

# INCISCOS

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
INFORMATION SYSTEMS AND  
COMPUTER SCIENCE**

23 - 25 de noviembre de 2017

## LIBRO DE ACTAS

- Conferencias magistrales
- Sesión de pósteres

ISBN: 978-9978-389-46-1



9 789978 389461 1

# INCISCOS 2017

## Libro de Actas

2<sup>nd</sup> International Conference on Information Systems and Computer  
Science

Quito – Ecuador

November 23 – 25, 2017

**Organiza:**

Universidad Tecnológica Equinoccial  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias

**Sitio web:**

[ingenieria.ute.edu.ec/inciscos](http://ingenieria.ute.edu.ec/inciscos)

## Autoridades

- Ricardo Hidalgo Ottolenghi - Rector, Universidad Tecnológica Equinoccial
- Juan Eduardo Bravo - Decano Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Universidad Tecnológica Equinoccial
- Carlota Moreno - Subdecana Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Universidad Tecnológica Equinoccial

## Comité organizador

- Sergio Luján - Universidad de Alicante, España
- Oswaldo Moscoso - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Luis Terán - University of Fribourg (UniFR), Suiza
- R.S. Nithin - IEEE Kerala Section, India
- Giancarlo Agostini - IAEN Instituto de Altos Estudios Nacionales, Ecuador
- Diego Ordóñez - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Joel Paredes - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Estevan Gómez - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Esteban Inga - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Vladimir Bonilla - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Rodrigo Proaño - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Daniel Mideros - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

## Comité Científico INCISCOS 2017

- Steve Shih - Governor State University Chicago, USA
- Jens Lechtenböcker - Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Alemania
- Malumbo Chipofya - Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Alemania
- Litvin Anatoly Vitalyevich - Universidad Técnica Estatal del Don, Rusia
- Claude Tadonki - MINES ParisTech, Francia
- Hugo Meyer - University of Amsterdam, Países Bajos
- Rita Ismailova - Kyrgyz Turkish Manas University, Kirguistán
- Marek Milosz - Politechnika Lubelska, Polonia
- Andrea Marino - Università di Pisa, Italia
- Jorge Azorin-Lopez - Universidad de Alicante, España
- Sergio Luján - Universidad de Alicante, España
- Santiago Meliá Beigbeder - Universidad de Alicante, España
- Cristina Cachero Castro - Universidad de Alicante, España
- José Maestre Torreblanca - Universidad de Sevilla, España
- Silvia Berenice Fajardo - Universidad de Colima, México
- Pedro Damián Reyes - Universidad de Colima, México
- Erika Ramos Michel - Universidad de Colima, México
- Ricardo Acosta Díaz - Universidad de Colima, México
- María Andrade - Universidad de Colima, México
- Pablo Vera - Universidad Nacional de la Plata, Argentina
- Rocío Rodríguez - Universidad Nacional de la Plata, Argentina
- Agustina Bucella - Universidad Nacional del Comahue, Argentina
- Alejandra Cechich - Universidad Nacional del Comahue, Argentina
- Yezid Donoso - Universidad de los Andes, Colombia
- Karina Rosas - Universidad Católica de Santa María, Perú

- Sang Guun Yoo - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- Vicente Merchán - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- Giovanni Ninahualpa - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- Fernando Solis - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- Diego Pinto - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- Andrés Cueva - Yachay EP, Ecuador
- Edison Mora - Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
- Carlos Monsalve - Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador
- Danilo Chávez - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Andrés Larco - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- María Hallo - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Sandra Sánchez - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Tania Calle - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Rosa Navarrete - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Juan Pablo Zaldumbide - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Carlos Montenegro - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Raúl Córdova - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- María Pérez - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Jaime Cepeda - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Tania Acosta - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Marco Santórum - Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Jairo Navarro - Universidad Central del Ecuador, Ecuador
- Jonathan Carrillo - Universidad de las Américas, Ecuador
- Ángel Jaramillo - Universidad de las Américas, Ecuador
- Diego Buenaño - Universidad de las Américas, Ecuador
- Luis Salvador - Universidad de las Américas, Ecuador
- Patricia Acosta - Universidad de las Américas, Ecuador
- Santiago Criollo - Universidad de las Américas, Ecuador
- William Villegas - Universidad de las Américas, Ecuador
- Esteban Inga - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Leony Ortiz - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Juan Inga - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Jaime Cepeda - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Edwin García - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Alexander Águila - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Diego Carrión - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Wilson Pavón - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Alex Valenzuela - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Andrés Ortega - Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Esteban Crespo - Universidad del Azuay, Ecuador
- Mariela Tapia - Universidad de Guayaquil, Ecuador
- Paúl Pullas Tapia - Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
- Diana Martínez - Universidad Israel, Ecuador
- Joe Carrión - Universidad Israel, Ecuador
- Cecilia Jaramillo - Universidad Israel, Ecuador
- Oswaldo Moscoso - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Diego Ordóñez - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Daniel Mideros - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

- Vladimir Bonilla - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Rodrigo Proaño - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Ciro Saguay - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Bolívar Jácome - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Hugo Gálvez - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Fanny Sandoval - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Nelson Herrera - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Wilson Guerrero - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Gabriel Pazmiño - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Héctor Ávalos - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Pablo Saá - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Fausto Freire - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Jaby Armas - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Jenny Jácome - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Guillermo Mosquera - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Aníbal Mantilla - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Javier Vivanco - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Freddy Álvarez - Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

# Contenido

<b>Charlas magistrales .....</b>	<b>7</b>
Modeling and Simulation of Complex Systems .....	8
<i>Hugo Daniel Meyer</i>	
Modeling and Simulation of controllable locomotion of exoskeleton.....	9
<i>Sergey Yatsun</i>	
Ciudades y Redes Eléctricas Inteligentes .....	10
<i>Esteban Inga Ortega</i>	
Practical issues in tele-assistance .....	11
<i>Yves Rybarczyk</i>	
Simulación y control de robots con ROS.....	12
<i>Fausto Freire Carrera</i>	
Recursos Educativos Abiertos .....	13
<i>Rosa Navarrete</i>	
 <b>Sesión de pósteres .....</b>	 <b>14</b>
Artificial Neural Nets in Electromagnetic Positioning Systems.....	15
Biomechatronic approach to automated rehabilitation of trauma and orthopedic surgery patients .....	19
Adequacy of X10-IR home automation systems in the home .....	22
Safety device for motorcycles using SMS and GPRS .....	26
Desarrollo de software en Ingeniería Dirigida por Modelos .....	30
Método para pruebas de vulnerabilidades en redes IPv6.....	34

# Charlas Magistrales

# *Modeling and Simulation of Complex Systems*

## *Emerging Computer and Network Architectures*

Hugo Daniel Meyer  
System and Network Engineering Lab  
University of Amsterdam  
Amsterdam, The Netherlands  
h.d.meyer@uva.nl

**Abstract** — Next generation computer architectures will likely be based on the emerging paradigm of disaggregated function-blocks-as-a unit departing from the current state of mainboard as-a-unit. Multiple functional blocks or bricks such as compute, memory and peripheral will be spread through the entire system and interconnected together via high speed networks. When designing and developing such complex systems, pure analytical or experimental techniques are not sufficient or very costly. For these reasons, system architecture modeling and simulation techniques are preferred, since they allow to easily perform design space exploration, *what-if* analysis and evaluation of Key Performance Indicators (KPI). In this talk we will discuss two emerging highly related architectures: Disaggregated Computer Architectures and Fully-Optical Switching Networks. An analysis of the performance impact produced by such architectures in HPC applications is shown, together with techniques and algorithms to make efficient use of these systems. Regarding Disaggregated Computer Architectures, a model to represent and analyze memory disaggregation and a queuing-based full system simulator to analyze applications performance in disaggregated systems rapidly and accurately are presented. In the specific case of Fully-Optical Switching Networks, a network simulator together with techniques based on mapping of application processes to servers are presented. Such techniques focus on reducing the number of simultaneous packets in the network (Concurrency) and therefore, significantly reduce the number of packet collisions which leads to a decrease in the needed resources. For both use cases, the next phases are deeply described: application tracing, modeling, simulation, and validation.

### **BRIEF BIOGRAPHY**

Hugo Meyer is a research scientist at the University of Amsterdam (UvA) since June 2017. In 2011 he received his Master degree in High Performance Computing and in 2014 he received his Ph.D. degree in High Performance Computing with the highest honors, both degrees from the Universitat Autònoma de Barcelona. In 2016 he received the Extraordinary Doctorate Award from the Universitat Autònoma de Barcelona. This award is granted to thesis' authors that have received the qualification of excellence "Cum Laude" (Highest mark in Spain) and which stand out for their contribution and advance in the different areas of the university. Dr. Meyer's Ph.D. thesis focused on the development and optimization of fault tolerance techniques for HPC applications. During his research internship at the Institute of Computer Science of the University of Innsbruck (2013-2014), he worked on prediction of execution time of scientific workflows in the Cloud, using machine learning techniques. In the Barcelona Supercomputing Center (BSC), he has worked on Modeling and

Simulation of Optical Networks and its components, disaggregated computing, system level simulation, IoT, Fog computing, among others. In the UvA, Dr. Meyer's main research focuses on run-time monitoring, analysis and simulation of extra-functional behavior (EFB) of complex, networked real-time computer systems. He is currently part of the iDAPT project which proposes to model and simulate the complex systems at a high level of abstraction, and perform run-time monitoring in the context of the dozens of computers and hundreds of software processes. Other fields that he has also worked on include: Bio-inspired optimization techniques, parallel code analysis and optimization, stock market simulation, software engineering, among others. Results of his work has been published in top-level journals such as the Future Generation Computer Systems Journal (FGCS) and the Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC). During his researcher career, he has published more than 15 scientific papers in well-ranked international journals and conferences.

# *Modeling and Simulation of controllable locomotion of exoskeleton*

Sergey Yatsun

South West State University Kursk

Kursk, Russia

teormeh@inbox.ru

**Abstract** — Nowadays there are tens of millions of people who live with the injuries of the musculoskeletal system. It is often, but not always, possible to restore the function of musculoskeletal system with special training devices. One of the ways to restore walking ability to the patient is based on the use of lower limb exoskeleton, which allow the user to perform complicated motions, such as verticalization, walking and others.

The development of devices that allow the user who is suffering from dysfunction of musculoskeletal system to move is being done in USA, Japan, South Korea, Germany, Russia, and other countries. While the attempts to create exoskeletons had been made for a long time only relatively recently there had been a progress in creating vertically stable prototypes. One of the main design issues is ensuring the vertical balance of the system. Because of this issue the development of lower limb exoskeletons needs to be based on theoretical studies of the vertical balancing problem and on walking simulation results.

Now there are two different types of exoskeletons that gain prominence. First type represents combined motion scheme, where the vertical balance is achieved using crutches help by the exoskeleton's user. Examples of such devices are Ekso Bionics, ReWalk, ExoAtlet and others, developed and produced by laboratories and commercial companies. This motion type requires the user to be well trained, having developed shoulder and arm muscles, thus limiting the number of patients who can use it. It also impedes the walking comfort. The second type of exoskeletons is different as there the exoskeleton itself allows the system to remain vertically balanced, without requirement for the user to play any active role in the motion. Therefore, this type of exoskeleton does not require the use of crutches. Such devices have been developed by Rex Bionics and at the Robotics and Mechatronics lab at Southwest State University, where ExoLite lower limb exoskeleton had been developed. These two devices allow the user to walk comfortably without crutches. In this paper the patterns of support reaction is largely determined by the functional state of the lower limb muscles and the innervations of the gait with accordance extremely important to determine the position of the center of mass of a person relative to the foot as a supporting element are investigated.

## **BRIEF BIOGRAPHY**

Sergey F. Yatsun was born in 1953 in the city of Liepaja, Latvia, in 1975 graduated Dnepropetrovsk Mining Institute, Ukraine, "Mining machines and systems". In 1979 he defended PhD thesis in the Technical University of Miskolc (Hungary), in 1982 he was awarded the rank of assistant professor, in 1990 prepared and defended his doctoral dissertation (Riga Technical University, Latvia). Since 1980 worked as Lecturer, Senior Lecturer, Associate Professor, and since 1989 as Head of the Department "Theoretical Mechanics" of Kursk State Technical University (now South-West State University). In 1992 he was awarded the title of professor. In 2000 he was a trainee in the United States under the program "Business in Russia", in 2001 opened new educational course in a field of "Mechatronics and Robotics". In

2005, for professional excellence and years of diligent work was awarded the title "Honored Scientist of the Russian Federation." Sergey Yatsun maintains close scientific contacts with French, German, Italian scientists. Has participates in different international conferences in USA, UK, Germany, Hong Kong, Italy, Spain, Japan, Belgium, Hungary, China. The scientific interests of Professor Yatsun are "Vibrating machines and technology", "Automatic Control Theory", "Mechatronics", "Robotics." Professor Yatsun is the author of 12 books and over 500 scientific papers. He obtained more than 130 patents. Nowadays Professor Yatsun is Head of Mechanics, Mechatronics and Robotics department in SWSU (Kursk, Russia). He is created a scientific school, prepared more than 45 PhD's and 2 Doctors of Sciences.

# *Ciudades y Redes Eléctricas Inteligentes*

Esteban Inga Ortega

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Electricidad.

Quito, Ecuador

einga@ups.edu.ec

**Resumen** — En la actualidad los requerimientos de planeación y dimensionamiento de los recursos tecnológicos son de particular interés para el despliegue de ciudades y redes eléctricas inteligentes. Las áreas que avizoran y requieren innovación están relacionadas a planeación urbana, optimización, minería de datos, arquitectura de software, eficiencia energética, planeación y expansión de las redes de comunicaciones, economía y marketing urbano, ingeniería de tráfico, urbanismo y confort térmico, planeación y expansión de las redes eléctricas, medición de la inteligencia y sostenibilidad urbana, para lo cual se requiere un mayor empoderamiento de los investigadores en estas temáticas.

Pero entonces, el reto se encuentra en la innovación y en la destreza de realizar sociedades para transferencia de tecnología que permitan el ingreso de propuestas maduras con el objetivo único de mejorar los servicios urbanos y suburbanos de la sociedad que nos rodea.

Es así, que la importancia en desplegar una red de comunicaciones dedicada a tareas específicas como lo es medición inteligente requiere ser eficiente y confiable cuando obtiene la información del consumo de energía eléctrica de sus diferentes tipos de consumidores como: residenciales, comerciales e industriales.

Esta red de comunicaciones deberá ser capaz de cubrir a los usuarios del sistema eléctrico para lograr la conectividad entre las empresas de distribución y los consumidores.

## **BIOGRAFÍA**

Esteban Inga es investigador científico en la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito, desde el año 2011. En el año 2001 se gradúa de Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. En el año 2008 recibió su Maestría en Educación y Desarrollo Social por la Universidad Tecnológica Equinoccial, a inicio del año 2017 recibe su grado de Magíster en Ingeniería por la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín – Colombia y en el mes de Noviembre de 2017 obtiene su grado de PhD de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín – Colombia con mención de honor Magna Cum Laude otorgado cuando la tesis supera las expectativas de lo planteado en el proyecto, por concepto unánime de los jurados, y se demuestra producción científica.

La tesis del PhD Esteban Inga se centró en un modelo de planeación óptima para despliegue de redes inalámbricas heterogéneas en la infraestructura de medición avanzada requerida por una red eléctrica inteligente.

Es coordinador del grupo de investigaciones en redes eléctricas inteligentes de la Universidad Politécnica Salesiana, donde ha

trabajado en investigaciones relacionadas a teoría de grados y el despliegue de redes de comunicaciones y redes de distribución eléctrica bajo consideraciones de optimalidad. Ha trabajado en métodos para reconstrucción de la curva de carga residencial usando sensado comprimido.

Actualmente desarrolla un modelo para planeación y despliegue de redes soterradas para distribución eléctrica en entornos georeferenciados.

Los resultados de su trabajo has sido publicados en revistas de alto impacto como: *Journal of Optical Communications and Networking*, *IEEE Wireless Communications*, *Elsevier Computer Networks*, *IEEE Latin America Transactions*. Durante su carrera como investigador, ha publicado más de 35 artículos científicos en revistas y publicaciones indexadas.

Miembro activo de IEEE e investigador acreditado en el Senescyt. Anualmente desarrolla seminarios de escritura científica y técnicas de investigación orientada a incrementar la visibilidad e impacto de la producción científica de investigadores de varias Universidades Nacionales e Internacionales.

# *Practical issues in tele-assistance*

## *Motor and cognitive considerations*

Yves Rybarczyk<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Intelligent & Interactive Systems Lab (SI<sup>2</sup> Lab)

Universidad de Las Américas, Quito, Ecuador

<sup>2</sup>CTS/UNINOVA, Department of Electrical Engineering

Nova University of Lisbon, Lisboa, Portugal

y.rybarczyk@fct.unl.pt

**Abstract** — The keynote presents several tele-assistive projects that aim to restore the autonomy of permanently or temporally impaired people. The first part of the presentation exposes the concepts of telepresence and ownership in the context of a telerobotic solution to compensate the loss of mobility in physically disabled individuals. The second part of the talk addresses key issues in the development of tele-rehabilitation systems to promote the recovery of both, cognitive and motor injuries.

**PART ONE: TELEROBOTICS** – This topic tackles the limitations of the Human-Machine Interaction in a remote-control situation of a technological device. Solutions are provided to enhance the cooperation between a telerobot and a human operator, such as: (i) modelling of determined human physical characteristics and behaviors; and (ii) implementation of these models into an arm-mounted mobile platform. This anthropocentric approach is applied in the morphologic and functional design of the robot. An example of this human-like method is also presented for an application that consists of implementing natural kinematic properties of the biological motor program, to improve the steering control of a teleoperated mobile vehicle. This work is closely related to the concepts of telepresence and ownership, which are explained through a study on the interaction between the human beings and their avatars in a virtual environment.

**PART TWO: TELEREHABILITATION** – Two projects for the rehabilitation of cognitive disabilities and motor limitations are presented. In terms of cognition, a software application and a Web-based platform composed with linguistic exercises are described for the re-education of aphasic patients. Another tele-rehabilitation platform is exposed as a case study to stimulate physical activities in patients with hip prosthesis, and includes an automatic assessment of the performed therapeutic movements. On one hand, the tele-rehabilitation systems are justified by the fact that they allow patients to execute a large quantity and variability of exercises, which increases the chance and rapidity of the recovery process. On the other hand, these computational technologies involve an empowerment of the disabled person, who becomes a central stakeholder of the healthcare system.

### **BRIEF BIOGRAPHY**

Yves Rybarczyk holds a position as permanent Professor and head of the Intelligent & Interactive Systems Lab (SI<sup>2</sup> Lab) of the Universidad de Las Américas (UDLA, Ecuador). From 2007 to 2015, he was Assistant Professor in the Faculty of Sciences and Technology at the Nova University of Lisbon (FCT-UNL, Portugal). In 2004, he received a PhD degree in Robotics from the University of Evry (UEVE, France). His teaching and

research activities focus on Human-Computer Interaction, Artificial Intelligence, Models and Simulation. He has participated in several projects in the field of the modelling of complex systems (e.g., prediction of environmental phenomena) and the development of interactive systems (e.g., assistive and rehabilitation technologies). He was involved in many national and international funded projects (four of them as coordinator) and he is the author of over 50 scientific papers and book chapters.

# *Simulación y control de robots con ROS*

Fausto Freire Carrera

Centro de Investigación de Mecatrónica  
Universidad Tecnológica Equinoccial, UTE  
Quito, Ecuador  
ffreire@ute.edu.ec

**Resumen** — Robot Operating System (ROS) fue creado por el instituto de investigación Willow Garage en 2007 bajo licencia BSD, es el software con mayor aceptación para la programación de robots, su utilización se ha extendido considerablemente convirtiéndose prácticamente en un estándar mundial.

ROS es una plataforma software (framework) de programación de robots Open Source, se compone de un conjunto de librerías de programación, aplicaciones, drivers y herramientas de visualización, monitorización, simulación y análisis, todas reutilizables para el desarrollo de nuevas aplicaciones para robots tanto simulados como reales.

Define una arquitectura distribuida para crear software complejo para robots, de una forma eficiente y robusta. Con ROS se pueden desarrollar software para la mayor parte de los robots existentes (Nao y Pepper, PR2, Baxter, Kobuki, Turtlebot, AR-Drone, Lego NXT, Bebop Drone, RB-1), así como poder usar cualquier sensor (LIDAR, cámaras, Sensores RGB-D) o actuadores, como brazos robóticos.

ROS, tiene soporte para otras plataformas de software abiertas ya existentes como OpenCV, Player/Stage, Gazebo, Orocos/KDL y otros, además proporciona servicios estándares propios de un sistema operativo, por ello recibe la denominación de Meta-Sistema Operativo.

## **BIOGRAFÍA**

En 1995 se gradúa como Ingeniero en Sistemas Computacionales y Máster en Ciencias de Ingeniería en la Universidad Técnica Estatal de Kursk de la Federación de Rusia.

En 2001, obtiene los títulos de Máster en Tecnologías de la Información para la Fabricación y Especialista en Robótica en la Universidad Politécnica de Madrid de España, Departamento de Sistemas Inteligentes Aplicados.

En 2007, obtienen el Título: PhD en Dinámica, Resistencia, Aparatos y Dispositivos por la Universidad Técnica Estatal de Kursk de

la Federación de Rusia, en la Facultad de Mecánica Teórica y Mecatrónica.

Docente en varias universidades como: Escuela Politécnica Nacional, Universidad Técnica de Ambato, Universidad Politécnica Salesiana, Universidad Estatal de Bolívar.

En la actualidad Docente de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

Las áreas de interés son: Modelación y Simulación Matemática, Control Automático, Dinámica, Robótica Móvil, Inteligencia Artificial, Sistemas Distribuidos, Telemática, Lenguajes de Programación.

# *Recursos Educativos Abiertos*

## *Para una educación de calidad inclusiva y equitativa*

Rosa Navarrete

Escuela Politécnica Nacional

Quito, Ecuador

rosa.navarrete@epn.edu.ec

**Resumen** — Los Recursos Educativos Abiertos (REA) se han constituido en la alternativa prevalente para la difusión del conocimiento y el acceso a oportunidades de aprendizaje para todas las personas, sin restricciones derivadas de condiciones de origen, culturales económicas o etarias. Según la definición aceptada por la UNESCO en 2002, los REA son materiales de enseñanza, aprendizaje o investigación disponibles en el dominio público o que han sido publicados bajo una licencia abierta para permitir su libre uso, adaptación y distribución. En esta charla se presentan los acuerdos alcanzados en el Segundo Congreso Mundial de REA, reunido en Ljubljana, Slovenia en septiembre de 2017, conducentes a usar los REA como soporte fundamental al cumplimiento del Objetivo 4 de la Agenda 2030 para el Desarrollo sostenible adoptada por las Naciones Unidas. Este objetivo convoca a la comunidad internacional a “garantizar una educación de calidad, inclusiva y equitativa y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos”. Además, se analizan los resultados de las seis consultas regionales y la consulta global sobre REA, que fueron consideradas como base para las deliberaciones en el Congreso, así como los resultados más importantes alcanzados en los grupos de trabajo reunidos en el seno del Congreso. La charla apunta a concitar el interés de los miembros de la comunidad académica sobre el uso de los REA para democratizar el acceso a la educación, sobre todo en Ecuador, en donde, no obstante que el Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 se alinea a la Agenda 2030 y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, aún no se ha involucrado a los REA en el logro del objetivo referente a educación.

### **BIOGRAFÍA**

Rosa Navarrete es Doctora en Informática por la Universidad de Alicante (Alicante, España) y Magister en Gestión de comunicaciones y tecnologías de la información por la Escuela Politécnica Nacional (Quito, Ecuador). Es profesora principal en el Departamento de Informática y Ciencias de la Computación de la Escuela Politécnica Nacional desde 1994.

Se ha desempeñado como autoridad académica en varias instancias institucionales. Ha liderado proyectos de acreditación académica e implantación de nuevas carreras de pregrado y programas de maestría en varias universidades del país. Ha ejercido la docencia universitaria por más de veinte años, en carreras de pregrado en el área de ingeniería de sistemas y computación, en programas de maestría en el área de tecnologías de información, gerencia de recursos informáticos, comercio electrónico e informática educativa. Sus intereses de investigación se inscriben en la Interacción

Humano-Computador, accesibilidad web y experiencia de usuario, los Recursos Educativos Abiertos inclusivos y la web semántica.

Actualmente, coordina el Grupo de investigación sobre Computación Centrada en el Humano (GI-CCH) en el Departamento de Informática y Ciencias de la Computación. Ha dirigido y participado en varios proyectos de investigación sobre accesibilidad web, recursos educativos abiertos inclusivos, estándares de metadatos para recursos accesibles, análisis de mercado embebido en corpus web de gran escala, entre otros. Recientemente, fue invitada por UNESCO para participar con su ponencia sobre Recursos Educativos Abiertos inclusivos, en el 2nd OER World Congress, reunido en Ljubljana, Slovenia, del 18 al 20 de septiembre de 2017.

Ha publicado más de veinte artículos en congresos internacionales y revistas indexadas con relación a este tópico.

# **Sesión de pósteres**

# Artificial Neural Nets in Electromagnetic Positioning Systems

Evgeniy Lukianov, Viacheslav Semenov, Alexey Dolgikh

Robotics and Mechatronics department.

Don State Technical University

Rostov-on-Don, Russia

vsemenov@donstu.ru

**Abstract**— Today, local positioning systems are rapidly developing, and electromagnetic positioning systems (EMPS) are the most promising and poorly researched representative of them.

The article discusses the prospects and practice of using artificial neural networks (ANN) in EMPS within the scope of the problems of choosing or creating an algorithm that converts a set of measured values of the induction of receivers in the spatial coordinates of the transmitter. A number of advantages of using ANN are presented before the existing numerical and analytical approaches to the solution of positioning problems.

An example of creation and training of ANN for a certain configuration of the system is considered. The results of modeling are analyzed. A conclusion is given on the significant resolution of the intellectual approach before any other methods with respect to EMS.

**Keywords**—EMF, artificial neural network, electromagnetic positioning system, motion tracking, intellectual approach, analytical approach.

## I. INTRODUCTION

Today, the local positioning systems are rapidly developing, allowing determining the spatial position and / or orientation of an object in a confined space with a high accuracy in comparison with GPS. Electromagnetic positioning systems (EMPS) are the most promising in this area. They are already used in science, medicine, manufacturing, and many other areas.

EMPS operate on the basis of Faraday's law of electromagnetic induction: the determination of the distance-orientation of a source of an alternating electromagnetic field is possible due to the presence of a relationship between the EMF induced by this field in several receivers and their distance-orientation relative to the source [1]. Consider the following problem of electromagnetic positioning for the design scheme shown in Fig. 1:

We have:

- Source of the deterministic alternating electromagnetic field (transmitter).
- Array of receiving inductors (receivers) with deterministic parameters.

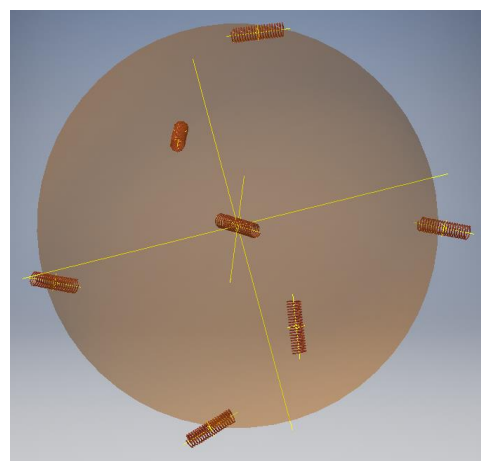


Fig. 1. The design scheme of the location of the receiver coils (around the periphery of the sphere) and the coil of the transmitter (in the center)

- The law of the changing of EMF in the receiver with a change in its distance and orientation relative to the transmitter.
- Mutual arrangement of receivers in space.
- Amplitude of EMF in receivers.

Need to find:

- Linear ( $x$ ;  $y$ ;  $z$ ) and angular (roll, pitch) transmitter coordinates in soft real-time mode.

The processes of creating, transmitting, converting information and signals are simplified by Fig. 2, and the transition from the measured values of the amplitude of the EMF induction  $E$  to the values of the mutual inductance  $M$  is as in Fig. 3[2].

## II. MAIN PART

The problem of selecting or creating the optimal in timing and accuracy algorithm for calculating the position of the emitter is the most discussed topic in the field of EMF today. In modern

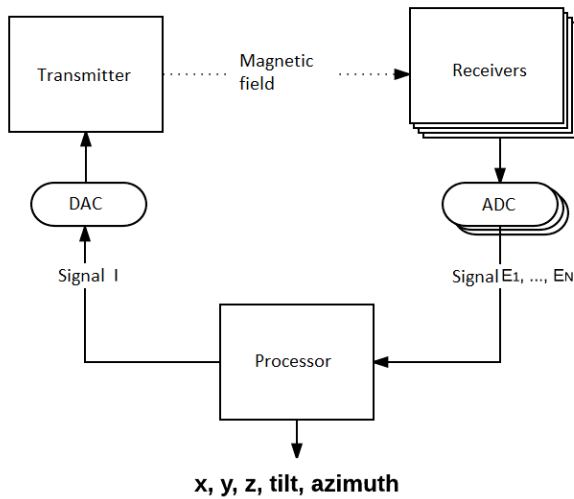


Fig. 2. Simplified block diagram of the system

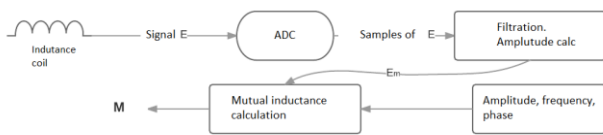


Fig. 3. Transition from mutual inductance to EMF

works, a numeric-analytical approach is usually used to solve the positioning problem [3]. However, in a number of scientific articles the insufficient effectiveness of analytical solutions is argued, in particular, from the point of view of the calculation time.

In the general case, a numerical method reduces to an iterative search for a solution and differs in the methods for determining the step and the gradient:

$$K_n = K_{n-1} - \text{grad}(\text{OF}) \cdot \text{step}, \quad (1)$$

where  $K_n$  is the current solution in the form of a matrix of required coordinates,  $K_{n-1}$  is the previous solution (initial approximation), OF is the objective function composed of the sum of the squares of the differences of the measured and calculated, step is the iteration step. There are different types of analytical expression for the dependence of EMF in the receiver on the distance and orientation relative to the transmitter, but the high computational complexity caused by multiple integrations is common to them[]. Since the iterative calculation is based on a multiple calculating of the OF, the overall execution time of the algorithm is increased, even for powerful computers, to units and tens of seconds.

Today, intellectual methods are opposed to numerical and analytical methods [3]. Intellectual methods include neural networks, evolutionary (genetic, ant), fuzzy logic methods and a number of their hybrid variations. For artificial neural networks (ANN) to date, a lot of experience in practical use has

been accumulated and an essential theoretical apparatus has been developed: there are many types of neural networks, techniques for their construction, training and analysis. This is confirmed by the high publication activity on the ANN theme.

When solving the posed problem of electromagnetic positioning by ANN methods, its input is a vector of strictly positioned values of mutual inductances of the receivers and a transmitter ( $M_1, \dots, M_k$ ), where each position corresponds to a specific receiver, and at the output we get the vector of the transmitter coordinates ( $x, y, z, \text{tilt}, \text{azimuth}$ ), as shown in Fig.4.

We can describe the problem above, on the basis of equations

$$\varepsilon_k = -M_k \frac{dI}{dt}, \quad (2)$$

$$M = \frac{\mu_0 R_S}{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{[p_1 \cos \varphi + p_2 \sin \varphi + p_3] \Psi(k)}{k \sqrt{V_0^2}} d\varphi, \quad (3)$$

$$M = \frac{N_1 N_2}{(2S+1)(2N+1)(2m+1)(2n+1)} \sum_{g=-S}^S \sum_{h=-N}^N \sum_{p=-m}^m \sum_{q=-n}^n M(g, h, p, q), \quad (4)$$

where  $M_k$  is the mutual inductance of the  $k$ -th receiver and transmitter;  $I$  - current in the coil of the transmitter;  $R_S$  is the radius of the receiver coil turns, the integrand in (2) is the calculation of the elliptic integral with respect to  $S$ . Babic;  $N_1, N_2$  - number of turns of the transmitter and receiver;  $S, N, m, n$  - the parameters of the coil spacing according to S. Babic [4]. These equations allow us to construct a training set and train the neural network.

The most universal is a fully connected neural network of direct propagation with hyperbolic tangent as neuronal activation functions. Let's choose the number of internal layers of the network equal to three. The number of layers depends on the training and calculation time of the ANN, but the accuracy of the calculation is mainly influenced by the number of neurons on the hidden layers.

Then it is necessary to get a training set. The general idea of constructing a training set for such a network is to divide the given region of the coordinate space of the transmitter by a grid with a monotonic step. Let's consider an example. We bound the region of linear displacement of the transmitter by a sphere with a radius of 200 mm, and angular

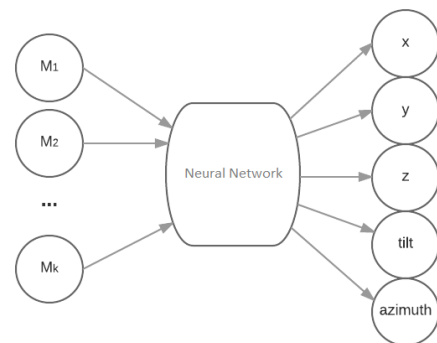


Fig. 4. Neural network scheme for solving the problem of magnetic tracking

displacement within 20°. We divide the working area into a 5-dimensional grid with a step of 20 mm in three linear coordinates and 1° in two angular coordinates. Let us find for each grid node the mutual inductance of the transmitter with each of the k receivers M<sub>1</sub>...M<sub>k</sub>. We obtain two sets (learning and test) of the form: {X, Y, Z, TILT, AZIMUTH, M<sub>1</sub>...M<sub>k</sub>}, where X is a column vector of the transmitter x-coordinates, Y is a column vector of the y-coordinates of the transmitter, Z - vector-column of z-coordinates of the transmitter, TILT - vector-column of the first angular coordinate of the transmitter, AZIMUTH - vector-column of the second transmitter coordinate, M...M<sub>k</sub> - matrix of values of mutual inductances of the transmitter and receivers. During the research, the authors used the number of receivers k from 6 to 12.

The training set constructed in this way consists of N images (for the example mentioned above, N can reach 40,000). Proceeding from the Vapnik-Chervonenkis dimension theorem (VCD), the number of free parameters ω of a neural network should be chosen as

$$\sqrt[4]{N} < \omega < \sqrt{N}. \quad (5)$$

In this study, the topology (in particular, the specific number of neurons in each layer) was selected using genetic algorithms so that in the end, the required total number of free parameters of the neural network was obtained. Such a network was trained and tested. The indicators were fixed and the best neural network was selected according to the learning outcomes. For each number of free parameters, several iterations could be carried out.

Before learning and testing the neural network, the test sample was "noised" to simulate real measurements, since measuring EMF in EMSP is a non-trivial task in terms of isolating and filtering a useful signal.

The influence of the following factors on the work of the ANN was investigated:

- The number of hidden layers. With the number of free parameters unchanged, the number of layers did not play an important role.
- The number of free parameters of the neural network. The most important parameter of ANN. The search field was chosen on the basis of the VCD theorem.
- Method of constructing a training sample. An iterative search for the grid step size showed that the best learning result, for the example considered, was observed with a uniform grid of the coordinate space partitioning with a linear coordinate increment of 2-3 cm and angular increments of 2-3 °.
- The construction of neural networks that have a specific (hand-described) topology, incomplete, recurrent, etc., did not bring registered improvements.
- Varying the number of receivers (6, 9, and 12) showed that more receivers increase the accuracy of the result.
- Experiments with mutual orientation of the receivers (variation of the angles between the receiver induction

axes) showed that in general, pairs of receivers with parallel induction axes should be avoided. The reason is that if the transmitter is oriented orthogonally to one of the receivers, then, according to (2) and (3), the mutual inductance reaches the smallest value, and it will be orthogonal to the second receiver. In general, the problem is solved by increasing the number of receivers.

- The following learning algorithms were tested in MATLAB:
  - a) trainlm - the Levenberg-Marquardt method
  - b) trainbr - Bass regularization
  - c) trainbfg - using the quasi-Newtonian method BFGS
  - d) traincgb - the method of coupled Powell-Beale gradients
  - e) traingd - method of gradient descent
  - f) trainr - method of random increments.

It turned out that the Levenberg-Marquardt algorithm requires a large amount of RAM, which cannot be said of the traincgb-method of related Powell-Beale gradients, which we used. It can be stated that the traincgb method is well suited for solving our problem, since its speed turned out to be comparatively high. The structure of the resulting neural network for 9 receivers can be seen in Fig. 5.

### III. CONCLUSION

Based on the simulation results, the error in determining the linear coordinates was 0.53...11 mm, and the angular coordinates were 0.07...16°. In this case, the error values decrease with a decrease in the degree of noisiness and an increase in the number of receivers. The results obtained in this research allow us to conclude about the high potential for the use of artificial neural networks in problems of calculating the position of the emitter in an EMPS. The calculation speed and the accuracy obtained correspond to the generally accepted criteria, and the resulting error response surfaces from the number of receivers and SNR signals of the EMF induction make it possible to set the task of designing a SEMP with any other characteristics (accuracy, calculation time). Thus, the authors conclude that there is a significant advantage of the intellectual approach over any other methods in relation to EMS.

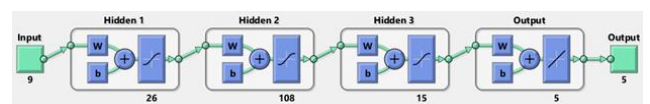


Fig. 5. The example of resulting NN structure

Based on the simulation results, the error in determining of the linear coordinates was 0.53...11 mm, and the angular coordinates error were 0.07...16°. In this case, the error values

decrease with a decrease in the degree of noisiness and an increase in the number of receivers (Fig. 6).

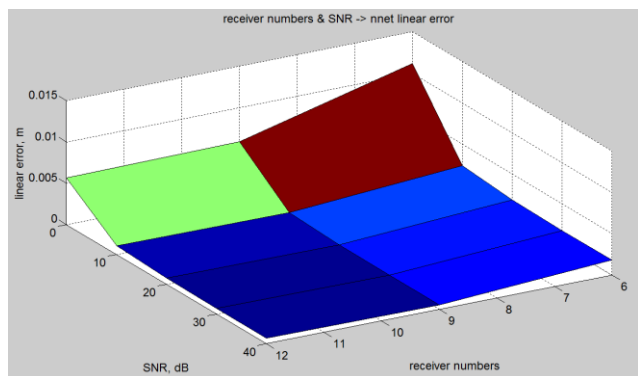


Fig. 6. The errors map of the NNet algorithm

For example, for the case of 9 receivers and a low noise level SNR = 40 dB, the error in linear coordinates was 0.53 mm, and for angular coordinates - 0.07°. This result is in full agreement with the quality criteria stated in previous articles [1]. The average time for solving the problem of determining

the 5 coordinates by mutual inductances of the receivers with the radiator was from 0.007 to 0.0096 seconds, depending on the degree of noisiness and the number of receivers.

The results obtained in this research allow us to conclude about the high potential for the use of artificial neural networks in problems of calculating the position of the emitter in a EMPS. The calculation speed and the accuracy obtained correspond to the specified criteria, and the resulting error response surfaces from the number of receivers and SNR of EMF signals make it possible to set up the EMPS design task with any other values of accuracy and calculation time.

REFERENCES

- [1] E.A. Lukianov, V.S. Semenov. Simulation of electromagnetic interactions of two electric circuits [Text] / Eurasiascience. - 2017. - No. 7 - pp. 129-133.
- [2] R. Feynman, R. Layton, M. Sands. Feynman lectures on physics., 3<sup>rd</sup> ed., vol. 6: Electrodynamics. Editorial URSS, 2004.
- [3] E.A. Lukianov, V.S. Semenov, A.V. Dolgikh. Modeling of the system of electromagnetic positioning in the plane [Text]/ Bulletin of modern research.-2017.-No.1(4)-pp.88-98.
- [4] S.I. Babic, Cevdet Akyel, Mohamed-Mehdi Mahmoudi. Mutual inductance calculation between circular coils with lateral and angular misalignment / PERS Proceedings, Moscow, Russia.-2009.-pp. 18-21.

# *Biomechatronic approach to automated rehabilitation of trauma and orthopaedic surgery patients*

*Aleksey Lysenko, Pavel Skubak, Evgeniy Garanin, Nina Antonova*

Robotics resource center  
Don State Technical University  
Rostov-on-Don, Russia  
aflysenko@gmail.com

**Abstract**— *In this paper we propose an approach to the development of the automated installation for the rehabilitation of patients who have undergone arthroplasty. The paper covers the analysis of existing solutions on the market. Technical requirements for the implementation of the installation are formulated. The proposed solution for development of biomechatronic rehabilitation installation is described. The description of the work of installation intellectual management system based on the analysis of electromyographic data on the dynamics of the state of the patient's muscles is given.*

**Keywords**— *arthroplasty, rehabilitation, biomechatronic installation, expert system, automation, CPM-therapy*

## I. INTRODUCTION

Currently, there is an acute problem of increasing the effectiveness of diagnosis and rehabilitation of patients with traumatologic and orthopaedic profiles with sarcopenia, suffering from degenerative-dystrophic pathology for a long time, who underwent surgical intervention, entailing a prolonged disruption of limb function. There is a number of methods of exercise therapy for solving the abovementioned problems, but it is the continuous passive motion (CPM) therapy that offers a progressive, fast and safe type of medical rehabilitation. It involves continuous motion in one or more joints on a special robotic simulator without the engagement of the muscular strength of the patient [1].

The quality of the rehabilitation process can be significantly improved by using software-controlled installations that, in automatic and semi-automatic mode, can perform a wide range of studies of motor functions and limb characteristics with computer registration of both motion parameters and electromyographic signals of muscle activity. This approach makes it possible to customize the rehabilitation program for each patient individually in a dynamic mode and make the rehabilitation process as comfortable and painless for the patient as possible, and also to save the attending physician from direct control during rehabilitation.

## II. MAIN PART

The purpose of this study is to develop an automated mechanotherapy installation designed to diagnose and rehabilitate patients with traumatologic and orthopaedic profiles and implement intelligent sensory and biomechatronic technologies based on the integration of modern methods of mechatronics and bioelectric signal processing.

The application of automated CPM-therapy makes it possible to begin early aggressive rehabilitation of the patient [2,3] while the use of intellectual analysis system of the muscle state dynamics in the process of rehabilitation based on electromyographic data and the patient's anthropometric characteristics allows to avoid the need for gross effects on para-articular tissue and intra-articular introduction of mixtures by a one-step redress [4]. Passive motion is carried out with the help of specialized equipment. Owing to this, the muscles do not contract actively, which allows to relieve the patient from painful sensations during rehabilitation. It is possible to achieve a painless increase in the volume of movements in the knee joint, improve blood circulation in the affected area by removing muscular spasm, and this, in turn, leads to a reduction in the incidence of complications and shortens the duration of restorative treatment for more than 2 times.

Mechanotherapeutic devices of various designs are based on the application of two basic principles - a pendulum and a block. Each such device is designed to work with a specific group of muscles and joints due to the measured resistance. The most suitable solution in each case is appointed by an orthopaedist.

To date, there are devices of pendulum type: Lokomat (Hokoma, Switzerland) and block type: Artromot (DJO Global, USA), designed for intensive functional therapy of the musculoskeletal system. The first one is a computer-controlled robotic orthosis, which is used during the training on a treadmill. The mechanism can adjust the work and change the parameters of the training according to the anatomical features of the patient. The device simplifies the process of learning to walk for the people with various pathological abnormalities of

the musculoskeletal system. However, it does not provide an operative assessment of the condition of the musculoskeletal system and the muscular state of the patient, adaptation of the rehabilitation parameters is not performed [5].

The second one, Artromot K1 Standart, is an electromechanotherapeutic device for the development of the hip and knee joints (with continuous passive motion). It is designed as a portable lap-type exercise machine that acts on the passive limb of the patient according to a given program. It is controlled with the help of a manual program console.

Based on the data obtained during the information search, the basic requirements for the development of patient's biomechatronic rehabilitation installation are the following:

- low production cost;
- high reliability;
- intelligent signal analysis system and interactive control system;
- ability to adjust the rehabilitation mode procedures during training.

Technical requirements for the development of the installation:

- knee flexion / extension:  $-10-0-120^\circ$ ;
- thigh flexion / extension:  $0-15-120^\circ$ ;
- speed: adjustable in steps of 5% in the range from 5 to 100% and depends on the mode of operation (passive or active);
- power supply: 100 - 240 V AC / 50 - 60 Hz;
- the presence of a dynamic diagnostic system based on data on muscle activity;
- the presence of protective covers;
- materials: ABS, polyurethane, FR4, aluminum, stainless steel, brass.

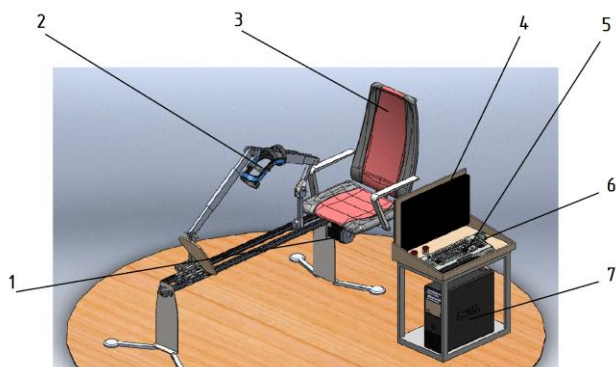


Fig. 1. Schematic representation of the patient's biomechatronic rehabilitation installation (1- motor, 2- knee joint brace (lodgment) with polycentric hinge locks, 3- armchair, 4- graphic monitor, 5- keyboard, 6 - mouse, 7- personal computer)

The biomechatronic installation (fig. 1) is represented by a frame with an adjustable seat mounted on it. In front of the

chair there is a mounting guide rail with an actuator fixed to it, which is equipped with a lodgment for fixing the thigh and lower leg. The executive mechanism is a two-arm telescopic design that adapts to the anthropometric characteristics of each patient. The drive system of the actuator is a bunch of motor-reducer and belt drive.

To ensure the synthesis of the drive control system, it is necessary to supply the installation with a sensor for the angular position of the motor shaft, a sensor for the angular position of the lodgment arms, a motor current sensor, and an actuator load cell.

Since the installation interacts directly with the patient's limb, it becomes necessary to control muscle its general state and activity.

However, the use of electromyographic sensors assumes a large flow of analog input data, high noisiness of signals, the need for data processing in real time, and introduces an uncertainty factor in interpreting the input analog data from the patient's limb.

Thus, the use of a digital signal processor (DSP) is assumed. The architecture and characteristics of such processors allow the implementation of the human-machine interface and the global expert system. The human-machine interface will be implemented as a terminal allowing the medical specialist to monitor the changes in the indicators and form the exercise courses, based on the data received from the expert system.

The tasks of the expert system for this installation are:

- presentation of time-varying data from electromyographic sensors, storage and analysis of changing data;
- recording the actions of personnel, ensuring the recovery of the system after a failure;
- ensuring the filling of the knowledge base;
- provision of creation and support of user interfaces for various categories of users (patient, attending physician);
- ensuring the level of information protection (by user categories) and preventing unauthorized access;
- strategy and tactics generation for each patient individually.

The functionality of the rehabilitation installation is based on increasing the autonomy of the mechanotherapeutic procedures by dynamically adapting the exercise loads to reaction and condition of the patient. This goal will be achieved by using feedback in the form of electromyographic data from muscle tissues. The data received from the sensors via the communication cables will be fed to a personal computer that will display the information for the operator (fig. 2), compile an optimal training program and form the control effect for the manipulator of the installation. The patient, being in the chair, can apply force to the manipulator, which will be measured using strain gauges.



Fig. 2. Operator interface

The device works according to the set program; the length of the thigh, shin, movement speed, maximum bending angles allowed by the doctor are initially set. A flexible system of biomechanical installation settings allows beginning exercises

almost on the day of the operation, greatly reducing the terms of rehabilitation.

## REFERENCES

- [1] A.M. Chmutov, The substantiation of algorithms of diagnostics and treatment of patients with anterior instability of the knee joint [Text] / Fundamental research. - 2013. - No. 9 (Part 5) - pp. 934-938.
- [2] E.Sh. Lomatidze, V.A. Markin, A.V. Sarayev, A.P. Miroshnichenko, A.A.Gerasimov, The use of CPM-therapy on patients after trauma and orthopedic operations in outpatient practice [Text], Postgraduate medical education reporter. - 2012. - № 2. - P. 31-33.
- [3] V. Bruun-Olsen, K. E. Heiberg, and A. M. Mengshoel Continuous passive motion as an adjunct to active exercises in early rehabilitation following total knee arthroplasty — a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil*, 2010; 31.
- [4] L. Brosseau, S. Milne, G.W., Peter Tugwell, V. Robinson, L. Casimiro Efficacy of continuous passive motion following total knee arthroplasty: a metaanalysis. *The Journal of Rheumatology* November 1, 2011 vol. 31 no. 11: 2251—2264.
- [5] Treatment of knee injuries [Electronic resource]: Official site of LLC "Ortorent" - Access mode: <http://ortorent.ru/lechenie-travm-kolena>, free (Reference date: 20.01.2017).

# Adecuación de los sistemas domóticos de seguridad X10-IR en el hogar

## *Adequacy of X10-IR home automation systems in the home*

Freire Avilés Roger Marcelo, Díaz Nava Judith Beatriz, Vera Lucio Néstor  
 Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Computación e Informática  
 Universidad Agraria del Ecuador  
 Guayaquil, Ecuador  
 rfreire@uagraria.edu.ec, jdiaz@uagraria.edu.ec, nvera@uagraria.edu.ec

**Resumen** — Debido a los problemas relacionados con la seguridad dentro de las viviendas, se propone el uso de un sistema domótico de Seguridad X10-IR, con el objetivo de dar respuesta a estos problemas en el hogar. Esta investigación es de tipo aplicada, la cual se basa en un estudio científico orientado a resolver problemas de la vida cotidiana y controlar situaciones prácticas, además, es un proyecto factible, donde se elaboró y desarrolló una propuesta de un modelo operativo viable. Por su diseño, se categoriza como no experimental, donde la variable de estudio no se manipula en ningún momento. El estudio se basa en autores como Boscán, Huidobro y Millán, Fernández, entre otros. Para esta investigación se estableció una comunicación entre un sensor IR difuso y dispositivos X-10, por medio de un módulo que hace posible la conexión entre dichos protocolos. De esta manera, cuando los sensores IR detectan alguna situación irregular, envían una señal a los dispositivos X-10 con la finalidad de activar algún dispositivo de alerta, concluyendo así con el desarrollo del sistema domótico de seguridad X10-IR para el hogar.

**Palabras Clave** – sistema domótico; IR ;protocolo; X-10; seguridad.

**Abstract** — Due to the problems related to security within homes, the use of a home automation system X10-IR is proposed, with the aim of responding to these problems in the home. This research is of an applied type, which is based on a scientific study oriented to solve problems of daily life and control practical situations, in addition, it is a feasible project, where a proposal of a viable operational model was elaborated and developed. By its design, it is categorized as non-experimental, where the study variable was not manipulated at any time. The study is based on authors such as Boscán, Huidobro and Millán, Fernández, among others. For this investigation a communication between a diffuse IR sensor and X-10 devices was established, by means of a module that makes possible the connection between said protocols. In this way, when the IR sensors detect an irregular situation, they send a signal to the X-10 devices in order to activate an alert device, thus concluding with the development of the X10-IR home automation system for the home.

**Keywords** - home automation system; IR protocol; X-10; security.

### I. INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas, el ser humano se ha trazado la meta de automatizar todo lo que está a su alrededor con el fin de ahorrar tiempo y esfuerzo, en función de satisfacer una necesidad, la cual le permite controlar el espacio en el que habita, una herramienta que hace esto posible es la domótica. Como lo mencionan [5], se refieren a ésta, como el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda para aportar servicios de gestión energética, seguridad y bienestar que se integran a través de redes de comunicación.

Atendiendo a estas consideraciones, es necesario mencionar que los dispositivos domóticos usan la red eléctrica de la vivienda para el intercambio de datos entre sus distintos componentes, esto es posible debido a los protocolos de comunicación, entre los cuales se destaca el EIB, LONWORKS, CeBus y el X-10. En esta investigación se propone el uso del protocolo X-10 por sus ventajas con respecto a su bajo costo, sencillez y fácil instalación.

Una solución al caso planteado, es el uso de medios inalámbricos en aquellas áreas donde no es posible usar un cableado para acceder a la red domótica. Para este caso en particular, los medios infrarrojos (IR) representan una solución, pero si se combinan los protocolos X10 e IR, se podrá establecer una comunicación para enviar datos por el cableado de corriente eléctrica y medios inalámbricos, por lo que será posible cubrir todas las áreas de la vivienda.

Según [2] la domótica se ha posicionado como una solución para la automatización de viviendas, por ser una tecnología que hace posible alcanzar una mejor calidad de vida, al proporcionar elementos para alcanzar el confort, la comunicación, gestionar de forma eficiente el uso de la energía y sobre todo, algo muy importante, brindar seguridad, entendiendo por seguridad un concepto integral que va mucho más allá de la detección de intrusos, que incluye simulación de presencia, detección de humo, fugas de gas, entre otras situaciones, lo cual sin duda alguna puede contribuir a salvar vidas humanas.

Esta investigación propone desarrollar un sistema domótico de seguridad X10 – IR para el hogar, donde se combinan estos

protocolos de comunicación diferentes en su funcionamiento pero que tienen un objetivo en común, enviar y recibir datos.

## II. FACILIDAD DE USO

La presente investigación está basada principalmente en los trabajos que se mencionan a continuación, los cuales sirvieron de apoyo y referencia. Para [9], quien realizó un trabajo titulado modelo de sistema domótico virtual aplicado a entornos educativos, donde su propósito fue implementar un modelo domótico virtual, con la finalidad de gestionar un conjunto de servicios para los usuarios de acuerdo con su perfil mediante dispositivos móviles y facilitar sus actividades a desarrollar en espacios académicos.

Por su parte [11] publicaron un artículo científico titulado protocolos de control de dispositivos domóticos: análisis de patente, donde entre sus resultados estuvo el de determinar los países que ejercen el liderazgo dentro de la domótica entre los que se destacaron Estados Unidos, Israel y Corea; y, los protocolos de control que presentaron el mayor desarrollo dentro del área que son X-10 y el CeBus.

Cabe mencionar que [8] realizó un trabajo de investigación titulado Modelo conceptual de viviendas inteligentes para el municipio Maracaibo, donde su objetivo fue construir un modelo conceptual de viviendas inteligentes. Como resultado se obtuvieron las mejores opciones a emplear en el diseño de viviendas inteligentes.

Por su parte, [10] en su investigación titulada análisis de la tecnología domótica en sistemas de seguridad residencial, buscó conocer la tecnología domótica en cuanto a sistemas de seguridad residencial se refiere, a través del análisis de patentes; con lo cual fue posible determinar los protocolos de comunicación más usados por los sistemas domóticos entre los que se destacó el X-10.

Finalmente, [2] elaboró una investigación titulada desarrollo e implementación de un sistema domótico para un hogar del estado de Colima, cuyo propósito fue realizar un estudio de los principales estándares de control domótico existentes en el mercado (CeBus, LONWORKS, EIBUS, X-10), permitiendo encontrar el protocolo de comunicación más adecuado para ser usado en una vivienda.

### A. Sistemas domóticos

El origen de la domótica se remonta en los años setenta, cuando tras muchas investigaciones, aparecieron los primeros dispositivos para la automatización de edificios basados en la exitosa tecnología X-10, a partir de entonces la comunidad internacional mostró un creciente interés en la búsqueda de la vivienda ideal, aquella en donde se requiere de la mínima intervención por parte del ser humano para el correcto funcionamiento de la misma. Según [5], define a la domótica como “la disciplina que estudia el desarrollo de infraestructuras inteligentes en casas y las tecnologías de información necesarias para soportarlas”.

En este sentido, se hace necesario mencionar que la domótica no es un producto ni un servicio, sino la integración de los distintos componentes eléctricos y electrónicos que se encuentran en la vivienda, mediante la implementación de sistemas que permiten aprovechar sus características para crear

una vivienda más cómoda y segura, como se puede ver en la figura 1, liberando a sus usuarios de las tareas rutinarias.



Figura 1. Funciones básicas de la domótica en una vivienda

### B. Power Line Communication (PLC)

Los avances tecnológicos han permitido la generación de nuevas tecnologías, en pro del desarrollo y satisfacción del ser humano; como parte de estas innovaciones surgieron a finales del siglo XIX las redes eléctricas para el transporte de electricidad. Según [3], debido a las tecnologías emergentes como PLC, es posible habilitar los cables de electricidad para el soporte de comunicaciones de alta velocidad sobre las infraestructuras ya existente dentro de las viviendas, con lo que es posible contar con un nuevo canal de comunicaciones.

Vale la pena mencionar que el objetivo que más llama la atención de la tecnología PLC, es el de aprovechar la mayor red construida por el hombre, la red de transmisión de Electricidad (red eléctrica) que llega a casi todos los rincones del planeta.

### C. Protocolos de control para sistemas domóticos

En la actualidad están disponibles en el mercado un gran número de protocolos de control para dispositivos domóticos (X-10, CeBus, KNX, EIB, BatiBUS, EHS, LonWorks, BACnet, y SCP), algunos de ellos propietarios, diseñados para cubrir áreas específicas o necesidades concretas [5].

En este orden de ideas, [5] señala que los protocolos de control para dispositivos domóticos constan al menos de los siguientes niveles del modelo de referencia OSI: físico y el nivel de aplicación, el medio físico suele ser la red eléctrica de baja tensión, el nivel de aplicación define una serie de comandos y respuestas posibles a dichos comandos, para realizar las funciones típicas de control.

1) *Protocolo X-10*: El X-10 es un protocolo de comunicación que funciona enviando mensajes a través del cableado eléctrico, con este protocolo es posible interconectar dispositivos compatibles X-10 constituyendo de esta forma una red de sensores y actuadores. Para [5] se refiere al X-10 como uno de los protocolos más antiguos utilizados en aplicaciones domóticas, diseñado por la empresa escocesa Pico Electronics entre los años 1976 y 1978 con el objetivo de transmitir datos por la red eléctrica de baja tensión a una velocidad de 60 bps en América, 50 bps en Europa, con un costo monetario muy bajo.

El X-10 en sí, no es propietario, esto quiere decir que cualquier fabricante puede producir dispositivos que usen como

protocolo de comunicación el X-10 y ofrecerlos en su catálogo; pero está obligado a usar los circuitos del fabricante escocés que diseño esta tecnología, estos productos son especialmente atractivos por su precio, madurez, prestaciones, junto a la posibilidad de ser implementado sin la necesidad de hacer obras adicionales en la vivienda.

2) *Tecnologías Infrarrojos (IR)*: La tecnología de transmisión IR es muy usada en las viviendas para controlar dispositivos de la línea marrón (electrodomésticos de vídeo y audio), en donde se envían comandos de control en un solo sentido, con ráfagas de baja velocidad hasta distancias de hasta 10 metros, donde [5] destaca su uso en mandos a distancias.

En relación a IrDA, señala [6] que es una industria basada en un grupo de 150 compañías, las cuales desarrollaron estándares de comunicación para regir la comunicación inalámbrica entre dos dispositivos, donde la información se transmite usando luz IR. El estándar consta de un conjunto de especificaciones para la comunicación inalámbrica de datos, con base en un costo práctico, un modelo de usuario de corto alcance, conexiones punto a punto y difuso. dispositivos.

### III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Dado que el objetivo del presente estudio, fue el de proponer un Sistema Domótico de seguridad X10-IR, permite considerar un tipo de investigación aplicada, también llamada técnica, según [4]; en la modalidad de proyecto factible, según [7] ; además de un diseño de investigación no experimental [12].

La metodología empleada para la realización de la investigación con el fin de lograr el desarrollo del sistema domótico de seguridad X10-IR es propia, la cual consta de las siguientes fases:

#### A. Definir la situación actual de los sistemas domóticos X-10 y sistemas IR

Hoy en día muchas viviendas ya incorporan infraestructuras propias de las tecnologías de información y comunicación (red telefónica, puntos de acceso a Internet, wifi, entre otras), esto sirve como paso previo para domotizar la vivienda, puesto que estos sistemas requieren de una red de comunicación para que los sensores y actuadores puedan interactuar con los distintos dispositivos electrónicos de la vivienda.

En este orden de ideas y en función de definir la situación actual de los sistemas domóticos, se determinó que el X-10 es el protocolo más usado en estos sistemas. Esta afirmación se basó en los resultados de la investigación realizada por [4], donde se apreció una clara tendencia en su uso en países como Estados Unidos, Israel y Japón, con el cual es posible producir sistemas domóticos adaptados a las necesidades de cada usuario y contribuir de esta forma al desarrollo de la industria técnica nacional.

En cuanto a los sistemas infrarrojos, según [5] estos han evolucionado de forma notable en la actualidad, donde existen dos mecanismos para la transmisión de datos con IR. Una es usando laser que pueden transmitir datos a grandes distancias, pero no se recomiendan para sistemas domóticos por el peligro que representan para los posibles usuarios por los riesgos de quemadura ocular y de piel; otra forma de transmisión es

mediante el uso de diodos led que no representan peligro para los usuarios por su baja potencia, pero que sólo pueden transmitir datos una distancia máxima de 10 metros y es el empleado para el desarrollo del prototipo X10-IR.

#### B. Identificar los parámetros de seguridad de los sistemas domóticos

Considerar los parámetros de seguridad de la domótica supone un criterio muy importante al decidir instalar estos sistemas en una vivienda, cuestiones como la detección de presencia de intrusos, humo, fugas de agua o gas son parte de los servicios que esta ofrece, aspectos muy importantes a tomar en cuenta en el diseño y construcción de las viviendas modernas con miras a crear un espacio más seguro y amigable para sus habitantes.

Según [6] se refiere a la seguridad como la confianza en algo, o ausencia de peligro, en donde las personas sienten que salvaguardan sus intereses fundamentales, bienes materiales e incluso su propia vida, al contar con mecanismos para lograr tal fin.

Al referirse a los elementos de seguridad de los sistemas domóticos, [5] mencionan una serie de aplicaciones como requerimientos mínimos enfocadas al sistema de control de acceso a la vivienda y alerta de intrusos, por medio de una red de sensores y actuadores, con los que será posible disponer de un sistema de seguridad básico, [2] coincide con tal planteamiento, pero adiciona las funciones de detección de incendios, fugas de agua, la simulación de presencia, simulación de un perro guardián por medio de un canino electrónico el cual se activa en caso de detectar un intruso dentro de la vivienda.

#### C. Diseño del sistema

Para la construcción del prototipo del sistema domótico de seguridad X10-IR, se diseñó un módulo de control (ver fig. 2), el cual se compone de dos arduinos, que se identifican con las siglas I y II, al arduino II se le conectó un receptor IR difuso el cual en caso de detectar una señal enviará una serie de pulsos eléctricos a una entrada digital del arduino, este las procesará y enviará un pulso al arduino I, a fin de que este envíe un orden al dispositivo X10- PSC04 el cual inyectará una frecuencia de 120khz en el cable de corriente eléctrica, que será detectada por un actuador X10 conectado en algún punto de la línea eléctrica, a fin de que se ejecute una función que pudiera ser la de activar una alarma, encender las luces, o cualquier otra configuración dada al sistema en cuestión.

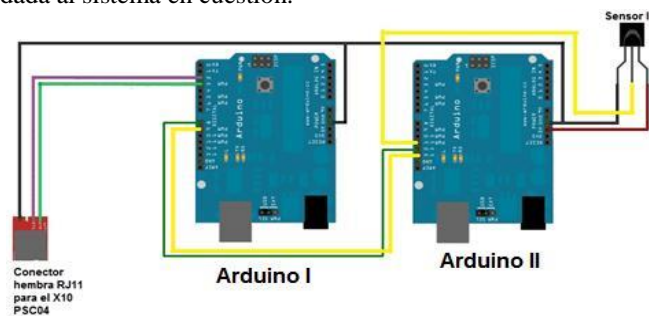


Figura 2. Diagrama del módulo de control del dispositivo domótico X10-IR.

Es importante destacar que para el correcto funcionamiento del módulo de control fue necesario programar los arduinos I y II con el lenguaje arduino IDE (integrated development environment), herramienta de desarrollo con el cual se diseñó el software necesario para controlar el dispositivo creado a fin de procesar las señales IR y controlar los pulsos eléctricos para activar o desactivar el dispositivo X10 PSC04, que se puede observar en la figura 3, al cual se conectan los equipos eléctricos y electrónicos de la vivienda.



Figura. 3 Módulo X-10 PSC04

En este sentido adquirir el dispositivo X10 PSC04 resultó ser la mejor alternativa para desarrollar el prototipo, sin la necesidad de obtener permisos para el uso de este protocolo ni de desarrollar un codificador de señales X-10. Este módulo inyectará la señal X-10 en la red eléctrica al recibir la orden de módulo de control.

#### D. Desarrollo del estándar para la comunicación X10-IR

Al lograr el diseño y puesta en marcha del prototipo planteado, se hizo necesario establecer las pautas a seguir para el desarrollo de aplicaciones domóticas en donde se haga uso de los protocolos de comunicación X10 e IR, por ello se propone un estándar a seguir para el uso del nuevo protocolo de comunicación X10-IR que se plantea, protocolo bajo el cual opera el prototipo desarrollado.

Se propone el X10-IR como el nombre de un protocolo de comunicación para sistemas domóticos, donde se busca transmitir datos usando para ello el cable de corriente eléctrica y medios infrarrojos. En cuanto a la tecnología IR, se recomienda el uso de sensores y receptores difusos puesto que estos no requieren de una línea de vista entre el emisor(es) y receptor(res) lo cual facilita de forma notable su instalación.

Es importante destacar que este sistema de comunicación X10-IR puede tener uno o varios receptores y/o uno o varios emisores IR difusos, la distancia máxima entre estos no deberá sobrepasar 10 metros.

Adicionalmente, el estándar IR difuso se caracteriza por tener la gran ventaja de ser inmune a interferencias y ruido de tipo radioeléctrico además de no representar ningún impacto negativo para el medio ambiente ni a las personas que se encuentren cerca de los dispositivos siempre que se use la potencia de transmisión adecuada.

#### IV. CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como propósito diseñar un sistema domótico de seguridad X10-IR. En función de dar respuesta a una problemática planteada, se puede concluir que el

concepto sistema domótico no se refiere a un producto sino a la integración de los aparatos eléctricos y electrónicos disponibles en la vivienda para automatizarla, de tal manera que estos trabajen en perfecta armonía a fin de proporcionar mayor comodidad y seguridad a los habitantes del hogar.

En este orden de ideas, se puede concluir que el uso del protocolo X-10 es el más recomendado para ser implementado en un sistema domótico, por su bajo costo y uso del cableado de corriente eléctrica existente en la vivienda, con lo que se evita la necesidad de colgar nuevos cables para el control de los dispositivos.

También se hace mención del protocolo IR, en el cual se destaca su bajo costo, ser inmune a las interferencias electromagnéticas, además de no representar ningún impacto para el medio ambiente puesto que usa solo luz para la transmisión de los datos. Con respecto a los usuarios de la tecnología IR, esta no representa ningún peligro siempre que se siga la normativa establecida de transmitir a una potencia máxima de 10mw.

Finalmente, luego de construido el prototipo del sistema domótico de seguridad X10-IR, se pudo comprobar la viabilidad del mismo, con el cual fue posible transmitir datos a través del espectro radioeléctrico y el cableado de corriente eléctrica de 110v o 220v.

#### REFERENCIAS

- [1] Counterpoint Systems Foundry, "Irda Infrared Communications: An Overview". Counterpoint. Fecha de Acceso: 21/03/2017, <http://www.staroceans.org/DC/HWBooks/USB%20Design%20By%20E%20example/chapter09/ir/overview.pdf>
  - [2] D. Tapia, "Desarrollo e implementación de un sistema domótico en un hogar del estado de Colima", Tesis de Maestría, Facultad de Telemática, Universidad de Colima, Colima, México, 2004.
  - [3] G. Held, "Understanding BroadBand over power line". 1ra Ed, Auerbach Publications, New York, 2006, pp. 77-88.
  - [4] J. Cegarra, "Metodología de la investigación científica y tecnológica". Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2011, pp. 81-91.
  - [5] J. Huidobro, R. Millán, "Domótica – Edificios Inteligentes", Creaciones Copyright, 2009, pp. 58-71.
  - [6] K. Krause, "Critical Security Studies, Concepts and Cases", Minneapolis, University of Minnesota Press, 1997, pp. 45-50.
  - [7] Manual de Trabajo de Grado y Tesis Doctorales: Investigación y Postgrado. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo, Venezuela, 2014.
  - [8] M. Barrera, "Modelo Conceptual de Viviendas Inteligentes para el municipio Maracaibo". Tesis de Maestría, Decanato de Investigación y Postgrado, Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo, Venezuela, 2008.
  - [9] M. Ríos, "Modelo de sistema domótico virtual aplicado a entornos educativos", Tesis de Maestría, Secretaría de Investigación y Posgrado, Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, 2011.
  - [10] N. Boscán, "Análisis de la tecnología domótica en sistemas de seguridad residencial". Tesis de Maestría, Decanato de Investigación y Postgrado, Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo, Venezuela, 2007.
  - [11] N. Boscán, R. Villalobos. "Protocolos de control de dispositivos domóticos: análisis de patentes", *Telématique*, Volumen 8, Edición No. 2, 2009, pp. 1-14.
- R. Hernández, C. Fernández, P. Baptista, "Metodología de la investigación", 6ta Ed, McGraw Hill Interamericana, México, 1998, pp. 120-145.

# Dispositivo de seguridad para motos utilizando SMS y GPRS

## *Safety device for motorcycles using SMS and GPRS*

Julio Rogelio Tamayo-Morocho<sup>1</sup>, Omar Ricardo Oña-Rocha<sup>1,2</sup>, Ana Cristina Umaquina-Criollo<sup>1</sup>, Fabián Geovanny Cuzme-Rodríguez<sup>1</sup>, Carlos Hernán Pupiales-Yépez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica del Norte

Ibarra, Ecuador

{jrtamayo, oronia, acumaquina, fgcuzme, chpupiales}@utn.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas

Sangolquí, Ecuador

orona2@espe.edu.ec

**Resumen** — El presente artículo de investigación aborda aspectos fundamentados en el diseño, construcción e implementación de un sistema de seguridad para motos mediante la utilización de dispositivos móviles bajo sistemas Android, servicio de mensajería corta SMS y transmisión GPRS, como estrategia para prevenir o recuperar este tipo de vehículos, en caso de ser hurtados. El sistema construido permite monitorear la posición de la motocicleta mediante la notificación de alertas vía móvil y el seguimiento en tiempo real de la ubicación por medio de una página web. Es importante resaltar cómo la integración de tecnologías de actualidad en electrónica y comunicaciones, bajo el concepto de Internet de las cosas (IoT), facilita la comunicación entre dispositivos móviles y vehículos de transporte tales como motocicletas y autos. Fue necesario analizar las funcionalidades y las limitaciones de dispositivos de similar propósito disponibles en el mercado, para fundamentar el diseño y construcción del sistema presentado.

**Palabras Clave** - Dispositivo de seguridad, GPRS, moto, Rastreo, SMS, Tecnología inalámbrica.

**Abstract** — This research article addresses aspects based on the design, construction and implementation of a security device to be used in a motor bike as a strategy to prevent stealing or recover it case it was stolen. To this end, It is used mobile devices under Android systems, SMS and GPRS transmission. The device allows for monitoring and tracking of the stolen motor bikes in real time by sending an alert via SMS and current geographic position to a mobile phone as well as a web server. Moreover, it is important to highlight how the integration of current technologies in electronics and communications under the concept of Internet of Things (IoT) facilitates communication between mobile devices and transportation vehicles such as motorcycles and cars. It was necessary to analyze the working principles and limitations of similar devices available in the market to establish the baseline for designing and implementing the proposed system.

**Keywords** – GPRS, Motorcycle, Security device, SMS, Tracking, Wireless technology.

### I. INTRODUCCIÓN

El robo de vehículos es una actividad delictiva que afecta a todas las regiones del mundo [1]. Según [2], el robo de motos es uno de los siete principales delitos que se registran en el Ecuador. Los datos estadísticos y monitoreo de denuncias elaborados en base a la herramienta de Cuadro de Mando Integral (denominado CMI) con el que trabaja la institución policial presenta las frecuencias acumuladas del robo a motos con una tendencia al alza: 5,594 denuncias hasta el año 2012 [3], mientras que, entre los años 2014 y 2015 se incrementó a 0.4% el número de robos de este tipo de vehículos. Para la provincia de Imbabura, entre los meses de enero a noviembre del año 2014 fueron robadas 55 motocicletas y durante el mismo periodo del año 2016, 65 motocicletas [2], entretanto, la Policía recuperó en varias ciudades del país 1000 motocicletas de diferente marca, modelo y cilindraje, que fueron reportadas como robadas.

Las motos robadas son uno de los medios de movilidad y escape en los actos delictivos, los grupos delictivos tardan entre 2 a 5 minutos en robar una moto y su gran facilidad de huir en medio de la congestión vehicular o transitar por lugares de difícil acceso, la simplicidad de desbloqueo, el arrastre del automotor y ligereza para ser movilizadas [4].

El actual desarrollo de las Tecnologías de la información y comunicación (denominado TIC) han permitido crear iniciativas asociadas a mitigar el problema de hurto de motocicletas. La interconexión de dispositivos y el uso de protocolos de comunicación son algunos de los mecanismos utilizados para monitorear cualquier tipo de vehículo [5].

En el mercado nacional e internacional existen sistemas de seguridad para motocicletas, entre ellos:

- Smart Motorcycle Security System

Incluye un casco controlado que al colocarse en la cabeza del usuario, el sistema de ignición de la motocicleta se activa;

incorpora un Sistema Global de Posicionamiento, Control automático de la luz de la cabeza y visualización real de la hora. El GPS rastreador utilizado envía las coordenadas para indicar la ubicación actual de la motocicleta en caso de haber sido robada y rastrearla. Este sistema, sella la seguridad de la moto y reduce el número de robos [6].

- SisMo: Sistema de seguridad para motocicletas

Utiliza dispositivos móviles bajo sistemas Android y el protocolo de comunicación Message Queue Telemetry Transport (denominado MQTT), realiza un seguimiento en tiempo real de la ubicación, la notificación de alertas vía móvil y el control del sistema eléctrico de la moto. Integra tecnologías GPRS, GPS, Arduino y el protocolo MQTT [5]

- An embedded RF-based motorcycle trajectory data for security monitoring system over university vehicular network

Consta principalmente de un dispositivo de radiofrecuencia (RF), una estación base fija de radiodifusión Universal Transverse Mercator (UTM) y una estación base móvil. Utiliza los datos del sensor de acelerómetro, giroscopio y magnetómetro. El algoritmo de posicionamiento se personaliza y se incrusta en un dispositivo RF11 de RF de bajo consumo para generar un mapa de trayectoria del vehículo en el sistema UTM. Mientras está en movimiento envía datos a otras motocicletas e incluso a otras estaciones base cercanas para supervisar la ubicación y enviar mensajes de alerta al propietario en tiempo real. Los resultados experimentales permiten que el sistema genere un mapa vectorial de su trayectoria [7].

La presente investigación pretende una comunicación unificada entre el hardware y software mediante la utilización de tecnologías como sensores magnéticos, Arduino, GPRS, GPS y Android con el fin de evitar el robo de las motos, si una persona no autorizada mueve el manubrio de la moto, se envía una señal de alerta en un mensaje de texto al dispositivo celular del propietario quien puede verificar estado de la moto, en caso de robo, puede obtener el rastreo y su localización, el módulo GPS recepta las coordenadas (Latitud y Longitud) por la tecnología GPRS a un servidor web donde se almacena la información.

El documento se organiza como sigue. En la sección II se describe el diseño a nivel de hardware y software del sistema; En la sección III, se presenta los resultados. En la sección IV se establece conclusiones y los trabajos futuros del proyecto.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Según [8] las etapas de desarrollo del sistema de seguridad son:

### A. Diseño del circuito electrónico.

El diagrama de bloques de la Figura 1, muestra la estructura del sistema de alerta desde la fuente de alimentación hasta la recepción del SMS al dispositivo celular y la recepción de coordenadas del GPS al servidor web.

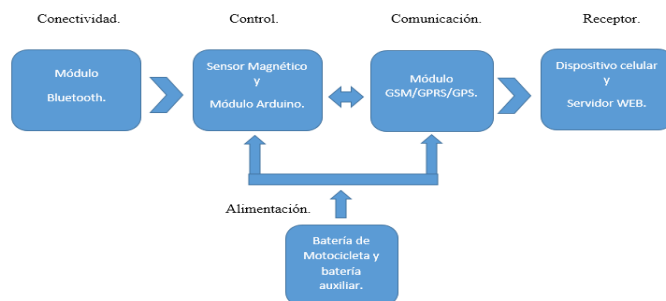


Figura 1. Bloque general sistema de seguridad

### - Bloque de control

Consta del sensor y del módulo Arduino, encargados de enviar señales para la ejecución del sistema de alerta. Se selecciona Arduino Uno por la capacidad de memoria EEPROM y RAM necesarias para la programación, para que funcione a una velocidad adecuada para la ejecución del proyecto, es de tamaño reducido, bajo costo y fácil adquisición.

Se utiliza sensor magnético por su alta sensibilidad y por detección a corta distancia, de reducido tamaño, capta los campos magnéticos producidos por imanes o corrientes eléctricas, trabaja normalmente en estado cerrado, permanecen los contactos unidos como circuito cerrado y con solo separarlos se pasa a circuito abierto, ver Figura 2. Esto hace que el dispositivo de alerta funcione con los sensores magnéticos en circuito cerrado y cuando alguien manipule el manubrio de la moto separará los magnetos y abrirá el circuito produciendo el envío de señal al módulo Arduino.



Figura 2. Sensor magnético, (a) Cerrado, (b) Abierto

### - Bloque de conectividad

Conformado por un pulsador inalámbrico y el dispositivo bluetooth del sistema de seguridad. La aplicación instalada en el celular del usuario establece una comunicación con el módulo bluetooth del dispositivo de alerta para encender o apagar la señal de envío de SMS que emitirá al dispositivo celular móvil del propietario de la moto como señal de alerta de manipulación del manubrio del vehículo ver Figura 3.



Figura 3. Pantalla de la aplicación móvil para la activación y desactivación del sistema de seguridad.

*- Bloque de comunicación*

Consta de un módulo SIM GSM/GPRS/GPS y el dispositivo móvil celular. Se trabaja con el módulo SIM 808, la configuración se realiza por comandos AT facilitando su programación, soporta voltajes de 5 a 26 voltios, cuenta con red GSM en las bandas utilizadas en el país.

Tiene incluido un sistema de GPS con una precisión de 2.5 metros con la localización detectada más visible, su sistema integrado no se necesita otro módulo GPS y esto favorece al proyecto en ahorro físico. Cuenta con otros sistemas incluidos como la utilización de micrófono y parlantes que servirá para futuro mejoramiento del proyecto.

*- Bloque de alimentación*

El dispositivo de seguridad tiene un voltaje de alimentación de 7.4 voltios, la utilización de la batería LIPO está continuamente realimentándose y entra en funcionamiento cuando deja de operar el circuito regulador. El circuito impreso diseñado para la alimentación del sistema de seguridad y de carga de batería de LIPO se muestra en la Figura 4.

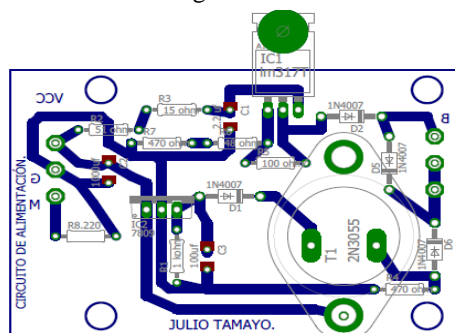


Figura 4. Circuito impreso del sistema de alimentación

*- Bloque receptor*

Involucra el dispositivo móvil y el de seguridad, el dispositivo móvil recibe una notificación de alerta por medio de SMS cuando se ejecuta la manipulación del vehículo, el servidor web desarrollado en HTML trabaja conjuntamente con una base de datos MySQL donde se almacenan los datos de coordenadas de latitud, longitud, fecha y hora.

Para tener el servidor con acceso desde internet se utilizó un hosting gratuito [9] donde se guardan las aplicaciones web y base de datos para el funcionamiento del servidor.

*B. Circuito electrónico del dispositivo.*

En la Figura 5 se muestra el diseño electrónico y elementos utilizados para el desarrollo del sistema de alerta, manipulación, rastreo y localización de una moto.

El circuito de alimentación consta de un circuito que realimentará a una batería de LIPO de 7.4 voltios de respaldo, consta de un circuito regulador de 12 voltios (batería de la moto) a 7.4 voltios que es el voltaje que funcionará el sistema de seguridad con bajo consumo de corriente.

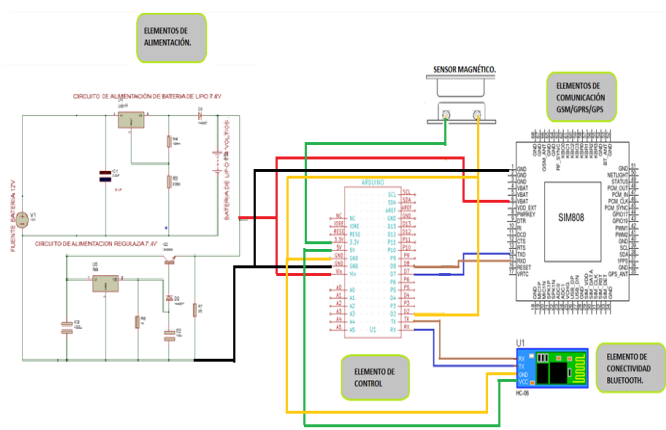


Figura 5. Circuito electrónico completo del dispositivo de seguridad.

El sistema de seguridad consta de un módulo arduino Uno, un módulo SIM 808, un módulo bluetooth y un sensor magnético.

El módulo arduino y el módulo SIM 808 estarán alimentados a 7.4 voltios, el módulo bluetooth se conectará el pin RX con TX y RX del arduino Uno; alimentado por 5 voltios provenientes del pin 5v del arduino Uno. El módulo SIM 808 se conectará RX en el pin 7 del arduino y TX en el pin 8 del arduino Uno. El sensor magnético estará conectado en el pin 2 del Arduino, y alimentado por 3.3 voltios provenientes del Arduino Uno.

*C. Diagrama de flujo del sistema de seguridad*

En la Figura 6 se presenta el diagrama de funcionamiento del sistema en general que lleva a cabo el sistema cuando se encuentra activado.

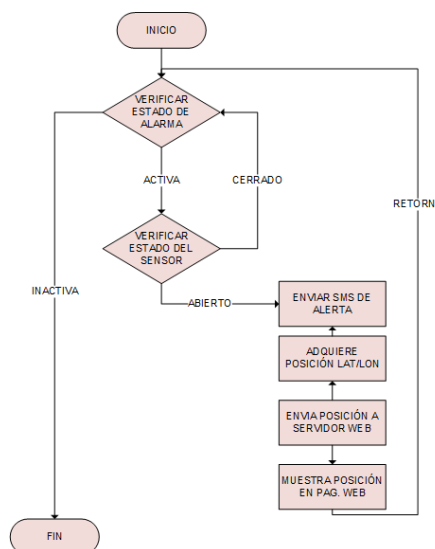


Figura 6. Diagrama del funcionamiento del sistema de seguridad

III. RESULTADOS

El sistema electrónico construido se instaló en la parte interna del chasis de la moto con el objeto de que no sea visible y difícilmente manipulable y que permita funcionar correctamente el sistema de seguridad, ver Figura 7.

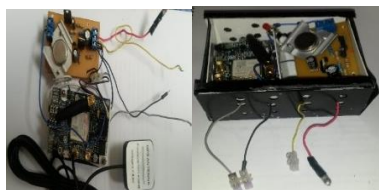


Figura 7. Estuche del dispositivo de seguridad.

El sensor magnético se coloca en la parte delantera en el eje de la moto, que al momento de bloquear la moto se lleve a cabo el contacto de la parte del imán con el sensor magnético.

Adicional se hace la conexión mediante bluetooth para activar el sistema de alerta por medio de la aplicación instalada en el celular del propietario.

Cuando se mueve el manubrio de la moto por algún evento no autorizado, ¡los sensores se abren y envían la señal SEGURIDAD\_MOTO\_ALERTA!, por medio del envío de SMS, desde el dispositivo de seguridad al celular del propietario, ver Figura 8.

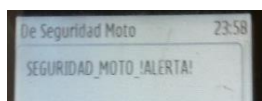


Figura 8. Mensaje SMS enviado al teléfono celular

Las coordenadas del GPS (latitud y longitud) se envían constantemente a la base de datos del servidor web y de esa manera se puede visualizar esa información (latitud y longitud) en la página web juliomoto2016.comlu.com, ver Figura 9.

ID	Latitud	Longitud	Fecha	Hora
1	0.34817289278863467	-78.13182574782001	2016-05-18	19:53:11
2	0.3533086649562169	-78.1289933311228	2016-05-18	19:53:11
3	0.3546959240267945	-78.12530261550779	2016-05-18	19:53:11
4	0.35881527406124544	-78.12348314987058	2016-05-18	19:53:11
5	0.35077399299130	-78.125617980917031	2016-05-18	20:11:47

Figura 9. Coordenadas GPS mostradas en la aplicación Web

También se puede visualizar en la página web la ubicación de la motocicleta mediante la fecha y hora insertada por el usuario para verificar la posición en donde estacionó el vehículo Figura 10. También se puede visualizar el recorrido de la moto que se haya realizado durante un determinado tiempo, dando a conocer la fecha y hora, Figura 11.

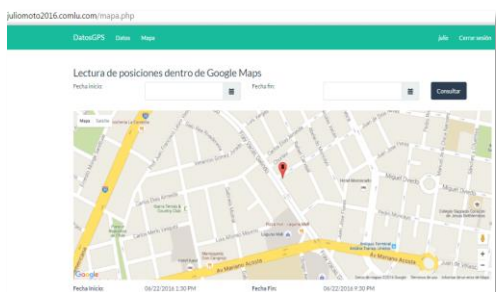


Figura 10. Visualización de coordenadas de la moto en el mapa.

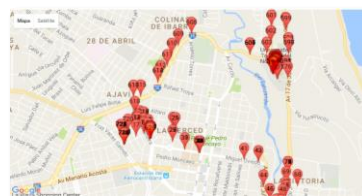


Figura 11. Visualización de coordenadas de rastreo de la moto en el mapa.

#### IV. CONCLUSIONES

Este proyecto está orientado a evitar más robos de motos al incluir en el vehículo el sistema de seguridad, el propietario cuenta con una plataforma de apoyo que le permite localizar el vehículo donde se encuentre.

El dispositivo de seguridad una vez activado permite el rastreo y localización de la motocicleta durante las 24 horas con datos transmitidos en intervalos de 15 segundos obteniendo el recorrido del vehículo por medio del servidor web.

El sistema instalado en el vehículo, brinda seguridad al mismo aun cuando se corte el suministro de energía de la batería e incluso se corten los cables de conexión del sensor al sistema.

Identificando una ubicación adecuada del dispositivo de seguridad, el sistema propuesto puede ser utilizado en otros tipos de vehículos motorizados como automóviles, camionetas, tricimotos, cuatrimotos, entre otros.

Para futuros diseños se recomienda utilizar la alerta de manipulación por medio de una llamada perdida ya que este método no consume saldo del módulo, de igual forma, puede reducirse los costos al utilizar un plan de SMS mensual.

#### V. REFERENCIAS

- [1] INTERPOL, “Robo de vehículos / Robo de vehículos / Criminalidad / Internet / Home - INTERPOL,” *Robo de vehículos / Robo de vehículos / Criminalidad / Internet / Home - INTERPOL*, 2017. .
- [2] El Comercio, “Imbabura reporta más personas que sufrieron robo de motos | El Comercio,” Mar-2016. .
- [3] L. O. Montenegro Vallejo, “Incidencias en la seguridad ciudadana por la asignación de tareas policiales a las Fuerzas Armadas del Ecuador, durante el período 2006-2012.,” Oct. 2014.
- [4] El Comercio, “En el 70% de robos a personas se usan motos | El Comercio,” *En el 70% de robos a personas se usan motos | El Comercio*, 2016. .
- [5] J. J. Ramos Rojas, P. R. Guevara Salgado, P. J. Jiménez Pérez, and S. O. Castaño Rivera, “SisMo: sistema de seguridad para motocicletas,” *Ingenium*, vol. 10, no. 28, p. 19, 2016.
- [6] S. Patil, M. G. Hegde, S. Bhattacharjee, and B. C. Rajeshwari, “Smart motorcycle security system,” in *1st International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science, ICETETS 2016 - Proceedings*, 2016, pp. 1–4.
- [7] W. Sriborrurux, P. Dan-Klang, W. Wiyarun, and N. Indra-Payoong, “An embedded RF-based motorcycle trajectory data for security monitoring system over university vehicular network,” in *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2015, vol. 2015, pp. 1–5.
- [8] T. Morocho and J. Rogelio, “Dispositivo de seguridad para alerta de manipulación, rastreo y localización de motos por medio de tecnología inalámbrica SMS Y GPRS,” Jan. 2017, pp.45.
- [9] 000webhost, “Free Web Hosting with PHP, MySQL and cPanel, No Ads | 2017,” *000webhost*, 2017. [Online]. Available: <https://www.000webhost.com/>.

# *Desarrollo de software en Ingeniería*

## *Dirigida por Modelos*

Santiago P. Jácome-Guerrero  
 Departamento de Eléctrica y Electrónica  
 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
 Sangolquí, Ecuador  
 psjacome@espe.edu.ec

Juan M. Ferreira  
 Facultad Politécnica  
 Universidad Nacional de Asunción  
 San Lorenzo, Paraguay  
 jmferreira1978@gmail.com

**Resumen** — La Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE) es un paradigma de desarrollo de software que considera el uso sistemático de modelos para desarrollar software en lugar de utilizar Lenguajes de Programación de Propósito General (GPLs). El desarrollo de MDE basado en Lenguajes de Dominio Específico (DSLs) considera en primer lugar el desarrollo de varios artefactos por parte del ingeniero de software (experto en modelado), para que posteriormente estos puedan ser utilizados por personas no necesariamente con formación informática (experto de dominio – usuario final) para desarrollar software de forma simple y rápida. A pesar de los beneficios que ofrece la tecnología, su uso masivo por los desarrolladores es afectado por varios factores, entre ellos, el desconocimiento de las bondades de la tecnología y de las herramientas que pueden emplearse. El presente trabajo realiza una descripción de los principios de MDE, también se describe el proceso de desarrollo de un DSL.

**Palabras Clave** – Ingeniería Dirigida por Modelos; herramientas; MDE; DSL.

### I. INTRODUCCIÓN

Los modelos son una representación de algún aspecto de la realidad, estos son utilizados en muchas disciplinas profesionales. En ingeniería de software los modelos son utilizados para representar las diferentes vistas de un sistema, como datos, procesos, arquitectura del sistema. Se pueden realizar modelos muy básicos, como bosquejos sobre papel o de forma automatizada utilizando alguna herramienta específica [1].

Los modelos en el desarrollo de software, son diseñados principalmente en etapas tempranas del ciclo de vida, como en el análisis y diseño. Estos modelos posteriormente son utilizados en la fase de implementación para traducirlos manualmente en código. En ocasiones en la implementación del código se deben realizar ciertas variaciones de las especificadas en los modelos, por lo que los modelos que sirvieron para conseguirlo prácticamente quedan obsoletos y sin reflejar la realidad cambiante del software. En MDE los modelos no sólo encapsulan el diseño de la aplicación, sino que se utilizan activamente para simular, probar, verificar y generar la implementación del sistema a construir [2]. La tecnología MDE promulga que su utilización permite hacer más fácil el desarrollo de software, debido a la utilización de una notación más cercana a la solución del problema; mejorar la calidad del software, debido a la generación automática del código lo que limita

introducir errores accidentales; y mejorar la productividad del desarrollo, debido a la automatización de muchas de sus tareas. MDE puede ser utilizado para desarrollar varios tipos de aplicaciones [2]: Ingeniería directa (forward engineering) para crear nuevas aplicaciones, Modernización o reingeniería de software (reengineering), y Models@runtime (sistemas adaptativos).

Para desarrollar software con MDE primero se deben desarrollar varios artefactos, como DSLs, mecanismos de transformación de modelos, generadores de código. Para hacer viable el desarrollo con MDE, se debe contar con el soporte de herramientas sofisticadas [3].

A pesar de los beneficios que ofrece MDE, su utilización no está siendo considerada masivamente para desarrollar software. Estudios señalan que es debido a varios aspectos de índole tecnológico e incluso de tipo social-cultural. Sin embargo, la mayoría de estudios señalan que se debe al desconocimiento de la tecnología y de las herramientas que existen para desarrollar software.

Con la finalidad de apoyar la iniciativa MDE, el presente trabajo señala los principios de la tecnología, así como también describe el proceso de desarrollo de un DSL para representar Diagramas de Flujo de Datos (DFDs).

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 señala los principios de MDE. En la sección 3 se señala las actividades para desarrollar un DSL para representar DFDs. Se finaliza en la sección 4 con las conclusiones.

### II. PRINCIPIOS DE MDE

Un modelo es descrito a través de un DSL, el DSL debe ser especificado a través de una sintaxis y semántica precisas.

Para definir la sintaxis abstracta de un DSL se tiene dos técnicas, meta-modelado y gramáticas libres de contexto [4]. En el caso de usar gramáticas se utilizan extensiones Backus-Naur Form (BNF). El meta-modelado considera el desarrollo de un meta-modelo el cual define los diferentes elementos del lenguaje y las reglas que establecen como pueden ser combinados.

La sintaxis concreta define la representación textual o gráfica de los modelos. Se construye a partir del meta-modelo. Un ejemplo de un DSL textual es SQL (Structured Query Lan-

guage) y la representación de un diagrama de casos de uso, de un DSL gráfico. En el diseño del DSL se recomienda la utilización de elementos textuales y gráficos (visuales) que le resulten familiares a los usuarios finales, porque a fin de cuentas el DSL será utilizado por ellos [5]. La semántica del DSL especifica la relación de correspondencia del modelo con la realidad que representa.

El paradigma MDE hace posible la automatización del desarrollo de software mediante la aplicación de transformaciones que se aplican sobre los modelos de alto nivel que describen un sistema. Tratt en [6] señala que la transformación de modelos es una aplicación que permite convertir un modelo en otro. Puede considerarse la transformación de modelos como la modificación de modelos para representar diferentes aspectos del software [7]. Se pueden realizar dos tipos de transformaciones: de un modelo a otro (M2M), o de un modelo a texto-código (M2T). Este último tipo de transformaciones son conocidas como “generadores de código”. La Figura 1 muestra la estructura de un DSL.

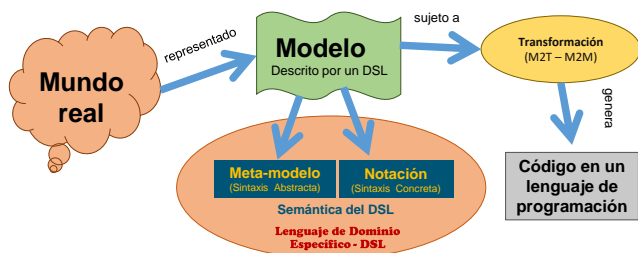


Fig. 1. Estructura de un DSL

### III. DESARROLLO DE UN DSL

#### A. Herramientas de desarrollo

En la Tabla 1 se señalan los principales entornos y herramientas de desarrollo utilizadas en el ámbito MDE con DSLs.

TABLA I. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Arquitectura de desarrollo	Sintaxis abstracta (lenguajes de meta-modelado)
Arquitectura OMG	MOF
Arquitectura Eclipse/EMF	Ecore/OCL
MetaCase/MetaEdit+	GOPRR
Microsoft DSL Tools	Domain Model
Sintaxis concreta (editores)	
Gráficos	Textuales
GMF, EuGENia, Graphiti, Spray, Sirius, Microsoft DSL Tools, MetaEdit+, Devil, Concrete	Xtext, EMFText, TCS
Transformación de modelos	Generación de código
ATL, QVT	Acceleo, JET, MOFScript, Xpand

#### B. Desarrollo de un DSL

A continuación se describe el proceso de creación de un DSL para el manejo de DFDs. Primero se debe diseñar el meta-modelo (sintaxis abstracta), para ello se utilizó Eclipse Modeling Framework (EMF) en Eclipse. Una vez definido y probado el meta-modelo se debe crear su sintaxis concreta, para lo cual se ha desarrollado un editor textual utilizando

Xtext y un editor gráfico utilizando Sirius. Finalmente se utiliza Acceleo para generar código HTML a partir de un DFD de un sistema de consultas médicas.

#### Requisitos del DSL

Un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) es la representación gráfica del flujo de datos entre los procesos de un sistema de software. Debe ser posible representar: procesos, entidades externas, flujo de datos y almacenes.

#### Sintaxis abstracta (meta-modelo)

En base a los requisitos señalados, se crea su meta-modelo que puede ser representado en diferentes formatos, como por ejemplo un diagrama de clases señalado en la Figura 2, código Java, basado en árbol (tree-based), XMI (XML Metadata Interchange). En este caso el meta-modelo es representado mediante el lenguaje de meta-modelo Ecore utilizando el framework EMF de Eclipse.

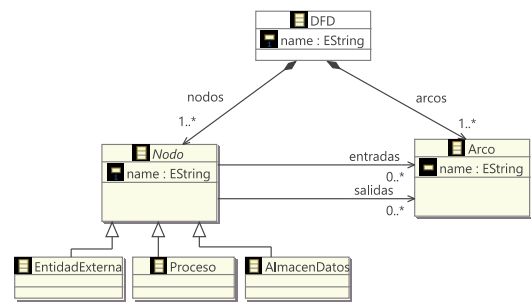


Fig. 2. Metamodelo para representar DFDs

#### Sintaxis concreta (editor textual)

Para desarrollar DSL textual se utilizó Xtext, debido a que ofrece un lenguaje específico para diseñar gramáticas tipo BNF. La Figura 3 muestra un extracto de la gramática generada automáticamente por Xtext, la cual es derivada del meta-modelo de la Figura 2. La Figura 4 muestra el lenguaje textual para representar DFDs que permite escribir instrucciones en el nuevo lenguaje. El código fuente del programa se registra en archivos con extensión (\*.dfd).

```

MyDsl.xtext
1 // automatically generated by Xtext
2 grammar dfd, spj, mydsl, mydsl, MyDsl with org.eclipse.xtext.common.Terminals
3
4 import "platform:/resource/EMF_DFD/model/MMDFD.ecore"
5 import "http://www.eclipse.org/emf/2002/Ecore" as ecore
6
7@ DFD returns DFD:
8   'DFD'
9   name=EString
10  'arcos' arcos+=Arco ( "," arcos+=Arco)*
11  'nodos' nodos+=Nodo ( "," nodos+=Nodo)*;
12
13@ Nodo returns Nodo:
14   Proceso | EntidadExterna | AlmacenDatos;
15
16@ Arco returns Arco:
17   {Arco}
18   'Arco'
19   name=EString;
20
21@ EString returns ecore::EString:
22   STRING | ID;
23
24@ Proceso returns Proceso:
25   {Proceso}
26   'Proceso'
27   name=EString
28   ('entradas' '(' entradas+=[Arco]EString ( "," entradas+=[Arco]EString)* ')' )?
29   ('salidas' '(' salidas+=[Arco]EString ( "," salidas+=[Arco]EString)* ')' )?;
    
```

Fig. 3. Extracto de la gramática del lenguaje

```

test1.dfd
1 DFD ExamenMedico
2
3 arcos
4 Arco conocimiento_medico,
5 Arco historia_clinica_paciente,
6 Arco diagnostico,
7 Arco examenyservicios,
8 Arco costo,
9 Arco examenyserviciosmedicos,
10 Arco pago,
11 Arco factura,
12 Arco sintomas,
13 Arco tratamiento
14
15 nodos
16 Proceso Examen
17   entradas (conocimiento_medico,historia_clinica_paciente)
18   salidas (diagnostico,diagnostico,tratamiento),
19 Proceso Pagos,
20 AlmacenDatos Registro_Contable,
21 AlmacenDatos Historia_Clinica,
22 EntidadExterna Medico,
23 EntidadExterna Paciente
    
```

Fig. 4. Lenguaje textual para representar DFDs

**Sintaxis concreta (editor gráfico)**

Tomando como base el meta-modelo de la Figura 2, se diseña el lenguaje gráfico para la representación de DFDs, para ello se utiliza *Sirius*. El proceso de creación de un proyecto Sirius, considera las siguientes actividades: creación de un proyecto Viewpoint Specification Project, especificación de un Viewpoint, especificación del tipo de representación (diagram, table, tree), mapeo entre los elementos gráficos del diagrama con los elementos del meta-modelo, especificación de las acciones que se van a realizar cuando se produzca un evento, y finalmente la especificación de los elementos de la barra de herramientas del editor (paleta). La Figura 5 muestra el proceso de especificación de la representación gráfica de los elementos y relaciones del meta-modelo. La Figura 6 muestra el lenguaje gráfico para representar DFDs.

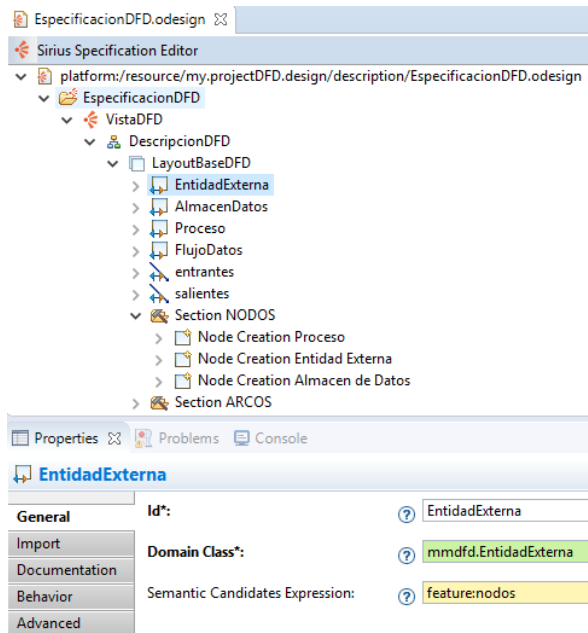


Fig. 5. Especificación de las propiedades del editor gráfico

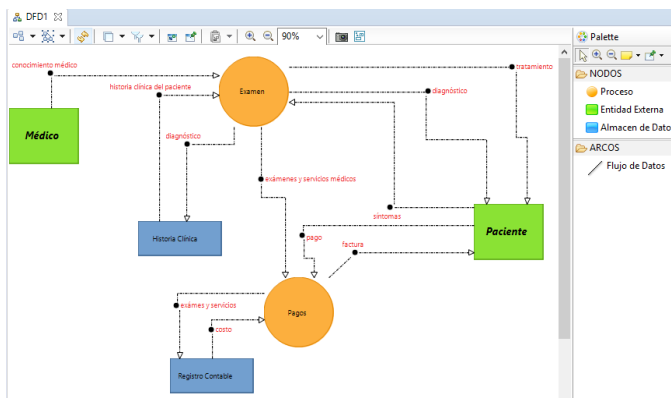


Fig. 6. Lenguaje gráfico para representar DFDs

**Generador de código**

Para desarrollar un generador de código (M2T) se utilizó Aceleo, debido a su facilidad de uso y debido a que ofrece ventajas como alta capacidad de personalización, interoperabilidad, lanzamiento fácil para generar un programa en cualquier lenguaje de programación. En la Figura 7 se señala la configuración de la plantilla (template) para generar código a partir de un modelo. La Figura 8 muestra el código HTML generado.

```

generate.mtl
1 [comment encoding = UTF-8 /]
2 [module generate('http://mmdfd/1.0')]
3 [template public generateElement(aDFD : DFD)]
4 [comment @main/]
5 [file ('Examen_Medico_1.html',false)]
6 <html>
7 <body>
8 <ul>
9 <h4>Elementos del DFD</h4>
10 <h4>Arcos:</h4>
11 [for (a:Arco|aDFD.arcos)]
12 [file('stdout',false)]procesando un envio: [file]
13 <li>[a.name/]</li>
14 [for]
15 <h4>Nodos:</h4>
16 [for (p:Node|aDFD.nodos)]
17 [file('stdout',false)] [file]
18 <li>[p.name/]</li>
19 [for]
20 </ul>
21 </body>
22 </html>
23 [file]
24 [template]
    
```

Fig. 7. Template utilizado para generar código HTML

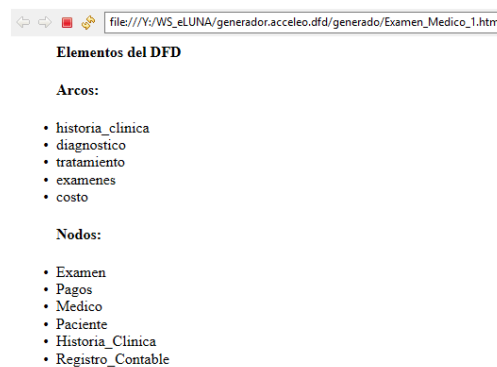


Fig. 8. Código HTML generado a partir de un DFD

## IV. CONCLUSIONES

El proceso desarrollo de software siempre ha estado en una permanente evolucionando, debido a que se pretende hacer más fácil y rápido dicho proceso. Para ello existen una gran variedad de lenguajes de programación, unos para solucionar cualquier problema, y otros para solucionar un problema específico. Producto de esta evolución, desde hace algunos años, aproximadamente el año 2000 se viene trabajando con el paradigma de desarrollar software a través de modelos, ya no a través de programas de tinte general.

Sin duda los modelos se han utilizado prácticamente desde la aparición de la ingeniería de software, siendo los modelos utilizados en las diferentes metodologías de desarrollo. En este contexto los modelos y diagramas han jugado un papel secundario, muchas veces considera la tarea de realizarlos, como algo de poca valía o importancia. MDE pretende utilizar la riqueza expresiva de los modelos para generar la implementación del código. Dentro de los postulados de MDE, está el de hacer más fácil la tarea de desarrollar software, la generación de soluciones de mayor calidad, y la de mejorar la productividad en el desarrollo. A pesar de las ventajas señaladas, existen

varios factores que han limitado su utilización en la industria, entre ellos el desconocimiento de la tecnología.

## REFERENCIAS

- [1] P. Mohagheghi and V. Dehlen, "A metamodel for specifying quality models in model-driven engineering," in *NW-MODE*, 2008.
- [2] J. García, F. García, V. Pelechano, A. Vallecillo, J. Vara, and C. Vicente-Chicote, *Desarrollo de Software Dirigido por Modelos: Conceptos, Métodos y Herramientas.*, 2013.
- [3] S. Kent, "Model driven engineering," in *iFM*, 2002, pp. 286-298.
- [4] M. Wimmer and G. Kramler, "Bridging grammarware and modelware," in *International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems*, 2005, pp. 159-168.
- [5] J. L. C. Izquierdo, J. Cabot, J. J. López-Fernández, J. S. Cuadrado, E. Guerra, and J. De Lara, "Engaging end-users in the collaborative development of domain-specific modelling languages," in *CDVE*, 2013, pp. 101-110.
- [6] L. Tratt, "Model transformations and tool integration," *Software and Systems Modeling*, vol. 4, pp. 112-122, 2005.
- [7] C. E. Montenegro Marín, G. García, P. Alonso, J. Cueva Lovelle, and Ó. Sanjuán Martínez, "Application of model-driven engineering (MDA) for the construction of a tool for domain-specific modeling (DSM) and the creation of modules in learning management systems (LMS) platform independent," *Dyna*, vol. 78, pp. 43-52, 2011.

# Método para pruebas de vulnerabilidades en redes IPv6

## *Method for testing vulnerabilities in IPv6 networks*

Segundo Bolívar Jácome Canchig  
 Universidad Tecnológica Equinoccial  
 UTE  
 Quito, Ecuador  
 sbolivar.jacome@ute.edu.ec

Dario Larco  
 Easysoft S.A.  
 Quito, Ecuador  
 dario.larco@easysoft.com.ec

**Resumen** — Debido a la poca accesibilidad que se tiene hacia una Red IPv6 empresarial para realizar pruebas de vulnerabilidades, hace que ésta sea diseñada, implementada y configurada en laboratorio para simular su comportamiento. Este artículo presenta un método para el escaneo de vulnerabilidades en redes LAN-WAN configuradas con direccionamiento y enrutamiento IPv6. Tanto los servidores de red y las herramientas para pruebas de vulnerabilidades se instalaron y configuraron en máquinas virtuales utilizando distribuciones de software libre. Los resultados obtenidos indican que las redes IPv6 son tan vulnerables como las redes IPv4, es decir, se puede visualizar las direcciones lógicas, físicas y puertos, se pueden observar los sistemas operativos, aplicaciones y archivos, así como también se puede observar el tráfico entre los diferentes dispositivos de la red.

**Palabras Clave** - Seguridad IPv6, vulnerabilidades IPv6, Redes.

**Abstract** — Due to the lack of accessibility to an IPv6 Business Network to perform vulnerability scanning test, it is designed, implemented and configured in a laboratory. This paper presents a method for scanning vulnerabilities in LAN-WAN networks configured with IPv6 addressing and implemented with Cisco devices. Network servers were installed and configured on virtual machines using free software distributions. Vulnerability tests were performed using different GNU software tools, both for port mapping, traffic analysis, IPV6 service scanning, and access to Networking equipment. The results obtained indicate that the vulnerabilities in IPv6 networks are similar to those of IPv4, that is, the logical, physical and port addresses can be visualized, the operating systems, applications and archives can be observed traffic by manipulating packets.

**Keywords** - IPv6 security, IPv6 vulnerabilities, networks.

### I. INTRODUCCIÓN

Debido al problema de agotamiento de direcciones IPv4, en 1995 la IETF (*Internet Engineering Task Force*), propuso una nueva generación de Protocolo de Internet llamado IPng que ahora se conoce como IPv6 [1]. Cuando una organización desea implementar una red IPv6 en todas sus áreas de servicios, esta no es posible ya que necesita una migración lenta de IPv4 a IPv6 para no afectar mucho al servicio existente [2].

Actualmente la mayoría de las organizaciones cuentan con redes híbridas, es decir, una parte es IPv4 y otra es IPv6, por lo que es muy difícil encontrar una organización con una red y servicios completamente IPv6. Un parámetro que no ha sido adecuadamente atendido en este tipo de redes, es la seguridad, ya sea por la incomodidad de proponer esfuerzos y obtener resultados pobres, o porque los riesgos y los efectos de ignorarlo no eran importantes en el principio [3].

En la actualidad se evidencia un retraso en la migración hacia IPv6. La tasa de adopción de IPv6 en los países como Bélgica (59%), Suiza (50%), Alemania (49%), Luxemburgo (46%), Estados Unidos (45%), y otros, se debe a que estos países cuentan con infraestructuras, dispositivos y tecnologías basados en IPng [4] [5] [6][7]. En América Latina y el Caribe los índices de adopción son bajos.

En el informe anual de seguridad 2016, Cisco identificó que los directores de seguridad y los responsables de operaciones de seguridad no se muestran confiados con la actualización de sus infraestructuras de seguridad ni con su capacidad para evitar los ataques [8] [9][10]. Por lo tanto, la dificultad de encontrar una empresa que permita realizar pruebas de las vulnerabilidades en su red IPv6, hizo que ésta sea recreada en laboratorio, cumpliendo con los requisitos mínimos de conectividad y servicios de una red corporativa.

Este artículo tiene como objetivo proponer un método para realizar pruebas iniciales de vulnerabilidades en una red IPv6, con el fin de brindar recomendaciones de seguridad. Para cumplir con este objetivo, primeramente, se hizo una revisión del estado de la cuestión en diferentes artículos relacionados con el tema, seguidamente, se implementó en laboratorio una red IPv6 con las características mínimas de una red corporativa, y finalmente, se realizó pruebas de vulnerabilidad, para determinar la confiabilidad y disponibilidad de este tipo de redes.

### II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada para la realización de pruebas de vulnerabilidades en una red IPv6, se dividió en los siguientes puntos: (1) Se armó un laboratorio con todas las herramientas.

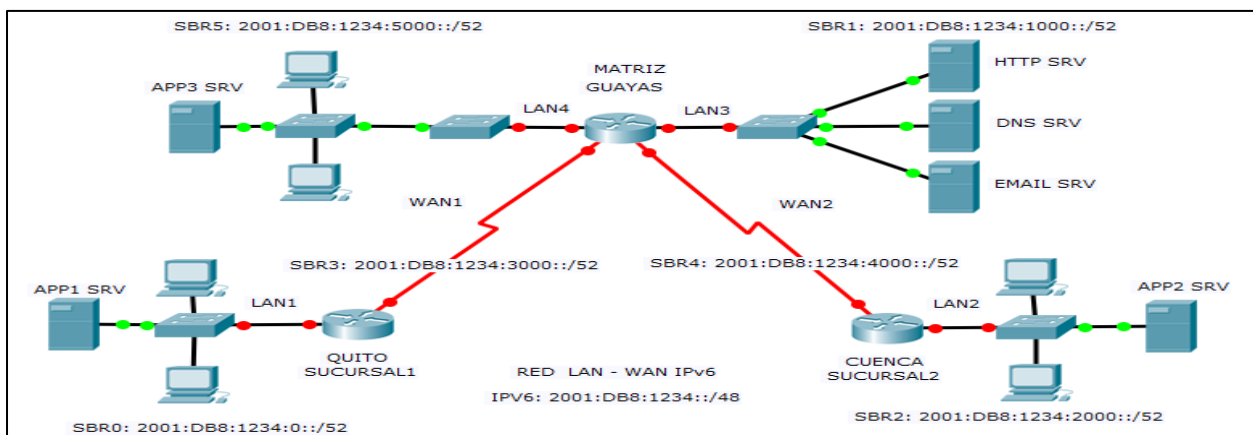


Figura 1. Topología de la red de pruebas

de hardware y software necesarias para identificar las debilidades. (2) Se elaboró una lista de las vulnerabilidades que se desea analizar. (3) Se seleccionó las herramientas adecuadas para cada vulnerabilidad. (4) Se analizó los resultados

III. RESULTADOS

Para la realización de este estudio, se implementó en laboratorio una red LAN – WAN con direccionamiento IPv6 Unicast Global [11] y enrutamiento EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) v3 [12], cuya topología se indica en la Fig. 1.

Una vez comprobada la conectividad de la red IPv6, se procedió a configurar y levantar en Linux Centos 7.0, los servidores de uso general tales como: HTTP, DNS y WEBMAIL. Todas las computadoras de la red están con el Sistema Operativo Windows 7. Con respecto al punto 1, se seleccionó una computadora de la red como máquina laboratorio, la cual se virtualizó, instaló y configuró las herramientas indicadas en la Tabla I.

TABLA I. HERRAMIENTAS DE LABORATORIO

Herramienta	Aplicación
VM Ware V.12	Máquina Virtual
Kali Linux 2017.2	Distribución para Ethical Hacking
Metasploitable	Detección de vulnerabilidades
Nmap	Escaneo de puertos
Nessus	Detección de vulnerabilidades
Nexpose	Vulnerabilidades en aplicaciones

Con respecto al punto 2, en la Tabla II, se muestra la lista de las vulnerabilidades más comunes para ataques a las redes de datos

TABLA II. LISTA DE VULNERABILIDADES

Vulnerabilidad	Característica
Identificación de dispositivos, direcciones y dominios de red	Reconocimiento
Identificación de puntos críticos	Escaneo de puertos y servicios
Identificación de potenciales riesgos	Análisis de vulnerabilidades

Con respecto al punto 3, la Fig. 2 muestra los resultados obtenidos con la herramienta NMAP. Aquí, en una sola pantalla se puede identificar las direcciones presentes en los dispositivos de red: la dirección física, la dirección lógica y el estado de los puertos. También se observan los equipos escaneados, de los cuales dos son servidores virtuales y el tercero es un Router, así como también el tiempo de escaneo en cada uno de los equipos involucrados (Latency) [2].

Para el escaneo de los servicios de red y la detección de problemas de configuración, se escogió el programa Nessus, el mismo que cuenta con dos herramientas importantes: El servidor Nessus (nessusd) que es usado para explorar y probar ataques contra objetivos definidos, y el cliente (nessus) para realizar las tareas de control, informes y presentación de datos [15], [16].

La Fig. 3 muestra las vulnerabilidades ordenadas de acuerdo a su prioridad en medias y bajas. Para este caso no hay vulnerabilidades altas. También se observa que la duración del escaneo fue de 4 minutos, lo nos indica que el tiempo de análisis con esta herramienta es bastante alto, en comparación con otras.

Para el escaneo vulnerabilidades en Sistemas Operativos se utilizó la herramienta NEXPOSE. Esta es una solución de gestión de vulnerabilidades que combina la evaluación de vulnerabilidades y controles, la validación de vulnerabilidades y la planificación de remediación [17].

El reporte de escaneo indica una descripción cada una de las vulnerabilidades encontradas y se presentan sugerencias de solución [19]. En la Fig. 4 se muestra gráficamente la estadística de los Sistemas operativos detectados en la red, así como también los servicios más comunes. Aquí, el 40% corresponde al IOS (Internetwork Operating System) de los dispositivos Cisco

En esta la Fig. 4 también se puede observar que el servicio más común es Telnet, puesto que éste se activa por defecto en equipos Cisco.

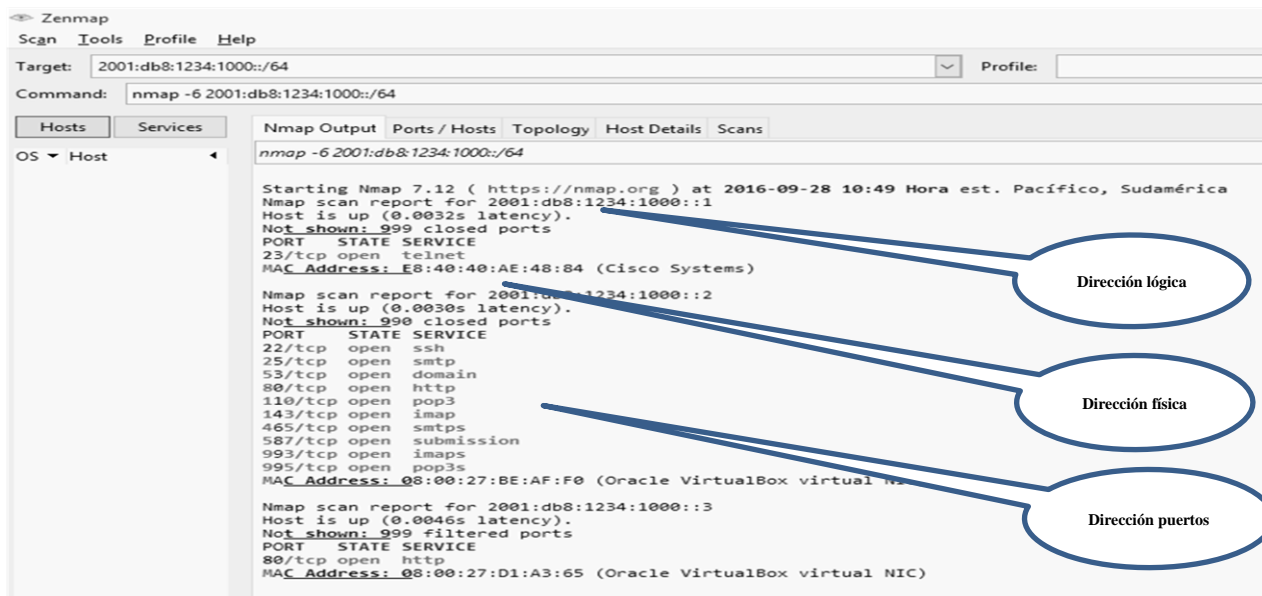


Figura 2. Resultado del escaneo de direcciones con NMAP

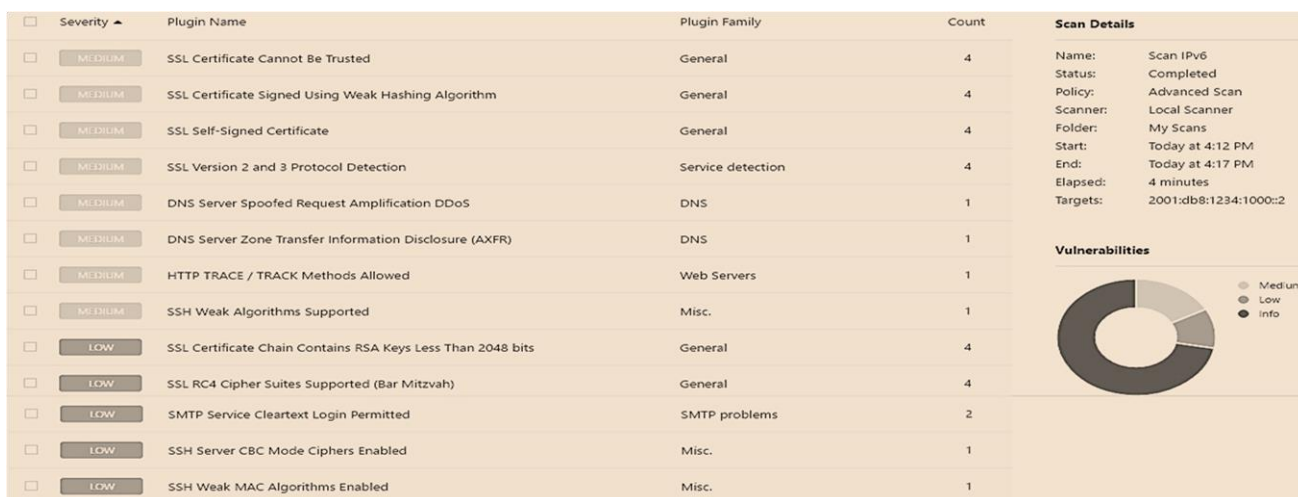


Figura 3. Estado de las vulnerabilidades en un servidor de la red.

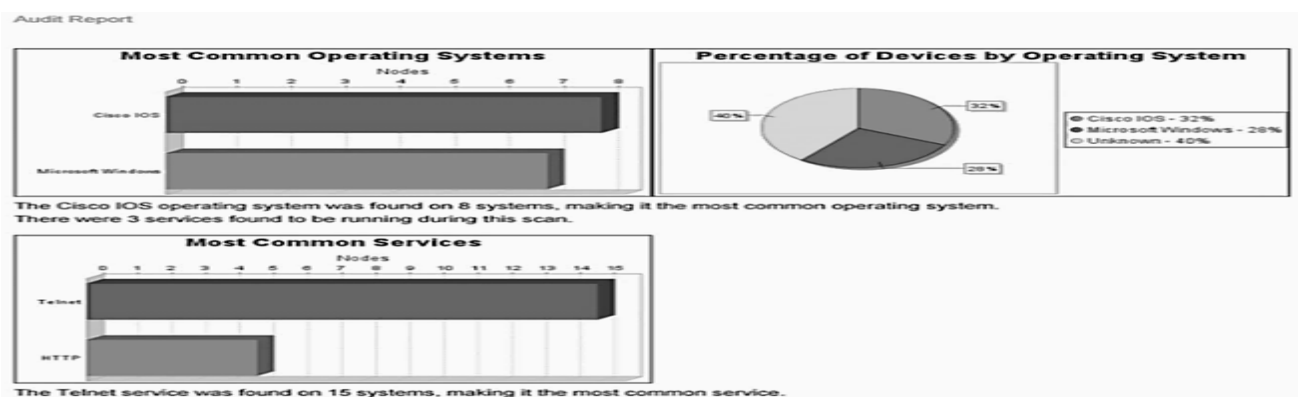


Figura 4. Estadística de los sistemas operativos en un servidor de la red

IV. CONCLUSIONES

A pesar de la existencia de una amplia gama de herramientas informáticas, de diferentes proveedores, licenciadas o de uso libre y que corren bajo diferentes plataformas, que permiten realizar diferentes tipos de análisis de vulnerabilidades en redes IPv6, Nessus y Nexpose están dentro del grupo de los más utilizados por el gobierno de Estados Unidos [19].

Tanto Nessus como Nexpose utilizan diferentes técnicas para identificar vulnerabilidades. La figura 5 muestra un cuadro comparativo de los problemas de seguridad identificadas por cada una, de acuerdo al listado de *Metasploitable 2* [22].

	Nmap	Nessus	Nexpose	CGE
<b>Facilidad de uso</b>	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Recursos del sistema</b>	Bajo	Alto	Alto	Medio
<b>Facilidad de Instalación</b>	Simple	Alta	Alta	Media
<b>Complejidad</b>	Baja	Alto	Alto	Medio
<b>Calidad de reporte</b>	Alta	Alta	Alta	Media
<b>Tiempo de escaneo</b>	Bajo	Medio	Alto	Medio
<b>No. Vulnerabilidades que detecta</b>	Bajo	Alto	Alto	Medio
<b>Tipo de Herramienta</b>	Libre	Licencia	Licencia	Licencia
<b>Costo</b>	-	Alto	Alto	-

Figura 5. Cuadro comparativo de vulnerabilidades detectadas por Nessus y Nexpose [22] [23].

A pesar de la amplia gama de direcciones IPv6 y del direccionamiento en base a subredes, se esperó que las pruebas de escaneo de direcciones IPv6 lleve mucho tiempo, pero esto no sucedió, ya que las direcciones utilizadas son del tipo *low byte* y se identifican mediante patrones predeterminados.

Algunas herramientas, como por ejemplo Nexpose, requieren características especiales de hardware, especialmente de memoria RAM para que pueda funcionar. Además, se debe instalar en servidores Linux o Windows.

Muchas de las herramientas utilizadas en la identificación de vulnerabilidades son complejas de instalar y configurar, pero permiten realizar varias pruebas a la vez, por lo que es necesario primeramente investigar sus modos de configuración y las bondades de los diferentes tipos de pruebas, para obtener los mejores resultados. En algunos casos solo se utilizó uno de los varios tipos de pruebas.

V. REFERENCIAS

[1] R. Regis, A. Moreiras, E. Reis, and A. Rocha, *CURSO IPv6*

[2] S. Aravind and G. Padmavathi, "Migration to Ipv6 from IPV4 by dual stack and tunneling techniques," *2015 Int. Conf. Smart Technol. Manag. Comput. Commun. Control. Energy Mater. ICSTM 2015 - Proc.*, no. May, pp. 107–111, 2015.

[3] J. R. P. Sánchez, "Analysis of the Security IPv6 and Comparative Study between Two Routing Protocols Oriented to IPv6," *Proc. - 2015 Asia-Pacific Conf. Comput. Syst. Eng. APCASE 2015*, pp. 374–379, 2015.

[4] J. P. Martínez, "Tutorial IPv6," Mexico, 2004.

[5] G. Cicileo, "Agotamiento de IPv4," 2014, p. 4.

[6] L. Vidal, "Diseño e implementación de software para protocolo ipv6.," 2004.

[7] F. Siddika, M. A. Hossen, and S. Saha, "Transition from IPv4 to IPv6 in Bangladesh: The competent and enhanced way to follow," *Proc. 2017 Int. Conf. Networking, Syst. Secur. NSysS 2017*, pp. 174–179, 2017.

[8] I. De Sistemas, "Caracterización de IPv6," vol. 17, no. 36, pp. 111–128, 2012.

[9] LACNIC, "Direccionamiento," in *Direccionamiento IPv6*, 2010, p. 41.

[10] CISCO, "Resumen Ejecutivo," 2016.

[11] J. Robb, F. C. Career, and C. N. Academy, "IPv6 Addressing and subnetting," USA, 2001.

[12] C. N. A. Contador, Nicolás, "Fundamentos de enrutamiento y conmutación ( Routing and Switching Essentials ).," in *CCNA 2 V5*, WordPress, Ed. USA: CISCO, 2010, p. 675.

[13] F. Catoira, "Seguridad: cultura de prevención para TI, Vulnerabilidades de hoy," *Seguridad*, vol. 19, no. 1, pp. 21–25, 2012.

[14] T. De Scratch, "Guía de referencia," USA, 2009.

[15] J. García Alfaro, "A1 exploraciones de red con Nmap y Nessus," p. 66.

[16] P. Arroyo, "Probando Nessus Profesional 6.4. Scanner de vulnerabilidades," 2015. [Online]. Available: <http://www.cantabriatic.com/probando-nessus-profesional-6-4-scanner-de-vulnerabilidades-parte-2/>.

[17] A. L. Hernández Saucedo and J. Mejía Miranda, "Guía de ataques, vulnerabilidades, técnicas y herramientas para aplicaciones web," *ReCIBE*, vol. 4, no. 1, p. 17, 2015.

[18] "Escaner de vulnerabilidades NexPose," *Backtrack-linux.org*, 2010. [Online]. Available: <https://www.backtrack-linux.org/>. [Accessed: 09-Sep-2017].

[19] D. A. Franco and J. L. Perea, "Metodología para la Detección de Vulnerabilidades en Redes de Datos Methodology for Detecting Vulnerabilities in Data Networks," vol. 23, pp. 113–120, 2012.

[20] Undercode, "CGE, CISCO GLOBAL EXPLOITE," 2011. [Online]. Available: [https://undercode.org/foro/hacking/\(cge\)-cisco-global-exploiter/msg65378/#msg65378](https://undercode.org/foro/hacking/(cge)-cisco-global-exploiter/msg65378/#msg65378).

[21] D. Rosales, "Seguridad y Redes Cisco Global Exploiter," 2011. [Online]. Available: <https://delfirosales.blogspot.com/2011/12/cisco-global-exploiter.html>. [Accessed: 09-Sep-2017].

[22] Matias, "Nessus Vs. Nexpose," 2015. [Online]. Available: <https://bluescreensec.wordpress.com/2015/09/21/nessus-vs-nexpose-escaners-de-vulnerabilidades-cual-es-mejor/>.

[23] D. A. Franco, J. L. Perea, and L. C. Tovar, "Herramienta para la Detección de Vulnerabilidades basada en la Identificación de Servicios. (Spanish)," *Vulnerability Detect. Tool using Banner Grabbing.*, vol. 24, no. 5, pp. 13–22, 2013.

[24] A. R. Choudhary and A. Sekelsky, "Securing IPv6 network infrastructure: A new security model," *2010 IEEE Int. Conf. Technol. Homel. Secur. HST 2010*, pp. 500–506, 2010.