muestra en pantalla diferentes opciones las cuales son clasificaciones de los sitios posibles de visitar filtrando por categorías, como Hoteles, Restaurantes, Museos, Parques, Arte Sacro y Arquitectura.

Finalmente, el menú de más visitados, permite la visualización de una pequeña galería con los sitios más visitados en la aplicación, esto permite al usuario, valorar su selección en base a la preferencia de otros usuarios de la aplicación.

## 4 Evaluación del prototipo

Para medir la aceptación y facilidad de uso del prototipo, se realizó una evaluación de usabilidad.

### 4.1 La muestra

La evaluación incluyó la participación de 16 estudiantes del Departamento de Música del Instituto Universitario de Bellas Artes de la Universidad de Colima, son individuos hombres y mujeres entre los 16 a los 21 años. Entre su perfil de competencias, se encuentran las tecnológicas aplicadas a la producción musical y multimedia.

## **4.2 Aplicación de la prueba**

La sesión, tuvo una duración de 1 hora con 40 minutos aproximadamente, donde cada participante realizó la prueba, con muy pocas incidencias, las cuales consistieron en detalles como el desconocimiento del concepto de Realidad Virtual, incomprensión en algunos términos del formato de consentimiento así como el replanteamiento de algunos otros conceptos de los instrumentos pre-prueba, como por ejemplo: dejar en blanco algunas otras preguntas si su respuesta no era positiva.

Durante el inicio de la sesión, previo a la implementación de la prueba, se le describió individualmente a los participantes la actividad que iba a realizar, así también se les solicitó el llenado de un cuestionario pre-prueba o de antecedentes, con el objetivo de conocer su experiencia previa con tecnologías relacionadas al prototipo sujeto de pruebas. Los temas de los reactivos buscan reconocer de forma general: su experiencia con tecnologías 3D, videojuegos con algunas tecnologías de sensores o realidad aumentada.

Una vez finalizado la fase del cuestionario previo, se llevó a cabo la evaluación al prototipo, a través de una técnica llamada "Mago de Oz", la cual ha llegado a ser de uso común en los campos de la psicología experimental, factores humanos, ergonomía y usabilidad de ingeniería para describir una prueba o metodología de diseño iterativo en el que un experimentador (el "Mago"), en un laboratorio, simula el comportamiento teórico de una aplicación informática [5].

Posteriormente, a los participantes se les solicitó contestar dos cuestionarios: la Escala de Usabilidad para Sistemas y el Modelo de Aceptación de la Tecnología.

La Escala de Usabilidad para Sistemas (SUS), ofrece una herramienta confiable para medir la usabilidad. Consiste en un cuestionario de 10 elementos con una escala Likert de cinco opciones de respuesta para los encuestados [6].

Para medir la aceptación de la plataforma se utilizó el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) desarrollado por [7]. El propósito del TAM es explicar las causas de la aceptación de la tecnología por parte de los usuarios. Propone que las percepciones de un individuo en la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida de un sistema de información, sean concluyentes para determinar su intención para usar dicho sistema.

## **5 Resultados**

La evaluación generó los siguientes resultados.

### **5.1 Cuestionario de antecedentes**

El propósito de este instrumento es analizar a que nivel el usuario se encuentra involucrado con el entorno donde el prototipo se implementará, y a qué grado reconoce la tecnología a que fue expuesto.

La muestra, compuesta por 13 hombres (81.25%) entre los 16 a 21 años de edad, en contraste con las 3 mujeres (18.75%) entre los 16 y 17 años de edad que componen una población de 16 participantes encuestados.

Los datos de la pre-prueba arrojaron los siguientes datos:

El 62.5% de los participantes expresaron que sí han realizado algún tipo de recorrido o visita de índole turístico o cultural, el 40% de ellos lo hicieron hace menos de un año, otro 40% entre uno y cinco años y otro 20% hace más de cinco años. Por otro lado el resto de la población no ha realizado visita de estas características.

Al consultarles sobre si en alguna ocasión han utilizado algún sistema informático para realizar algún tipo de recorrido turístico y/o cultural el 81% contestó que No y el 19% contestó que Sí.

Por último, sobre su conocimiento del alguna tecnología de Realidad Virtual expresamente para recorridos turísticos y/o culturales, el 38% respondieron que Sí, contra 62% que manifestaron que No. De tal forma, que las tecnologías que resultaron conocidas por los participantes que respondieron afirmativamente son las siguientes:

- Cabinas Simuladores de Parques Temáticos y Zoológicos.
- Tecnología de Google.
- Oculus Rift en la exploración espacial.

## 5.2 Escala de Usabilidad para Sistemas (SUS)

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento SUS, se obtuvieron datos sobre una calificación en una escala de 0 a 100, donde 0 hace referencia a la ausencia de usabilidad, y por el contrario, 100 como de muy alta usabilidad. La evaluación por parte de los usuarios dio una calificación de 76.3. En la Fig. 4 se puede encontrar la distribución de las frecuencias. Debido a lo anterior podemos decir que el prototipo cuenta con una usabilidad aceptable, ya que está arriba del rango indicado (70) por el autor de la escala.

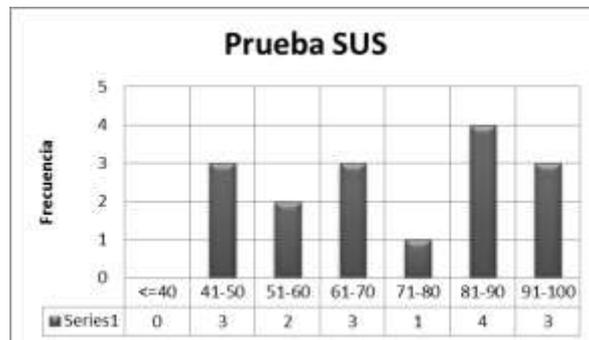


Fig. 4. Resultados SUS.

## 5.3 Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM)

Como se mencionó previamente, su principal objetivo es describir las razones de la aceptación o rechazo por parte del usuario sobre un objeto de tecnología, por lo que sugiere que la percepción de utilidad y facilidad de uso en un sistema son suficientes para determinar la intensidad de utilización de la tecnología evaluada.

En la percepción de facilidad de uso, el 87.5% consideró que es fácil de usar, el 81.3%, opinó que es sencillo de aprender, el 87.5% pensó que es claro y otro porcentaje igual al anterior opinó que era fácil de navegar. Como se muestra en la Fig. 5, el porcentaje de rechazo en este concepto en general solo representó el 14.1% contra un 85.9% que opinó positivamente.



Fig. 5. Facilidad de Uso.

De acuerdo a los resultados (ver Fig. 6), sobre el concepto de Percepción de Utilidad a la percepción hacia el uso del software donde un 100% percibió Eficiencia del software, además que otro porcentaje igual consideraron Satisfacción, el 87.5% estuvo de acuerdo en la productividad del software y el total de los encuestados afirmó estar de acuerdo con su utilidad.



Fig. 6. Utilidad.

Los resultados, sobre su Actitud hacia el uso del software (ver Fig. 7), un 100% percibió a disgusto del software y otras cantidades iguales con los siguientes conceptos, lo que demuestra muy probablemente incomprensión en este aspecto, por lo que los datos no son significativos.

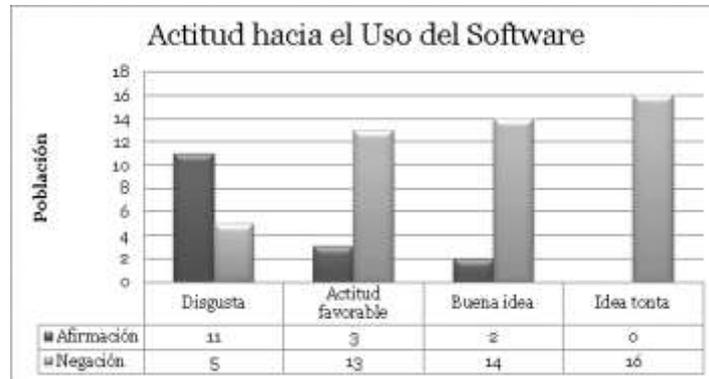


Fig. 7. Actitud de Uso.

Finalmente, sobre la Intensión de Uso, los encuestados, contestaron de forma unánime, con un 100%, su total acuerdo sobre su intención de volverlo a usar y la decisión de usar este software en sus visitas o recorridos turísticos-culturales (ver Fig. 8).

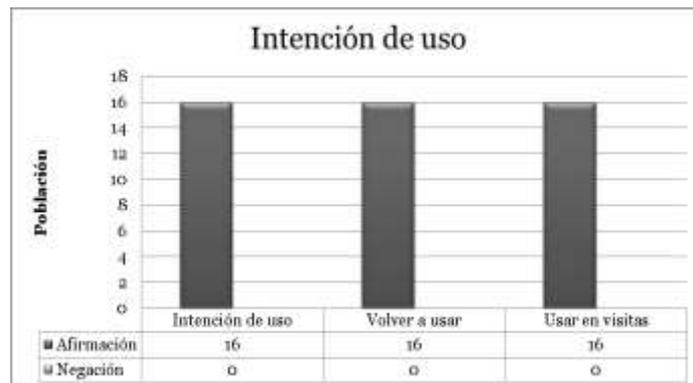


Fig. 8. Intención de Uso.

#### 5.4 Propuestas de mejora

Algunas de las observaciones de los participantes se manifestaron en ideas consistentes en incorporar además de recorridos de índole turístico, la posibilidad de incorporar simuladores, como de aeronaves u otros vehículos con movimiento, esto con la finalidad de darle un valor agregado en el aspecto de entretenimiento.

## **6 Conclusiones**

Este trabajo presenta un prototipo basado en Realidad Virtual para recorridos turístico-culturales, la evaluación de este prototipo dio resultados muy similares entre los instrumentos de evaluación aplicados, por un lado la prueba SUS nos permitió determinar con bastante certeza que nuestro prototipo cuenta con un grado de usabilidad aceptable.

La prueba TAM, permitió definir muy claramente la posición de los usuarios, con muy buen grado de aceptación de la tecnología propuesta. Así mismo esta prueba permitió recibir retroalimentación sobre las áreas de mejora, como la utilización de algún tipo de audio para acercarse lo más posible a la realidad de la propuesta, así como detalles ergonómicos del prototipo en papel, como el largo de la correa y falta de una mejor iluminación, dada la sombra que da la propia forma interna del prototipo. Sin embargo el diseño de pase de diapositivas sobre las gafas significó una experiencia novedosa para los participantes, lo que provocó mayor retroalimentación de su parte hacia la prueba.

En cuanto a fortalezas, finalmente, el soporte de hardware del prototipo, presentó una completa aceptación en la explicación de su funcionamiento y de las posibilidades de este, por ello estas tecnologías mostraron ser muy atractivas a los usuarios encuestados. Por tanto, el prototipo presenta un buen grado de aceptación en un entorno real, lo que claramente justificaría continuar con el desarrollo de las siguientes fases del proyecto.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Julia Elena Nolzco Nuñez y a Héctor Torres López, alumnos de la Maestría en Tecnologías de Información de la Facultad de Telemática, por el apoyo otorgado en el desarrollo del prototipo usado en el presente trabajo, desarrollo creado durante la materia de Interacción Humano-Computadora.

## **Referencias**

1. Martínez, L. (2009). Presentación. Tecnologías de la información I: guía de aprendizaje para el bachillerato general por competencias (p. 10). Guadalajara, Jal.: Universidad de Guadalajara, Editorial Universitaria.
2. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. (2003). El patrimonio virtual: alcance y desafío. Revista PH.
3. González, E., & Martínez, M. I. (2002, Feb. - Mar.). La contribución al empleo de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC). Revista Economistas, No. 91, 267-276.
4. Unger, R., & Chandler, C. (2012). 13. Prototyping: Breathing (Some Sort of) Life into Your Designs. A project guide to UX design: for user experience designers in the field or in the making (2nd ed., p. s/n). Berkeley, Calif.: New Riders).

5. Kelley, J. (n.d.). Wizard of Oz | Usability Body of Knowledge. Wizard of Oz | Usability Body of Knowledge. Retrieved June 12, 2014, from <http://www.usabilitybok.org/wizard-of-oz>.
6. Brooke, J. (1996). SUS: a 'quick and dirty' usability scale. En Usability evaluation in industry (pág. 189). UK: Taylor&Francis.
7. Davis, F. D. (1989), "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology", MIS Quarterly, 13(3): 319–340.

# Análisis de la relación amplitud-frecuencia en las señales EEG mediante Redes Bayesianas

Gabriela García Manzo<sup>1,3</sup>, Guillermo De la Torre-Gea<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Neurociencias, Psicoanálisis y Salud Mental, Av. México No. Col. Hipódromo Condesa, Del. Cuauhtémoc, D.F., México.

<sup>2</sup>CA Biosistemas. Universidad Tecnológica de Corregidora, Carretera Estatal 413 Querétaro-Coroneo km 11.2 Qro. Tel. (442)4830070.

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui, Carretera Querétaro-San Luis Potosí, km 31+150, Parque Industrial Querétaro Sta. Rosa Jáuregui, Qro. Tel. (442)2409520.

**Resumen:** En este trabajo, se propone un método para Interfaces Cerebro-Computadora basado en modelos gráficos probabilísticos que supera algunas de las limitaciones de los enfoques basados en clasificadores de señales. Se modela la dinámica del cerebro a nivel de las relaciones amplitud-frecuencia ocultas, utilizando una red bayesiana dinámica que se aprende a partir de datos obtenidos de Electro-encefalogramas. Se demuestra cómo un el modelo puede utilizarse para inferir las distribuciones de probabilidad sobre variables de estado ocultas, las cuales corresponden a funciones cerebrales útiles para establecer un modelo de de interface. El uso del modelo nos proporcionó una estimación probabilística continua de estado del cerebro, permitiendo modelar la estructura causal y dependencias entre los diferentes estados cerebrales. Este modelo gráfico dinámico en el tiempo permite realizar estimaciones aún con datos faltantes, y el suavizado de las estimaciones de estado, utilizando la información de los futuros puntos de datos. Estas capacidades son difíciles de obtener, al trabajar exclusivamente en el dominio de frecuencias.

**Palabras clave:** Cerebro, Redes Bayesianas, BCI, EEG.

## 1 Introducción

Las redes neuronales distribuidas aseguran el correcto funcionamiento del cerebro humano (Mesulam, 1998). Los procesos de alimentación directa y retroalimentación inhibitorios y excitatorios son los mecanismos básicos de la interacción entre los diferentes módulos de estas redes (Bullier, 2001). La localización de los diferentes módulos de la red funcional, implicando una tarea mental dada, es el objetivo principal de los estudios de Interfaces Cerebro-Computadora (BCI por sus siglas en inglés). Una gran cantidad de investigaciones, usando Tomografía de Emisión de Positrones y la Resonancia Magnética Funcional, se han dedicado a este objetivo (Cabeza y Nyberg, 2000). Sin embargo, estos métodos no son los más adecuados para determinar cuándo los diferentes módulos se vuelven activos durante la tarea mental y, por tanto, en qué etapa de procesamiento está involucrado cada módulo. Tampoco pueden fácilmente responder a las preguntas importantes de la activación

secuencial de alimentación, en paralelo a los procesos de retroalimentación, o cómo la información está “obligada” para formar percepciones unificadas.

Con el fin de investigar tales propiedades temporales de los circuitos del cerebro, es necesario utilizar métodos que midan directamente la actividad neuronal en tiempo real. El Electro-encefalograma (EEG) ofrece esta posibilidad mediante la medición de la actividad eléctrica de los cúmulos de células neuronales en una escala temporal de micro segundos. Desafortunadamente, estas técnicas se enfrentan al problema de que las señales medidas en la superficie del cuero cabelludo no indican directamente la ubicación de las neuronas activas en el cerebro debido a la ambigüedad del problema subyacente de la estática electromagnética inversa.

El EEG mide la actividad eléctrica cerebral causada por el flujo de corrientes eléctricas durante excitaciones sinápticas de las dendritas en las neuronas y es extremadamente sensible a los efectos de las corrientes secundarias (Baillet et al., 2001). Las señales de EEG se registran fácilmente de una manera no invasiva a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo, lo cual corresponde a la modalidad de grabación más generalizada. Sin embargo, proporciona señales de muy mala calidad, ya que las señales deben cruzar el cuero cabelludo, el cráneo y otras capas. Esto significa que las señales de EEG en los electrodos son débiles, difícil de adquirir y de mala calidad. Además, esta técnica es gravemente afectada por el ruido de fondo generado tanto en el interior del cerebro o externamente sobre el cuero cabelludo.

Un EEG comprende un conjunto de señales que se pueden clasificar de acuerdo a su frecuencia. Los rangos de frecuencia más conocidos se han definido de acuerdo con la distribución a lo largo del cuero cabelludo, de importancia biológica. Estas bandas de frecuencia se denominan como Delta ( $\delta$ ), Theta ( $\theta$ ), Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ), y Gamma ( $\gamma$ ).

La amplitud de las bio-señales eléctricas está en el orden de micro voltios ( $\mu\text{V}$ ). En consecuencia, la señal es muy sensible a ruido electrónico. Fuentes externas y líneas eléctricas pueden generar ruido de fondo, como la sensación térmica, movimientos, parpadeo, y los ruidos generan ráfagas en las señales internas (Leach, 1994). Las consideraciones al estudiar estas señales para el desarrollo de BCI deben dirigirse a reducir los efectos del ruido, tales como el blindaje electromagnético de interferencia o la reducción de la señal de forma manual, entre otros (Usakli, 2010).

La determinación de patrones de comportamiento en la señal que comunica a las estructuras del cerebro es difícil de realizar, debido a la complejidad de su anatomía y funcionamiento, por lo que es necesario incorporar nuevas técnicas que tomen en cuenta muchas variables a la vez. El objetivo de este estudio es abordar este problema mediante el enfoque de las Redes Bayesianas (BN por sus siglas en inglés), para describir las relaciones entre las frecuencias estudiadas como variables. Las BN son técnicas numéricas de incertidumbre que hacen uso de la inferencia bayesiana como método heurístico (De la torre- Gea *et al.*, 2011a).

## 2 Teoría de redes bayesianas

Las BN son tipos de representación del conocimiento desarrollado en el campo de la inteligencia artificial para realizar aproximaciones en el campo del razonamiento (Pearl, 1988; Mediero, 2007; Gámez *et al.*, 2011; Zaidan *et al.*, 2011). Una BN es un gráfico acíclico cuyos nodos corresponden directamente a los conceptos o variables aleatorias y cuyos enlaces se corresponden con las relaciones o funciones (Correa *et al.*, 2009). Las variables se definen en un dominio discreto o cualitativo, y las relaciones funcionales describen las inferencias causales expresadas en términos de probabilidades condicionales que se muestra en la ecuación (1):

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \text{parents}(x_i)) \quad (1)$$

Una BN se puede utilizar para identificar las relaciones entre las variables anteriormente indeterminadas o para describir y cuantificar estas relaciones, incluso con un conjunto de datos incompletos (Hruschka *et al.*, 2007; Reyes, 2010). El algoritmo de solución de BN permite el cálculo de la distribución de probabilidad esperada de las variables de salida. El resultado de este cálculo depende de las distribuciones de las probabilidades de las variables de entrada. A nivel global, las BN pueden ser percibidas como una distribución de probabilidad conjunta de una colección de variables aleatorias discretas (Garrote *et al.*, 2007).

$$P(c_j | x_i) = P(x_i | c_j) P(c_j) / \sum_k P(x_i | c_k) P(c_k) \quad (2)$$

Una probabilidad a priori  $P(c_j)$  es una probabilidad de que una muestra  $x_i$  pertenezca a la clase  $c_j$ , sin ninguna información sobre sus valores característicos, como se muestra en la ecuación (2). Las máquinas de aprendizaje en inteligencia artificial, están relacionadas con los métodos de minería de datos, la clasificación o agrupación y el reconocimiento de patrones. Los métodos estadísticos de aprendizaje automático se pueden aplicar al marco de la estadística bayesiana, sin embargo el aprendizaje automático se puede emplear en una variedad de técnicas de clasificación para producir otros modelos de BN. El objetivo de una BN de aprendizaje es encontrar un arreglo de red que mejor describa los datos observados.

En los modelos de aprendizaje, el método más representativo es el de “búsqueda y resultado” basado en el algoritmo K2. Dicho algoritmo comienza asignando un nombre a cada variable sin “padres”. A continuación agrega a cada variable un padre de forma incremental, la cual en su mayoría aumenta la puntuación de la estructura resultante. Cuando cualquier adición no puede aumentar el marcador, deja de aumentar padres a la variable. Tomando en cuenta un conocimiento previo del ordenamiento de las variables con base a su grado de dependencia, el espacio de búsqueda en esta restricción es mucho menor que el espacio de toda una estructura y no hay necesidad de compro-

bar los ciclos en el proceso de aprendizaje. Si no se tiene conocimiento anterior sobre el ordenamiento de las variables, se procede a nuevas búsquedas (Guoliang, 2009).

### 3. Materiales y métodos

Para desarrollar éste trabajo, se empleó una computadora con procesador Intel core-i7 con 8 GB de memoria RAM y sistema operativo Windows 8. Los datos fueron discretizados mediante el sistema ELVIRA, como se muestra posteriormente para ser empleados en el desarrollo del modelo de Redes Bayesianas, que describe las relaciones entre todas las variables.

Se obtuvieron 20 conjuntos de datos a partir de EEGs aplicados a distintas personas, bajo las mismas condiciones basales, en el Centro Estatal de Salud Mental (CESAM) del Estado de Querétaro, quien proporcionó dichos datos mediante archivos en formato de texto plano (txt). Cada archivo fue convertido a formato de texto delimitado por espacios (csv) mediante el programa MS Excel y organizado en 48 columnas, cada una correspondiente a una frecuencia de las señales EEG en un rango de 0.781 a 19.144 Hz, las cuales fueron definidas como las variables aleatorias. Cada columna contó con 3564 datos de voltaje medido en  $\mu\text{V}$ , que corresponden a las fuentes de las señales EEG, provenientes de diferentes estructuras del cerebro.

Cada fuente de señal EEG expresa un valor de amplitud en  $\mu\text{V}$  para un valor de frecuencia dado. Por lo que cada nodo de la BN se encuentra dentro de una frecuencia cerebral. De esta manera, la BN muestra las relaciones de dependencia entre frecuencias de las señales cerebrales con base al comportamiento de sus voltajes.

El análisis de BN fue realizado mediante el software ELVIRA versión 0.162 en tres etapas sugeridas por Mediero (2007).

- a) Pre-procesamiento: Se llevó a cabo mediante el algoritmo de imputación “por promedios” para completar las series de datos parciales. Este algoritmo reemplaza los valores faltantes o desconocidos, por el promedio de los valores para cada variable. Este método no necesita parámetros y consiste en la discretización de los datos masivos mediante el algoritmo, empleando seis intervalos con la misma frecuencia.
- b) Procesamiento: De acuerdo con Wang *et al.* (2006), la mejor estructura de red bayesiana se obtiene empleando el algoritmo K2 con un número máximo de padres igual a cinco y sin restricciones.
- c) Post-procesamiento: Se realizó un análisis de dependencias para obtener la estructura topológica de la red, la cual representa a las variables y sus dependencias causales. Después de obtener la red de aprendizaje paramétrico, se realizó el cálculo de las probabilidades condicionales en las variables que muestren relación o dependencia.

#### 4. Resultados y discusión

Se obtuvo un modelo de BN con un 97.5 % de precisión, calculado en la etapa de post-aprendizaje mediante el software ELVIRA, el cual muestra las relaciones entre las variables estudiadas. La Tabla 1 detalla un resumen del modelo de BN obtenido a partir de los 20 conjuntos de datos, el cual expresa las relaciones de dependencias entre las frecuencias, a partir de sus valores de voltaje.

**Tabla 1.** Resumen de los resultados obtenidos mediante BN.

Id	Frecuencia (Hz)	Dependencias	Probabilidad condicional	Amplitud ( $\mu$ V)
1	0.781	2	0.165263749	3.69
2	1.172	3,4	0.930390492	3.32
3	1.563	4,5	0.972927242	2.95
4	1.953	5	0.984347826	2.76
5	2.344	6,36,48	0.989637306	2.61
6	2.7347	7	0.979695431	2.42
7	3.1254	8,9,33,35	0.967632027	2.39
8	3.5161	9,10	0.983164983	2.2
9	3.9068	10,11	0.988013699	2.13
10	4.2975	11,12,13	0.979345955	2.03
11	4.6882	12,31,32	0.994764398	1.9
12	5.0789	13,15	1	1.81
13	5.4696	14,15,16	0.965576592	1.82
14	5.8603	16,17,34	0.97972973	1.66
15	6.251	18,30	1	1.56
16	6.6417	17,19,20	0.936206897	1.63
17	7.0324	18,20,22	0.998165138	1.42
18	7.4231	19	0.989399293	1.27
19	7.8138	21,22,24	0.98568873	1.32
20	8.2045	21	0.98943662	1.16
21	8.5952	18,19	0.987719298	1.18
22	8.9859	23,28	0.987632509	1.19
23	9.3766	24,25	0.992945326	1.16
24	9.7673	25,26	0.968911917	1.21
25	10.158	26,27	0.994708995	1.31
26	10.5487	27	0.975986278	1.38
27	10.9394	28	0.994809689	1.54
28	11.3301	29	0.988950276	1.6
29	11.7208	30	0.962774958	1.59
30	12.1115	31	0.992307692	1.45
31	12.5022	32	0.996138996	1.39
32	12.8929	33	0.992409867	1.06
33	13.2836	34	0.992366412	0.82
34	13.6743	35	0.994594595	0.64
35	14.065	36	0.998161765	0.52
36	14.4557	37,38	0.983082707	0.42
37	14.8464	38,39	0.974619289	0.33
38	15.2371	39,40,41	0.987847222	0.33
39	15.6278	40	0.987826087	0.33
40	16.0185	41,42,43,46,47	0.984320557	0.3
41	16.4092	42	0.989583333	0.28

42	16.7999	43,44,45	0.991304348	0.29
43	17.1906	44	0.994773519	0.26
44	17.5813	45	0.996515679	0.25
45	17.972	45,47	0.987993139	0.25
46	18.3627	48	0.991334489	0.23
47	18.7534	39,44	0.996533795	0.23
48	19.1441		0.998154982	0.12

La BN obtenida muestra patrones de dependencias entre nodos dentro de los intervalos de frecuencias Alfa, Beta, Delta y Theta que sugieren similitud en el comportamiento de los valores de voltaje para cada intervalo, no de los valores en sí; y entre nodos de diferentes intervalos, en menor número, que muestran dependencia entre frecuencias.

La banda Delta se encuentra por debajo de 4 Hz, y la amplitud de las señales Delta disminuye a medida que se envejece. Los ritmos Delta en general sólo se observan en adultos en estado de sueño profundo y son poco frecuentes en adultos en un estado despierto (Kubler *et al.*, 2001). En este intervalo se observan pocas dependencias entre nodos.

Las ondas Theta se encuentran dentro de la gama de 4 a 7 Hz. En un adulto despierto normal sólo una pequeña cantidad de frecuencias Theta se puede grabar, ya que se encuentran en adultos soñolientos, meditación o sueño ligero (Kubler *et al.*, 2001). Las frecuencias Theta han sido asociadas con la concentración meditativa (Anand *et al.*, 1961; Aftanas y Golocheikine, 2001) y una amplia gama de procesos cognitivos como el cálculo mental (Fernández *et al.*, 1995), demandas de la tarea en laberintos (Caplan *et al.*, 2001), o la conciencia (Klimesch *et al.*, 2001). Se observa una mayor cantidad de dependencias de nodos del mismo intervalo de frecuencia y con nodos de la frecuencia Beta.

Los ritmos Alfa se encuentran sobre la región occipital en el cerebro (Jaime, 2005). Estas ondas se observan dentro del intervalo de 8 a 12 Hz. Su amplitud aumenta cuando los ojos se cierran y el cuerpo se relaja y se atenúa cuando se hace el esfuerzo mental y los ojos abiertos (Black, 1972). Estos ritmos reflejan principalmente el procesamiento visual en la región occipital del cerebro y también pueden estar relacionados con la función de memoria (Klimesch, 1997). También hay pruebas de que la actividad Alfa puede estar asociada con un esfuerzo mental, sin embargo, generalmente causa su supresión, en particular de las áreas frontales (Venables y Fairclough, 2009). En consecuencia, estos ritmos pueden ser señales útiles para medir el esfuerzo mental (Pfurtscheller *et al.*, 2006). En este intervalo se observan pocas dependencias entre nodos y ninguna con nodos de otras frecuencias.

Las frecuencias Beta, dentro del rango de 12 a 30 Hz, se registran en las regiones frontal y central del cerebro y están asociadas con actividades motoras. Los ritmos Beta están sincronizados durante el movimiento real o imágenes motoras. Estas ondas se caracterizan por su distribución simétrica cuando no hay actividad motora. Sin embargo, en caso de movimiento activo, las ondas se atenúan, y sus cambios de distribución son simétricos (Pfurtscheller y Neuper, 2001). Se observa una mayor cantidad de dependencias de nodos del mismo intervalo en esta frecuencia.

A partir de los valores de frecuencia y amplitud obtenidos de la BN y presentados en la Tabla 1, se construyó el modelo que se muestra en la Figura 1, el cual muestra los estados más probables de voltaje para cada valor de frecuencia.

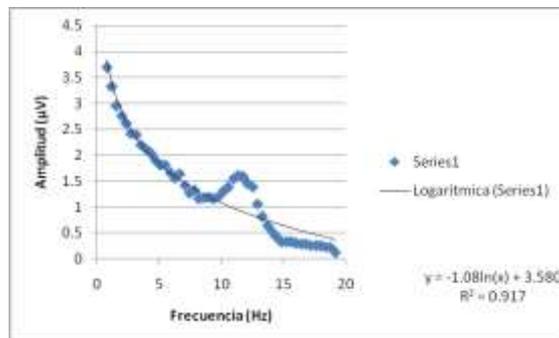


Fig. 1. ---Modelo de BN de las frecuencias para un conjunto de datos EEG.

A partir del modelo BN, se obtuvieron las inferencias. Cada nodo interconectado en la red, presenta un valor de probabilidad condicional el cual cambia en forma encadenada al cambiar los valores de voltaje de cualquier nodo de dicha red. Los valores de voltaje más probables para cada frecuencia, y sus probabilidades condicionales se muestran en la Tabla 1.

El objetivo de la clasificación en un sistema de BCI es el reconocimiento de las intenciones de un usuario en la base de un vector de cierta característica que describe la actividad cerebral, proporcionado por el paso de dicha característica. Cualquiera de los algoritmos de regresión o clasificación se pueden utilizar para lograr este objetivo, pero el uso de algoritmos de clasificación es actualmente el método más popular. Los algoritmos de regresión emplean las características extraídas de las señales de EEG como variables independientes para predecir las intenciones del usuario. En contraste, los algoritmos de clasificación utilizan las características extraídas como variables independientes para definir los límites entre los diferentes objetivos en función del espacio.

## 5. Conclusión

Utilizando un modelo de BN es posible observar y cuantificar las relaciones entre las frecuencias que se expresan en las señales del cerebro, a partir de sus valores de voltaje obtenidos mediante un EEG. El modelo BN muestra que las frecuencias del cerebro dependen unas de otras. Cada nodo interconectado en la red, presenta un valor de probabilidad condicional el cual cambia en forma encadenada al cambiar los valores de voltaje de cualquier nodo de dicha red. En la banda de frecuencias Delta se observan pocas dependencias entre nodos, en las frecuencias Teta, se observa una mayor cantidad de dependencias de nodos del mismo intervalo de frecuencia y con nodos de la frecuencia Beta. En el intervalo Alfa se observan pocas dependencias entre nodos y ninguna con nodos de otras frecuencias, y en la frecuencia Beta se observa una mayor cantidad de dependencias de nodos del mismo intervalo en esta frecuencia. Es necesario continuar trabajos posteriores que determinen las estructuras cerebrales que intervienen en la comunicación de las señales para cada tipo de frecuencias.

## Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la Universidad Tecnológica de Corregidora.

## 6. Referencias

1. Anand, B.K.; Chhina, G.S.; Singh, B. Some aspects of electroencephalographic studies in Yogis. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* **1961**, *13*, 452–456.
2. Aftanas, L.I.; Golocheikine, S.A. Human anterior and frontal midline theta and lower alpha Reflect emotionally positive state and internalized attention: High-resolution EEG investigation of meditation. *Neurosci. Lett.* **2001**, *310*, 57–60.
3. Baillet, S.; Moshier, J.C.; Leahy, R.M. Electromagnetic brain mapping. *IEEE Signal Process. Mag.* **2001**, *18*, 14–30.
4. Black, A.H. The Operant Conditioning of Central Nervous System Electrical Activity. In *Psychology of Learning and Motivation*, Gordon, H.B., Ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 1972; Volume 6, pp. 47–95.
5. Bullier J. Integrated model of visual processing. *Brain Res Rev (Review)* 2001;36:96–107. Correa M, Bielza C, Paimes-Teixeira J, Alique J R, Comparison of Bayesian networks and artificial neural networks for quality detection in a machining process, *Expert Syst Appl*, 36 (3) (2009) 7270.
6. Cabeza R, Nyberg L. Imaging cognition. II. An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J Cogn Neurosci (Review)* 2000;12:1–47.
7. De la torre-Gea G, Soto-Zarazúa G M, Guevara-González R, Rico-García E, Bayesian Networks for defining relations-hips among climate factors, *IJPS*, 6(18) (2011a) 4412.
8. Fernández, T.; Harmony, T.; Rodríguez, M.; Bernal, J.; Silva, J.; Reyes, A.; Marosi, E. EEG activation patterns during the performance of tasks involving different components of mental calculation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* **1995**, *94*, 175–182.
9. Gámez J A, Mateo J L, Puerta J M, Learning Bayesian networks by hill climbing: efficient methods based on progressive restriction of the neighborhood, *Data Min. Knowl. Discov*, 22, (2011) 106.
10. Garrote L, Molina M, Mediero L, Probabilistic Forecasts Using Bayesian Networks Calibrated with Deterministic Rainfall-Runoff Models, in Vasiliev *et al.* edited by Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security (Springer) 2007, 173.
11. Guoliang L, Knowledge Discovery with Bayesian Networks, Ph. D. thesis, National University of Singapore, Singapore, 2009.
12. Hruschka E, Hruschka E, Ebecken N F F, Bayesian networks for imputation in classification Problems, *J Intell Inform Syst*, 29 (2007) 231.
13. Jaime A.P. The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain Res. Rev.* **2005**, *50*, 57–68.
14. Klimesch, W. EEG-alpha rhythms and memory processes. *Int. J. Psychophysiol.* **1997**, *26*, 319–340.
15. Klimesch, W.; Doppelmayr, M.; Yonelinas, A.; Kroll, N.E.A.; Lazzara, M.; Röhm, D.; Gruber, W. Theta synchronization during episodic retrieval: Neural correlates of conscious awareness. *Cogn. Brain. Res.* **2001**, *12*, 33–38.

16. Kübler, A.; Kotchoubey, B.; Kaiser, J.; Wolpaw, J.R.; Birbaumer, N. *Brain-Computer Communication: Unlocking the Locked in*; American Psychological Association: Washington, DC, USA, 2001.
17. Leach, W.M., Jr. Fundamentals of low-noise analog circuit design. *Proc. IEEE* **1994**, *82*, 1515–1538.
18. Mediero O L, Probabilistic forecast flood flows Through Bayesian Networks Applied to a Distributed Hydrological Model, Ph. D. thesis, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain 2007.
19. Mesulam MM. From sensation to cognition (Review). *Brain* 1998;121:1013–52.
20. Pearl J, Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference, edited by Morgan Kaufmann (San Mateo CA, United States) 1988, 64.
21. Pfurtscheller, G.; Neuper, C. Motor imagery and direct brain-computer communication. *Proc. IEEE* **2001**, *89*, 1123–1134.
22. Pfurtscheller, G.; Brunner, C.; Schlögl, A.; Lopes da Silva, F.H. Mu rhythm (de)synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks. *Neuroimage* **2006**, *31*, 153–159.
23. Reyes P, Bayesian networks for setting genetic algorithm parameters used in problems of geometric constraint satisfaction, *Intel. Artificial*, 45 (2010) 5.
24. Venables, L.; Fairclough, S. The influence of performance feedback on goal-setting and mental effort regulation. *Motiv. Emotion* **2009**, *33*, 63–74.
25. Usakli, A.B. Improvement of EEG signal acquisition: An electrical aspect for state of the art of front end. *Comput. Intell. Neurosci.* **2010**, *2010*, 630649.
26. Wang S, Li X, Tang H, Learning Bayesian Networks Structure with Continuous Variables, in Li *et al.*, Lecture Notes edited in Computer Science, Heidelberg (Springer-Verlang) 2006, 448.
27. Wolpaw, J.R. Brain–computer interfaces as new brain output pathways. *J. Physiol.* 2007, *579*, 613–619.



# Diseño de una Arquitectura para la Ludificación de la Actividad Física en Niños

María Cosío<sup>1</sup>, Juan I. Nieto<sup>1</sup>, Mabel Vazquez<sup>1</sup>, Raymundo Buenrostro<sup>2</sup>, Juan A. Guerrero<sup>2</sup>, Carlos A. Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California

<sup>2</sup>Universidad de Colima

<sup>1</sup>{cosio.maria, jnieto, mabel.vazquez}@uabc.edu.mx, <sup>2</sup>{raymundo, antonio\_guerrero, cfcortes}@ucol.mx

**Resumen.** En este trabajo se presenta los resultados del diseño de una arquitectura para la ludificación de la actividad física, el objetivo de esta propuesta es proveer de desarrollos tecnológicos para generar hábitos en niños de realizar actividad física. Para ello se utilizan dos técnicas de la capa de red, el diseño de redes tolerantes al retraso y el concepto de enrutamiento oportunista; así como estándares de comunicación con dos alcances, el primero de muy corta distancia para identificar al individuo que realiza la actividad y otro de alcance mediano para alcanzar a objetos en cobertura que puedan hacer la retransmisión de los datos a internet. Adicional a estas dos técnicas, se propone el uso del concepto de interacciones embebidas para la activación de la acción con los objetos. Se describe también las características de la plataforma de juegos, principal incentivador en el espacio virtual para que los niños realicen la actividad. Se concluye con los escenarios para la simulación de la efectividad del diseño.

**Keywords:** WSN, redes DTN, ludificación, arquitectura.

## 1 Introducción

De las 1,200 millones de personas que tienen problemas de sobrepeso y obesidad en el mundo, 80 millones son mexicanos [1]. La obesidad infantil es actualmente un problema de salud en México, donde más de 4 millones de niños sufren de este problema, ello implica que 1 de cada 5 niños tiene problemas de sobrepeso y las tendencias en los hábitos para la realización de actividades físicas según lo muestran las estadísticas se reducen de forma considerable a través del tiempo [2], [3], [4].

*La organización mundial de salud en su estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud tiene como objetivo general: Orientar a nivel local, nacional e internacional el desarrollo de actividades que, emprendidas conjuntamente, redundaran en mejoras del nivel de los factores de riesgo y reducirán las tasas de morbilidad y mortalidad de la población por enfermedades crónicas relacionadas con el régimen alimentario y la actividad física [1].*

Es en el punto de las políticas o programas que permitan el incremento de las actividades físicas en los menores, que este trabajo propone hacer un aporte en la generación de algoritmos de comunicación, y de registro de las interacciones. La valoración de la actividad física se pretende realizar a través de objetos de uso común con capacidades de adquisición/transmisión de datos.

El problema a resolver es el siguiente: ¿Se puede motivar, usando la tecnología para que los niños realicen actividad física? considerando que los hábitos actuales respecto a las formas de juego se circunscriben a espacios cerrados y baja movilidad; formas que son ampliamente apoyadas por las personas encargadas de sus cuidados, derivado de una problemática como la que describe la Figura 1.



Figura 1. Planteamiento del problema

Para lograrlo se plantea diseñar una arquitectura de comunicaciones, con consciencia de la ubicación y de la fuente de datos (sujeto quien realiza la actividad física). Los nodos que conforman la red, se propone sean objetos que ejecuten tareas de encaminamiento, adquisición/transmisión de datos. Los nodos, pueden o no en conjunto ofrecer una ruta en tiempo real a Internet; la anterior condición debido a restricciones en la conectividad, que pueden existir en el lugar donde se realice la actividad física.

Principales contribuciones en este trabajo son: a) el diseño de una arquitectura de red que permite cuantificar la actividad física, identificar a quien la realiza y la interconexión con plataformas de juegos abiertas; b) una plataforma de juego que usa valores relacionados con el nivel de actividad física como dinero electrónico para activarse.

## 2 Trabajos Relacionados

En la literatura se han publicado varios trabajos relacionados con el control de la obesidad mediante videojuegos. Ejemplo de soluciones tecnológicas son provistas por las grandes compañías como Wii, Kinetic entre otras. En el estado del arte propuestas como la de los autores en [13] llamada Healthy Weight Game!, da seguimiento mediante un avatar de como la persona pierde peso conforme realiza la actividad

física, diferente de la propuesta presentada en este trabajo, existe una consciencia plena de quien lo usa respecto a su deseo de perder de peso, condición que es difícil lograr en menores de edad. En [14] se propone una evaluación del impacto del uso de juegos para generar hábitos en niños entre 10 y 12 años con resultados positivos en el uso de esta clase de propuestas. Una nueva generación de videojuegos llamados Active Video Games (AVG), se estudia en [15] mediante una exploración del estado del arte. Se concluye que son excelentes herramientas pero estos datos tienen una gran desventaja, ya que la mayoría son resultados de estudios de laboratorio, de ahí que lograr el diseño que aquí se propone podría proveer información para la investigación y como lo demuestran los anteriores trabajos citados afectar de forma positiva los hábitos de los niños respecto a la actividad física.

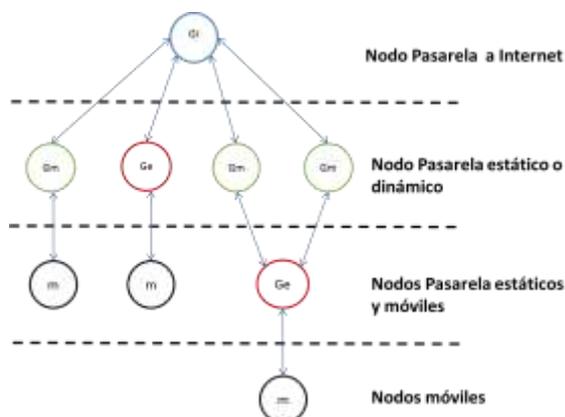
### **3 Descripción de los modelos de la Arquitectura**

Analizando el problema a resolver, se visualiza un escenario con baja conectividad; condiciones con las que debe lidiar la arquitectura que se propone en este trabajo. Esta red tiene las características de una MANET (como acrónimo de Mobile ad hoc network) [5]; redes que pueden generar islas de conectividad local sin acceso a Internet, compuestas por objetos móviles, como bicicletas, material deportivo personal, teléfonos celulares pertenecientes a personas con patrones de traslado bien definidos, hacia zonas que permiten conectividad a Internet. Integrando lo anterior procedemos a describir en la siguiente subsección el modelo de red.

#### **3.1 Modelo de red**

El modelo de red que propone involucra el paradigma del Internet de las Cosas (IoT); este es un paradigma asociado a las comunicaciones inalámbricas. El concepto básico es la presencia pervasiva de objetos o cosas comunes habilitados con tecnología que permite la adquisición y transmisión de información del contexto a Internet. Este paradigma asocia tecnologías de comunicaciones como identificadores de radio frecuencia (RFID), dispositivos de adquisición de datos, actuadores, entre otras. Los objetos usan direcciones únicas para interactuar y cooperar [6]. Con el anterior marco se propone añadir una característica adicional, una jerarquía en la organización de los nodos, que se define considerando la aplicación de los datos [7], las capacidades de conectividad de los objetos y su uso, la estructura se muestra en la Figura 2.

En el nivel inferior de la estructura se ubican los nodos móviles, estos dispositivos una vez que tienen en cobertura a un nodo pasarela, inician a transmitir paquetes para solicitar se registre su interacción con la red. El resto de los niveles están constituidos por dispositivos pasarela, estáticos o móviles, considerando en la jerarquía más alta, el dispositivo pasarela que permite conectividad a Internet, cada uno de los elementos en la arquitectura son descritos en la Tabla 1.



**Figura 2.** Estructura Jerárquica.

**Tabla 1.** Descripción de los nodos considerados en la red.

NODO	DESCRIPCION
Dispositivo Móvil [m]	Dispositivo portado por el usuario final niños entre 6 y 11 años, éste cuenta con un radio de comunicación IEEE 802.15.4, configurado para una cobertura es de 10 a 50 cms. Su tarea es la transmisión de paquetes que incluyen un identificador único. Este intercambio de datos inicia cuando el dispositivo móvil encuentra un nodo pasarela al cual asociarse, su función es la activación de las interacciones embebidas en el dispositivo destino. Este dispositivo no puede interactuar con dispositivos de su nivel jerárquico.
Pasarela estático [Ge]	Dispositivo con dos interfaces de red, IEEE 802.15.4 e IEEE 802.11b. La capacidad de almacenamiento se propone de 512 Bytes. Para la retransmisión de los datos adquiridos se comunica a un dispositivo pasarela estático o móvil con conectividad a Internet o no. Este dispositivo contendrá información de paquetes reenviados y paquetes perdidos debido a la condición de buffer saturado.
Pasarela móvil [Gm]	Estos d son habilitados con dos interfaces, IEEE 802.15.4 e IEEE 802.11b. Con capacidad de almacenamiento de 512 Bytes. Éste almacenará información de la cantidad de dispositivos con conectividad a Internet con los que ha interactuado, paquetes descartados debido a la saturación de pila y paquetes entregados; datos que son enviados de forma continua al servicio administrador de objetos en Internet.
Pasarela a Internet [Gi]	Dispositivo con una interfaz IEEE 802.11b, éste es el máximo nivel dentro de la arquitectura de transmisión de datos, ya que dirige el flujo de datos hasta el servidor de juegos en Internet.

### **3.2 Enrutamiento oportunista**

Como ya se definió, las redes ad-hoc permiten la comunicación entre grupos de dispositivos móviles sin la necesidad de una infraestructura de red preexistente. Una interesante evolución de este tipo de redes, son las redes oportunistas (OppNets); el objetivo de esas redes es habilitar las comunicaciones entre dispositivos donde no existe una conexión End-to-End entre el transmisor y el receptor de forma segura [8]. En estos escenarios los datos deben ser entregados basado en oportunidades de hacer parejas; paradigma considerado para interconectar objetos que requieran realizar transmisiones a Internet [9]. Los requerimientos de transmisión de datos en los dispositivos surgen debido a la interacción entre humanos y los dispositivos del IoT, para generar una reacción en el espacio virtual, ante una interacción física.

### **3.3 Interacciones embebidas**

En [10] los autores definen interacción embebida, como la perfecta integración para la interacción entre los fenómenos tecnológicos y los conceptuales de los artefactos del día a día. Técnicamente, esto requiere que los objetos comunes cuenten propiedades como las que caracterizan a los del paradigma del IoT. Conceptualmente, se requiere que se den interacciones en las tareas del día a día de los usuarios. Adicional a las características antes mencionadas, los objetos pueden tener funcionalidades embebidas, las cuales puedan activarse mediante interacciones que se den con otros objetos en el mismo espacio físico [11]. Con esta filosofía, se propone el uso de objetos comunes, como bicicletas, pelotas, etc. que nos permitan monitorizar la actividad; para convertirla en moneda para la adquisición de tiempo en video juegos.

### **3.4 Modelo de Datos**

En este modelo se cuenta con cuatro hitos en la transferencia de datos: servidor de juegos, sockets de entrada, el Gm y el juguete con interacciones embebidas. El modelo de datos en la arquitectura de monitorización se propone unidireccional, esto significa que no se cuenta con mecanismos que permitan asegurar la recepción de los datos en el destino. Existen dos razones de este diseño, la primera es una fuente de datos de bajo costo (dispositivo portado por los niños), por lo tanto no se contempla gran capacidad de almacenamiento. La segunda asociada a las características del modelo de red; DTN (Delay-tolerant Networking) [12], usando enrutamiento oportunista [8] para la transmisión de datos entre objetos.

En el servidor de juegos se propone utilizar el diseño de base de datos mostrado en la Figura 3; en este diseño se consideran dos tipos de objetos, los reales y los virtuales; los primeros se refieren a los objetos con los cuales los niños realicen la actividad física y los segundos son aquellos que existen en la plataforma de juegos, que se



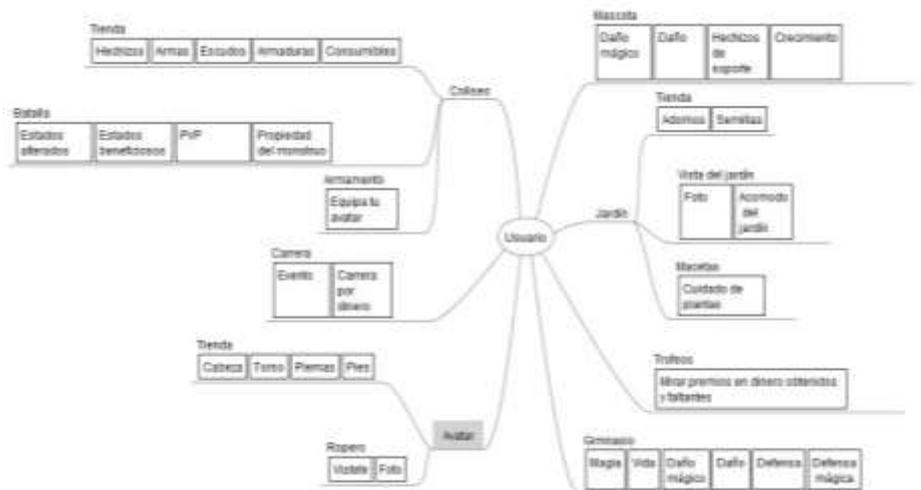


Figura 4. Mapa mental del diseño de la plataforma de juegos

Para definir lo anterior se visitaron dos escuelas y dos parques, ambas escuelas de la zona urbana; respecto a los parques uno de ellos era en la zona rural. En una de las escuelas se observó en una mañana como los alumnos se distribuían en las áreas comunes durante su tiempo de descanso y algunas actividades programadas durante una clase de educación física. Derivado de estas observaciones se proponen tres escenarios: (a) Cancha de baloncesto, (b) El área de juegos fijos como resbaladillas, columpios y pasamanos, (c) áreas de jardines y finalmente (d) área de asta bandera que permite el juego libre

Adicional a esta información se preguntó por la conectividad a Internet, la escuela si contaba con ese acceso pero solo en tres aulas cercanas a la dirección. En estas aulas se imparten clases a alumnos de 5to. y 6to. año; la tercer aula es donde se ubican las oficinas de la dirección, con lo cual constatamos las condiciones de conectividad limitadas. Con esta información preliminar se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales de la arquitectura de comunicaciones, información que sirvió de insumo para el diseño de los escenarios de simulación y los algoritmos.

## 6 Conclusiones

En este trabajo presentamos la propuesta de una arquitectura que permita la ludificación de la actividad física en niños. Este trabajo plasma el diseño completo de la *arquitectura de ludificación* que se refleja en la definición de las entidades funcionales, los protocolo de comunicación y de interacción entre los objetos y los

individuos, esto último con el objetivo de cerrar el ciclo para relacionar la actividad física y los videos juegos. Se concluye este documento con las consideraciones iniciales para el escenario de evaluación del modelo de red. Dejándose como trabajo a futuro las tareas de simulación, diseño de dispositivos y la implementación de los protocolos en dichos dispositivos.

## Referencias

1. WHO: Guía para incrementar los niveles de actividad física. (2008)
2. Hospital Infantil de México Federico Gomez Dr. Marquez No.162, Col. Doctores, Delegación: Cuauhtémoc México D.F. C.P 06720 - Tel. 5228 9917: (GUIA DEL ABORDAJE DIAGNOSTICO Y DE MANEJO DE LA OBESIDAD INFANTIL)
3. Quezada, J.P.A.: El reto de la obesidad infantil en México. Centro de Centro de Sociales y de Opinión pública (2012)
4. de Salud pública, I.N.: Encuesta nacional de salud y nutrición 2012, resultados nacionales. Technical report, Secretaria de Salud (2012)
5. Awerbuch, B., Holmer, D., Rubens, H.: The medium time metric: High throughput route selection in multi-rate ad hoc wireless networks. *Mob. Netw. Appl.* 11 (2006) 253–266
6. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G.: The internet of things: A survey. *Comput. Netw.* 54 (2010) 2787–2805
7. Psaras, I., Wood, L., Tafazolli, R.: Delay-disruption-tolerant networking: State of the art and future challenges, Center for Communication Systems Research (CCSR), Dept. of El. Eng., University of Surrey Guildford, GU2 7XH, Surrey, UK Surrey, England (2009)
8. Karamshuk, D., Boldrini, C., Conti, M., Passarella, A.: Human mobility models for opportunistic networks. *Communications Magazine, IEEE* 49 (2011) 157–165
9. Daly, E.M., Haahr, M.: Social network analysis for routing in disconnected delay-tolerant manets. In: *Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. MobiHoc '07*, New York, NY, USA, ACM (2007) 32–40
10. Kranz, M., Holleis, P., Schmidt, A.: Embedded interaction: Interacting with the internet of things. *Internet Computing, IEEE* 14 (2010) 46–53
11. Guo, B., Zhang, D., Yu, Z., Liang, Y., Wang, Z., Zhou, X.: From the internet of things to embedded intelligence. *World Wide Web* 16 (2013) 399–420
12. Massri, K., Vernata, A., Vitaletti, A.: Routing protocols for delay tolerant networks: A quantitative evaluation. In: *Proceedings of the 7th ACM Workshop on Performance Monitoring and Measurement of Heterogeneous Wireless and Wired Networks. PM2HW2N '12*, New York, NY, USA, ACM (2012) 107–114
13. Lentelink, S.J.; Spil, A.A.M.; Broens, T.; Hermens, H.J.; Jones, V.M., "Healthy weight game!: Lose weight together," *Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2013 IEEE 2nd International Conference on , vol., no., pp.1,8, 2-3 May 2013  
doi: 10.1109/SeGAH.2013.6665311.
14. do Carmo, Joao; Goncalves, Ricardo; Batalau, Rui; Guilherme, Jose; Palmeira, Antonio L., "Active video games in schools to enhance children's physical activity," *Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2013 IEEE 2nd International Conference on , vol., no., pp.1,4, 2-3 May 2013, doi: 10.1109/SeGAH.2013.6665320
15. do Carmo, Joao; Goncalves, Ricardo; Batalau, Rui; Palmeira, Antonio L., "Active Video Games and Physical Activity in overweight children and adolescents," *Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2013 IEEE 2nd International Conference on , vol., no., pp.1,5, 2-3 May 2013 doi: 10.1109/SeGAH.2013.6665323

## Reviewing Committee

### Comité de revisión

Ricardo Acosta Díaz  
Francisco Álvarez  
Omar Álvarez Cárdenas  
María Andrade-Aréchiga  
María Eugenia Cabello  
César Cárdenas  
Joaquín Carrillo  
Víctor H. Castillo  
Luis Castro  
Juan José Contreras Castillo  
Pedro Damián-Reyes  
Alfredo De La Mora  
Karina Figueroa  
Gerardo Fuentes

Juan Manuel González Calleros  
José A. González-Fraga  
Juan Antonio Guerrero Ibáñez  
Román Herrera  
Osval Montesinos  
Leonel Vinicio Morales Díaz  
JRG Pulido  
Juan Manuel Ramírez Alcaraz  
Erika Margarita Ramos Michel  
Oscar M. Rodríguez-Elías  
M. C. Romero-Ternero  
Sara Sandoval Carrillo  
Pedro César Santana Mancilla  
Andrei Tchernykh



Impreso en los Talleres Gráficos  
de la Dirección de Publicaciones  
del Instituto Politécnico Nacional  
Tresguerras 27, Centro Histórico, México, D.F.  
septiembre de 2014  
Printing 500 / Edición 500 ejemplares

