

PISTAS

Educativas

NUEVA ÉPOCA • No. 127 • DICIEMBRE 2017 • ISSN: 2448-847X

Número Especial

Congreso Internacional de Tecnologías y Computación



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



PISTAS EDUCATIVAS

Pistas Educativas, Año 2017, No. 127, publicación especial CITEC 2017, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Celaya, Arcos de Belén Núm. 79, piso 3, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, CP 06010, Ciudad de México, Tel. 5536011000 Ext. 65064,

d_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Responsable Héctor Rojas Garduño. **Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-120613261600-203, ISSN: 2448-847X**, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número Julián Ferrer Guerra, Subdirector de Planeación y Vinculación, Instituto Tecnológico de Celaya, Antonio García Cubas Pte #600 esquina Av. Tecnológico, Colonia Alfredo V. Bonfil, CP 38010, Celaya, Gto, Tel. 4616117575 Ext 5106, fecha de término de la impresión o modificación.

Pistas Educativas es un espacio de libertad intelectual con responsabilidad; más allá del compromiso adquirido de formar ingenieros y administradores competentes, está el mandato constitucional para toda institución educativa de promover el desarrollo armónico de todas las facultades del ser humano y de educar para la democracia, como un sistema.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto encargado o si lo permite poner las condiciones.

DIRECTORIO TecNM

Manuel Quintero Quintero

Director



DIRECTORIO TecNM en Celaya

Ignacio López Valdovinos

Director

José Antonio Vázquez López

Subdirector Académico

Martín Campos Moreno

Subdirector de Servicios Administrativos

Julián Ferrer Guerra

Subdirector de Planeación y Vinculación

Teresita de las Nieves Armengol Rico

Jefe Departamento de Desarrollo Académico



PISTAS EDUCATIVAS

pistaseducativas@itcelaya.edu.mx

PISTAS **Educativas**

COMITÉ EDITORIAL

Editor General

MC. Julián Ferrer Guerra
Subdirector de Planeación y Vinculación
Tecnológico Nacional de México en Celaya

Editores Ejecutivos

Dr. José Antonio Vázquez López
Subdirector Académico
Tecnológico Nacional de México en Celaya

MDPH. Teresita de las Nieves Armengol Rico
Jefe Departamento de Desarrollo Académico
Tecnológico Nacional de México en Celaya

Editor Responsable

Ing. Héctor Rojas Garduño
Coordinador de Métodos y Medios Educativos
Tecnológico Nacional de México en Celaya

PISTAS EDUCATIVAS

No. 127 (CITEC 2017), enero 2018

Contenido

| | |
|---|---------|
| EDITORIAL..... | 1 |
| APLICACIÓN DE MARCOS DE TRABAJO ÁGIL PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE EN AMBIENTES ACADÉMICOS <i>Julio Armando Asato España, Elda Ramírez González, José Guillermo Fierro Mendoza, Francisco Gutiérrez Vera, Patricia Galván Morales.....</i> | 6-25 |
| USO DEL MÉTODO "THINK ALOUD" EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA <i>María Susana Ávila García, Marco Bianchetti, Alfredo González Gaviña.....</i> | 26-38 |
| SISTEMA DE MONITOREO DE ANÁLISIS CLÍNICOS POR MEDIO DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES <i>Cinthia del Carmen Balam Almeida, Orlando Adrián Chan May, Jimmy Josué Peña Koo.....</i> | 39-47 |
| SISTEMAS GROUPWARE PARA EL DISEÑO DE DIAGRAMA DE CLASES UML EN AMBIENTES TÁCTILES <i>Nancy Blanco Hernández, Luis G. Montané Jiménez, Carmen Mezura Godoy.....</i> | 48-65 |
| PROTOTIPO DE ELECTROCARDIOGRAFO PORTÁTIL <i>Franco Gabriel Caballero Julián, Víctor Manuel Jiménez Ramos, Alan Raúl Sánchez Torres, Antonia López Sánchez.....</i> | 66-81 |
| RECONOCIMIENTO FACIAL POR EL MÉTODO DE EIGENFACES <i>Franco Gabriel Caballero Julián, Martín Vidal Reyes, Antonia López Sánchez, Carlos Alberto Jerónimo Ríos.....</i> | 82-99 |
| FACTORES PARA EL DISEÑO Y VISUALIZACIÓN DEL AWARENESS EN SISTEMAS GROUPWARE <i>M. Teresa Cepero García, Luis G. Montané Jiménez, Carmen Mezura Godoy, Edgard Benítez Guerrero.....</i> | 100-122 |
| ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ASPIRANTES A INGRESAR A INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR UTILIZANDO PENTAHO <i>Juan Ignacio Cerca Vázquez, Rubén Torres Frías, Luis Alberto López González, José Jesús Sánchez Farías.....</i> | 123-135 |
| ENSEÑANZA DE UNA ESTRUCTURA DE DATOS UTILIZANDO UN OBJETO DE APRENDIZAJE PARA ESTUDIANTES QUE APRENDEN CON ESTILO KINESTÉSICO <i>Ana Patricia Cervantes Márquez, Rafael De la Rosa Flores, Misael Limón Martínez, Meliza Contreras González, Mireya Tovar Vidal.....</i> | 136-149 |
| QLIKVIEW, UN CASO PRÁCTICO PARA LA INTEROPERABILIDAD Y CONVERGENCIA ENTRE VARIOS SISTEMAS <i>Orlando Adrián Chan May, Jimmy Josue Peña Koo, Cinthia del Carmen Balam Almeida.....</i> | 150-170 |
| SISTEMA DE LOCALIZACIÓN EN TIEMPO REAL MEDIANTE UN SERVIDOR WEB Y APLICACIONES MÓVILES <i>Ignacio Contreras Contreras, Geovanni Hernández Gómez.....</i> | 171-186 |
| IMPLEMENTACIÓN DE LA FUNCIÓN SHA3-3 EN UNA ARQUITECTURA ARM <i>Alfonso Francisco De Abiega LEglise, Gina Gallegos García.....</i> | 187-204 |
| AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE ACCESO UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES Y RFID <i>Rafael De la Rosa Flores, David E. Munoz Morales, Ervic Pérez Mendoza, José Luis Mora Flores, Hilda Castillo Zacatelco.....</i> | 205-216 |
| DISPOSITIVO DE RASTREO GPS PARA GANADO BOVINO <i>Luis Alberto Espejo Ponce, Yareny Rivera García, José Miguel Méndez Alonso, Abelino Lobato González, Hugo Alberto Flores Vargas.....</i> | 217-226 |
| ANÁLISIS DEL USO DE WEBSOCKETS PARA IMPLEMENTAR APLICACIONES WEB EN TIEMPO REAL <i>José Guillermo Fierro Mendoza, Francisco Gutiérrez Vera, Julio Armando Asato España, Claudia Cristina Ortega González, Eduardo Alejandro Noria Juárez.....</i> | 227-238 |
| APOYO DIDÁCTICO DEL LENGUAJE VHDL EN EL ESTUDIO DE UNA UNIDAD DE CONTROL MICROPROGRAMADA <i>Carlos Federico Hernández Farfán, Abissay Natanael Hernández Armenta, José Humberto Sánchez Galeana.....</i> | 239-254 |

| | |
|---|----------------|
| MODELADO DE DATOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA BASADO EN EL ESTÁNDAR CERIF USANDO MICROSOFT EXCEL <i>Sinaí López Castillo, María Susana Ávila García, Isnardo Reducindo.....</i> | 255-269 |
| SISTEMA MULTI-AGENTE DE APOYO AL ANÁLISIS DE UNA ACTIVIDAD COLABORATIVA DE UN VIDEOJUEGO <i>Elizabeth Martínez López, Carmen Mezura Godoy, Luis G. Montané Jiménez, Edgard Benítez Guerrero...</i> | 270-281 |
| IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE CONTROL DIFUSO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS EN MICRO-REDES DE CD <i>Juan José Martínez Nolasco, José Alfredo Padilla Medina, Elías José Juan Rodríguez Segura.....</i> | 282-297 |
| SISTEMA EXPERTO COMO APOYO PARA LA DETECCIÓN DE CIBERBULLYING <i>Magally Martínez Reyes, Anabelem Soberanes Martín, Noemí Danae Reyes Razo, Cristina Juárez Landín.....</i> | 298-316 |
| SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES INALÁMBRICAS, EN LOCACIONES SIN SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES <i>Ismael Méndez Trejo, Sergio Elías Pérez Pizano, Rafael Ramírez Rosillo.....</i> | 317-339 |
| APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ROBÓTICA <i>Marco Alberto Mendoza Pérez, René Guadalupe Cruz Flores, Alan Antonio Villalba Hernández, José Alfredo Calderón Rodríguez, Erika Arreola Patiño.....</i> | 340-353 |
| INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA EL MONITOREO DE TRAMAS CAN POR MEDIO DE UN SOC CYCLONE V <i>Salvador Morales Caro, Josefina Castañeda Camacho, Gerardo Mino Aguilar.....</i> | 354-372 |
| APLICACIÓN CLIENTE-SERVIDOR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE DETECCIÓN DE FRENTE TÉRMICOS EN IMÁGENES SUPERFICIAL DEL MAR <i>Cristian Horacio Moreno Chávez, Guillermo Martínez Flores, Jesús Antonio Castro.....</i> | 373-382 |
| DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE JUEGOS DIDÁCTICOS DEL CENTRO DE AUTO-APRENDIZAJE DIRIGIDO DE IDIOMAS <i>Walter Alejandro Moreno Ramírez, Alfredo González Gaviña, María Susana Ávila García, Luis Enrique Pérez Rodríguez, María Isabel Vázquez De La Rosa.....</i> | 383-401 |
| SISTEMA EXPERTO EN APOYO A TOMA DE DECISIONES PARA APROBACIÓN DE LÍNEAS DE CRÉDITO <i>Jimmy Josué Peña Koo, Orlando Adrián Chan May, Cinthia del Carmen Balam Almeida.....</i> | 402-411 |
| SOFTWARE AEROSPAZIAL PARA EL PROCESO DE PRUEBA ELÉCTRICA EN TIEMPO REAL <i>Verónica Quintero Rosas, Francisco Ibáñez Salas, Gilberto García Gómez, Mario Camarillo Ramos, Heber Samuel Hernández Tabares.....</i> | 412-425 |
| DISEÑO DE MAPA INTERACTIVO Y MULTITÁCTIL DE SUPERVIVENCIA DE ÁRBOLES <i>Bernardo Quintino Guzmán, María Susana Ávila García, Francisco Antonio Ávila García, Marco Bianchetti, Erick Franco Gaona.....</i> | 426-436 |
| APOYO PARA LA PREVENCIÓN DEL PLAGIO ACADÉMICO CON LA INTEGRACIÓN DE UN ALGORITMO DE CÓDIGO ABIERTO Y UNA PLATAFORMA EDUCATIVA <i>Isnardo Reducindo, Miguel A. Olvera Martínez, Luis R. Rivera Aguilera, Julio C. Rivera Aguilera.....</i> | 437-451 |
| SISTEMA DE MONITOREO DE GANADO BOVINO <i>Yareny Rivera García, Luis Alberto Espejo Ponce, José Miguel Méndez Alonso, Miriam Narciso Huerta...</i> | 452-461 |
| SISTEMA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS DENTRO DE UNA COLMENA <i>Dora Ofelia Rodríguez Martínez, Francisco Javier Ruiz Ortega, Karina Esquivel Murillo, María Estela Rodríguez Torres, José Luis Ibarra Casiano.....</i> | 462-473 |
| SISTEMA PARA EL MONITOREO REMOTO DE COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS <i>Dora Ofelia Rodríguez Martínez, José Luis Ibarra Casiano, María Estela Rodríguez Torres, Karina Esquivel Murillo, Francisco Javier Ruiz Ortega.....</i> | 474-484 |
| SINCRONIZACIÓN DE DATOS ENTRE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y ENSAYO <i>José Jesús Sánchez Farías, Susana Guadalupe Rojas Serrano, Juan Ignacio Cerca Vázquez, Luis Alberto López González, Rubén Torres Frías.....</i> | 485-499 |
| MATERIAL DIDÁCTICO EN LÍNEA PARA ALUMNOS KINESTÉSICOS, AUDITIVOS Y VISUALES DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN | |

| | |
|--|----------------|
| <i>Anabelem Soberanes Martín, José Luis Castillo Mendoza, Esperanza Coterá Regalado, Aideé Peña Martín.....</i> | <i>500-517</i> |
| METODOLOGÍA PARA EL MODELADO DE SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL PARA EL APRENDIZAJE EN DISPOSITIVOS MÓVILES | |
| <i>Gonzalo Alberto Torres Samperio, Anilu Franco Arcega, Ma. de Jesús Gutiérrez Sánchez, Alberto Suarez Navarrete.....</i> | <i>518-534</i> |
| ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS BÚSQUEDAS SIMPLES HASTA LA INNOVACIÓN DE LAS BÚSQUEDAS RELACIONADAS, UNA WEB SEMÁNTICA | |
| <i>Ariel Valdez Rodríguez, Elizabeth Rosas Trilla, Jessica Alejandra Araujo Rodríguez, Rodrigo Daniel Heredia Heredia.....</i> | <i>535-547</i> |
| SISTEMA DE TELEASISTENCIA MÉDICA TIPO SCADA PARA EL MONITOREO DE PACIENTES UTILIZANDO TECNOLOGÍA GSM | |
| <i>Jonny Paul Zavala De Paz, Cesar A. Isaza Bohorquez, Ely Karina Anaya Rivera, Francisco Javier Bucio Castillo, Francisco Antonio Castillo Velázquez.....</i> | <i>548-556</i> |

EDITORIAL

En esta ocasión tenemos el agrado de presentar el número especial de la tercera edición del Congreso Internacional Tecnologías y Computación CITEC 2017, que se llevó a cabo del 14 al 17 de noviembre del presente año, en las instalaciones del Campus II del Instituto Tecnológico de Celaya. Esta edición tuvo al Cómputo Forense como tema principal para las conferencias y talleres; con relación a los artículos de investigación y desarrollo tecnológico recibidos, nuevamente tuvimos el agrado de recibir numerosas participaciones superando la meta de la edición anterior.

Los artículos que aquí se publican fueron sometidos al arbitraje de un grupo evaluador constituido por investigadores expertos en cada tema, bajo un proceso de doble ciego. Es del Comité Técnico del CITEC 2017 la responsabilidad en lo que se refiere a su calidad técnica de los artículos. Por su parte, la revista electrónica *Pistas Educativas* tuvo bajo su cuidado la edición de los textos de acuerdo con sus normas de publicación. A través de esta edición, el Tecnológico Nacional de México en Celaya por medio de la revista *Pistas Educativas*, da continuidad en su cometido de ser un vehículo para la difusión del conocimiento, contando en esta ocasión las experiencias y logros de los que dan cuenta en sus artículos los estudiantes, profesores e investigadores de diferentes instituciones de educación superior y centros de investigación de todo el país.

M.T.I. Francisco Gutiérrez Vera
Coordinador General del CITEC 2017

PRESENTACIÓN

Las tecnologías de la información siguen impactando de diversas formas en el quehacer de la humanidad, su uso y necesidad se vuelven cada vez algo natural al grado tal que los nativos digitales y millennials nacen en ellas y pareciera que siempre han existido, derivado de esto el congreso centro su atención de sus conferencias magistrales en el tema COMPUTO FORENSE, que es una de las ramas de aplicación de las ciencias computacionales y que es un referente importante para lograr un planeta más seguro en el manejo de datos o por lo menos brindar una certeza de lo que pasa en violaciones de seguridad. En este contexto las conferencias que se impartieron fueron las siguientes.

La ciberinteligencia y el cómputo forense



Dictada por Enrique Guzmán Gutiérrez, quien es Licenciado en Informática con especialidad en Redes y Sistemas Distribuidos, egresado del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Diplomado “Seguridad en Redes” impartido por la Universidad de Cienfuegos, en Cuba. Ha sido ponente en eventos de ciberseguridad para toda América Latina para la Microsoft Security Academy 2017, como experto en ciber-seguridad y ciber-riesgos. Ha impartido seminarios de fraude y riesgo cibernético en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se ha desempeñado como consultor experto en ciber-riesgos y ciber-seguridad, tanto para el sector gubernamental como en la iniciativa privada.

Informática forense: identificación, recolección y análisis de evidencia digital

Impartida por Jorge Alberto Grande Arriola, Ingeniero en Sistemas Computacionales, es Perito Profesional en materia de INFORMÁTICA FORENSE en la Procuraduría General de



la República, ha recibido capacitación de “Office of Antiterrorism Assistance” (ATA) de los Estados Unidos de América sobre la identificación, incautación, tratamiento y análisis de evidencia digital y elaboración de investigaciones a través de internet, así como un Taller en Derechos de Propiedad Intelectual: Combate contra los Delitos en Internet, impartido por la “Global Intellectual Property Academy U.S. Patent and Trademark Office” en la ciudad de Washington, Estados Unidos. Formó parte del 2º Congreso Internacional de Cibercriminalidad realizado en el Instituto Nacional de Ciencias Penales.

Aspectos técnicos, legales y estratégicos de la informática forense



Conferencia impartida por Ariel Berny Arellano. Egresado de la Universidad Mexicana Plantel Satélite con el título en la licenciatura en Sistemas Computacionales y miembro de la SOCIEDAD INTERNACIONAL de Peritos en Ciencias Forenses, S.C. Cuenta con un Posgrado en Habilidades Directivas en la Universidad Mexicana Plantel Satélite, posee una certificación como perito en el área de Informática Forense e Investigación de la Propiedad Industrial e Intelectual, desde Enero del 2012 He participado en decenas de litigios como perito en tribunales de la Ciudad de México, Toluca y Querétaro. Tiene una amplia experiencia como empresario en el sector y como representante de la Sociedad Mexicana de Juristas y Peritos (SOMEXJUPE, S.C.) impartiendo diplomados para certificaciones de Peritos en la materia de Informática Forense.

Informática forense: redes sociales e internet en 2017

Dictada por Davinia de la Rosa Hernández, Estudió Ingeniería en Informática en la Universidad de Las Palmas Gran Canaria (España) trabajó en la empresa “LCC a Tech Mahindra Company“, empresa mundial de atención a necesidades de intercomunicación y servicios de operación de red con sucursales y filiales en Europa,



América y Asia. Cuenta con una certificación ITIL V3, la cual recoge las mejores prácticas de la Gestión de Servicios de TI siendo la más aceptada en el mundo. En los últimos años se ha ido implementando su uso en organizaciones de todos los sectores, convirtiéndose en uno de los estándares sobre organización de información. Desde 2013 es Formadora en materias técnicas y de negocio a empresas y particulares en Madrid. Con experiencia en administración de Sistemas, proyectos de desarrollo, gestión de equipos. Ha impartido cursos de certificación de profesionalidad en Bases de datos y Programación; así como apoyo en la formación técnica en cuestiones de negocio a emprendedores y gestión de comunicación online y offline a empresas. Es fundadora de “DRH Formación” el cual es un organismo de capacitación presencial y en línea.

En el CITEC 2017 se ofrecieron diversos talleres con una temática diversificada relacionada a las tecnologías de información y computación, tales como: Introducción al desarrollo con Angular 4, FileMaker, Laravel 5.4, Creación de un chat con Node.js y Socket.io, Introducción al desarrollo de juegos con Unity 5, Animación de personajes 3D, Introducción a Swift, Programación de Lego MindStorm, Desarrollo de un clasificador de imágenes, Introducción Práctica a Python, Desarrollo de aplicaciones Android con Architecture components, Software de Análisis Forense, Los secretos de un buen API REST, Desarrollo de APIs robustas, así como de Virtualización con KVM / Proxmox.

De manera complementaria se realizaron diversas visitas industriales a empresas de la región como la fábrica de cajetas La Tradicional, Pistones Moresa, PEMSA, YOROZU y YUTAKA, así como un viaje recreativo a la Tequilera Corralejo en Pénjamo y un brindis de bienvenida a los asistentes del evento.

Los artículos de investigación que se presentaron cubrieron las nueve áreas técnicas definidas en esta ocasión para el congreso, siendo la distribución de los mismos la siguiente: Domótica (2), Informática (5), Infraestructura tecnológica (5), Ingeniería del Software (7), Inteligencia artificial (3), Programación Móvil (1), Servicios de Tecnologías de la Información (6), Tecnología Educativa (6), Tecnologías WEB (2).

En este sentido las aportaciones fueron de Instituciones como: Universidad Veracruzana, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Guanajuato, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Universidad Politécnica de Querétaro, Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, el Instituto Politécnico Nacional en dos sedes, el ESIME Culhuacan y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, así mismo del Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Instituto Tecnológico de Mexicali, Instituto Tecnológico de Torreón, y por supuesto el Instituto Tecnológico de Celaya.

Manifestando un amplio reconocimiento y agradecimiento a todos los involucrados en este evento, presentamos esta memoria esperando sea un referente para todos y un aliciente para la mejora continua.

M.T.I. Francisco Gutiérrez Vera

Coordinador General del CITEC 2017

M.C. Julio Armando Asato España

Coordinador del Comité Editorial del CITEC 2017

APLICACIÓN DE MARCOS DE TRABAJO ÁGIL PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE EN AMBIENTES ACADÉMICOS

Julio Armando Asato España

Tecnológico Nacional de México en Celaya

julio.asato@itcelaya.edu.mx

Elda Ramírez González

Tecnológico Nacional de México en Celaya

elda.ramirez@itcelaya.edu.mx

José Guillermo Fierro Mendoza

Tecnológico Nacional de México en Celaya

guillermo.fierro@itcelaya.edu.mx

Francisco Gutiérrez Vera

Tecnológico Nacional de México en Celaya

francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx

Patricia Galván Morales

Tecnológico Nacional de México en Celaya

patricia.galvan@itcelaya.edu.mx

Resumen

Dentro de las actividades formativas en el área de los sistemas computacionales e informática, está el desarrollo de habilidades de gestión de proyectos, en donde no solamente se busca que los estudiantes adquieran un dominio técnico, sino que sean capaces de gestionar proyectos complejos donde se involucren productos a desarrollar, plazos de entrega definidos, así como personas, los cuales deberán integrarse y coordinarse para desarrollar los proyectos adecuadamente. Una alternativa para la realización de estas actividades

es la aplicación de marcos de trabajo ágiles y otras herramientas de uso común en las empresas de desarrollo de software, sin embargo, la situación escolar tiene características que dificultan la aplicación de las técnicas de manera pura, siendo necesario realizar ajustes que permitan a la vez vivir los procesos, pero sin demandar más de lo requerido de acuerdo a las características del ámbito académico. El contenido de este artículo presenta la experiencia recabada en más de dos años de aplicación de marcos de trabajo ágil en cursos relacionados con el desarrollo de proyectos, durante los cuales se han identificado y aplicado diferentes prácticas y ajustes a las técnicas, para lograr que los estudiantes cuenten con un dominio vivencial de esta forma de trabajo.

Palabra(s) Clave: Aprendizaje significativo, Desarrollo de proyectos, Marcos ágiles, Scrum.

Abstract

Among the training activities in the area of computer systems and information technology, is the development of project management skills, where not only students are expected to acquire a technical mastery, but are able to manage complex projects where they are involved products to be developed, defined delivery times, as well people, which must be integrated and coordinated to develop projects properly. An alternative for the realization of these activities is the application of agile frameworks and other tools commonly used in software development companies, however, the school situation has characteristics that make it difficult to apply the techniques in a pure way, being It is necessary to make adjustments that allow both to live the processes, but without demanding more than what is required according to the characteristics of the academic environment. The content of this article presents the experience gained in more than two years of application of agile frameworks in courses related to the development of projects, during which different practices and adjustments to the techniques have been identified and applied, in order to ensure that students to have an experiential domain of this way of working.

Keywords: Agile frameworks, Meaningful learning, Project development, Scrum.

1. Introducción

La formación académica en educación superior es una oportunidad para desarrollar competencias profesionales que difícilmente pueden aprenderse de manera individual o autodidacta, una de ellas es precisamente el poder trabajar en equipo sobre un proyecto en común, en donde la complejidad de lo que se debe realizar y los plazos de entrega implican retos que escapan al talento individual de un único desarrollador, de manera que es necesario formar equipos de trabajo de alto desempeño para lograr estos propósitos.

Sin embargo, hay diferencias notables entre lo que es el ámbito laboral y lo que corresponde a la labor formativa en una Institución de Educación Superior (IES). Entre los aspectos más relevantes se encuentran los siguientes:

- **Motivación al trabajo:** en un espacio laboral hay una remuneración económica en tanto en lo académico la retribución final es básicamente una calificación.
- **Diversidad de actividades:** en los espacios educativos el proyecto comprende una de varias asignaturas (muchas veces excluyentes) que está cursando el estudiante y que reclaman su atención, en tanto en lo laboral usualmente todas las actividades están relacionadas a un único propósito.
- **Jornada de trabajo:** en lo laboral es amplia a lo largo del día y todos los días de la semana, mientras que en la escuela el espacio de trabajo comprende lo de una clase de una o dos horas, que con frecuencia ni siquiera son todos los días de la semana y los tiempos deben combinarse para cubrir tanto teoría como práctica que demanda la asignatura.
- **Conformación del equipo:** en lo profesional son personas calificadas, que fueron sometidas a un proceso de reclutamiento y selección de personal, y que cumplen un perfil específico. En tanto en lo académico con jóvenes en proceso de crecimiento y maduración, con una diversidad de intereses y capacidades técnicas que usualmente no han alcanzado una plenitud.
- **Los proyectos y recursos disponibles:** en lo profesional son proyectos reales con requisitos definidos o susceptibles de ser definidos, los cuales cuentan con recursos para desarrollarse dado el interés económico que implican, en

tanto que en lo académico los proyectos se basan en directrices genéricas, a veces poco definidas y con los limitados recursos con los que cuenta la Institución o los estudiantes.

- El calendario: los procesos escolares están sujetos a calendarios con restricciones en duración (semestral o cuatrimestral), periodos vacacionales, momentos de inicio y fin de curso, evaluaciones y diferentes eventos académicos que pueden cortar los procesos, en tanto los proyectos laborales no son sujetos tan drásticamente a estos eventos.

Por estas razones no resulta práctico pretender aplicar los marcos de trabajo ágil de un modo directo en la formación escolar, requiriendo de ciertos ajustes para su desarrollo. Algunas alternativas para subsanar estas diferencias es la creación de entornos de trabajo dentro de las escuelas (como células de desarrollo de software), de manera que se pueda emular una situación laboral. Sin embargo, aunque es una alternativa interesante, lo cierto es que generalmente no es posible que la gran mayoría de los estudiantes puedan pasar por esa experiencia y aun así, suelen presentarse los problemas citados, de manera que si un estudiante debe elegir entre seguir con un proyecto o dedicarse a una asignatura que está en peligro de reprobación, generalmente se inclinará por esta última opción.

Para poner en contexto el tipo de herramientas de trabajo ágil que pueden ser consideradas en el aula, a continuación, se presentará una breve reseña de las que, de acuerdo con la experiencia obtenida, resultan adecuadas para ser implementadas en proyectos de carácter académico.

Trabajo por parejas

El trabajo por pares requiere de un espacio físico, dos trabajadores y sólo un instrumento o materia de trabajo. A la persona que está haciendo el trabajo se le da el nombre de controlador mientras que a la persona que está complementando la labor se le llama el navegador. Esto no significa que un miembro del dúo trabaje mientras el otro observa, más bien la idea es que haya un diálogo entre las dos personas que intentan simultáneamente completar la tarea. Un esquema similar es

usado con frecuencia en procesos de capacitación, o bien cuando la naturaleza de la actividad requiere de una persona de apoyo, como suele observarse en la operación de vehículos de carga y reparto.

La mejor manera para desarrollar este esquema es que ambas personas se sienten una al lado de la otra en frente de la estación de trabajo. La persona que está realizando la labor (piloto) piensa de un modo táctico en la tarea que realiza y cómo resolverla, mientras que el acompañante (navegador) lo hace de un modo estratégico y global, existiendo en todo momento un estrecho diálogo entre ellos [Kniberg, 2007]. Aunque esta labor se desarrolle en parejas debe estar definido claramente quién es la persona responsable de la misma. En general, la idea de esta modalidad de trabajo es:

- Mejorar la calidad de los productos desarrollados.
- Aprendizaje y formación para ambas partes.
- Mejorar la comunicación del equipo.
- Estabilidad en el proyecto.
- Satisfacción personal.

Hay diferentes esquemas de operación, algunos recomiendan que la persona de mayor experiencia sea la que hace el acompañamiento y la labor de integración (navegador), ya que al desligarse un tanto de la parte operativa directa tiene la oportunidad de analizar las implicaciones globales de los resultados alcanzados, así como de diseñar, ejecutar y evaluar pruebas tendientes al aseguramiento de la calidad del producto, mientras que el operador desarrolla su habilidad práctica y crece en experiencia con las aportaciones del navegador. Esta práctica puede ser de utilidad en algunas situaciones académicas, pero debe realizarse con una adecuada supervisión, para evitar que se convierta en un espacio improductivo en donde un estudiante trabaja y el otro hace “otras cosas”.

Marco de trabajo Scrum

Surge como una alternativa que permite atender proyectos complejos y de naturaleza cambiante, en el cual se definen equipos de trabajo, roles y estrategias

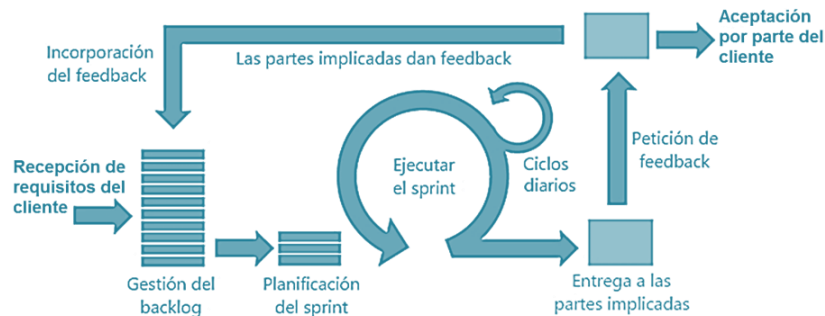
para dividir controladamente el proyecto, así como coordinar las actividades cotidianas y dar seguimiento a los avances [Kniberg, 2011]. Es frecuente que al inicio de un proyecto todavía quedan bastantes lagunas y dudas por resolver sobre las especificaciones del proyecto, de igual manera, en el trabajo día a día surgen imponderables que afectan la operación y obligan a tomar decisiones y acciones sobre la marcha, lo cual puede atenderse ya que la gestión de proyectos ágiles no se formula sobre la necesidad de anticipación, sino sobre la necesidad de adaptación continua [Scrum Manager, 2014].

El nombre de Scrum es inspirado en la jugada en formación de melé (scrum en inglés) de los jugadores de Rugby. El Scrum pragmático basado en un conjunto de valores, fue desarrollado por: los japoneses Ikujiro Nonaka junto con Hirotaka Takeuchi a principios de los 80 al analizar cómo desarrollaban los nuevos productos las principales empresas de manufactura tecnológica: Fuji-Xerox, Canon, Honda, Nec, Epson, Brother, 3M y Hewlett-Packard. Posteriormente esta estrategia fue adaptada al desarrollo de software por Jeff Sutherland y Ken Schwaber, quienes han establecido en Scrum técnico el cual define una serie de reglas específicas de operación, ellos también son unos de los principales promotores de esta forma de trabajo [Scrum Manager, 2014]. El marco de trabajo Scrum es especialmente adecuado cuando se trata de desarrollar:

- Productos complejos.
- Productos altamente adaptativos.
- Productos de máximo valor.
- Productos muy creativos.

Este marco de trabajo aplica a equipos auto-organizados y altamente disciplinados donde el total de productos o servicios a realizar son representados en una lista o pila de producto (*Product Backlog* en inglés) la cual es gestionada por el cliente (identificado como Dueño del producto), de ahí los equipos Scrum seleccionan un subconjunto de tareas que se comprometen realizar en un lapso de tiempo llamado "Sprint" o carreras de dos semanas a un mes de duración, en ese tiempo se realizan a su vez ciclos diarios de trabajo los cuales son evaluados los

avances, los planes y las dificultades presentadas, conforme se concluye el trabajo es entregado al cliente o solicitante, a partir de donde se evalúa y acepta, o bien se produce una retroalimentación (*feedback* en inglés) que puede modificar la pila del producto, tal como se representa en la figura 1.



Basado en: <http://programandonet.com/web/scrum-con-tfs/>

Figura 1 Esquema general del proceso Scrum.

Cabe aclarar que la retroalimentación no implica situaciones de retrabajo por falta de calidad en los productos desarrollados, esta retroalimentación es más bien para ajustar las tareas pendientes en función de los resultados alcanzados. Quizá en un proceso productivo continuo y establecido no parezca tener mucha aplicación, pero cuando se trata de proyectos con características inciertas, en donde el resultado de una actividad terminada puede afectar a las que vienen a continuación, es cuando toma mucha relevancia. En este marco no hay prácticas de ingeniería prescritas, sino más bien utiliza normas generativas para crear un entorno ágil para la entrega continua al cliente, en donde en los ciclos diarios se hacen verificaciones para asegurar la aceptación del trabajo realizado.

La herramienta Kanban

La palabra Kanban (escrito en kanji 看板) se compone de dos términos en japonés que son “kan” que significa visual y “ban” que quiere decir tarjeta o tablero. La idea original implica un control de la producción “justo a tiempo” basado en tarjetas físicas que circulan por la cadena productiva, donde los trabajadores están organizados de tal forma que cada uno realiza producción siempre y cuando les llegue una tarjeta que les informe de que puede producir. Si no les llega la

tarjeta, tienen restringido realizar ese trabajo. El sistema Kanban fue desarrollado en 1953 por Taiichi Ohno, un ingeniero industrial de Toyota, como un sistema para mejorar y mantener un alto nivel de producción. El sistema fue adoptado por otras empresas japonesas después de la crisis petrolera de 1973 [Bermejo, 2011]. Posteriormente ha sido incorporado a otros ámbitos, como a la gestión de proyectos, por diferentes organizaciones como la Limited WIP Society.

En la aplicación de Kanban se respetan las formas de trabajo, roles y responsabilidades que se manejan normalmente, pero debe promoverse el liderazgo en todos los niveles para mantener un entorno disciplinado, en donde existan políticas explícitas sobre lo que se debe hacer en cada situación previsible. Es importante además fomentar la retroalimentación y evaluación crítica, para mantener un entorno de mejora continua [Anderson, 2013].

Para la implementación del sistema Kanban es necesario identificar tres principios básicos que no pueden dejarse de lado y que representan la esencia de la herramienta:

- Representación visual: corresponde a la presentación explícita y compartida con todos los involucrados del flujo de trabajo desarrollado en todo momento, esto debe realizarse mediante tableros ubicados en puntos visibles, cuyo contenido tiene que ser fiel a la realidad y estar constantemente actualizados.
- Limitar el trabajo en curso: es una de las normas que impone el Kanban para mejorar el tiempo de entrega y aumentar enormemente la calidad de los resultados. Implica no comprometer más trabajo del que se tiene la capacidad de atender con el fin de mantener un flujo armónico y de calidad dentro del sistema, bajo la premisa que una persona sólo puede realizar efectivamente una labor a la vez.
- Administrar los flujos de trabajo: es importante analizar el proceso para detectar los problemas y actuar en consecuencia oportunamente.

Para dar atención al primer principio se utilizan tableros donde visualmente es identificado el proceso operativo en sus diferentes etapas mediante columnas en

donde se fijan etiquetas con las tareas que demanda el proyecto, de forma que en cada etiqueta hay una unidad de trabajo individual como una actividad o requisito a desarrollar. Para el segundo principio se deberán establecer límites de la cantidad de trabajo simultáneo permisible es decir el número máximo de etiquetas en una columna (el valor entre paréntesis de la figura 2), una buena práctica es comenzar con un límite alto y cómodo, acorde a la manera actual de trabajar, luego gradualmente se reducirá hasta encontrar un punto de equilibrio, en la idea de no saturarse de trabajo ya que eso lleva a la ineficiencia [Bermejo, 2011]. El tercer principio implica operar el tablero Kanban, respetando las políticas establecidas y tomando las acciones necesarias cuando se presenten situaciones que compliquen el flujo natural del proceso.

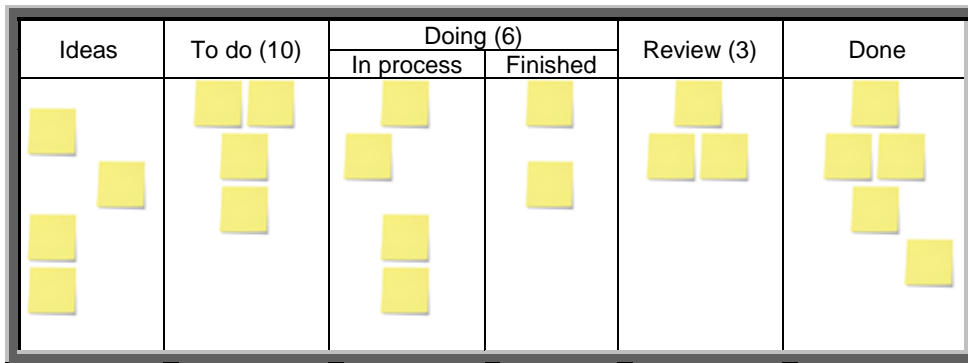


Figura 2 Representación de un tablero Kanban con ajuste hacia Scrum.

Una concepción de un tablero Kanban para aplicar junto con el marco de trabajo Scrum implica el uso de cinco columnas, en donde tradicionalmente se ubican los requisitos y actividades a realizar anotados en etiquetas autoadhesivas, las cuales se van moviendo de izquierda a derecha mientras los productos que representan son realizados. El significado de cada una de estas columnas se describe a continuación:

- *Ideas*. Corresponde a la pila del producto de Scrum, son todos aquellos requisitos concretos que conforman el proyecto. Lo ideal es que al finalizar el proyecto esta columna quede vacía, sin embargo, puede ser que todavía haya algunas etiquetas que corresponden a actividades no prioritarias o irrelevantes que puedan ser omitidas del proyecto sin mayor problema.

- *To do* (por hacer). De la columna Ideas se selecciona un grupo de etiquetas que serán la carga de trabajo a realizar durante el siguiente Sprint, la columna *To do* corresponde a la Pila del Sprint (*Sprint Backlog*) y será lo que pretendidamente se realizará en ese periodo. Lo ideal es que al finalizar el Sprint esta columna quede vacía.
- *Doing* (realizando). Los integrantes del equipo seleccionan una actividad que se comprometen a desarrollar, la etiqueta correspondiente es colocada en la columna *Doing/In process* lo que significa que se está realizando ese trabajo, una vez que han terminado esa labor mueven la etiqueta a la columna *Doing/Finished* para dar a conocer que ya puede ser revisada.
- *Review* (revisión). Las personas responsables de verificar el trabajo desarrollado, previo a la entrega al cliente, identifican lo que pueden evaluar (columna *Doing/Finished*) y pasan la etiqueta a la columna de *Review*. Técnicamente esta es la etapa más rápida del proceso, pero no por ello se debe realizar a la ligera.
- *Done* (terminado). Cuando la revisión interna del producto desarrollado ha concluido (*Review*), es preciso validarlo con el cliente final. Cuando éste da su visto bueno al producto, la etiqueta correspondiente se coloca en la columna *Done*. Es preciso enfatizar la relevancia de la entrega continua de productos parciales y no pretender una gran entrega final con resultados inciertos, de manera que se vaya avanzando sobre pasos firmes y si es preciso algún ajuste, este se haga oportunamente.

Aunque es un esquema inicial adecuado para ámbitos académicos, en el ejercicio práctico y de acuerdo con la complejidad del proceso pueden adicionarse más columnas, procurando que sean las más significativas al proceso pero que a la vez no sean demasiadas que hagan de la herramienta algo impráctico. Otra de las implicaciones es que estas etapas deben ejecutarse de manera secuencial, es decir que una vez terminada una no hay marcha atrás, esto para mantener la disciplina de un trabajo bien hecho y fomentar la comunicación con el cliente.

2. Metodología

Por el paradigma en la manera de encausar la información a trabajar, la presente investigación tiene un enfoque cualitativo, considerando que los atributos a evaluar son el grado de aplicación de las herramientas de trabajo, los ajustes requeridos por dichas herramientas y el impacto en su aplicación y asimilación por parte de los estudiantes. Por su ubicación temporal la investigación es de tipo longitudinal, ya que sus resultados han sido producto de un proceso de aplicación-observación-ajuste a lo largo de más de dos años de labores. De acuerdo con el diseño es de tipo cuasiexperimental ya que no implica un proceso de muestreo, medición o análisis riguroso ni exhaustivo, sino más bien identificar y probar los ajustes pertinentes a las herramientas de trabajo consideradas, a fin de mejorar los resultados relacionados a los atributos sujetos a evaluación en la investigación [Hernández *et al*, 2011].

El planteamiento de la investigación se encuadra mediante la identificación y definición de los elementos TRIUNO identificables para el proyecto [Reyes, 2014]:

- Objeto de estudio: Los marcos de trabajo ágil.
- Sujeto de estudio: Estudiantes de educación superior del área de Sistemas Computacionales e Informática.
- Contexto de la investigación: El desarrollo de competencias de carácter profesional en el aula, bajo el modelo educativo del Tecnológico Nacional de México.

De esta manera, el objetivo de la investigación difundida en el presente artículo es: “Determinar los ajustes requeridos a las herramientas para el desarrollo ágil de software, para que sean aplicables y significativas en los procesos educativos y formativos para los estudiantes de las especialidades de Sistemas Computacionales e Informática, en el Tecnológico Nacional de México”.

Para cumplir este objetivo, el proceso realizado en el desarrollo de esta investigación consiste en tres etapas [Reyes, 2014]:

- Heurística, que se relaciona con el descubrimiento y acopio de información, tanto de carácter documental y práctico como de origen empírico por conocimiento previo y experiencia de los autores.

- Hermenéutica, etapa que implica el proceso de interpretación de la información recabada en la etapa heurística, con el propósito de realizar una clasificación, categorización y análisis de la misma, con un sentido aplicativo a la realidad del contexto de la investigación.
- Fenomenológica, en donde se hace una relación de los hallazgos obtenidos de la etapa hermenéutica, con el fin de encontrar una explicación razonada de los casos estudiados y su posible aplicación para sustentar los ajustes sugeridos a las herramientas.

Cabe resaltar que durante el proceso de análisis (etapa hermenéutica), se trabajó sobre los datos no estructurados y de diferente índole, que corresponden a documentos publicados, estudios previos afines al objetivo de investigación, y otros documentos a los cuales es necesario darles una estructura, mediante la comprensión e interpretación de cada uno en relación a su propósito, enfoque y tiempo [Hernández *et al*, 2011].

Por otra parte, en el desarrollo de este trabajo de investigación se realizaron pruebas en diferentes asignaturas de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Informática en los planes 2010 del Tecnológico Nacional de México, en un periodo del semestre agosto-diciembre del 2015 a enero-junio del 2017. En la tabla 1 se muestran las asignaturas y el nivel de aplicación de las herramientas a considerar.

Tabla 1 Asignaturas y niveles de aplicación de las herramientas ágiles.

| Ingeniería en Sistemas Computacionales | | Ingeniería en Informática | |
|--|------------|--|------------|
| Asignatura | Aplicación | Asignatura | Aplicación |
| Fundamentos de Ingeniería de Software | Bajo | Desarrollo e Implementación de Sistemas de Información | Alto |
| Ingeniería de Software | Medio | Estrategias de Gestión de Servicios de TI | Bajo |
| Gestión de Proyectos de Software | Alto | | |

3. Resultados

Un primer aspecto que es absolutamente necesario comentar y comprender es que las herramientas que se abordan en este documento son sólo eso, herramientas, las cuales pueden ser de utilidad si son comprendidas, adoptadas y

adaptadas de acuerdo con la conveniencia de utilidad que representen. No hay herramientas milagrosas, ni absolutamente buenas o absolutamente malas, la clave es tener la capacidad de identificar las ventajas de cada una y aplicarlas en el momento oportuno para lograr el efecto deseado [Kniberg, 2011].

Adicionalmente, para comprender a cabalidad el marco de trabajo Scrum, que es pieza clave del presente trabajo, es necesario analizarlo en los cuatro conjuntos de elementos componentes que se muestran en la figura 3 [Schwaber, 2014]:

- Roles. Los equipos Scrum deben ser auto-organizados y multifuncionales, el equipo tiene la libertad de elegir la mejor manera de llevar a cabo su trabajo y un alto compromiso para el cumplimiento de los objetivos. Sus integrantes deben tener todas las competencias para poder completar las tareas. Al interior de un Equipo Scrum se distinguen tres roles que son:
 - ✓ Dueño del producto (*Producto Owner* - PO): Es una persona responsable de maximizar el valor de trabajo desarrollado. Esta persona es dueña de la Pila de Producto y por ende es la única que tiene la facultad de modificar, agregar, eliminar o añadir contenidos a dicha pila, así como de definir la prioridad que tendrán estos trabajos. En la práctica el rol lo toma el profesor, pero ha resultado conveniente que uno de los estudiantes se convierta e dueño del producto asociado, y será él quien evaluará los trabajos de la columna *Review* del tablero Kanban.



Figura 3 Categorías y componentes del marco de trabajo Scrum.

- ✓ Equipo de Trabajo (*Scrum Team* - ST): Es un conjunto de personas formado de 5 a 9 elementos que desarrollarán las actividades del proyecto. Los equipos deberán estar estructurados y empoderados para organizar y gestionar su propio trabajo. Se han realizado pruebas con equipos formados al azar o integrados por los mismos estudiantes (por afinidad) sin haber evidencia de una diferencia significativa en su desempeño, por lo que cualquiera de los dos esquemas es aplicable.
- ✓ *Scrum Master* (SM): Idealmente es una persona con amplios conocimientos y experiencia práctica sobre la forma de trabajo Scrum. Su función es asegurar que las prácticas de trabajo estén entendidas y sean realizadas. En el aula es recomendable que al inicio tome este rol un estudiante con liderazgo y compromiso para que encause las acciones durante la vivencia del esquema de trabajo en el primer Sprint, posteriormente se podrá rolar la función a otros integrantes con el respectivo acompañamiento, ya que no es una labor fácil.
- Reuniones. Aunque esta categoría es una de las características de Scrum que recibe más críticas, en realidad es un elemento esencial que debe ser desarrollado. El SM es el responsable de presidir las reuniones Scrum que son las siguientes:
 - ✓ Reunión de planificación de Sprint, es donde se da respuesta a dos preguntas fundamentales ¿qué puede entregarse al final del Sprint que va a comenzar? y ¿Qué es lo que se comprometerá a realizar el equipo en ese periodo? Para dar respuesta a la primera pregunta se define un objetivo para el Sprint, algo que sea lo suficientemente claro como para poder evaluar si se logró o no; el montaje básico de un sitio web, presentar una versión demo, obtener un prototipo no funcional, pueden ser ejemplos de productos para un primer Sprint. Para responder la segunda pregunta se analiza la Pila del Producto, los trabajos que la conforman, su prioridad y posibilidad de

realización, para decidir qué tareas se tomarán. Aunque en teoría esta reunión puede llevar ocho horas, para ámbitos educativos es recomendable limitarla a máximo una sesión de clase.

- ✓ Reunión diaria: O también llamada Scrum Diario o Reunión de Pie (por *Daily Scrum* o *Stand up Meeting* respectivamente), es una reunión breve de máximo quince minutos que se realiza al iniciar cada jornada de trabajo. Durante la reunión cada miembro deberá responder las siguientes tres preguntas ¿Qué hiciste ayer que ayudó a lograr el objetivo del Sprint? ¿Qué vas a hacer hoy para el mismo motivo? y finalmente ¿Qué impedimento vislumbra que puede obstaculizar tu trabajo? Aunque no lo parezca esta reunión es la más complicada de realizar como es debido, principalmente por la ausencia de los estudiantes al inicio de la sesión. Una alternativa es realizar al final de la clase la reunión de la sesión siguiente. Otro punto es cuidar que no se convierta en un foro de quejas o negociaciones, básicamente es un espacio de monólogos donde el SM toma nota y los pendientes se resolverán durante la jornada.
- ✓ Revisión del Sprint. Esta reunión se realiza al finalizar un Sprint, en ella se hace una inspección del trabajo desarrollado. En esta reunión el PO podrá explicar qué elementos se han terminado y cuáles no, pudiendo dar alguna información de apoyo para la proyección de los trabajos pendientes, lo cual es de utilidad para la planeación del siguiente ciclo. Usualmente en el primer Sprint los resultados no son buenos, por lo que el docente y el SM deberán estar atentos a mantener el interés y hacer la preparación para la última reunión.
- ✓ Retrospectiva del Sprint. Esta reunión tiene lugar después de la reunión de revisión y antes de la planeación del siguiente Sprint. El propósito de la reunión de retrospectiva es analizar la forma en como se trabajó e identificar y ordenar los aspectos que salieron bien (para repetirlos), los que salieron mal (para remediarlos o evitarlos) y los que no se han practicado y debieran hacerse (para comenzar a

hacerlos). Debe destacarse que es en esta reunión donde el equipo realmente puede aprender y mejorar, por lo que la reflexión sincera y el seguimiento a los puntos que aquí resalten son esenciales para el desarrollo de las competencias en el trabajo con marcos ágiles.

- Artefactos. Son una serie de elementos que son útiles para la gestión del proceso. Deben estar diseñados para apoyar la transparencia a un costo de operación y administración reducido.
 - ✓ Pila del producto (*Product Backlog*). Es una lista ordenada de todo lo que conforma el proyecto, presentada en forma de tarjetas o etiquetas. Cada una representará un requisito, un componente o una actividad específica que debe desarrollarse. El PO es propietario de esta pila y tiene la facultad de poder complementar lo que falta y eliminar lo que ya no se desea.
 - ✓ Pila del Sprint (*Sprint Backlog*). Es un subconjunto de tareas que el ST ha seleccionado de la pila del producto para que sean trabajadas en el siguiente Sprint, una vez establecida, nadie más puede modificarla o alterarla hasta que termine el Sprint. El comportamiento esperado es que con el paso de los ciclos de trabajo diario, su contenido tienda a disminuir. Idealmente al finalizar el Sprint esta pila deberá quedar vacía, pero en el aula generalmente no ocurre así, habrá que estar al pendiente para detectar anomalías en su comportamiento (apoyado en la Gráfica de Quemada) a fin de realizar las acciones correctivas que se requieran.
 - ✓ Gráfica de Quemada (*Burndown Chart*). Es una representación visual de la cantidad de trabajo pendiente que queda en un Sprint. Consiste en una cuadrícula donde el eje vertical es el número de tareas y el eje horizontal indica los días hábiles de ese Sprint, figura 4. Se traza una línea recta del curso ideal (de color rojo en la figura) que va desde el número total de tareas de la Pila del Sprint en el momento inicial, hasta llegar a cero tareas en el último día del Sprint. Conforme pasan los días se traza una segunda línea (en color azul) indicando

el avance alcanzado cada día por las tareas completadas, que son las que pasaron a la columna *Done* del tablero Kanban. Usualmente es poco frecuente la sincronización entre el fin del tiempo del Sprint y de las tareas a realizar, la explicación del porqué de ese efecto permite mejorar las estimaciones de la planeación del siguiente Sprint así como detectar las áreas de oportunidad el equipo de trabajo, las cuales se deben abordar en la reunión de retrospectiva.

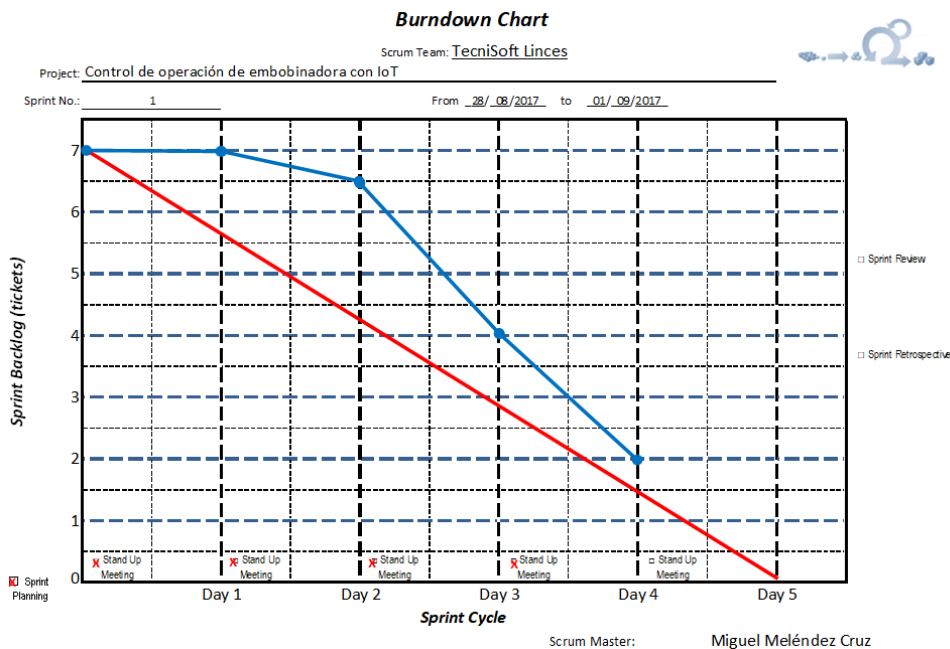


Figura 4 Ejemplo de una Gráfica de Quemada para un Sprint de una semana.

- Ciclos. Como se ha dado a conocer, el trabajo operativo en el marco Scrum se realiza en ciclos, los que a continuación se explicarán a detalle:
 - ✓ Sprint. El corazón de Scrum son los Sprint, estos consisten en bloques de tiempo de tamaño fijo, de dos a cuatro semanas, durante los cuales se crea producto terminado, cada nuevo Sprint comienza después de la finalización del anterior. Sin embargo, los tiempos de clase y la limitante de días hábiles hace que este proceso no pueda hacerse tal cual debiera. Una alternativa es manejar proyectos tres Sprint de duración, en donde cada Sprint abarque una o dos

semanas. La experiencia ha mostrado que en clase el primer Sprint suele ser un desastre en términos de productividad y organización, pero con una debida guía y perseverancia en la forma de trabajo hay una mejora significativa en el segundo, y más aún en el tercer Sprint. Ahora bien, si el trabajo de esta manera se hace colegiadamente en varias asignaturas del plan de estudios, el aprendizaje y productividad aplicando esta forma de trabajo entre los estudiantes es significativa.

- ✓ Ciclo diario. Este ciclo corresponde a una jornada de trabajo. En general no cuentan con una estructuración formal ya que cada ST puede organizarse como mejor considere. En estos periodos es posible aplicar otras herramientas como la programación por parejas en las labores operativas. Sin embargo, es importante que haya mucha comunicación entre los participantes. Aunque en el aula se dispone sólo del tiempo de clase (una o dos horas), es importante que se enfatice que se use ese tiempo para comunicarse, ya que es el momento en que todos los roles convergen en el mismo espacio, de manera que puedan definirse con claridad las cosas que habrá que presentar la siguiente sesión, y más aún si, como suele ser, la asignatura no se tiene todos los días de la semana. Aunque el trabajo es relativamente libre, el docente deberá estar atento a señales que indique que algo no está bien, la más frecuente es cuando uno o varios estudiantes están ociosos, en esos casos habrá que averiguar el motivo y enfatizar la parte del trabajo de Scrum que no se está haciendo bien para corregir el efecto.

4. Discusión

Los marcos de trabajo ágil como Scrum están bien definidos y en general se les considera ligeros y fáciles de entender, pero en la práctica son difíciles de dominar [Schwaber, 2014]. Esta última aseveración es porque para la implementación adecuada de Scrum es necesaria mucha disciplina, dominio técnico y

responsabilidad en el equipo, lo que evidentemente es complicado de tener entre personas en formación como los estudiantes de licenciatura.

Como cualquier herramienta, Scrum y Kanban no son ni perfectas ni completas. No indican todo lo que se debe hacer, sólo proporcionan ciertas restricciones y formas de trabajar. Es importante no perder de vista que sólo marcan directrices pero no indican cómo hacer las cosas, por lo que es un error considerarlas literalmente como metodologías. De acuerdo a la experiencia, la combinación de ambas herramientas (y quizá otras más) potencia significativamente la productividad, calidad y control del trabajo en proyectos complejos aún en el ámbito escolar. Debe tenerse presente que con Scrum se guía la forma de trabajar y con Kanban se controla el flujo del proceso.

Hay algunas experiencias que han demostrado la aplicación de los marcos de trabajo ágil en otro tipo de disciplinas, e incluso en niveles de educación básica [BAOS, 2017] que sería recomendable explorar en trabajos futuros, así como la posibilidad de utilizar algunas herramientas de apoyo para el seguimiento y operación de las actividades, como la guía para realizar retrospectivas efectivas de la firma Retrium, Inc. [2017] o las aplicaciones de Trello Inc. [2017] que ofrecen una alternativa completa e interesante para instrumentar los tableros de control. Sin embargo, es muy importante recordar el principio Kanban de “tener el trabajo visible”, por lo que de preferencia en el primer y quizá el segundo Sprint es válido y pertinente usar el tablero y la gráfica de quemada de manera física, de manera que todos los participantes puedan ver literalmente el flujo del trabajo y el avance en las tareas. Posteriormente cuando ya se tenga más asimilado este proceso se podrán aplicar herramientas informáticas para atender ahora otros aspectos.

Como toda herramienta, las alternativas mostradas tienen ámbitos de aplicación, alcances y limitaciones, por ello resulta conveniente tener en claro sus características para buscar alternativas complementarias según sea el objetivo perseguido. En el campo educativo es importante aplicarlas cuando lo relevante sea fortalecer la manera de trabajar más que lograr un producto terminado (el cual con un poco más de tiempo podría obtenerse), por lo que es recomendable aplicarlo con mayor intensidad en asignaturas de gestión de proyectos más que de

programación básica ya que en estas últimas se busca un dominio técnico con enfoque de carácter individual. Adicionalmente resulta más adecuado proponer proyectos complejos (aunque no alcancen a ser completamente terminados durante el ciclo escolar) pero que escapen a la capacidad de un desarrollador individual o un equipo pequeño de trabajo, ya que es en ese tipo de experiencias donde resulta significativa la aplicación de estas interesantes maneras de trabajar colaborativamente.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Anderson, D. J. (2012). *Lessons in Agile Management: On the road to Kanban*. Washington, DC: Blue Hole Press.
- [2] Bermejo, M. (2011). *El Kanban*. Barcelona, España: UOC.
- [3] BAOS (2017). *Metodología ágil en las clases*. Big Agile Open Space [BAOS]. Madrid, España <https://clasesagiles.wordpress.com/2017/10/08/baos-2017/>.
- [4] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2011). *Metodología de la Investigación*. 5ª edición. [Versión Impresa]. México: Mc Graw Hill.
- [5] Kniberg, H. y Skarin, M. (2011). *Kanban and Scrum - making the most of both*. EUA: C4Media Inc.
- [6] Kniberg, H. (2007). *Scrum y XP desde las trincheras*. EUA: C4Media Inc.
- [7] Retrium, Inc. (2017) *Our guide to running effective retrospectives*. <https://www.retrium.com/resources/techniques/start-stop-continue>.
- [8] Reyes, O., Blanco, J., Chao, M. (2014). *Metodología de la Investigación para cursos en línea*. España: eumed.net. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2014/1420/index.htm>
- [9] Schwaber, K. y Sutherland, J. (2014). *La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego*. EUA: Scrum.org.
- [10] Scrum Manager. (2014). *Gestión de proyectos Scrum Manager*. Versión 2.5. EUA: Iubaris Info 4 Media S.L.
- [11] Trello Inc. (2017). *Aplicaciones y plataformas*. <https://trello.com/platforms>.

USO DEL MÉTODO "THINK ALOUD" EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA

María Susana Ávila García

Universidad de Guanajuato

susana.avila@ugto.mx

Marco Bianchetti

Universidad de Guanajuato

mb@ugto.mx

Alfredo González Gaviña

Universidad de Guanajuato

a.gonzalezgavina@ugto.mx

Resumen

El método "Think-Aloud" ha sido utilizado para entender los procesos cognitivos que no pueden ser observados de manera directa en varias áreas de la investigación cualitativa. Existen varias propuestas de la comunidad de investigación para su uso en las áreas de pedagogía, comunicación del habla, e interacción humano-computadora. En este trabajo se presenta una breve introducción al marco teórico del método así como el estado del arte de su uso en la educación y como técnica de inspección de usabilidad, ofreciendo una semblanza de cómo puede ser integrado en estudios de investigación cualitativa en un futuro.

Palabra(s) Clave: Lectura de comprensión, Proceso cognitivo, Think aloud, Usabilidad.

Abstract

The Think-Aloud method has been used to understand cognitive processes that cannot be directly observed, in areas where qualitative research is conducted.

There are various proposals of the research community to use this method in areas such as pedagogy, psychology, speech communications, and human-computer interaction. In this work we present a brief introduction to the theory behind the method, the state of the art in the areas of education and usability, providing an insight of how this method can be used in the future in qualitative studies.

Keywords: Cognitive process, Reading comprehension, Think aloud, Usability.

1. Introducción

"Think Aloud" (TA) por su traducción al español se interpreta como "Pensar en voz alta", es un método que consiste en expresar en voz alta nuestros pensamientos mientras una tarea de interés es realizada. Por ejemplo, al momento de leer un texto, una persona puede describir el proceso mental que lleva para realizar la comprensión del mismo. El objetivo es que el usuario de esta técnica verbalice sus procesos cognitivos. Este método tiene orígenes en la investigación psicológica y es derivado del método de introspección, el cual es definido por M W Van Someren, Barnard, & Sandberg [1994] de manera textual de la siguiente manera: "La introspección está basada en la idea de que una persona puede observar los eventos que suceden en el subconsciente, más o menos, de la manera en que se pueden observar los eventos en el mundo externo". Sin embargo, existe una brecha entre "observar" los eventos que suceden durante el proceso cognitivo y verbalizarlos.

Es importante entender que el objetivo de las verbalizaciones producidas al usar este método no es narrar acciones, sino indicar pensamientos en voz alta [Krahmer & Ummelen, 2004]. Se debe procurar, en la medida de lo posible, minimizar los periodos de silencio ya que pueden significar una pérdida en la verbalización y captura de datos de una parte del proceso cognitivo.

El método TA ha sido una herramienta utilizada para entender los procesos cognitivos que no pueden ser observados de manera directa, con el objetivo de entender de qué manera se pueden asistir a los mismos. Este método se ha utilizado en estudios que ayudan al desarrollo de metodologías de enseñanza

[Arshad, 2009] [Banning, 2008] [M W Van Someren *et al.*, 1994] [White, 2016] y transferencia de conocimiento [Gegenfurtner & Seppänen, 2013], en estudios de usabilidad que permitan entender la experiencia de un usuario al interactuar con un sistema de información para evaluar los aspectos de usabilidad de sus interfaces [Elling, Lentz, & de Jong, 2011] o con instrumentos como cuestionarios [Phillips, 2014].

Tipos de Think Aloud

El método TA propuesto por Ericsson & Simon [1980], en su versión original, establece que durante la actividad se debe procurar que las verbalizaciones realizadas por el participante no tengan ningún tipo de influencia de los experimentadores. Para ellos, se establece que éstos últimos deben tener un rol con limitada participación. Entre las medidas que definen los autores para cuidar la integridad de los datos obtenidos se encuentran:

- Definición clara y cuidadosa de las instrucciones de la actividad de tal manera que no predispongan las verbalizaciones de los participantes.
- Realizar prácticas de prueba antes de iniciar la actividad en cuestión, y
- Mantener el rol del experimentador como pasivo con interacción limitada con el participante a usar la frase "Continúe hablando" para invitar al participante a seguir con sus verbalizaciones en el caso de que haya entrado en un periodo de silencio.

En la propuesta original Ericsson & Simon [1980] describen dos tipos de verbalizaciones:

- TA concurrente, si las verbalizaciones se producen al momento en que se lleva a cabo la actividad de interés.
- Verbalizaciones retrospectivas, si las verbalizaciones se producen momentos después de que se llevó a cabo la actividad de interés.

Por otro lado, Boren & Ramey [2000] reportaron el uso del método TA basado en el marco de la comunicación del habla (*Speech Communication*) en la que se

propusieron las siguientes variantes con respecto a la propuesta de Ericsson & Simon [1980], siendo la principal el tener una interacción más natural entre el participante y el experimentador, abriendo la posibilidad a mantener un diálogo usando; (1) el token "mm-hmm" en lugar de la frase "Continua hablando", (2) repetir palabras cortas que sugieran al participante el realizar una aclaración de su verbalización, y (3) estimular las verbalizaciones del participante dando sugerencias de naturaleza neutral [Krahmer & Ummelen, 2004].

Otra variación de TA es la reportada por Miyake [1986] como "Interacción Constructiva" en la que se tiene el reporte verbal no de un solo participante sino de una pareja en la que se expone lo que están pensando, y por qué lo están pensando. En este escenario, el experimentador puede interactuar con los participantes para preguntar aclarar lo que está sucediendo o para ayudar en el caso de que las verbalizaciones e interacciones se hayan estancado. Se denomina interacción constructiva porque ambos individuos trabajan e interactúan para lograr un objetivo en común.

TA con intervención activa o "Coaching" fue reportado originalmente por Dumas & Redish [1999] y usado por Olmsted-Hawala, Murphy, Hawala, & Ashenfelter [2010]. Esta variación permite una mayor retroalimentación verbal entre el experimentador y el participante, incluyendo preguntas sobre ciertos aspectos del instrumento a evaluar o para asistir a los participantes cuando encuentren algún conflicto. Esta modalidad también incluye sesiones de práctica antes de iniciar la actividad [Olmsted-Hawala *et al.*, 2010].

2. Metodología

Para la realización de este trabajo de investigación se tienen contempladas las siguientes etapas:

- Marco Teórico. En esta etapa se describen los conceptos teóricos que están relacionados con la técnica.
- Estado del Arte. En esta etapa se identifican diferentes propuestas del área de investigación que han usado la técnica para la recolección de datos de

procesos de cognitivos y de usabilidad. Esta investigación se enfoca en los siguientes puntos:

- ✓ Áreas de investigación. Se presentan las áreas de investigación donde la técnica ha sido utilizada.
- ✓ Combinación con otras técnicas de recolección de datos. Se identifican maneras en que algunos autores combinan esta técnica con otras como "eye tracking", entrevistas para complementar sus estudios y se discuten estos resultados.
- ✓ Apoyo de la tecnología en la recolección de datos think aloud. En esta sección se menciona de qué manera las tecnologías de información asisten el diseño de sesiones experimentales para recabar datos usando esta técnica.
- ✓ Análisis e Interpretación de los Datos. En esta etapa se plantea la manera en que la comunidad de investigación ha reportado el análisis e interpretación de los datos obtenidos a través de esta técnica.

Uso del método "Think-Aloud" en la educación

El método ha sido reportado por varios investigadores en el área de educación y pedagogía. Dado que TA permite acceder a los mecanismos de proceso cognitivo, esta herramienta ha sido usada para entender los procesos de toma de decisiones, resolución de problemas y pensamiento crítico.

TA ha sido usado como auxiliar para comprender el proceso cognitivo en el área de resolución de problemas matemáticos, lectura de comprensión, y desarrollo de habilidades de razonamiento crítico. En el área de resolución de problemas matemáticos Özcan, Imamoglu, & Bayrakli [2017], reportan el uso del método indicando como elemento sobresaliente de los resultados la dificultad de los estudiantes para expresar sus pensamientos mediante la resolución de problemas.

Una de las áreas en las que tiene mucha popularidad este método es la lectura de comprensión de textos. White [2016] usa el método para asistir la comprensión de textos en línea usando recursos digitales. En este trabajo los autores resaltan la

diferencia entre leer textos en línea que son secuenciales sin la presencia de elementos multimedia, en comparación de aquellos textos en línea que contienen espacios con elementos, como imágenes, títulos, texto en cuadros de texto y en varias columnas, etc., y en los que la lectura no se presenta necesariamente de manera secuencial y donde los estudiantes tienen que decidir en qué punto iniciar y que secuencia deben seguir para comprender el texto en cuestión.

En el área de la enseñanza en estudiantes de enfermería, Banning [2008] propone el uso del método TA para asistir el desarrollo de habilidades de razonamiento clínico para estudiantes a nivel universitario. La autora sugiere un paradigma de enseñanza basado en el constructivismo y en el aprendizaje basado en la experiencia usando el método de TA para identificar fallas en el uso de estrategias clínicas y de la información disponible para predecir un diagnóstico. El método TA también ha sido usado en el área de desarrollo de pensamiento lógico y computacional [Arshad, 2009] [Teague & Lister, 2014] [Maarten W. Van Someren, 1990] [Maarten W Van Someren, Barnard & Sandberg, 1994] [Whalley & Kasto, 2014]. Arshad [2009] reporta en uso del método usando un enfoque de aprendizaje basado en la imitación, donde estudiantes de un segundo curso introductorio de la ciencia de la computación, enfocado a la resolución de problemas, desarrollan esta habilidad por observación de cómo un experto en el área de programación resuelve el problema. Maarten W van Someren *et al.* [1994] presenta como uno de los casos de estudio del método TA en trabajo realizado por Maarten W. Van Someren [1990] donde los participantes de su estudio resuelven ejercicios de programación mientras piensan en voz alta, enfocándose en el diseño e implementación de pequeños programas presentando conclusiones tentativas de cómo el lenguaje PROLOG tendría que ser enseñado. Teague & Lister [2014] reportan un estudio longitudinal realizado a un estudiante a lo largo de dos años usando la teoría neo-Piagetian, la cual propone diferentes etapas cognitivas para un principiante en el área de desarrollo de software. Los resultados de su investigación corroboran esta teoría, pero concluyen que otros estudios de naturaleza cuantitativa deben realizarse a un mayor número de estudiantes antes de realizar una generalización.

Thackray & Roberts [2017] usan el método de "think aloud" para observar el proceso de toma de decisiones realizado por expertos en el área de fisioterapia cardiopulmonar. Resultados del análisis de los datos obtenidos sirvieron como base en el desarrollo de un nuevo modelo conceptual para la toma de decisiones en esta área.

Uso del método Think-Aloud como técnica de inspección de usabilidad

Dada la esencia del método TA donde las personas expresan lo que pasa por su mente en determinado momento, este ha sido utilizado como herramienta de inspección de usabilidad, en sitios de internet, en la evaluación de cuestionarios en el área de salud, etc. Por ejemplo, Olmsted-Hawala *et al.* [2010] reportan el uso de TA para probar la usabilidad de un sitio de internet para la difusión de datos federales de los Estados Unidos.

Como resultado de esta investigación los autores dan recomendaciones de sobre las tres variaciones de TA que ellos estudiaron. Seman, Hussein & Mahmud [2010] evalúan el desempeño de dos sitios de internet de aerolíneas, encontrando como resultados dentro del diseño de las mismas que pueden conducir al usuario a cometer errores. Por otro lado, Phillips [2014] realizó un estudio sobre el uso de TA para la evaluación de la claridad y entendimiento de cuestionarios y su utilidad en el área de salud, esta técnica es recomendada para su uso en esta tarea en específico.

Combinación de "Think-Aloud" con otras técnicas para la validación de resultados

La validación de resultados del método TA tiene complejidad dada la naturaleza cognitiva de los mismos. La verbalización de lo que pasa por la mente sufre de ciertas brechas cuando los participantes paran estas verbalizaciones y permanecen en silencio por un periodo de tiempo.

Existen métodos de investigación que involucran herramientas de rastreo de visual, que permiten analizar otros tipos de interacción que pueda complementar o explicar no sólo los datos obtenidos de las verbalizaciones sino también de las

brechas de silencio [Cooke & Cuddihy, 2005] [Elling *et al.*, 2011] [Elling, Lentz, & De Jong, 2012]. Por ejemplo, Cooke & Cuddihy [2005] reportaron un estudio sobre el uso de esta herramienta para identificar posibles limitaciones del método TA. Entre las observaciones realizadas se documentaron expectativas de la ubicación de ciertos elementos de información y ligas de interés dentro del sitio, resaltando que estas observaciones no fueron verbalizadas por los usuarios.

Otro aspecto reportado se refiere a los niveles de confianza que presentaron los participantes sobre los nombres de las ligas definidas dentro del sitio al momento de accederlas o intentar hacerlo. Observaciones de usabilidad durante los momentos de silencio fueron realizadas por Elling *et al.* [2012] con el objetivo de investigar la información que se puede deducir de los movimientos de los ojos sobre los procesos cognitivos, y la manera en que el movimiento de los mismos se relaciona con las verbalizaciones producidas. Por ejemplo, cuando una verbalización es producida y no se menciona el objeto de información al cual se refiere, malas interpretaciones de la información presentada en el sitio accediendo ligas erróneas, etc.

Otro método de investigación utilizado en la recolección de datos y protocolos TA ha sido registrando interacciones del usuario con elementos digitales. En White [2016] se reporta la captura de protocolos de TA usando "*screencasts*", que son grabaciones digitales de las interacciones del usuario con la pantalla y de audio en el que el usuario describe lo que pasa por su mente al realizar la lectura de comprensión.

Los autores reportan beneficios para los estudiantes al crear los *screencasts* entre los que se encuentran el desarrollo de habilidades para explicar su proceso de pensamiento mientras explican su estrategia de lectura y la generación de recursos que puedan ser utilizados por otros estudiantes para desarrollar estas habilidades. Por otro lado, Teague & Lister [2014] usan "*pencasts*", realizados con plumas digitales capaces de generar una versión digital de notas realizadas en cuadernos de patrones especiales y grabar su producción oral al momento de realizarlos mismos. Los *pencasts* son las reproducciones de audio y video de la producción de las notas. Los autores de este trabajo reportan que los *pencasts*

fueron utilizados para reproducir la actividad y obtener datos sobre momentos en los que el participante se sintió inseguro al realizar su actividad.

3. Resultados

La codificación, análisis, e interpretación de los datos obtenidos a través del método TA presenta retos interesantes que van íntimamente relacionados con las preguntas de investigación del estudio realizado. Gu [2000] reporta los dilemas encontrados en la codificación y análisis de los protocolos TA en la investigación de estrategias de aprendizaje. Como parte de sus resultados, los autores proponen algunas recomendaciones entre las que resaltan:

- codificar los datos si es necesario encontrar, contar, comparar, y contrastar patrones significativos para responder a las preguntas de investigación;
- cuidar lo que llama la distancia entre el investigador y los datos, es decir, no abusar de la codificación, sino ajustarla de tal manera que los datos obtenidos sean significativos para la investigación; y
- obtener retroalimentación de los participantes sobre sus perspectivas de la codificación de los datos.

La interpretación de los datos tiene retos implícitos. Maarten W van Someren, Barnard, & Sandberg [1994] exponen cómo en el método TA concurrente, donde la actividad y las verbalizaciones se producen al mismo tiempo, los pensamientos no necesariamente se verbalizan de manera articulada y entendible para el experimentador por no estar dirigidos a una persona en particular, sino para apoyar el proceso cognitivo del participante; mientras por otro lado, en el método TA retrospectivo, las verbalizaciones son más legibles por ser reportes de pensamientos articulados de las recolecciones de memoria, con la desventaja de que estos pueden representar falsas memorias.

En este trabajo se ha reportado una breve introducción al marco teórico del método "Think-Aloud", a su estado del arte en el área de educación y usabilidad; los métodos de investigación y las herramientas de recolección de datos, así

como los retos en el área de codificación, análisis, e interpretación de los datos. Esta información tiene el objetivo de brindar una guía rápida en el uso de esta técnica en ambientes de investigación cuantitativa.

4. Discusión

El método Think Aloud ofrece la posibilidad de inspeccionar y entender de una mejor manera los procesos cognitivos que no pueden ser observados de manera directa. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada en ambientes de educación y usabilidad. En la educación ha sido utilizada para mejorar técnicas de enseñanza en el área de programación y pensamiento computacional. La transferencia de conocimiento es uno de los temas recurrentemente encontrados en el área de educación médica y que tiene un amplio campo de desarrollo en el área de ingeniería y sobre todo en ingeniería de software.

Por otro lado, el uso de TA como técnica de evaluación de usabilidad, permite explorar la manera en que un usuario percibe y entiende un producto de software. Sin embargo, el uso de esta técnica y la validación de los datos obtenidos ha sido objeto de controversia en el pasado. Es por ello que la comunidad de investigación ha recurrido a la tecnología disponible para validar y complementar los datos obtenidos por medios de recolección tradicionales como el registro de audio y video. El uso de técnicas de rastreo de visión ha dado buenos resultados para complementar y estudiar los momentos de silencio que se producen durante las actividades de verbalización.

Un área de particular interés para los autores de este trabajo es el uso de herramientas multitáctiles colaborativas para el método de TA de interacción constructiva, así como el uso de plumas inteligentes tanto en el método de TA concurrente, como retrospectivo en las áreas de enseñanza-aprendizaje de fundamentos de programación y pensamiento computacional, y lectura de comprensión de textos técnicos en inglés, con el objetivo de definir metodologías y herramientas de información que permitan asistir estos procesos y mejorar la experiencia de aprendizaje. Las preguntas de investigación que se buscarán responder como parte del trabajo futuro incluyen: ¿Qué herramientas se pueden

desarrollar para asistir estos procesos cognitivos? ¿De qué manera se pueden capturar datos de estos procesos? ¿Cómo pueden las tecnologías de información apoyar para diseñar herramientas que permitan al usuario tener una mejor experiencia de uso?

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de los proyectos SEP-PRODEP de apoyo a la incorporación de nuevos PTC (profesores de tiempo completo) con los convenios UGTO-PTC-510 y UGTO-PTC-512.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Arshad, N. (2009). Teaching programming and problem solving to CS2 students using think-alouds. *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE 09*, 372: <http://doi.org/10.1145/1508865.1508998>
- [2] Banning, M. (2008). The think aloud approach as an educational tool to develop and assess clinical reasoning in undergraduate students. *Nurse Education Today*, 28(1), 8-14. <http://doi.org/10.1016/j.nedt.2007.02.001>
- [3] Boren, M. T., & Ramey, J. (2000). Thinking aloud: Reconciling theory and practice. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 43(3), 261-278: <http://doi.org/10.1109/47.867942>
- [4] Cooke, L., & Cuddihy, E. (2005). Using eye tracking to address limitations in think-aloud protocol. *IEEE International Professional Communication Conference*, 653-658: <http://doi.org/10.1109/IPCC.2005.1494236>
- [5] Dumas, J. S., & Redish, J. C. (1999). *A Practical Guide to Usability Testing* (1st ed.). Exeter, UK, UK: Intellect Books.
- [6] Elling, S., Lentz, L., & de Jong, M. (2011). Retrospective think-aloud method: Using eye movements as an extra cue for participant's verbalizations. *Proceedings of the 29th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1161-1170: <http://doi.org/10.1145/1978942.1979116>.

- [7] Elling, S., Lentz, L., & De Jong, M. (2012). Combining concurrent think-aloud protocols and eye-tracking observations: An analysis of verbalizations and silences. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 55(3), 206-220: <http://doi.org/10.1109/TPC.2012.2206190>
- [8] Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). Verbal Reports as Data. *Psychological Review*, 87(3), 215-251.
- [9] Gegenfurtner, A., & Seppänen, M. (2013). Transfer of expertise: An eye tracking and think aloud study using dynamic medical visualizations. *Computers and Education*, 63, 393-403: <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.021>
- [10] Gu, Y. (2000). To code or not to code: Dilemmas in analysing think-aloud protocols in learning strategies research. *IEEE International Symposium on Information Theory-Proceedings*, 43, 236: <http://doi.org/10.1016/j.system.2013.12.011>
- [11] Krahmer, E., & Ummelen, N. (2004). Thinking about thinking aloud: A comparison of two verbal protocols for usability testing. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 47(2), 105-117: <http://doi.org/10.1109/TPC.2004.828205>
- [12] Miyake, N. (1986). Constructive Intemction and the Iterative Process of Understanding, 177(667437), 151-177.
- [13] Olmsted-Hawala, E. L., Murphy, E. D., Hawala, S., & Ashenfelter, K. T. (2010). Think-aloud protocols: a comparison of three think-aloud protocols for use in testing data-dissemination web sites for usability. *Proceedings of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2381-2390: <http://doi.org/10.1145/1753326.1753685>
- [14] Özcan, Z. Ç., Imamoglu, Y., & Bayrakli, V. K. (2017). Analysis of sixth grade students think-aloud processes while solving a non-routine mathematical problem. *Kuram ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 17(1), 129-144: <http://doi.org/10.12738/estp.2017.1.2680>
- [15] Phillips, A. C. E. (2014). The Usefulness of " Think - Aloud " for Evaluating Questionnaires in use in the Health Domain.

- [16] Seman, E. A. A., Hussein, I., & Mahmud, M. (2010). Why thinking aloud matters for usability evaluation? 2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Applications, ICCEA 2010, 1, 462-466: <http://doi.org/10.1109/ICCEA.2010.95>
- [17] Teague, D., & Lister, R. (2014). Longitudinal think aloud study of a novice programmer. *Conferences in Research and Practice in Information Technology Series*, 148, 41-50.
- [18] Thackray, D., & Roberts, L. (2017). Exploring the clinical decision-making used by experienced cardiorespiratory physiotherapists: A mixed method qualitative design of simulation, video recording and think aloud techniques. *Nurse Education Today*, 49, 96-105: <http://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.11.003>.
- [19] Van Someren, M. W. (1990). What's wrong? Understanding beginner's problems with Prolog. *Instructional Science*, 19(4-5), 257-282: <http://doi.org/10.1007/BF00116441>.
- [20] Van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. (1994). The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes. Department of Social Science Informatics, University of Amsterdam: [http://doi.org/10.1016/0306-4573\(95\)90031-4](http://doi.org/10.1016/0306-4573(95)90031-4).
- [21] Van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. a C. (1994). The think aloud method. *A Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*, 209: <http://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2004.08.003>.
- [22] Whalley, J., & Kasto, N. (2014). A qualitative think-aloud study of novice programmer's code writing strategies. *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education - ITiCSE 14*, 279-284: <http://doi.org/10.1145/2591708.2591762>.
- [23] White, A. (2016). Using Digital Think-Alouds to Build Comprehension of Online Informational Texts. *The Reading Teacher*, 69(4), 421-425: <http://doi.org/10.1002/trtr.1438>.

SISTEMA DE MONITOREO DE ANÁLISIS CLÍNICOS POR MEDIO DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Cinthia del Carmen Balam Almeida

Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán

cinthia_220880@hotmail.com

Orlando Adrián Chan May

Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán

oacmay@hotmail.com

Jimmy Josué Peña Koo

Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán

jimjpk@hotmail.com

Resumen

Se estima que de 1995 a la fecha el número de personas que viven con diabetes se ha triplicado, la cifra actual llega a más de 347 millones de personas en el mundo que viven con diabetes; por otro lado el número de mexicanos adultos diagnosticados con diabetes podría no ser exacto puesto que algunas personas no saben de qué tienen esta condición médica, debido a que no tienen una revisión o no monitorean su salud; derivado a ello no solo esta enfermedad pueden contraer, sino que pueden tener otras complicaciones y las personas no lo saben. Es por ello que el uso de la tecnología ha venido a ser una herramienta de prevención; es así que la salud es uno de los campos que más se está beneficiando de esta revolución y cada día están surgiendo nuevas aplicaciones con el fin de ayudarnos a mejorar nuestro bienestar; aumentar la información que tenemos de aspectos relacionados con nuestra salud o para mejorar la gestión y el control de distintas enfermedades. En el presente artículo, se demuestra el resultado del desarrollo de una aplicación móvil, que permite el monitoreo de los análisis clínicos por medio de reconocimiento de patrones; para el cuidado y la prevención de la salud usando cintas PH.

Palabra(s) Clave: Análisis Clínicos, Aplicación, Cintas PH, Monitoreo, Salud, Tecnología.

Abstract

It is estimated that from 1995 to date the number of people living with diabetes has tripled, the current figure reaches more than 347 million people in the world living with diabetes; On the other hand, the number of adult Mexicans diagnosed with diabetes may not be accurate since some people do not know what they have this medical condition, because they do not have a review or do not monitor their health; derived to it not only this disease can contract, but can have other complications and people do not know it. That is why the use of technology has become a tool for prevention; this is how health is one of the fields that is benefiting most from this revolution and new applications are emerging every day in order to help us improve our well-being; increase the information we have about aspects related to our health or to improve the management and control of different diseases. In the present article, the result of the development of a mobile application is demonstrated, which allows the monitoring of clinical analyzes by means of pattern recognition; for the care and prevention of health using PH tapes.

Keywords: *Application, Clinical analysis, Health, Monitoring, PH Tapes, Technology.*

1. Introducción

El desarrollo de la tecnología ha incrementado aceleradamente en los últimos años, siendo un factor vital para el desarrollo y evolución de nuestra sociedad, el aporte de la tecnología es esencial en todas las áreas, como la salud, la educación, en lo económico, ambiental, entre otros.

Con respecto al campo de la salud, se afirma que la tecnología ha sido imprescindible y se ha utilizado en gran manera de forma general como una herramienta para la implementación de la salud, pues es uno de los campos más importantes en nuestra sociedad, desarrollándose así un sin número de sistemas

que sirven como herramientas tecnológicas que trabajan con una variedad de objetivos, incluyendo un mayor acceso a la atención sanitaria y la información relacionada con la salud, un mejoramiento de la capacidad de diagnosticar y realizar un seguimiento de las enfermedades [López, 2014].

La tecnología es innecesariamente opuesta a la atención humanizada, más bien, es complementaria. Mediante el uso, de los artefactos son, de cierta manera, dotados de humanidad por su usuario quien, en definitiva, es el que determina cómo relacionarse con el instrumento y con el paciente. Por lo tanto, la tecnología puede en sí misma ser un factor humanizante [Arredondo, 2009].

Por otro lado, Gracias a las redes celulares de datos hay soluciones de monitoreo remoto que le evitan al paciente los traslados y reducen la carga de trabajo del médico", en donde la empresa Qualcomm ya tiene dos proyectos de este tipo funcionando en México. Uno de ellos es Dulce Wireless Tijuana, con el que provee sistemas de medición remota de glucosa en sangre en la clínica 27 del IMSS. El otro es con el Instituto Carlos Slim de la Salud, donde introdujo un cinturón para las pacientes embarazadas que envía datos sobre el pulso del feto y la madre vía inalámbrica [Peralta, 2011].

La llamada medicina digital ha transformado la historia clínica tradicional en HCE (historia clínica electrónica) y ha abierto el conocimiento médico a buscadores de bases bibliográficas y a nuevas herramientas de gestión del conocimiento, como son las guías de práctica clínica o las revisiones sistemáticas. Por otra parte, las organizaciones sanitarias necesitan de la informatización de sus procesos de soporte, lo que ha conllevado en los últimos años una transformación digital de dichas organizaciones. La telemedicina representa otro cambio revolucionario, al permitir el diagnóstico y tratamiento a distancia de los pacientes, así como la educación y formación médica continuada [Altés, 2013].

2. Metodología

Para el desarrollo de la app se implementó la metodología de Desarrollo de Software denominado Modelo Cascada, debido a que es un proceso de desarrollo secuencial, en el que el desarrollo de software se concibe como un

conjunto de etapas que se ejecutan una tras otra. Y se basa de cinco fases que son: Requisitos, Diseño, Implementación, Verificación y Mantenimiento.

Requisitos: en esta actividad se realizaron entrevistas para visualizar la necesidad de una app para el cuidado de la salud, de la misma manera se realizó entrevista con un especialista de un laboratorio para poder hacer la aplicación debido a los procedimientos que se tienen que seguir y el cuidado de cada prueba química para poder interpretarlo en un reconocimiento de patrones. Además, en esta fase se realizan tres tareas: Obtener requerimientos, clasificar los requerimientos y personalizar el servicio. Por lo que en esta primera fase, se realizaron entrevistas a personas de 20 a 40 años en los municipios de Ticul, Oxkutzcab y Tekax. Por otro lado, para poder realizar las mediciones de los análisis clínicos, se trabajó con dos laboratorios uno en Oxkutzcab y otro en Tekax, los cuales ayudaron hacer la toma de precisiones de los datos, a entender las formulas y como ser interpretadas.

Por otro lado la importancia del PH en el organismo es primordial, debido a que permite controlar la diabetes; en el PH el potencial de hidrógeno ideal del ser humano es de 7.4 escala de PH; la cual se toma como estable, debido a que si se encuentra por debajo de 7 las personas que tengan estos valores, indica que se tiene mucho hidrógeno y poco oxígeno, lo cual no es favorable y altera las condiciones del paciente [Dominguez, 2015].

De la misma manera el índice de escala del PH es importante en los procesos químicos, biológicos, industriales y en general en la vida cotidiana. Debido a que las escalas de PH permiten saber los valores ácidos y básicos del análisis, ya que de 1 a 5 se consideran ácidos, de 8 a 14 básicos, y de 5.5 a 7.5 neutros [Novoa Fierro, 2015].

Igualmente, el monitoreo de glucosa indica la forma en que el cuerpo responde a ciertos alimentos, actividades y medicamentos, el cual ayuda a tener un mejor control de alimentación y ejercicio; a través del monitoreo; esto es para cualquier tipo de enfermedad.

Diseño: en esta actividad se realizó el diseño estructurado de cómo debería verse la aplicación móvil y de los conceptos que debería de tener. Como se

muestra en la figura 1, en donde se puede apreciar como el usuario se va registrando en la aplicación.



Figura 1 Registro de Usuario.

Para poder realizar los cálculos, se implementa el método de reconocimiento de patrones, también llamado lectura de patrones, identificación de figuras y reconocimiento de formas. Por lo que existen dos tipos de muestras las negativas y positivas.

Dentro de las muestras positivas corresponden a las imágenes con objetos destacados, en este caso son las muestras de los colores que se convierten en escala a grises; por otro lado, las muestras negativas corresponden a datos fuera del rango establecido de las cintas de PH.

Implementación/Programación: en esta actividad ya contando con todos los datos necesarios se empezó a realizar la programación de la aplicación móvil, donde se trabaja el lenguaje de programación en Visual C#, se codifica la parte de las fórmulas de los análisis clínicos, para posteriormente integrar los módulos de la app, y pasar a la verificación de las pruebas. De la misma forma se establece los parámetros de las imágenes a escala a grises con los datos establecidos para poder realizar la comparación del reconocimiento de patrones.

Verificación/Pruebas del Sistema: en esta actividad se efectuó distintas pruebas para comprobar que el sistema está optimizado para su desempeño y no cuenta con errores. Las pruebas unitarias permiten comprobar que cada módulo implementado en la app realice las actividades establecidas, las pruebas de interconexión permiten comprobar que la app funcione en conjunto con cada uno de los módulos y las pruebas de integración se implementan para comprobar el correcto funcionamiento del conjunto.

3. Resultados

En la actualidad el aporte de la tecnología es fundamental en todas las áreas ya que el manejo de los equipos médicos de alta complejidad es parte de los avances tecnológicos que se han venido efectuando a través del tiempo. Por lo que al implementar la app en el laboratorio BIOLap se aplicaron 10 muestras a pacientes tanto en sangre como con la aplicación; en este caso la variante de las muestras realizadas fue que una prueba sale errónea lo que quiere decir se tiene un 90% de confiabilidad en los estudios realizados. Como se muestra en la figura 2, donde se está realizando la prueba. Y en la figura 3 se puede observar el resultado de la validación; por otro lado, en la figura 4, se puede observar las cintas de PH, que se usan para realizar las muestras de orina.



Figura 2 Selección y validación del PH.



Figura 3 Validación de la Prueba.



Figura 4 Cintas de PH.

Por otro lado, la muestra de pacientes fue seleccionada del municipio de Tekax, las características de estas personas primeramente que padezcan alguna enfermedad como es diabetes, colesterol, triglicéridos, entre otros; para poder aplicar la muestra de sangre y la app. Para ello el rango de pacientes fue de 25 a 50 años, debido a que estos son los más propensos debido al estilo de vida; Tekax cuenta con 33 923 habitantes, en donde el 56.8% de estas personas padecen diabetes y son mayores de 35 años.

Otras imágenes de la operación de la aplicación para el inicio de sesión y la selección del tipo de prueba a utilizar pueden apreciarse en la figura 5.

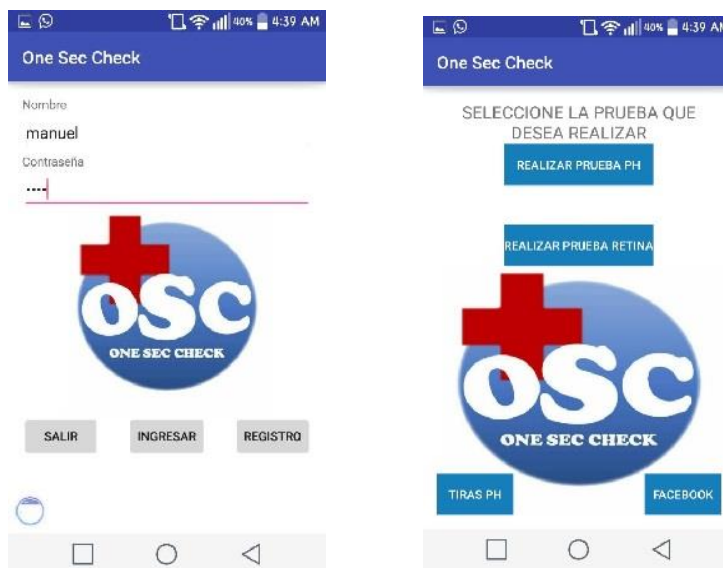


Figura 5 Inicio de sesión y selección de prueba.

4. Discusión

Existe diversidad de herramientas o aplicaciones para el cuidado de la salud, como es el caso de "Prueba de Azúcar en la Sangre", Diseñado por la empresa Lord, en donde esta app por medio de la huella dactilar verifica la insulina del paciente. Otra herramienta es Cholesterol detector prank, esta app detecta el colesterol del cuerpo humano diseñado por la empresa Nanny Game Store, se pueden mencionar más aplicaciones de este tipo, sin embargo ninguna de estas permite hacer otras opciones o bien la seguridad de la toma de los datos; es por ello que al diseñar la app "One Sec Check"; al utilizar las Cintas de PH, en donde se toma la muestra de la orina por medio de la cámara del celular, hace un barrido de los datos por medio de patrones en donde la aplicación permite proporcionar los datos que presenta el paciente en ese momento. Por lo que la app agiliza el proceso de respuesta de los resultados.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Altés, J. (2013, mayo). Papel de las tecnologías de la información y la comunicación en la medicina actual. Barcelona, España.
- [2] Arredondo. (2009). Tecnología y Humanización de los Cuidados: Una mirada desde la Teoría de las Relaciones Interpersonales. *Index de Enfermería*, 18(1), 32-36.
- [3] Domínguez, Y. (2015, febrero). Diabetes descompensada y su cura natural: <https://goo.gl/9Kev1B>
- [4] Barranco F. (2015, septiembre). La revolución saludable de las 'app'. El mundo [Versión en Línea]. Recuperado de <https://goo.gl/aCkhNx>
- [5] abcPedia. (2015). Tecnología digital: <https://goo.gl/G5FxHZ>
- [6] López Arévalo, I. (2015, junio). Línea de Investigación: <https://goo.gl/jLJFMU>.
- [7] López, K. I. (2014, diciembre). Aplicación móvil para el seguimiento del control prenatal. León, Nicaragua, Nicaragua.
- [8] Mantilla, M. C. (junio de 2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura*, 18(40), 20-35.

- [9] Novoa Fierro, P. (2015). PH en la vida cotidiana: <https://goo.gl/k9Eufa>.
- [10] Ochoa, J. A. (2014, junio). Reconocimiento de patrones. México. Inaoep: <https://goo.gl/JbY654>.
- [11] Peralta, L. (2011, enero). La relación entre pacientes y médicos será menos personal pero más eficiente al utilizar aplicaciones de iPad. Revista Expansión: <https://goo.gl/YeemYN>.

SISTEMAS GROUPWARE PARA EL DISEÑO DE DIAGRAMA DE CLASES UML EN AMBIENTES TÁCTILES

Nancy Blanco Hernández

Universidad Veracruzana
zS16017648@estudiantes.uv.mx

Luis G. Montané Jiménez

Universidad Veracruzana
lmontane@uv.mx

Carmen Mezura Godoy

Universidad Veracruzana
cmezura@uv.mx

Resumen

En las últimas décadas, se han explorado metodologías para el desarrollo de software que apoyen a personas en la realización de una actividad colaborativa. Estos sistemas conocidos como Groupware, ofrecen herramientas que apoyan la comunicación, colaboración y coordinación de personas en el cumplimiento de objetivos comunes. Estos sistemas son enfocados a dominios convencionales a través de sistemas Web o escritorio, los cuales apoyan ambientes de oficina, videojuegos, entre otros. Por ello, este artículo explora escenarios colaborativos educativos apoyados por ambientes táctiles, donde usuarios utilizan un espacio digital táctil para dibujar o plasmar ideas. Para esto, se analizan elementos utilizados para ofrecer a usuarios de ambientes digitales que apoyen al diseño de diagramas de clases en la Programación Orientada a Objetos con una perspectiva educativa. Por tanto, se estudia el comportamiento de equipos cuando interactúan al realizar diagramas de clases de forma colaborativa en ambientes tradicionales, es decir, sin tener apoyo didáctico digital o pizarra táctil. Entre los resultados encontrados en ambientes sin apoyo digital, destacan falta de espacio y pérdida de secuencia de la actividad, además de hacer evidente la

falta de reglas para el desarrollo de la actividad. Por lo tanto, en este artículo se propone el diseño conceptual de un sistema Groupware que apoye la enseñanza en el diseño de diagramas de clases soportado por un ambiente táctil.

Palabra(s) Clave: CSCW, Diseño de interfaz de usuario, Pizarra interactiva, Sistemas groupware.

Abstract

Over the last decades, methodologies have been explored in order to develop software that assist people to carry out collaborative activities. These systems are known as Groupware, which provide tools that support communication, collaboration and coordination of people for accomplishing common goals. These systems are focused on conventional domains through web systems or desktop, which support office environments, videogames among others. Therefore, this paper presents educational collaborative scenarios assisted by tactile environments where students make use of a digital touch space to draw or capture ideas. Consequently, used elements are analyzed to offer users of digital environments assistance while designing diagrams in Object-oriented programming with an educational perspective. Thus, the behavior of the teams that interact at the moment of designing class diagrams collaboratively in traditional environments is studied; in other words, without digital didactic support or a digital interactive whiteboards. Among the found results without digital support, there are some drawbacks such as the lack of space and loss of activity sequence, which evidently shows the lack of rules for the activity development. Therefore, this paper proposes the conceptual design of a Groupware system that assists the teaching of class diagrams supported by a touch screen environment.

Keywords: CSCW, Groupware systems, Interactive whiteboard, User interface design.

1. Introducción

Hoy en día, las herramientas tecnológicas utilizadas en actividades colaborativas se desarrollan de acuerdo con los desafíos y necesidades

planteadas por la dinámica de equipo [Santos y Duque, 2004]. Ante esto, el Trabajo Cooperativo Asistido por Computadora (CSCW, por sus siglas en inglés), es un área que estudia cómo las personas trabajan a través del uso de la tecnología, permitiendo la flexibilidad y capacidad de llevar con éxito el trabajo que se realiza. Siendo un campo de investigación multidisciplinario que involucra a la economía, sociología, ciencias de la computación, antropología y psicología, para la coordinación de personas que trabajan en conjunto [Baecker, 1993]. Entre las áreas de interés del CSCW, se encuentran los sistemas colaborativos o Sistemas

Groupware (SG), sistemas diseñados para cubrir las necesidades de coordinación y comunicación entre dos o más personas en un entorno en común, buscando el éxito en metas y objetivos que son compartidos entre el equipo [Santos y Duque, 2004].

Los SG son sistemas de software que apoyan el trabajo de equipo. En estos sistemas una parte relevante es la interfaz gráfica de usuario, la cual permite a los usuarios interactuar y colaborar mediante la realización de tareas o acciones individuales, mismas que apoyan el logro de objetivos comunes [Penichet, y otros, 2015]. Por lo tanto, la interfaz gráfica de usuario debe proveer mecanismos que faciliten la coordinación, comunicación y colaboración entre los integrantes del equipo [Díaz, Harari, y Amadeo, 2013].

Las interfaces de aplicaciones Groupware naturalmente presentan la actividad del equipo y son controladas por varios usuarios [Ellis, Gibbs, y Rein, 1991]. Su principal desafío es la complicación en el comportamiento de la actividad, considerando el aumento del grado de complejidad de la actividad debido a la definición de reglas que existen en el equipo, por lo que se cuidará que trasladándose al ambiente táctil se de soporte a la interacción entre los usuarios con el sistema de manera que se puedan efectuar tanto tareas individuales como en equipo. Otro punto importante es que los SG deben proveer información de tipo awareness que permita a las personas estar conscientes sobre los eventos que ocurren en el sistema más allá de sus tareas actuales [Dourish y Bellotti, 1992]. Es por ello, que actualmente la forma de trabajar de los estudiantes es de

forma tradicional, conceptualizando el trabajo en equipo en el que dos o más personas interactúan dinámicamente con respecto a una meta [Tannenbaum y Yukl, 1992].

En los ambientes táctiles, uno de los dominios de aplicación de los SG son las pizarras interactivas, las cuales facilitan el aprendizaje y estimulan la participación de los usuarios en una misma interacción [Toledo y Sánchez, 2014]. Por ello, al integrar el soporte de trabajo en equipo, se vuelve indispensable que el sistema presente información necesaria para desarrollar actividades de colaboración entre los integrantes del equipo [Palfreyman y Rodden, 1996]. Este artículo aborda el análisis sobre el trabajo que actualmente se realiza sobre un pizarrón blanco tradicional, donde estudiantes y profesores abstraen ideas y conceptos para resolver un problema y proponer una solución, los cuales se centran en explorar los ambientes de programación orientados al modelado de clases, particularmente en un ambiente táctil.

El presente documento se constituye por las siguientes secciones: en primer lugar se abordan guías y metodologías para la construcción de un SG, seguido de una descripción del caso de estudio dónde se analizan e identifican inconvenientes en la elaboración de un diagrama de clases, posteriormente se realiza la propuesta conceptual que proporciona algunas recomendaciones a los desarrolladores en la construcción de un SG cuyo dominio de aplicación se centra en las pizarras interactivas y finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados.

2. Metodología

En la actualidad, se han propuesto guías y metodologías para la construcción en el diseño de interfaces en los SG, los cuales generalmente son adaptados a ambientes tradicionales como los sistemas en línea, para móviles, orientados en la Web y de escritorio, proporcionando un soporte de comunicación, coordinación y colaboración. Este artículo se realiza desde un enfoque documental cualitativo, debido a la revisión de trabajos actuales que van desde guías, metodologías y entornos de aplicación de diseño de interfaz en un SG, trabajos actuales que en

su mayoría contemplan una pantalla táctil o pizarra interactiva, por lo que tomando estas consideraciones se realizó una propuesta que se adaptó a un ambiente de pizarra interactiva. En la figura 1 se muestra la revisión de trabajos actuales para la propuesta conceptual para el diseño de una interfaz de usuario en pantallas táctiles.



Figura 1 Revisión de trabajos actuales para la propuesta del diseño de la interfaz.

A continuación, se muestra la descripción realizada con base en las guías, metodologías y entornos de aplicación que se deben considerar como base a la hora de desarrollar un SG, así como los elementos claves que debe integrar un SG adecuándose a un ambiente de pizarra interactiva.

Desarrollo de un sistema Groupware

Sobre las guías de diseño, Guerrero y Fuller [2001], proponen una guía basada en patrones que intervienen en el desarrollo de una aplicación colaborativa. Esta guía ofrece un entorno de comunicación, coordinación y colaboración, definiendo una serie de patrones entre los cuales destacan, que:

- El usuario puede elegir qué vista le es adecuada mediante la memoria en equipo.
- Los colaboradores pueden asignar permisos y roles a los usuarios que intervienen con el sistema.

- Los usuarios tengan control del espacio de trabajo, mediante la manipulación de objetos que intervienen con la actividad en el sistema.
- Existan sesiones colaborativas entre los integrantes del equipo.

Esta guía destaca los roles de los integrantes del equipo que están colaborando, el espacio de trabajo que deben tener los usuarios y sus propias vistas, de manera que interactúen tanto individualmente como colaborativamente con los elementos necesarios con lo que el usuario pueda trabajar de manera cómoda con el sistema.

Por su parte Diaper y Sanger [2012], proponen una guía para el desarrollo de una interfaz de usuario mediante la siguiente secuencia: i) que las aplicaciones deben proveer un grado de consistencia entre sí, ii) que el sistema deba proveer retroalimentación de forma inmediata, iii) que se deba proporcionar un conjunto de vistas mediante el modelo de usuario, con los elementos que intervienen con la interfaz, permitiendo así la familiaridad entre el usuario con el sistema, iv) que el usuario deba controlar las acciones que tenga que ver con el sistema, v) que se deba tomar en cuenta el uso de metáforas, permitiendo así a los usuarios intercambiar experiencias del mundo real con el sistema. Por ello, [Diaper y Sanger, 2012] destacan la consistencia que debe tener el sistema entre sí, que este acorde a las necesidades de los integrantes del equipo, además de que se debe proporcionar una retroalimentación de forma inmediata y que el sistema sea fácil de utilizar contemplando el uso de metáforas.

Lynch y Horton [2016], proponen una guía de diseño sobre la descripción universal de los elementos que intervienen en una interfaz de usuario a nivel Web, los cuáles van desde el logo del sistema, un banner, cajas de búsqueda, contenido colocado a la derecha en una página de navegación, el área de trabajo, el pie de página, los menús de navegación, tanto colores como tipografía, el tamaño adecuado de las imágenes, tipos de letras y distribuciones de las áreas de trabajo. Esta guía sirve como base en la presente investigación porque destaca la distribución del área de trabajo, los colores adecuados para cada tipo de sistema, así como los elementos básicos que debe tener para no saturarlo de información irrelevante.

En cuanto a las metodologías de diseño, los autores Gea, Gutiérrez, Garrido, y Cañas [2002], proponen una metodología de modelado de sistemas cooperativos, AMENITIES que mediante vistas detecta aspectos relevantes sobre cada tipo de sistemas. La primera consiste en tener una vista de grupo, en donde se identifican las tareas que tienen que realizar cada integrante, de acuerdo a sus capacidades y las reglas que tengan definidas el equipo de trabajo; la segunda vista es la cognitiva, siendo el conocimiento que presenta cada integrante del equipo en el escenario colaborativo que se encuentre colaborando; la tercera vista es la de interacción, en la cual interviene el diálogo que utilizan los integrantes del equipo; por último la vista de información, donde se recogen los datos que son compartidos en el escenario donde los usuarios se encuentran colaborando.

Por su parte Molina, Redondo, Ortega, y Hoppe [2008], proponen la Metodología de Aplicaciones Interactivas Colaborativas (CIAM, por sus siglas en inglés), que pretende resolver aspectos de cooperación y colaboración, a través de 5 fases principales:

- Identificación de los roles y actores que intervienen con el sistema.
- Definición del trabajo en equipo con los elementos anteriores.
- Asignación de roles y responsabilidades mediante un modelo de responsabilidades.
- Identificar las tareas que se van a realizar ya sea cooperativa o colaborativa.
- Identificación de interacción que tienen los usuarios a la hora de realizar la actividad.

Estos aspectos son de relevancia, ya que intervienen directamente con la actividad con la que trabajan el grupo de personas en el sistema.

Por lo descrito anteriormente es que las aplicaciones actuales en su gran mayoría carecen de un seguimiento para el usuario; la idea es crear aplicaciones que incorporen nuevas formas de interacción [Montané, Toledo, Alonso, y Hernández, 2015], que permitan la comunicación, coordinación y colaboración

entre los usuarios. Además, deben dar soporte a la consciencia de equipo awareness [Dourish y Bellotti, 1992], es decir, incluir información sobre quién está utilizando el sistema, dónde están trabajando y qué están haciendo.

También es importante que las acciones de un usuario se muestran a los otros usuarios que colaboran en la misma tarea [Abowd, Beale, Dix, y Finlay, 1996], porque mostrando dicha información los integrantes del equipo tienen un panorama sobre lo que están trabajando, quién está trabajando y la influencia que tienen sobre su equipo de trabajo; por ejemplo, observar a un usuario que navega con los elementos de un menú, esto muestra indicios sobre lo que está haciendo o lo que quiere hacer, por ello el tener un sistema que se adapte a las necesidades del usuario como del entorno, proporciona mayor comodidad entre los usuarios que interactúan con el sistema.

Interfaces táctiles para un sistema Groupware

La pantalla táctil es una tecnología considerada como aquel instrumento capaz de detectar el toque que se realiza en el dispositivo con la mano, por ejemplo, al interactuar con un dispositivo móvil esto es mediante el toque que se le aplica a la pantalla táctil, mostrando como resultado la ubicación en donde se realizó el toque [Jain, Bhargava y Rajput, 2013]. Algunas ventajas de las pantallas táctiles son la manipulación que se tiene con la pantalla, es fácil de aprender, no requieren de un espacio adicional como otros dispositivos para realizar su trabajo, son fáciles de utilizar [Jain y otros, 2013]. Uno de sus dominios de aplicación son las pizarras interactivas, siendo una pantalla sensible al tacto que funciona en conjunto con una computadora y un proyector. Para interactuar con la pizarra interactiva no se requiere de muchos instrumentos, sino un software con el que se pretenda trabajar, el sensor de pizarra o en algunas ocasiones con un lápiz óptico para interactuar con la pizarra [Shenton y Pagett, 2007]. Conforme avanza la tecnología las nuevas formas de interacción también lo hacen, ejemplo de ello son las interfaces gráficas de usuario que se encuentran presentes en diversos sistemas operativos [Cruz, 2012], un dominio poco explorado en los SG son ambientes de pizarra interactiva y dispositivos móviles.

Si bien existen SG integrados a ambientes táctiles como Calico [Mangano, La Toza, y Vander, 2014], Tele-Board [Gumienny, Gericke, Quasthoff, Willems y Meinel, 2011], Sironta [Arjó y Gabaldón, 2011], entre otros, éstos no se fundamentan de guías o metodologías que orienten al desarrollo de una adecuada interfaz de usuario, adaptada a las necesidades de las personas que interactúan con el sistema y el entorno donde se está colaborando.

Entre los SG aplicados en un ambiente táctil, cuyo dominio de aplicación se enfocan en las pizarras interactivas se mencionan los más relevantes: Calico es un entorno de diseño basado en bocetos apoyando a las primeras etapas del diseño de software [Mangano, La Toza, y Vander, 2014], las pruebas que se han realizado es sobre una pizarra interactiva, mediante una lluvia de ideas se aprende sobre el diseño de software en sus primeras etapas; Gumienny y otros [2011], desarrollan Tele-Board pensada en usuarios que no están en el mismo lugar y que se centra en el uso de notas adhesivas, lluvia de ideas para el trabajo en equipo, cuenta con un video de la otra persona que está colaborando en la actividad, simulando que la actividad se está realizando de manera presencial. Klehr [2008] hace la adaptación de Etherpad un editor de documentos que trabaja colaborativamente, tipo Google Drive, que es una aplicación para crear y compartir documentos en línea, permitiendo el acceso a grupos de personas que no se encuentran físicamente en el mismo lugar. Otra aplicación desarrollada por TechIDEAS es Sironta, siendo una herramienta de software que proporciona un entorno de escritorio centrado en el intercambio de información, creación y edición de documentos que requiere un grupo de trabajo.

Las aplicaciones descritas anteriormente, de acuerdo a la literatura revisada, existe en común la carencia de ciertos elementos tanto de las guías o metodologías utilizadas para el diseño de una interfaz gráfica de usuario, por ejemplo, Calico la distribución que realiza en su área de trabajo es mediante una barra de herramientas en la parte inferior de la aplicación, esto provoca que cuando el usuario interactúe con la interfaz le sea más difícil tener que ir de un extremo a otro, utilizando la barra de herramientas, así mismo el reflejo que produce el proyector obstruye una buena interacción con la aplicación no

haciendo visibles los elementos con los que el usuario interactúa; Tele-Board la intención de proyectar un video que simule estar trabajando de forma presencial es buena, sin embargo la forma en que se encuentra distribuido la sección del video y el área de trabajo no es la adecuada, ya que el video ocupa la mitad de la pantalla de la interfaz, así pues se ve reducido el espacio grupal donde los integrantes del equipo interactúan; por otra parte, Sirona enfocada en la ofimática la forma de estructurar cada uno de los elementos con los que el usuario va a interactuar, la información se presenta de una forma muy saturada, si bien debe establecer una sección de notificaciones, la forma en la que lo presenta no es la adecuada ya que el usuario en cierto momento se pierde en que documento con el que se encuentra trabajando, la distribución no es proporcional ya que dedica más espacios para secciones que no lo requieren tanto y disminuye para secciones que tienen más potencial como por ejemplo el chat de comunicación, por último Etherpad si bien muestra una sección de comunicación representada por un chat, este no se encuentra proporcional al área de trabajo ya que no se destina un espacio específico para esta sección, el área de trabajo se ve reducida por el chat ocasionando que el usuario no pueda visualizar en tiempo real los mensajes, sino interrumpir la actividad por tener que abrir diversas ventanas de interacción. Es por lo anterior que a la hora de diseñar una interfaz se deben tomar en cuenta que aspectos que influyen en la actividad de los usuarios, ante esto, éste artículo se enfocó en un caso de estudio específico que se describe a continuación.

Caso de estudio: diseño de diagramas de clases

Para abordar el contexto del caso de estudio tomado como base, es necesario describir los conceptos mínimos para su entendimiento. Un diagrama de clase cuyo pilar se centra en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés), es la representación del sistema y la relación que existe entre el, tal como herencia, agregación, asociación y composición [Larman, 1999]. Ante esto y para este caso de estudio, se diseñó una prueba que consistía en abstraer y desarrollar un diagrama de clases cuya actividad se centraba en el desarrollo de

un diario de ejercicios y alimentos, la prueba se aplicó a un grupo de estudiantes de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana región Xalapa de entre 18 a 23 años de edad, se les pidió que conformarían equipos de entre tres a cuatro integrantes, teniendo un total de seis equipos, cómo introducción de la actividad se les proporcionó a los estudiantes una carta de consentimiento informado, lo cual se les informaba que las sesiones que tuvieran iban a ser totalmente grabadas, con el fin de recabar mayor información y ver a detalle todo el proceso que realizaban los estudiantes para el diseño del diagrama de clases, para después proporcionar una hoja con la descripción exacta de la actividad. Este experimento exploratorio se realizó para observar en un ambiente académico cómo los estudiantes realizan el diseño de la actividad, así como el tiempo que les tomó llevarlo a cabo y ver cómo interactúan los integrantes del equipo en el proceso de desarrollo. En la figura 2 se muestra un ejemplo de uno de los integrantes de los equipos desarrollando la actividad.



Figura 2 Prueba de desarrollo de la actividad de un diagrama de clases.

Una vez finalizada la prueba y analizando los resultados de la actividad se encontraron inconvenientes como la falta de espacio en el que estaban trabajando, la pérdida de la secuencia de la actividad y la ausencia o disminución de la participación de los estudiantes. Otro aspecto es la falta de persistencia en la información, es decir, si los integrantes de los equipos cometían un error tenían que borrar información y reacomodar los datos, así pues, perdían tiempo en

eliminar clases y reacomodarlas, además de la carencia de reglas de equipo explícitas en un sistema, esto es que varios usuarios escribían al mismo tiempo y los datos se duplicaban. Ante esto, al utilizar un ambiente digital de pizarra interactiva se esperaba mejorar el rendimiento de los estudiantes en la elaboración de diagramas de clases, es por ello, que a continuación se muestra la propuesta conceptual para el diseño de la interfaz de usuario en ambientes táctiles.

3. Resultados

Propuesta conceptual para el diseño de la interfaz en ambientes táctiles

Una interfaz de usuario (IU) debe proveer un espacio de retroalimentación facilitando así la realización de tareas entre los usuarios para el logro de sus objetivos [Molina, 2003]. La IU tiene como finalidad ser más atractiva para el usuario, además que la interacción con el usuario sea lo más intuitivamente posible. Entre los principios más relevantes para el diseño e implementación de IU gráficas destacan: la familiaridad del usuario con el sistema siendo que sea intuitivo, fácil de utilizar, la actividad debe ser fácil de recuperar esto es si el usuario pierde alguna información en el sistema, el sistema debe proporcionar los elementos indispensables para que el usuario se sienta cómodo en todo momento y se debe presentar una guía de usuario por el sistema requiera la comprensión de algún tipo de error [Cortez , Yáñez, y Pró, 2011]. Para esto, el buscar nuevas herramientas que ayudan al dinamismo en un SG [Montané, Mezura, Benítez y Martínez, 2015], ayudará a los usuarios a tener una mejor interacción con el sistema.

Krug [2006], menciona que, a la hora de utilizar un sistema, éste debe ser lo más intuitivo posible, la razón principal es que no hagas pensar al usuario. Por ello, tomando como base las guías y metodologías de diseño analizadas anteriormente, así como ejemplos de aplicaciones presentadas en una pizarra interactiva, se realiza una propuesta conceptual sobre el diseño de una interfaz de usuario en un ambiente de pantalla táctil, buscando que en un ambiente táctil se mantenga la comunicación, colaboración y coordinación. Por ello, el uso de un

buen diseño de interfaz de usuario proporciona a los integrantes del equipo una buena interacción con el sistema, adaptándose a las dimensiones propias de su entorno. Un punto importante en el diseño de la interfaz es la forma en que las secciones se encuentran definidas, ya que el usuario tiende a visualizar la pantalla en forma de la letra Z, por ello se busca que las interfaces se adapten con las herramientas adecuadas para el logro de objetivos eficientes [Pérez, 2008].

De acuerdo con los elementos revisados anteriormente, se propone el diseño conceptual de un prototipo que considere elementos revisados, figura 3.

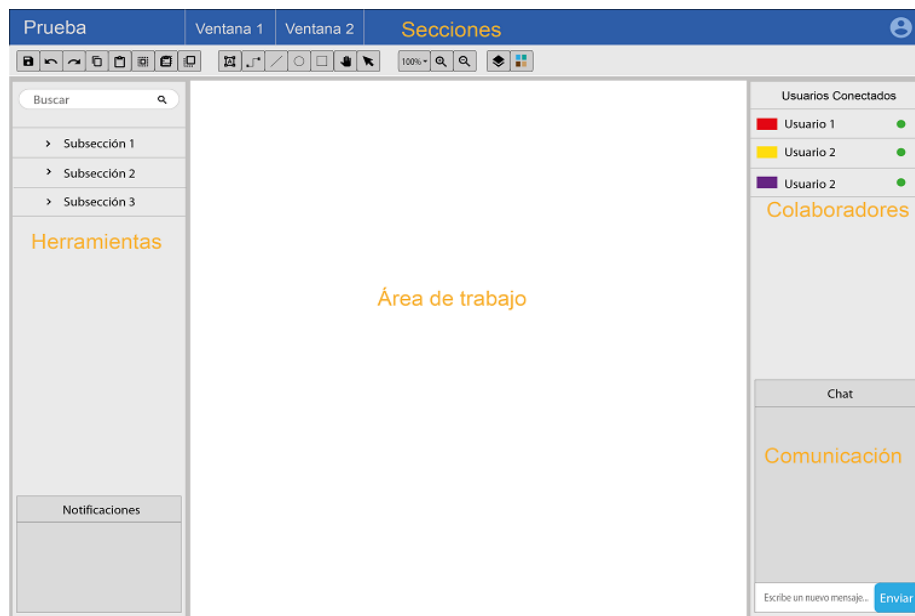


Figura 3 Propuesta conceptual del diseño de interfaz utilizando ambientes táctiles.

La propuesta conceptual cubre los elementos de un sistema Groupware, tales como comunicación, cooperación y coordinación. La figura 3 muestra diversas secciones que van a estar trabajando los usuarios, las cuales destacan:

- El espacio de trabajo donde los usuarios estarán colaborando.
- Las herramientas adecuadas con las que el usuario estará interactuando de acuerdo a su actividad colaborativa.
- Los colaboradores que intervienen con la actividad colaborativa mediante el uso de roles.

- La comunicación por medio de un chat en dónde los usuarios que físicamente no se encuentran en el mismo lugar puedan estar interactuando simultáneamente con los integrantes del equipo.

Diseño del prototipo a partir de la propuesta conceptual

De acuerdo con la propuesta conceptual para el diseño de una interfaz utilizando ambientes táctiles definida en la figura 3, se pone en práctica para el caso de estudio diseño de diagramas de clases, contemplando la interacción que tienen los usuarios a la hora de trabajar en equipo. Por ello, en la figura 4 se muestra el caso de estudio y los elementos clave para la colaboración de los integrantes del equipo con el sistema Groupware, los cuales destacan el espacio de trabajo donde los integrantes del equipo realizan el diseño de diagrama de clases, las herramientas necesarias para que los usuarios realicen el diseño del diagrama proporcionando una sección de simbología y formas que contiene los elementos necesarios para la elaboración del diagrama de clases, los colaboradores que intervienen en el desarrollo de la actividad por ejemplo, Carmen, Luis y Nancy son los integrantes que colaboran en la actividad, mostrando el awareness de forma de ausente o disponible, la comunicación establecida por un chat, dónde permitirá la comunicación entre los integrantes si es que no se encuentran físicamente en el mismo lugar.

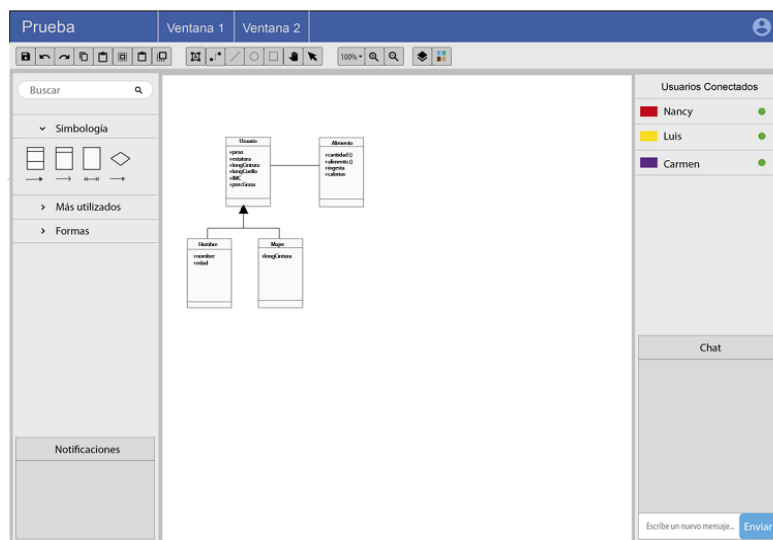


Figura 4 Diseño de la actividad finalizada en el desarrollo de un diagrama de clases.

4. Discusión

En este artículo se abordan los siguientes puntos el análisis, diseño de guías y metodologías que son utilizados para el desarrollo de SG, así como aplicaciones Groupware, algunas enfocadas en un ambiente de pantalla táctil y pizarra interactiva. Ante la falta de ciertos elementos que se deben contemplar tanto en las guías de diseño y las metodologías para el desarrollo de un sistema Groupware se realiza una propuesta conceptual para el diseño de una interfaz en ambientes táctiles, comprendiendo elementos relevantes dentro del trabajo en equipo como lo son: la comunicación, la colaboración y la coordinación, así como su aplicación del caso de estudio en un diseño de un diagrama de clases basado en la propuesta conceptual. Esto para dar una visión de cómo el desarrollador puede acomodar los elementos más relevantes del sistema con el que va a trabajar, sin la necesidad de saturar de información dicho sistema, interactuando en un ambiente táctil.

Tomando como base lo propuesto en este artículo, en etapas futuras se implementará el prototipo para el diseño de un diagrama de clases, así mismo la aplicación será evaluada para conocer ventajas y dificultades al momento del desarrollo de éste tipo de actividades en los estudiantes, con la finalidad de brindar una experiencia de aprendizaje diferente y a la vez atractivo para el usuario final.

Agradecimientos

El primer autor de este trabajo agradece a CONACYT por la beca No.450137 para estudios de posgrado.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Abowd, G., Beale, R., Dix, A., & Finlay, J. (1996). Human-Computer Interaction. Graduate computer science course offered at Georgia tech.
- [2] Arjó, M., & Gabaldón, J. (2011). Dealign with large data files using P2P collaboration software.

- [3] Baecker, R. M. (1993). *Readings in groupware and computer-supported cooperative work: Assisting human-human collaboration*. Elsevier.
- [4] Cruz, R. (2012). *Integración de técnicas de ingeniería inversa en el desarrollo de interfaces de usuarios dirigido por modelos*. Universidad Castilla-La Mancha: Tesis de Maestría.
- [5] Díaz, J., Harari, I., & Amadeo, A. P. (2013). *Guía de recomendaciones para el diseño de software centrado en el usuario*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata (Edulp).
- [6] Cortez, A., Yáñez, C., & Pró, L. (2011). *Técnicas de análisis para el diseño de interface de usuario*. *Revista de investigación de sistemas e informática*.
- [7] Diaper, D., & Sanger, C. (2012). *CSCW in practice: An introduction and case studies*. Springer Science & Business Media.
- [8] Dourish, P., & Bellotti, V. (1992). *Awareness and coordination in shared workspaces*. In *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, (pp. 107-114).
- [9] Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G. (1991). *Groupware: some issues and experiences*. *Communications of the ACM*, 34(1), 39-58.
- [10] Gea, M., Gutiérrez, F., Garrido, J., & Cañas, J. (2002). *AMENITIES: Metodología de modelado de sistemas cooperativos*. In *Workshop de Investigación sobre nuevos paradigmas de interacción en entornos colaborativos aplicados a la gestión y difusión del Patrimonio Cultural*.
- [11] Guerrero, L. A., & Fuller, D. A. (2001). *A pattern system for the development of collaborative applications*. *Information and Software Technology*, 457-467.
- [12] Gumienny, R., Gericke, L., Quasthoff, M., Willems, C., & Meinel, C. (2011). *Tele-board: Enabling efficient collaboration in digital design spaces*. In *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, 47-54.
- [13] Jain, A., Bhargava, D., & Rajput, A. (2013). *Touch-screen technology*. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics engineering*, 2(1), 074.
- [14] Klehr, M. (s.f.). *Etherpad: www.etherpad.org*.

- [15]Krug, S. (2006). No me hagas pensar. México: Pearson Prentice Hall.
- [16]Larman, C. (1999). UML y patrones. Pearson.
- [17]Lynch, P. J., & Horton, S. (2016). Web Style Guide, 4th Edition Foundations of User Experience Design. Yale University Press.
- [18]Mangano, N., La Toza, T., & Vander H., A. (2014). Supporting informail design with interactive whiteboards.
- [19]Pérez, M. M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos: Una experiencia en educación superior. 14(28), 158-180.
- [20]Molina, A. I., Redondo, M. A., Ortega, M., & Hoppe, U. (2008). CIAM: A methodology for the development of groupware user interfaces. J. UCS, 14(9), 1435-1446.
- [21]Molina, P. (2003). Especificación de interfaz de usuario: De los requisitos a la generación automática. Tesis doctoral: Universidad Politecnica de Valencia.
- [22]Montané-Jiménez, L., Mezura-Godoy, C., Benítez-Guerrero, E., & Martínez-López, E. (2015). Studying Social Interactions in Groupware Systems. IEEE América Latina, 13.
- [23]Montané J., L., Toledo T., G., Alonso R., L., & Hernández M., A. (2015). Arquitectura para el Desarrollo de Aplicaciones Educativas Centradas en Interfaces Naturales de Usuario. *Pistas Educativas* (114).
- [24]Palfreyman, K. A., & Rodden, T. (1996). A Protocol for User Awareness on the Wolrd Wide Web. In Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work, 130-139.
- [25]Penichet, V., Rodríguez, M., Lozano, M., Garrido, J., Gallud, J., Noguera, M., Hurtado, M. (2015). Una Aproximación al Proceso de Diseño e Implementación de Interfaces de Usuario para Aplicaciones Groupware. SCRIBD.
- [26]Santos, C., & Duque, M. (2004). Sistemas interactivos y colaborativos en la web. Universidad de Castilla-La Mancha: Ediciones de la Universidad de Castilla-La mancha.

- [27] Shenton, A., & Pagett, L. (2007). From `bored` to screen: the use of the interactive whiteboard for literacy in six primary classrooms in England. *Literacy*, 41(3), 129-136.
- [28] Tannenbaum, S. I., & Yukl, G. (1992). Training and development in work organizations. *Annual review of psychology*, 43(1), 399-441.
- [29] Toledo, P., & Sánchez, J. (2014). Situación actual de las pizarras digitales interactivas en las aulas de primaria. *Revista de Educación a Distancia*.

RECONOCIMIENTO FACIAL POR EL MÉTODO DE EIGENFACES

Franco Gabriel Caballero Julián

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
francogcaballero@gmail.com

Martín Vidal Reyes

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
martinvid@gmail.com

Antonia López Sánchez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
shunashi_stine@hotmail.com

Carlos Alberto Jerónimo Ríos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
carlosriostv@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta una aplicación de detección facial por Eigenfaces que usa Microsoft Visual Studio con diversas herramientas de programación como C# y librerías de la plataforma Emgu CV asociadas a OpenCV. El desarrollo de la aplicación se codificó en dos partes: una de registro y la otra de reconocimiento. El programa está cargado en una computadora de escritorio con sistema operativo Windows 8 y se usa la webcam integrada. En la etapa de registro el individuo se presenta ante la cámara para tomarle tres fotografías en diferentes instantes. En la etapa de reconocimiento el usuario se presenta ante la cámara y el sistema hace una comparación con todos los registros existentes en la base de datos indicando si el usuario está registrado. Tanto en la etapa de registro como en la etapa de reconocimiento se crean otros formularios que interconectan ambas, utilizan templates del explorador de soluciones por HaarCascade, CANNY_PRUNING y el

objeto EigenObjectRecognizer. El proyecto se sometió a la parte experimental con un universo del tamaño de diez usuarios, en el que ocho usuarios son hombres y dos usuarios mujeres, haciendo diez pruebas por usuario obteniendo una matriz de confusión con resultados del 100% de reconocimiento incluso con usuarios no registrados.

Palabra(s) Clave: Algoritmo, Eigenfaces, HaarCascade, Reconocimiento facial.

Abstract

This paper presents an Eigenfaces facial detection application that uses Microsoft Visual Studio programming software with tools such as C # and Emgu CV libraries associated with OpenCV. The development of the application was codified in two parts: one of records and the other of recognition. The program is loaded on a desktop computer with Windows 8 operating system and the integrated webcam is used. At the registration stage the individual appears before the camera to take 3 photographs at different times. In the recognition stage the user appears before the camera and the system makes a comparison with all the existing registers in the database indicating if the user is registered. Both the registration stage and the recognition stage create other forms that interconnect both, use solution explorer templates by HaarCascade, CANNY_PRUNING, and the EigenObjectRecognizer object. The project was submitted to the experimental part with a universe of the size of ten users, in which eight users are male and two female users, doing ten tests per user obtaining a confusion matrix with results of 100% recognition even with non-users recorded.

Keywords: Algorithm, Eigenfaces, Facial recognition, HaarCascade.

1. Introducción

Reconocimiento facial

Las aplicaciones de reconocimiento facial son posibles en la actualidad debido a las capacidades digitales de una cámara de alta resolución asociada a una computadora que de una imagen identifica automáticamente a un individuo. El reconocimiento biométrico del sujeto se hace por medio de un análisis de las

características faciales extraídas de la imagen que se compara con el contenido de una base de datos para su identificación.

En los últimos años, el reconocimiento facial es un área de investigación que se soporta con el desarrollo vertiginoso de las herramientas de programación y los sistemas digitales como los dispositivos procesadores y las memorias; involucra diversas disciplinas, como procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, visión por computadora y redes neuronales [González y Woods, 2005]. Se le considera en el contexto del campo de reconocimiento de objetos, en el que la cara de una persona es el objeto en tres dimensiones sujeto a condiciones variables de iluminación, distancia, orientación, pose, etc.

Los métodos con mejor desempeño para reconocimiento son el algoritmo fisherface, el método de Eigenfaces, el modelo de cadenas ocultas de Markov, LDA - Linear Discriminant Analysis, el Subespacio de Aprendizaje Multilineal y la Contrapartida de Enlace Dinámico [Viorica y Capitan, 2016].

La tendencia más reciente en el reconocimiento facial es el método que utiliza cámaras 3D para capturar datos sobre la cara de alguien. Con esta tecnología en comparación con el reconocimiento 2D clásico se tienen mejores resultados, ya que no es sensible a las variaciones impredecibles de luz, las diferentes expresiones faciales, el maquillaje y puede identificar puntos de vista.

En este trabajo se utilizan herramientas de software que ya están disponibles desde la plataforma Net de Emgu CV, que contiene las librerías de procesamiento de imágenes compatible con OpenCV compilados desde Visual Studio con el lenguaje de programación C#. No es necesario desarrollar todo el código de programa para crear la aplicación, en el proyecto se declaran las librerías y referencias Emgu, cargar los objetos de captura y de cascadas de Haar para la detección de los rostros que con el uso de la función DO_CANNY_PRUNING para que en la detección de bordes se rechacen las regiones de la imagen que contienen pocos o muchos bordes donde no está el objeto deseado. Los valores de umbral particulares se calibran para la detección de rostros y en este caso se mejora la velocidad de respuesta. CANNY presenta un algoritmo óptimo con buena detección y buena localización con el empleo de máscaras de convolución

adaptable al ambiente a diferencia de otros. Finalmente, el objeto EigenObjectRecognizer realiza la tarea de reconocimiento en tiempo real al comparar la imagen actual con el banco de imágenes de entrenamiento.

Los autores originales Turk y Pentland [1991] en su artículo Eigenfaces for recognition presentan un sumario detallado para el reconocimiento de rostros que aquí se describe en forma abreviada:

- Colectar un conjunto de imágenes de rostros de individuos conocidos con algunas variaciones en la expresión y de iluminación de tamaño M .
- Calcular la matriz L , calcular sus eigenvectores y sus eigenvalores, elegir un nuevo espacio M' de eigenvectores con los eigenvalores asociados.
- Hacer la combinación lineal de imágenes para formar un subespacio μL en una sumatoria para $L=$ desde 1 hasta M .
- Para cada individuo calcular el vector U_k que define la distancia de cada representación en el libro de código.
- Para cada nueva imagen a identificar, encontrar la distancia mínima.
- Al encontrar coincidencia con un individuo conocido, la imagen se puede agregar a ese conjunto y recalculer una nueva Eigenface.

Eigenfaces

En visión por computadora, se le conoce como eigenfaces al conjunto de vectores propios para el reconocimiento de la cara humana. El método de eigenfaces fue planteado por Sirovich y Kirby [1987] para el reconocimiento y desarrollado unos años después en la clasificación de la cara por Matthew Turk y Alex Pentland [Turk y Pentland, 1991]. El término "eigen" se refiere a un conjunto de vectores propios. La principal virtud de este método es que se puede representar un conjunto de imágenes utilizando una base formada de imágenes "eigen" cuya dimensión es mucho más pequeña que el conjunto original. Los vectores propios resultan de la matriz de covarianza de la distribución de probabilidad sobre el espacio vectorial de alta dimensionalidad de las imágenes de la cara. Los propios eigenfaces forman un conjunto de base de todas las imágenes utilizadas para construir la matriz de covarianza.

El conjunto de eigenfaces se genera por medio de un proceso matemático llamado análisis de componentes principales (PCA) en un conjunto de imágenes que representan diferentes caras humanas. El enfoque de eigenfaces comenzó con la necesidad de encontrar una representación de pocas dimensiones de imágenes de rostros. Kirby y Sirovich demostraron que el Análisis de Componentes Principales se puede utilizar en un grupo de imágenes de la cara para formar un conjunto de características básicas [Turk y Pentland, 1991]. Este conjunto es conocido como "imágenes eigen" y se puede utilizar para reconstruir la colección de imágenes original. Cada rostro original sería reconstruido como una combinación lineal del conjunto base. Se extrae sólo la información crítica de la imagen de prueba y se codifica con la mayor eficacia posible. Fotografías de caras se proyectan en un espacio de características que ilustra mejor la variación entre las imágenes de rostros conocidos. Esta característica del espacio está definida por los vectores propios o "eigenfaces". El vector de pesos expresa la contribución de cada cara eigen a la imagen de nuestra entrada.

Los eigenfaces que se crean aparecerán como áreas claras y oscuras que se disponen en un patrón específico. Este patrón es cómo las características diferentes de una cara se destacan para ser evaluados y anotados. Habrá un patrón para evaluar la simetría, si hay algún estilo de vello facial, donde la línea del cabello es, o evaluar el tamaño de la nariz o la boca [Ottado, s.f.]. Otros eigenfaces tienen patrones que son menos fáciles de identificar, y la imagen de la eigenface puede parecer muy poco como una cara. La técnica utilizada en la creación de eigenfaces y su uso para el reconocimiento también se utiliza fuera del reconocimiento facial. Esta técnica también se utiliza para el análisis de escritura a mano, lectura de labios, reconocimiento de voz, interpretación de lenguaje de signos y gestos de manos y análisis de imágenes médicas. Por lo tanto, algunos no usan el término eigenface, pero prefieren usar eigenimage.

Implementación práctica

Los siguientes son los pasos para crear un conjunto de eigenfaces (Viorica y Capitan, 2016):

- Paso 1. Consiste en preparar un conjunto de entrenamiento de las imágenes de cara. Tales imágenes constituyen el conjunto de entrenamiento, deben tomarse bajo condiciones equivalentes de iluminación, y se normalizan para alinear los ojos y la boca en todas las imágenes. También en el proceso computacional deben ser remuestreados a una resolución común de píxeles (rx). Cada imagen se trata como un vector, simplemente concatenando las filas de píxeles en la imagen original, resultando en una sola columna con elementos rx . Todas las imágenes del conjunto de entrenamiento se almacenan en una sola matriz T , donde cada columna de la matriz es una imagen.
- Paso 2. Restar la media. La imagen media se calcula y luego se obtiene una distancia de por medio de la resta de cada imagen original en T .
- Paso 3. Se calculan los autovectores y los valores propios de la matriz de covarianza S . Cada eigenvector tiene la misma dimensionalidad (número de componentes) que las imágenes originales, y por lo tanto es una representación de esa una imagen. Los autovectores de esta matriz de covarianza son por lo tanto llamados eigenfaces. Son las direcciones en que las imágenes difieren de la imagen media. Normalmente esto será un paso costoso desde el punto de vista computacional (si es posible), pero la aplicabilidad práctica de los eigenfaces se deriva de la posibilidad de calcular los vectores propios de S de manera eficiente, sin computar S explícitamente.
- Paso 4. Se eligen los componentes principales. En el paso 4, se ordenan los valores propios en orden descendente y en consecuencia se organizan los vectores propios. Estos eigenfaces ahora se pueden utilizar para representar caras existentes y nuevas: podemos proyectar una nueva imagen (media-substraída) en los eigenfaces y registrar así cómo esa cara nueva difiere de la cara media.

Los valores propios asociados con cada eigenface representan cuánto las imágenes en el conjunto de entrenamiento varían de la imagen media en esa

dirección. Perdemos información proyectando la imagen en un subconjunto de los vectores propios, pero minimizamos esta pérdida manteniendo esos valores propios con los valores propios más grandes.

Clasificadores cascada de haar

Para aplicaciones en la detección de personas se utilizan los clasificadores cascada de haar, de distribución y uso libre desarrolladas por OpenCV quienes implementan los métodos correspondientes. La librería proporciona una gran variedad de clasificadores para detectar (extensión *.xml), por ejemplo:

- Rostro: "haarcascade_frontalface_alt_tree" y "haarcascade_frontalface_alt".
- Cuerpo completo: "haarcascade_fullbody".
- Boca: "haarcascade_mcs_mouth".
- Nariz: "haarcascade_mcs_nose".
- Sonrisas: "haarcascade_smile".
- Ojos con o sin lentes: "haarcascade_eye_tree_eyeglasses".
- Otras características faciales específicas.

En este proyecto se utiliza: "haarcascade_frontalface_default.xml" para hacer la detección del rostro.

Detección de personas

El proceso para hacer la detección de personas por medio de su rostro consiste de cuatro etapas fundamentales:

- La primera es cargar el clasificador para detección de rostros "haarcascade_frontalface_default.xml" que tiene los datos necesarios para el procesamiento de los rostros. Se utiliza un clasificador haar brindado por las librerías de OpenCV, el cual es un método de detección de objetos efectivo propuesto por Pablo Viola y Michael Jones en su artículo [Viola y Jones, 2001], el clasificador trabaja en un enfoque basado en el aprendizaje de las máquinas donde la función de cascada es entrenada de una gran

cantidad de imágenes positivas y negativas y se utiliza para detectar objetos en las imágenes para nuestro caso detección de rostros.

- La segunda etapa consiste en cargar nuestra imagen por medio de tomas que se adquieren de la cámara.
- La tercera parte y una de las más usadas para el procesamiento de imágenes es pasar nuestra imagen a escala de grises. Esto permite trabajar con menos información de los píxeles y sobretodo detectar más detalles.
- Por último, buscar en la imagen en escala de grises el rostro y enmarcarlo con un recuadro reflejado sobre la imagen original para indicar el rostro.

Captura y reconocimiento de rostros

Para el sistema de reconocimiento de rostros se realiza un análisis de características faciales extraídas de una imagen o fotograma que posteriormente son comparadas con las de una base de datos y de esta manera se logra identificar el rostro. Este procedimiento implica utilizar un algoritmo para la detección de rostros, de tal manera este proyecto implementa el algoritmo EigenFaces sin embargo, existen otros algoritmos como por ejemplo Logic Binary Pattens Histograms (LBPH) [Ahonen, Hadid y Pietikäinen, 2004], y el algoritmo FischeFaces [Belhumeur, Hespanha y Kriegman, 1997]. Dichos algoritmos son facilitados en clases por las librerías OpenCV y así se modera su implementación al ser declarados en el programa.

El programa está dividido en dos partes, la primera se encarga de detectar el rostro, almacenarlo en una base de datos y crear un archivo para que posteriormente se puedan leer las imágenes guardadas en la ruta indicada. La segunda parte del programa se encarga de leer los rostros almacenados en la base de datos y usar el algoritmo para hacer el reconocimiento. La librería OpenCV cuenta con clases (Facerecognizer) que facilitan el trabajo a la hora de hacer reconocimiento facial, la clase facerecongner implementa tres algoritmos: EigenFaces, FisherFases y LBHP, podemos implementar el que mejor se ajuste a nuestras necesidades. De tal forma que con ayuda de los métodos y algoritmos que proporciona OpenCV ya no es necesario desarrollarlos, sólo basta con

declararlos en el programa y así identificar a las personas que previamente almacenaron sus rostros.

2. Metodología

Crear un formulario de registro

Iniciamos insertando cuatro "Label", dos "TextBox", cinco "Button", un "groupBox", un "pictureBox" y un "imageBoxFrameGrabber" con los que dibujaremos la plantilla que se presenta en la figura 1. Estas herramientas las encontramos en "Toolbox".

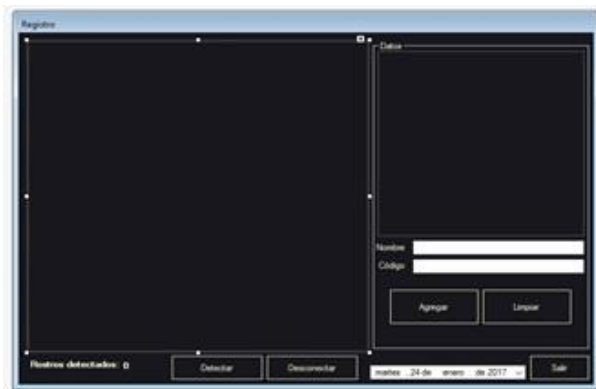


Figura 1 Plantilla del formulario para el registro.

No sólo este formulario es el que se utiliza, sino que serán dos formularios más, uno donde se visualiza lo que observa la cámara y el otro de registro. Para el formulario de registro, en el mismo archivo de programa en el que se está trabajando insertamos otro formulario en "Solution Explorer", ahí en una lista en la carpeta en C# demos clic derecho y agregamos "New Solution Explorer View". En ese formulario agregamos los recursos y el código que permita cargar todas las imágenes de entrenamiento, figura 2.

Crear un formulario de reconocimiento

De igual forma que en el primer formulario es para esta segunda parte ya que estarán conectados para que funcione la red de identificación, esta ventana es la que permite guardar los registros y a la vez es la que permite que la persona

detectada sea reconocida mediante un texto que presenta su identificador en la pantalla. En este formulario se insertan 4 "Label" y 3 "Button", como se muestra en la figura 3, (estas herramientas se encuentran en Toolbox) y un imageBoxFrameGrabber. Proseguimos editando el formulario y las etiquetas. Para esto seleccionamos el "Form 1" y en la ventana "Properties" editaremos los campos haciendo que todo coincida.

```
LabelsInfo = File.ReadAllText(Application.StartupPath +
"/TrainedFaces/TrainedLabels.txt");
string[] Labels = LabelsInfo.Split('\n');
NumLabels = Convert.ToInt32(Labels[0]);
ContTrain = NumLabels;
string LoadFaces;

for (int tf = 1; tf < NumLabels + 1; tf++)
{
    LoadFaces = "face" + tf + ".bmp";
    trainingImages.Add(new ImageCore,
byte[]>Application.StartupPath + "/TrainedFaces/" + LoadFaces));
    Labels.Add(Labels[tf]);
}
}
catch (Exception e)
{
    MessageBox.Show(e + "No hay ningún rostro registrado.", "Cargar
rostros", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Exclamation);
}
}

//Detector de Rostros
HCvImgComp[] facesDetected = gray.DetectHaarCascade(face, 1.2, 10,
HAAR_DETECTOR_TYPE_FND_BIOGEST_OBJECT, new Size(20, 20));

//Acción para cada elemento detectado
foreach (HCvImgComp f in facesDetected)
{
    t = t + 1;
    result = currentFrame.Copy(f.rect).ConvertToGray, byte[]>.Resize(273,
168, INTER.CV_INTER_CUBIC);

//Dibujar el cuadro para el rostro
currentFrame.Draw(f.rect, new Igr(Color.LightGreen), 1);
if (trainingImages.ToArray().Length != 0)
{
```

Figura 2 Un bloque de código para leer las imágenes y su detección.

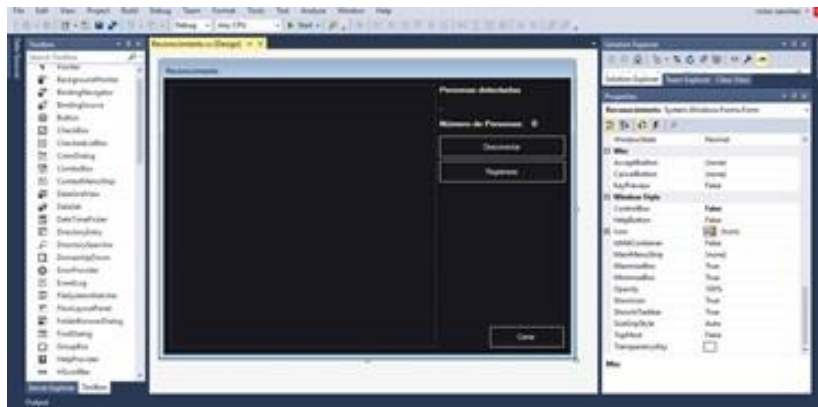


Figura 3 Formulario de reconocimiento.

De la misma manera que en el registro insertamos otro formulario, agregamos los recursos y el código que permita realizar las operaciones en la etapa de

reconocimiento por HaarCascade, CANNY_PRUNING y el objeto EigenObjectRecognizer, figura 4.

```
//Detector de rostros
ICvObjComp[][] facesDetected = gray.DetectHaarCascade(face, 1.2, 10,
HAAR_DETECTION_TYPE_FIND_BIGGEST_OBJECT, new Size(90, 90));

//Acción para cada elemento detectado
foreach (ICvObjComp f in facesDetected(0))
{
    t = t + 1;
    result = currentFrame.Copy(f.rect).ConvertToGray, byte();
    Resize(175,
168, INTER.CV_INTER_CUBIC);

//Dibujar el cuadro para el rostro detectado
currentFrame.Draw(f.rect, new Hg(Color.YellowGreen, 1);
NamePersons[t + 1] = name;
NamePersons.Add("");
}

//Obtenga un marco de gris del dispositivo de captura
gray = grabber.QueryGrayFrame().Resize(640, 480,
INTER.CV_INTER_CUBIC);

//Detector de rostros
ICvObjComp[][] facesDetected = gray.DetectHaarCascade(face, 1.0, 10,
HAAR_DETECTION_TYPE_DO_CANNY_PRUNING, new Size(90, 90));

//Acción para cada elemento detectado
foreach (ICvObjComp f in facesDetected(0))
{
    TrainedFace = currentFrame.Copy(f.rect).ConvertToGray, byte();
    break;
}
}
```

Figura 4 Un bloque de código en la etapa de reconocimiento.

La etapa de entrenamiento

Cuando la persona no está dada de alta en el programa es necesario pulsar el botón de detectar en la aplicación para que la cámara entre en funcionamiento y reconozca el rostro de la persona que esté frente a la cámara, entonces será necesario rellenar un pequeño formulario. Al agregar la persona será necesario que se ingrese tres veces al sistema la misma persona, por la cual se crea tres matrices en escala de grises en los registros de las fotografías de los usuarios y se guarda por vectores, figura 5.

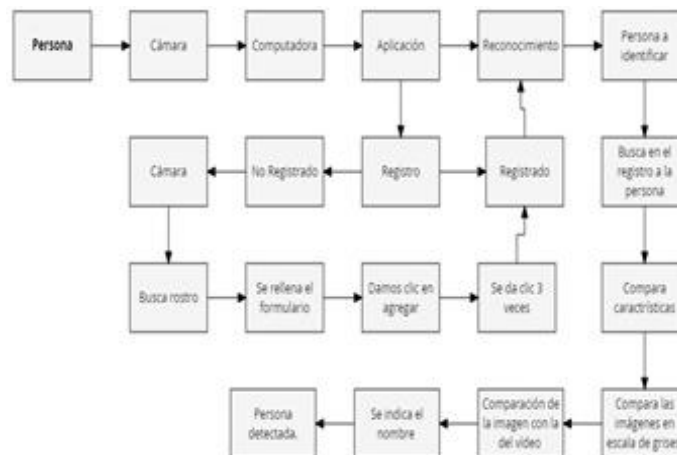
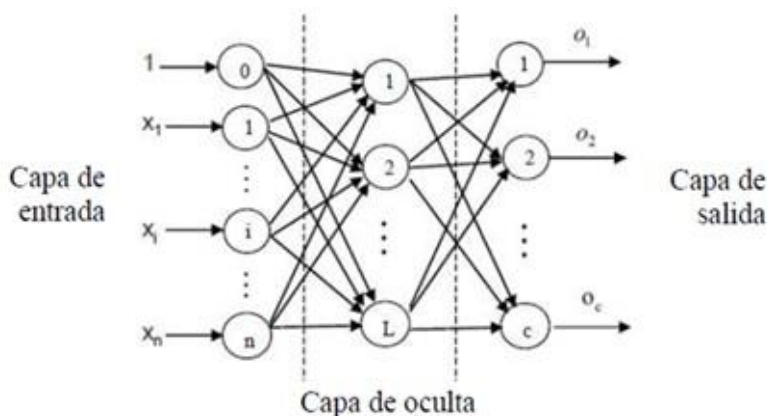


Figura 5 La etapa de entrenamiento.

La etapa de reconocimiento

Una vez que se registra la persona en la base datos damos en salir en el formulario de registro, llamar al formulario de reconocimiento en el cual la persona a identificar se encuentra frente a la cámara. El programa busca en su registro a la persona, compara todas las imágenes guardadas por medio de una red neuronal que en la aplicación es transparente. El método `_faceRecognizer.Predict` es un método predictivo en redes neuronales recurrentes de tiempo discreto en la que a partir de la historia pasada de una o más variables la red neuronal debe proporcionar una predicción lo más correcta posible de su valor futuro, su implementación es con los argumentos propios del objeto `EigenObjectRecognizer`, haciendo distintas comparaciones entre ellas para determinar quién es la persona, figura 6.



Fuente [García, 2014]

Figura 6 Etapa de comparación por redes neuronales.

Turk y Pentland [1991] plantean el uso de una red neuronal de tres capas donde en la capa de entrada se tienen las imágenes de los rostros, la capa intermedia corresponde a los valores de las eigenfaces tal que esa capa corresponde al producto punto de la imagen de entrada y las eigenfaces. La capa de salida produce la proyección espacial de la imagen de entrada con su peso correspondiente a cada eigenfaces.

En esta etapa lo que hace el programa es que cuando el usuario es detectado por la cámara el programa hará una comparación con todos los registros existente en

el programa la cual es llamada como capa de entrada, en la capa oculta aquí el programa comienza a relacionar características que tienen todos los usuarios eliminando a aquellos que no tienen similitud con la persona a reconocer, en la capa de salida es donde la red artificial ya tiene una respuesta a nuestro usuario y al sistema identificando quien es la persona.

3. Resultados

Presentación del formulario de registro

Ahora se muestra cómo funciona el formulario de registro (cuando esté en función), para realizar esta prueba es necesaria verificar que la webcam esté funcionando correctamente. Ejecutamos la aplicación, y damos clic al botón "Registrarse", figura 7. Al dar clic en registrarse aparece una nueva ventana y hay que darle clic en "Detectar" para poder registrar los usuarios en nuestra base de datos. Una vez que la cámara entre en funcionamiento, detectara al usuario marcando el rostro con un recuadro color amarillo, ahora lo primero que haremos es rellenar el formulario donde nos pide nombre y código (se muestra las opciones en la figura 8).



Figura 7 Proceso de registro.



Figura 8 Captura de datos.

Una vez que tengamos esta parte (es importantes primero rellenar el nombre y código) daremos clic en el botón de "Agregar", figura 9.

Es importante mencionar que para que el programa tenga un mínimo de errores se realicen tres veces agregar (no es necesario salir del programa se puede hacer allí

mismo), por último, damos en limpiar para borrar datos y agregar a nuevos usuarios. Una vez que esté limpio el formulario damos clic en "Desconectar" y "Salir", ver figura 10.



Figura 9 Toma de tres fotografías.

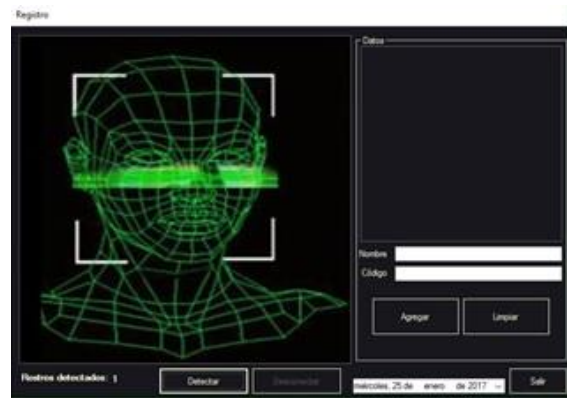


Figura 10 Limpiar registros.

Detección y reconocimiento

Ahora reiniciamos la aplicación para que se refresque con los datos nuevos ingresados y podemos ver como que ahora detecta a la persona que fue registrada marcando su nombre, figura 11.



Figura 11 Reconocimiento de la persona.

4. Discusión

En la tabla 1 se exhiben los resultados del experimento que se realizó para los propósitos específicos de este artículo, con un universo de 10 usuarios de los que

se hicieron tres registros de entrenamiento con 10 pruebas de identificación a cada uno, dando como resultado que el programa entregue el 100% de efectividad lo cual hasta cierto punto puede ser engañoso porque el mismo método no ofrece tal porcentaje. Es de suponerse que resulta más confiable pues entre más fotos se tengan en el registro, el programa tendrá un mínimo de error.

Tabla 1 Matriz de confusión del experimento.

| | Us. 1 | Us. 2 | Us. 3 | Us. 4 | Us. 5 | Us. 6 | Us. 7 | Us. 8 | Us. 9 | Us. 10 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Us. 1 | 10 | | | | | | | | | |
| Us. 2 | | 10 | | | | | | | | |
| Us. 3 | | | 10 | | | | | | | |
| Us. 4 | | | | 10 | | | | | | |
| Us. 5 | | | | | 10 | | | | | |
| Us. 6 | | | | | | 10 | | | | |
| Us. 7 | | | | | | | 10 | | | |
| Us. 8 | | | | | | | | 10 | | |
| Us. 9 | | | | | | | | | 10 | |
| Us. 10 | | | | | | | | | | 10 |

El reconocimiento es inmediato, puede considerarse un tiempo de respuesta en tiempo real, pero en un universo de usuarios más amplio, el tiempo computacional de comparación tendrá un mayor retardo lo que es un pendiente por resolver a futuro, incluso para saber el tiempo de demora en el reconocimiento habrá que realizar algunas pruebas para tener un dato fidedigno. Para las primeras pruebas que se realizaron solo se tomaba una fotografía lo cual hacía que el programa tuviera confusión con los usuarios de rasgos similares. Todavía es necesario experimentar con el prototipo con más usuarios y en diferentes condiciones de iluminación, así como con diferentes cámaras con mejor resolución. Otros estudiantes siguen trabajando en el proyecto ahora en el desarrollo de la implementación de una aplicación de seguridad en el acceso a sus espacios académicos que permita emitir una alarma que alerte al vigilante ante la presencia de personas no autorizadas para su registro y revisión.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ahonen, T., Hadid, A., y Pietikäinen, M. (2004). Face Recognition With Local Binary Patterns. Machine Vision Group, 469/481.

- [2] Anil K. Jain, Ajay Kumar, "Biometrics of Next generation: An overview", to appear in *Second Generation Biometrics* Springer, 2010.
- [3] Belhumeur P. N., Hespanha J., y Kriegman D. (1997). *Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 711/720.
- [4] Gonzalez, R., y Woods, R. (2002). *Digital Image Processing (Vol. Second Edition)*. United States of America: Prentice Hall.
- [5] Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins. (2005). "Digital Image Processing using Matlab", Prince Hall.
- [6] García, J. (2014). *Apuntes de la cátedra de Análisis y Extracción de Información. Máster en Teledetección (2014-2015)*, Universidad de Valencia. Valencia, España.
- [7] Jiménez, J. G. (1999). *Visión por Computador*. Paraninfo.
- [8] Lienhart, R., y Maydt, J. (2002, septiembre). *An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection*. *IEEE ICIP*, 900-903.
- [9] Ottado, G. (s.f). *Reconocimiento de caras: Eigenfaces y Fisherfaces*.
- [10] Rost Bradski, G., y Kaehler , A. (2008). *Learning OpenCV Computer Vision With The OpenCV Library*. United States of America: O`REILLY.
- [11] Turk, M. y Pentland, A. (1991). *Eigenfaces for recognition*. Vision and modeling group. Massachusetts Institute of technology.
- [12] Viola, P., y Jones, M. (2001). *Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*. *IEEE CVPR*.
- [13] Viorica, P., Capitan, F., (2016). "Aplicación para detección y reconocimiento facial en interiores". Trabajo final de grado Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla.
- [14] Zisserman, A. (2003). *Multiple View Geometry in Computer Vision (Vol. Second Edition)*. Canberra, Australia: CAMBRIDGE.

PROTOTIPO DE ELECTROCARDIOGRAFO PORTÁTIL

Franco Gabriel Caballero Julián

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
francogcaballero@gmail.com

Víctor Manuel Jiménez Ramos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
victorjimenezramos@gmail.com

Alan Raúl Sánchez Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
alrul@icloud.com

Antonia López Sánchez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca
shunashi_stine@hotmail.com

Resumen

Las enfermedades del corazón son la principal causa de decesos en México de acuerdo con datos difundidos por las instancias encargadas de cuidar la salud en el país, el corazón es el órgano principal del sistema circulatorio y se encarga de impulsar la sangre a todo el organismo. En la actualidad el ciudadano común no puede tener un aparato de uso doméstico, asiste a consulta y con equipo especializado el profesional de la salud hace el estudio correspondiente. En este proyecto se construyó en hardware y se programó el software de un dispositivo a nivel prototipo de bajo costo, ligero y de fácil manipulación para que la gente pueda tenerlo en casa y hacer mediciones del comportamiento de su corazón. El prototipo está construido alrededor de un circuito integrado AD8232 con montaje en una tarjeta Sparkfun single lead heart rate monitor-AD8232 que asociada a una tarjeta Arduino con comunicación serial a la computadora o por bluetooth hacía un dispositivo inteligente, presenta la gráfica y el número de pulsaciones por minuto

del individuo bajo estudio. La programación de la aplicación en el dispositivo inteligente está desarrollada bajo la plataforma de Android Studio y la programación de la aplicación gráfica en la computadora es en LabView. Se hicieron pruebas en un universo de 19 muestras de las que se obtuvieron sus gráficas y el número de pulsaciones por segundo que corresponden a lo que marca la literatura para la edad de cada individuo.

Palabra(s) Clave: AD8232, Corazón, ECG, Prototipo.

Abstract

Heart disease is the leading cause of death in Mexico according to data released by the agencies responsible for health care in the country; the heart is the main organ of the circulatory system and is responsible for boosting blood throughout the body. At present the ordinary citizen cannot have a domestic appliance, attends consultation and with specialized equipment the health professional makes the corresponding study. This project was built on hardware and software was programmed for a low-cost, lightweight and easy-to-use prototype device for custom use. The prototype is built around an AD8232 integrated circuit mounted on a Sparkfun single lead heart rate monitor-AD8232 card that associated with an Arduino card with serial communication to the computer or via bluetooth to a smart device, present the graph and the number of pulsations per minute of the individual under study. The application programming on the smart device is developed under the platform of Android Studio and the programming of the graphical application in the computer is in LabView. We tested in a universe of 19 samples from which their graphs were obtained and the number of pulsations per second corresponding to what the literature shows for the age of each individual.

Keywords: AD8232, ECG, Hearth, Prototype.

1. Introducción

Con información proporcionada por la División de Cardiocirugía del Centro Médico Nacional y el Instituto Mexicano del Seguro Social, se sabe que por

infartos al miocardio mueren diez mexicanos cada hora, principalmente como consecuencia por situaciones congénitas, por tabaquismo, obesidad, diabetes y alcoholismo. Esta situación que se ha incrementado actualmente en edades por debajo de los 40 años coloca a las enfermedades del corazón como la principal causa de decesos en México.

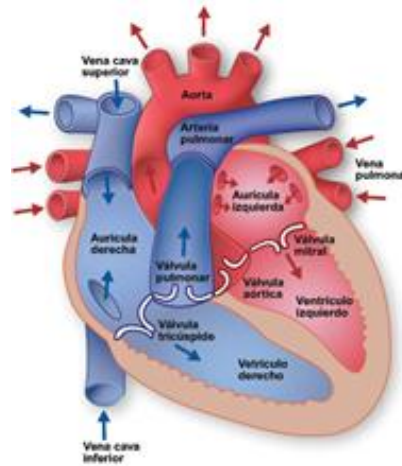
En la línea del tiempo diversos aparatos han ayudado a mejorar la calidad de la salud humana y en la detección y prevención de múltiples enfermedades. Sin embargo, dichos aparatos resultan poco prácticos; ya que por su gran tamaño y sus elevados precios únicamente las instituciones y hospitales pueden adquirirlos. La monitorización en pacientes críticos es indispensable debido a que sus funciones vitales están apoyadas mediante aparatos o drogas, de manera que cualquier desviación anormal puede provocar un riesgo de vida. Los monitores electrocardiográficos convencionales son de gran tamaño y se conectan al paciente por medio de cables, lo que limita la movilidad y dificulta los procedimientos médicos. Los dispositivos existentes no están al alcance de todas las personas, ya que estos son de uso en hospitales y su venta requiere de distribuidores especializados, este prototipo está pensado para que llegue a las manos de la población en general, sea de fácil manipulación y toma de lecturas que se le puedan enviar al médico de cabecera sin la necesidad de trasladarse al consultorio o para tener una estadística del comportamiento del corazón para un análisis más completo. El diseño de este dispositivo biométrico mide señales electrocardiográficas de forma clara y sin abarcar mucho espacio como en otros instrumentos similares, a su vez se reduce no solo el tamaño sino también los precios de un equipo (ECG). Existen dispositivos similares para su venta comercial, sin embargo, se ven delimitados para medir pulsaciones cardiacas o no pueden graficar la señal en tiempo real. La importancia de este proyecto se define en tres puntos principales: Su tamaño, su precio y su versatilidad.

El circuito integrado AD8232 es el componente principal en este prototipo que deja en el olvido los diseños previos realizados con amplificadores operacionales OPAMPs y arreglos de amplificadores de instrumentación; con montaje en una tarjeta que contiene los elementos discretos está diseñada para extraer, amplificar

y filtrar pequeñas señales de biopotencial en presencia de condiciones ruidosas capaz de monitorear señales electrocardiográficas. La tarjeta Sparkfun single lead heart rate monitor-AD8232 dispone de un conector para colocar los electrodos en el paciente y se conecta a una tarjeta Arduino Due o Uno, esa tarjeta Arduino se comunica con la computadora por medio de un cable USB-serial o a un dispositivo inteligente por medio de un circuito bluetooth RN-41. Lo demás es código desarrollado en el sistema operativo android para la aplicación desde un teléfono inteligente o código por medio del lenguaje G de bloques desde una aplicación para LabView en una PC.

El prototipo en su versión actual traza los impulsos del corazón del paciente y entrega en un recuadro el número de pulsaciones por minuto, en las pruebas hechas hasta ahora su respuesta es buena, aunque para su uso masivo todavía requiere pruebas de laboratorio más estrictas, calibración, y certificaciones. Con este prototipo se pretende que el paciente mismo tenga una visión propia del comportamiento de ese órgano del cuerpo humano tan importante que es el corazón.

El corazón es el órgano motor de circulación de la sangre. En el ser humano tiene forma de pirámide triangular. Está situado en la cavidad del tórax, en la región intermedia entre las regiones pleuropulmonares. Tiene consistencia firme y presenta una coloración rojiza [Olivera, 2014]. Tiene un peso aproximado de 270 grs. en un hombre de edad adulta y un poco menos en una mujer. Presenta cuatro cavidades: dos superiores llamadas aurículas y dos inferiores llamados ventrículos. Está formado por tejido muscular y también por tejido fibroso en menor porcentaje, figura 1. El corazón presenta cuatro cavidades: dos a la derecha y dos a la izquierda, estando separadas por un tabique medial; el par de cavidades superiores se llama aurículas y al segundo par los llamamos ventrículos [Segarra, 2010]. La aurícula y el ventrículo derecho forman el corazón derecho, recibe la sangre que proviene de todo el cuerpo, a través de las venas cavas superior e inferior. Esta sangre con bajo contenido de oxígeno llega al ventrículo derecho, para luego ser enviada a la circulación pulmonar a través de la arteria pulmonar.



Fuente: texasheart.org

Figura 1 Anatomía del corazón.

La aurícula y el ventrículo izquierdo forman el llamado corazón izquierdo, recibe la sangre de la circulación pulmonar, que desemboca a través de las cuatro venas pulmonares a la porción superior de la aurícula izquierda. Esta sangre es oxigenada y proviene de los pulmones. El ventrículo izquierdo la envía por la arteria aorta para distribuirla por todo el organismo.

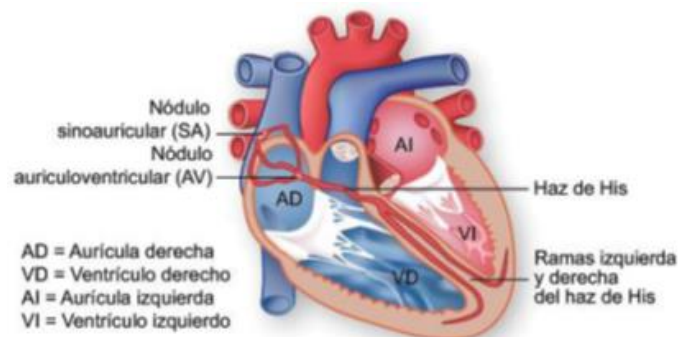
Las válvulas cardíacas [Robledo, 2016] son las estructuras que separan unas cavidades de otras evitando que exista retroceso de flujo sanguíneo. Están ubicadas en torno a los orificios aurículo-ventriculares, entre los ventrículos y las arterias de salida. Son las siguientes:

- Válvula tricúspide, que separa la aurícula derecha de su ventrículo.
- Válvula mitral, que separa la aurícula izquierda del ventrículo izquierdo.
- Válvula pulmonar, separa el ventrículo derecho de la arteria pulmonar.
- La válvula aórtica que separa el ventrículo izquierdo de la arteria aorta.

Cuando la cavidad ventricular se contrae y expulsa parte de su contenido, la aurícula se llena con la sangre proveniente de las venas. Cuando la presión auricular supera a la ventricular, las válvulas se abren y se llenan los ventrículos.

El ciclo cardíaco comprende desde el inicio de un latido hasta el inicio del siguiente latido [Robledo, 2016]. Los impulsos eléctricos generados por el miocardio estimulan la contracción del corazón. Esta señal eléctrica se origina

mediante la generación espontánea de un potencial de acción en el nódulo sinoauricular (o marcapasos natural). Cuando este marcapasos natural genera un impulso eléctrico, estimula la contracción de las aurículas. A continuación, la señal pasa por el nódulo auriculoventricular (AV). El nódulo AV detiene la señal un breve instante y la envía por las fibras musculares de los ventrículos, estimulando su contracción. Aunque el nódulo SA envía impulsos eléctricos a una velocidad determinada, la frecuencia cardíaca podría variar según las demandas físicas o el nivel de estrés o debido a factores hormonales. Debido a esta disposición especial del sistema de conducción desde las aurículas hasta los ventrículos hay un retraso de 0.1 segundos durante el paso cardíaco desde las aurículas a los ventrículos, figura 2.



Fuente: texasheart.org

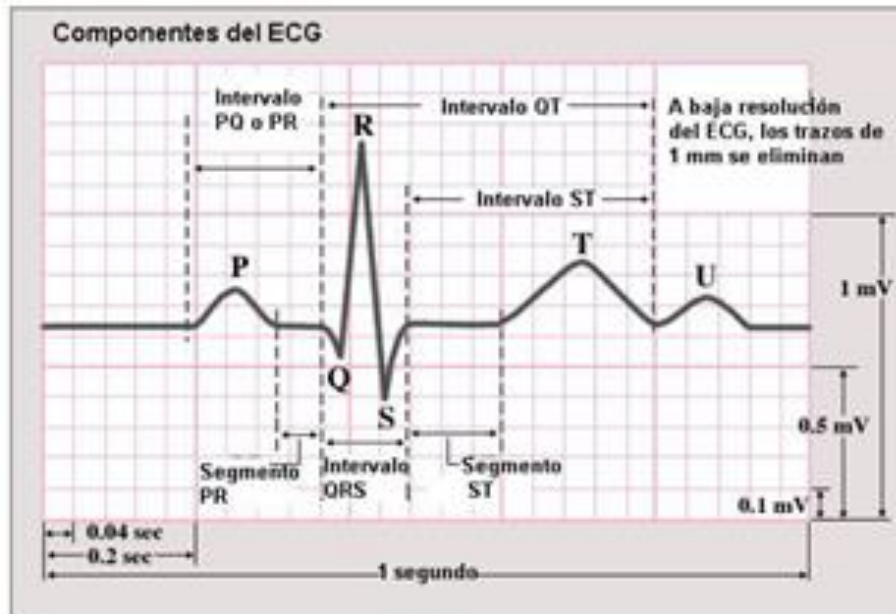
Figura 2 El sistema de conducción eléctrica del corazón.

El electrocardiograma (ECG o también EKG, del alemán *Elektrokardiogramm*) es el gráfico que se obtiene con el electrocardiógrafo para medir la actividad eléctrica del corazón en forma de cinta gráfica continua [Butler, 1983]. Es el instrumento principal de la electrofisiología cardíaca y tiene una función relevante en el diagnóstico y el diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares, figura 3.

Ondas y segmentos

Las ondas del ECG se denominan P, QRS, T, U y tienen voltaje positivo o negativos. Se originan por la despolarización y repolarización de distintas zonas del miocardio [Olivera, 2014]. A continuación, se explicará de forma detallada cada una de las ondas y de los segmentos, figuras 3 y 4:

- Onda P. La onda P es la señal eléctrica que corresponde a la contracción auricular. Ambas aurículas, derecha e izquierda, se contraen simultáneamente.



Fuente: electrocardiografía.es

Figura 3 Componentes gráficas del ECG.



Figura 4 Ondas y segmentos del ECG.

- QRS. El complejo QRS corresponde a la corriente eléctrica que causa la contracción de los ventrículos derecho e izquierdo, la cual es mucho más potente que la de las aurículas y compete a más masa muscular, produce de este modo, una mayor deflexión en el ECG.

- Onda T. La onda T representa la repolarización de los ventrículos. El complejo QRS oscurece generalmente la onda de repolarización auricular, por lo que la mayoría de las veces no se ve. Eléctricamente, las células del músculo cardíaco son como muelles cargados: un pequeño impulso las dispara, las despolariza y contrae. La recarga del muelle es la repolarización (también llamada potencial de acción).
- Onda U. Esta onda suele ser de bajo voltaje irreconocible en la mayoría de las ocasiones. Se inscribe detrás de la onda T y sigue su misma polaridad, su presencia suele ser vinculada a trastornos de tipo hidroelectrolíticos, acción de determinadas drogas y más raramente a la isquemia.

Usos de ECG

- Determinar si el corazón funciona de manera normal (Butler, 1983). O sufre de alguna anomalía, como por ejemplo los latidos extra o saltos, arritmia cardíaca.
- Indicar bloqueos coronarios arteriales (durante o después de un ataque cardíaco).
- Se puede utilizar para detectar alteraciones electrolíticas de potasio, calcio, magnesio u otras.
- Permitir detectar de anomalías conductivas (bloqueo auriculo-ventricular, bloqueo de rama).
- Mostrar la condición física de un paciente durante un test de esfuerzo.
- Suministrar información sobre las condiciones físicas del corazón.

Electrocardiogramas

Cuando la era de la tecnología comenzó a crecer, nuevos instrumentos de medición salieron a beneficio de la humanidad, uno de estos es el Electrocardiograma (ECG) [Pineda, 2013], este se ha usado para medir las pulsaciones cardíacas del paciente. No se sabe con exactitud quien fue el que invento el electrocardiograma ya que este es el resultado de una aglomeración de diferentes investigaciones alrededor del mundo, figura 5.



Figura 5 Monitor Holter.

En sistemas basados en hospitales, existen extensiones de términos para este tipo de dispositivos como lo son los Monitores Holter [Olivera, 2014], estos monitores se encargan de llevar registros de las mediciones 24 horas al día y tienen de 3 a 12 electrodos trabajando en las mediciones. Estos sistemas son diseñados para condiciones prolongadas.

2. Metodología

Recomendaciones de diseño

Para el diseño del prototipo de un electrocardiógrafo ambulatorio (Robledo, 2016) es necesario tomar en cuenta las especificaciones de la norma AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation):

- Respuesta en frecuencia: La respuesta del instrumento debe ser plana dentro de ± 0.5 dB en el rango de frecuencia de 0.14 a 25 Hz. Y la respuesta a una señal senoidal de amplitud constante se debe extender hasta los 100 Hz con una caída no mayor de 3 dB.
- Impedancia de entrada: La impedancia de entrada entre cualquier electrodo y tierra debe ser mayor a 5 MW. Este valor es adecuado para obtener una señal sin distorsión siempre y cuando el valor de la impedancia entre la piel y el electrodo sea menor que 30 kW. El instrumento no debe permitir un flujo de corriente mayor a 1 mA, a través del paciente.
- Rango dinámico de entrada: El electrocardiógrafo debe ser capaz de responder a voltajes diferenciales de 0.5 y 10 mVp-p.

- Ganancia: El equipo deberá contar con tres valores de ganancia: 5, 10 y 20 mm/mV. (Que corresponden a ganancias de 500, 1000 y 2000 respectivamente).
- Relación de rechazo de modo común (RRMC): Cuando todos los electrodos estén conectados a una fuente de 120 Vrms a 60 Hz a través de un capacitor de 22 pF, deberá causar una deflexión menor a 20 mmp-p. Esto equivale a tener una RRMC de 100 dB aproximadamente a dicha frecuencia.
- Protección al paciente: Se debe proteger al paciente o al operador de flujos de corriente mayores a 20 mA de cualquier electrodo a tierra física, con una tensión de prueba de 120 V a 60 Hz, por medio de un sistema de aislamiento o el uso de baterías.

Planteamiento a bloques y elección de componentes

El diagrama a bloques de la figura 6 representa los distintos módulos del proyecto para su desarrollo; empieza desde la capa de los sensores, los elementos de hardware en los que se hace el procesamiento de la señal analógica todo en un sólo circuito integrado llamado monitor de ritmo cardiaco AD8232 del fabricante Sparkfun y la gestión y tratamiento de señal digital por medio de una tarjeta de Arduino, hasta llegar a la parte de la interfaz de usuario que puede ser una aplicación en un dispositivo con sistema operativo Android o un programa de LabView en la PC. Todo este proceso de diseño requiere de distintas herramientas que permitan desarrollar cada una de las partes del diagrama.

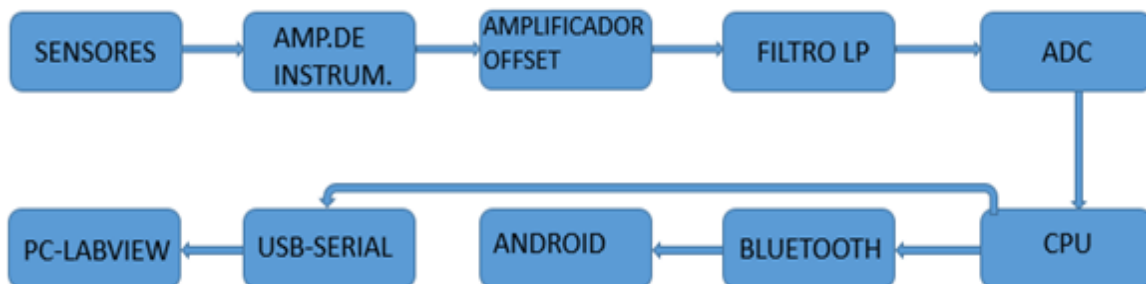


Figura 6 Diagrama a bloques del sistema.

Diseño de Hardware

El AD8232 es un chip pequeño montado en una tarjeta del fabricante Sparkfun, especializado para medir la actividad eléctrica del corazón. Esta actividad eléctrica puede ser trazada como un electrocardiograma o ECG. El AD8232 está diseñado para extraer, amplificar y filtrar pequeñas señales de biopotencial en presencia de condiciones ruidosas como las que se obtienen en la colocación de electrodos distantes y con movimiento.

El monitor del ritmo del corazón AD8232 cuenta con nueve conexiones. Tradicionalmente a estas conexiones se les llama "pasadores" porque vienen de las patillas del CI, pero en realidad son los agujeros que se pueden soldar con cables o los pines del cabezal, ver figura 7. Conectar cinco de los nueve bolos en el tablero para Arduino. Los cinco pines que necesita están etiquetados GND, 3.3v, SALIDA, LO-, y LO +, como se indica en la tabla 1.

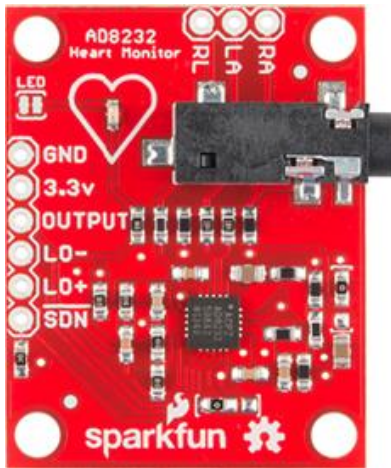


Figura 7 El monitor del ritmo del corazón AD8232.

Tabla 1 Conexiones del tablero para Arduino de los cinco pines.

| Etiqueta de la placa | Función pin | Conexión <u>Arduino</u> |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| GND | Suelo | GND |
| 3.3v | 3.3v Fuente de alimentación | 3.3v |
| SALIDA | Señal de salida | A0 |
| LO- | Conduce-off Detect - | 11 |
| LO + | Detectar cables-off + | 10 |
| SDN | Apagar | No utilizado |

El dispositivo bluetooth usualmente trabaja en las bandas de frecuencias de 2.4 GHz lo cual lo hace óptimo para una transferencia de datos, para este proyecto se usa el modulo bluetooth mate silver (Sparkfun).

Este módulo bluetooth es compatible con la plataforma android y puede usarse de modo esclavo o maestro, en modo esclavo está dispuesto a enviar y recibir datos de otro dispositivo, pero no le es posible iniciar la comunicación entre ambos ya que en este modo está sometido a las órdenes del dispositivo en modo maestro. El módulo de sparkfun puede trabajar de las dos maneras cambiando su programación, por conveniencia este módulo está programado como uno de tipo maestro, estos contienen una interface UART para la transmisión de datos al micro-controlador de manera serial. En este se envían los datos de la señal analógica recibida en el ADC del micro-controlador a una velocidad de 115200 Baudios/segundo. Para hacer la conexión de el modulo bluetooth al micro-controlador se deben entrecruzar sus pines TX (bluetooth) a RX (uC) y RX (bluetooth) a TX (uC), figura 8.

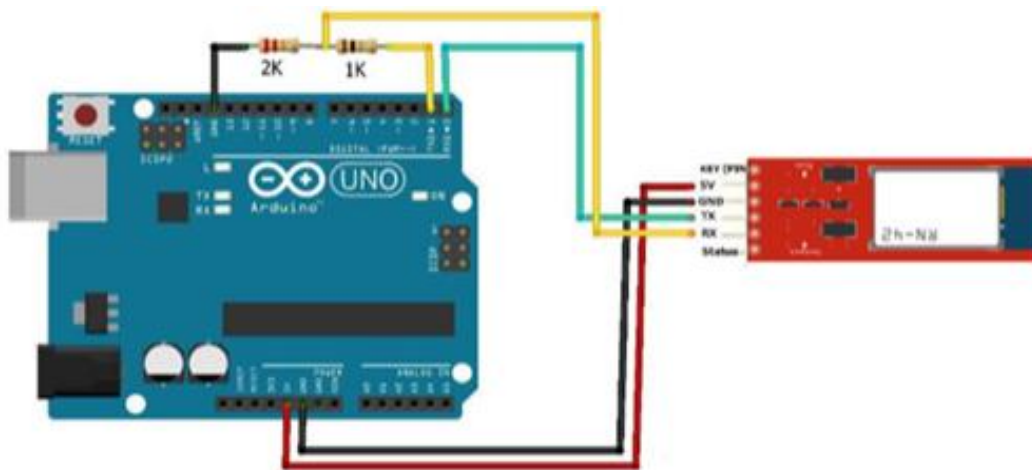


Figura 8 Conexión Arduino- bluetooth RN-42.

Para la conexión entre el Arduino y el modulo bluetooth se debe tener en consideración que:

- El modulo trabaja a nivel TTL de estado bajo, es decir 3 V.
- Los pines RX y TX de la placa están ligados al mismo puerto del USB.

Interfaz LabView en la PC

En el desarrollo de la aplicación se implementó una ventana para ver la muestra en tiempo real obtenida de la señal emitida por los electrodos y digitalizada por el dispositivo. Con LabVIEW se construyen instrumentos virtuales con programación en lenguaje G [Molina y Jiménez, 2012], con el panel frontal se construye la interfaz de usuario, el diagrama a bloques contiene el código fuente gráfico, que implementa las subrutinas de adquisición serial de los datos, su tratamiento y su presentación, figura 9.

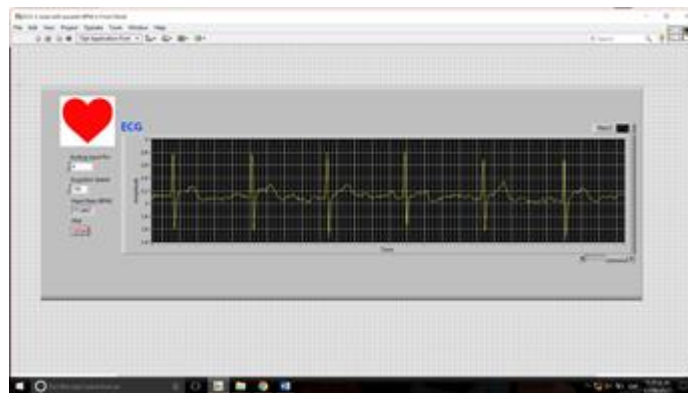


Figura 9 La Interfaz LabView.

Interfaz Android

Luego de activar la función bluetooth es preciso configurar los registros y datos obligatoriamente necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación para lo cual pulsar o tocar la tecla "Menú" del teléfono celular para que se despliegue el menú de la aplicación y ahí seleccionar la opción Configurar.

Indistintamente del modo de selección y luego de la configuración de los datos es necesario vincular el dispositivo bluetooth del teléfono celular con el módulo bluetooth RN-41 de la placa del circuito para de esta forma comenzar con la recepción de los datos provenientes desde la placa del circuito, para lo cual seleccionar la opción conectar en el menú de la aplicación para así realizar una búsqueda de los dispositivos bluetooth que se encuentran alrededor. El dispositivo a seleccionar es el módulo bluetooth RN-41 de la placa del circuito que corresponde al nombre de FireFly-D363, figura 10.



Figura 10 Conexión de dispositivos bluetooth.

Realizada la conexión con el dispositivo FireFly-D363 se reciben los datos provenientes de la placa la cual se encuentra conectada a la persona, de manera que la aplicación comienza a funcionar graficando el ciclo cardíaco y la frecuencia cardíaca en la pantalla principal de la aplicación.

3. Resultados

Se tiene un aparato portable de bajo costo, de fácil manejo, muy accesible para el bolsillo de los mexicanos, todavía en desarrollo; con solamente una tarjeta arduino, una tarjeta de monitoreo cardíaco Sparkfun 8232 de propósito específico, un dispositivo de comunicación bluetooth, un cable de conexión usb, un cable con tres electrodos y algo de código de programación desarrollado en Android y LabView. Al momento el avance de este prototipo se soporta por la gráfica que entrega la aplicación como la que se muestra en la figura 11, con algunas variantes de forma y ruido inherente dependiendo del individuo bajo estudio y la colocación de los sensores. Tales gráficas en las que se pueden identificar los segmentos P, QRS, T y U, corresponden a la forma de onda expuesta en la literatura de referencia y en las gráficas que se exhiben en otros aparatos para el mismo fin.

Para los propósitos de redacción de este artículo se realizaron pruebas en un universo de 19 personas entre niños, adolescentes, jóvenes, adultos y adultos mayores elegidos de manera aleatoria para conformar una muestra, de acuerdo a la distribución por edades como se presenta en la tabla 2.

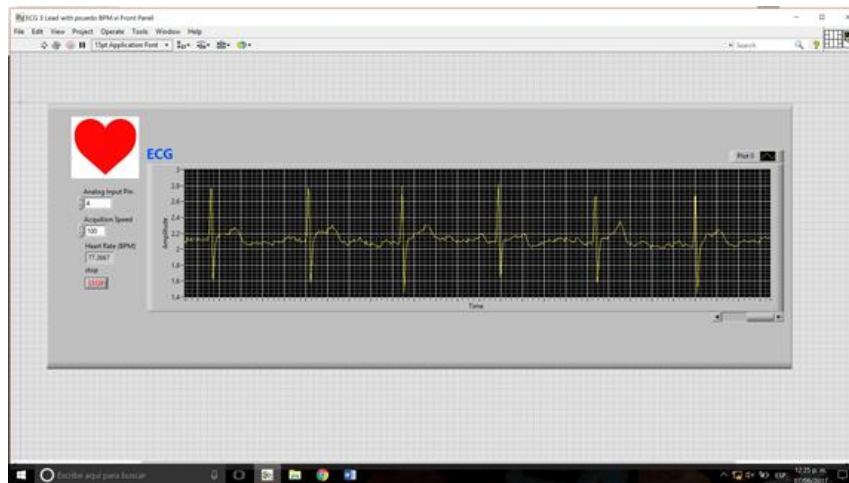


Figura 11 Gráfica de los impulsos cardiacos del paciente.

Tabla 2 Distribución de la muestra.

| |
|------------------------|
| Niños |
| Adolescentes |
| Jóvenes |
| Adultos (25-40) |
| Adultos (40-60) |
| Adultos Mayores |

Las gráficas y los resultados numéricos son como lo que se expone en la figura 11 que sirve para hacer el concentrado de la tabla 3. BPM representa pulsos por minuto. En la figura 13 se presenta la gráfica en la que se relaciona la correspondencia edad vs la frecuencia cardíaca obtenida de los individuos que participaron en el ejercicio.

De los datos obtenidos se puede observar que la frecuencia cardíaca de los niños y adolescentes está un poco elevada, lo cual es de acuerdo con la información consultada completamente normal a su edad; debido a que la demanda de abastecimiento de sangre, oxígeno y nutrientes en el organismo es inversamente proporcional al tamaño del cuerpo, además están en continuo crecimiento y desarrollo, y conforme van creciendo su ritmo cardíaco va descendiendo hasta estabilizarse en los valores normales. No es el propósito ni está a nuestro alcance

el análisis clínico de los resultados que se obtienen de las gráficas. El fin mismo del prototipo es sólo presentar la gráfica y entregar un dato numérico correspondiente a los impulsos cardiacos de los individuos participantes en la muestra.

Tabla 3 Frecuencia cardíaca promedio.

| N° | DATOS DEL PACIENTE | | RESULTADOS OBTENIDOS | |
|----|--------------------|------|----------------------|--|
| | SEXO | EDAD | BPM | |
| 1 | F | 4 | 94,5 | |
| 2 | M | 11 | 105,3 | |
| 3 | M | 12 | 86,5 | |
| 4 | F | 17 | 76 | |
| 5 | M | 21 | 77,7 | |
| 6 | M | 22 | 75,5 | |
| 7 | M | 23 | 73,21 | |
| 8 | M | 26 | 74,1 | |
| 9 | M | 27 | 60,75 | |
| 10 | M | 28 | 71,25 | |
| 11 | M | 35 | 77,36 | |
| 12 | F | 35 | 73,28 | |
| 13 | M | 35 | 78,1 | |
| 14 | M | 35 | 71,0 | |
| 15 | M | 49 | 78,98 | |
| 16 | M | 62 | 75,6 | |
| 17 | M | 62 | 75,3 | |
| 18 | M | 67 | 64,3 | |
| 19 | M | 67 | 74,9 | |

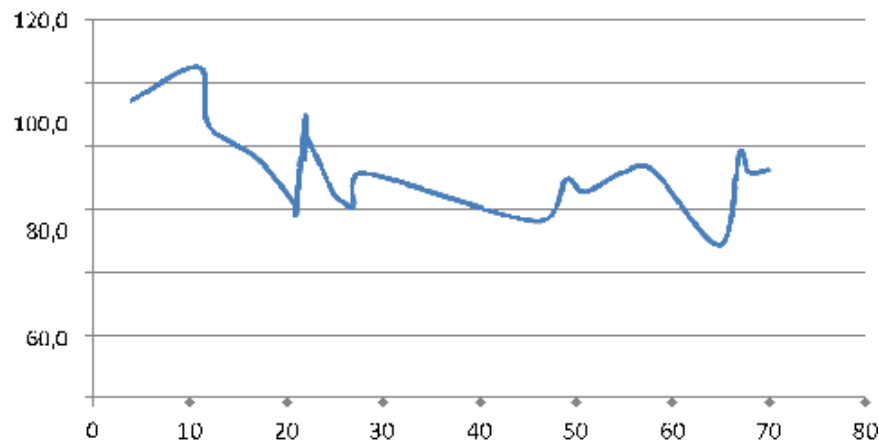


Figura 13 Edad-frecuencia.

4. Discusión

El prototipo es bueno desde el punto de vista en su arquitectura, por sus resultados que son muy alentadores y porque cualquier esfuerzo que se haga

para mejorar el cuidado de la salud desde el hogar es muy valioso para atender cualquier síntoma o dolencia, incluso en su precio ya que está por debajo de los cinco mil pesos; porque en su construcción se utiliza una tarjeta de propósito específico que ya incluye los amplificadores, los comparadores y los filtros de la señal; y porque entrega una gráfica que exhibe en forma clara los impulsos cardiacos que a decir incluso de los expertos consultados son como los que presentan los aparatos de uso profesional. Todavía el diseño se puede simplificar con sensores más versátiles en forma de pulsera o similar. Hace falta poner el aparato todavía en una evaluación más de campo en la que se crucen sus resultados con los de otros aparatos de uso comercial en manos de los especialistas o incluso someter su respuesta en un laboratorio certificado ya que en la gráfica de la señal hay un efecto de ruido al parecer debido a lámparas y a la radiación emitida por las computadoras alrededor y también debidas a la sensibilidad de los sensores cuando el paciente deja de estar en el estado de reposo por poca que sea su agitación. También hace falta desarrollar el código para que las muestras vayan a una base de datos más amplia que permita un análisis más completo, incluso en el trabajo futuro conectar el dispositivo por TCP/IP hasta el especialista ya que es una señal de bajas frecuencias y requiere poco ancho de banda. En la medida que se puedan superar tales etapas pendientes, se puede fortalecer la confiabilidad en las mediciones del aparato, todavía hay mucho por hacer para dejar de ser solamente un buen prototipo.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Belmonte, O. (2014). Introducción al lenguaje de programación de Java. Una guía básica: <https://goo.gl/ZnVUUr>.
- [2] Butler, H. (1983). Cómo leer un ECG. Editorial para los médicos. Bogotá, Colombia.
- [3] Dale, D. et al. (1976, reimpresión 2006). Electrocardiografía práctica. Interamericana. México D.F.
- [4] Todo lo que tienes que saber sobre Bluetooth: <http://www.foromsn.com>.

- [5] Molina, J.M., Jiménez, M., (2012). Programación gráfica para ingenieros. Primera edición. México: Alfaomega-Marcombo.
- [6] Netter, F. (1993). Corazón. Volumen 5. Editorial Elsevier Saunders. Barcelona, España.
- [7] Olivera, N. (2014). "Desarrollo de un Método de Detección de Arritmias para un Dispositivo Móvil con Sistema de Alerta". Tesis de Maestría. UNAM.
- [8] Pineda, M. (2013). Diseño de un sistema de transmisión de RF para un electrocardiógrafo móvil. Tesis de Ingeniería. UNAM.
- [9] Quintana, S. Bañuelos, M. Castillo, J. Fuentes, R. Pérez, J. (s.f). Diseño y Construcción de un Electrocardiógrafo Portátil. UNAM. México.
- [10] Robledo, F.J. (2016). Diseño y construcción de un electrocardiógrafo de doce derivaciones y detector de pulsos cardiacos con visualización de trazos en PC y dispositivo móvil vía bluetooth. Tesis de Ingeniería. UNAM.
- [11] Segarra, E. (2010). Fisiología y Fisiopatología. Universidad de Cuenca.
- [12] Hoja de Datos BlueMate Silver: <https://goo.gl/GqU2Ko>.

FACTORES PARA EL DISEÑO Y VISUALIZACIÓN DEL AWARENESS EN SISTEMAS GROUPWARE

M. Teresa Cepero García

Universidad Veracruzana
marite_cepero@live.com.mx

Luis G. Montané Jiménez

Universidad Veracruzana
lmontane@uv.mx

Carmen Mezura Godoy

Universidad Veracruzana
cmezura@uv.mx

Edgard Benítez Guerrero

Universidad Veracruzana
edbenitez@uv.mx

Resumen

En el área de Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora (CSCW), los Groupware son sistemas de información que apoyan a equipos de trabajo en la realización de una actividad colaborativa. Estos sistemas proporcionan información a través de mecanismos visuales que los usuarios utilizan para comprender lo que sucede en el desarrollo de una actividad colaborativa. La información mostrada a los equipos apoya la generación de consciencia o awareness de grupo, la cual es clave para la toma de decisiones, comunicación, colaboración y coordinación de los integrantes del equipo. Para la generación eficiente del awareness, se requieren de mecanismos de visualización construidos a partir de la selección de técnicas que brinden y faciliten la generación de conocimiento, sin provocar una carga cognitiva adicional que dificulte y afecte

negativamente el desarrollo intrínseco de la actividad. Sin embargo, la falta de convenciones en el diseño del awareness y la gran variedad de definiciones y enfoques, en gran medida provoca la conceptualización de mecanismos ineficientes para la coordinación y organización de los miembros de un equipo. Por tal motivo, en este artículo se presenta un análisis e identificación de los factores para el diseño y visualización de awareness en los Groupware. Con base en los factores identificados, se propone un modelo con los elementos a considerar en el diseño y desarrollo del soporte de awareness.

Palabra(s) Clave: Awareness, Groupware, Visualización.

Abstract

In the area of Computer Supported Collaborative Work (CSCW), Groupware are information systems that support work teams in carrying out a collaborative activity. These systems provide information through visual mechanisms that users use to understand what is happening in the development of a collaborative activity. These systems provide information through visual mechanisms that users use to understand what is happening in the development of a collaborative activity. The information shown to the teams supports the generation of awareness or group awareness, which is key to the decision making, communication, collaboration and coordination of the team members. For the efficient generation of awareness, it requires visualization mechanisms built from the selection of techniques that provide and facilitate the generation of knowledge, without provoking an additional cognitive load that hinders and negatively affects the intrinsic development of the activity. However, the lack of conventions in the design of awareness and the wide variety of definitions and approaches largely causes the conceptualization of inefficient mechanisms for the coordination and organization of team members. For this reason, this article presents an analysis and identification of the factors for the design and visualization of awareness in Groupware. Based on the identified factors, we propose a model with the elements to be considered in the design and development of awareness support.

Keywords: Awareness, Groupware, Visualization.

1. Introducción

La colaboración mediada por computadora históricamente ha sido una estrategia empleada para la sinergia de habilidades, capacidades y destrezas al servicio de un grupo de personas para la obtención de resultados rápidos y el cumplimiento de objetivos comunes. Naturalmente, los avances tecnológicos han brindado al hombre moderno sistemas y herramientas computacionales que han sido utilizadas para el desarrollo de actividades en equipo que soporten este tipo de interacción [Figueroa, 2009]. En sus inicios, los sistemas usados en actividades colaborativas no contemplaban las dinámicas de equipo, por ejemplo, no brindaban el soporte necesario para satisfacer las necesidades de comunicación, coordinación y colaboración, haciendo el trabajo colaborativo una tarea difícil o complicada para los usuarios de este tipo de sistemas.

Hoy en día el Trabajo Cooperativo Asistido por Computadora (CSCW, por sus siglas en inglés) es un campo de investigación multidisciplinario que estudia el desarrollo de teorías y tecnologías para la coordinación de personas que trabajan juntas [Martínez y del Moral, 2010]. Los sistemas colaborativos o Sistemas Groupware (SG) son sistemas tecnológicos que apoyan el desarrollo de actividades en las que un grupo de usuarios interactúa con la finalidad de combinar sus habilidades, capacidades y trabajo para conseguir un objetivo común [Herrera, Rodríguez y García, 2014]. Estos sistemas están diseñados para ayudar a un grupo de personas que unidas por un fin común mantienen una comunicación, colaboración y coordinación [Ovalle, Jiménez y Collazos, 2006]. La interacción social a través de los actuales SG no se limita a las personas que se encuentran a nuestro alrededor inmediato, puesto que debido al desarrollo del internet y de estos sistemas, se han extendido los canales de comunicación entre las personas y modificado la dinámica tradicional de interacción cara a cara, logrando llevar la interacción más allá de las barreras del espacio y del tiempo a través de tecnologías como el correo electrónico, la mensajería instantánea o las teleconferencias [Biocca y Harms, 2002].

Con el objetivo de manejar el proceso de trabajo colaborativo, los SG proveen de información tipo awareness que ayuda a mantener a las personas conscientes de

los eventos más allá de sus tareas actuales [Dourish y Bellotti, 1992], por ejemplo, el entendimiento de lo que hacen los otros colaboradores, donde están y qué dicen. Esta comprensión puede ayudar a la gente a hacer inferencias con respecto a intenciones, acciones o incluso emociones de otros y proporciona un contexto para sus actividades compartidas e interacciones sociales [Markopoulos y Mackay, 2009].

Particularmente en el contexto de actividades colaborativas mediadas por computadora, donde las personas pueden llegar a trabajar juntas estando geográficamente distribuidas, el awareness compensa las ineficiencias relativas a los canales de comunicación remotos, brindando información sobre quién forma parte del grupo, las acciones realizadas por los miembros del equipo y dónde están ubicados, entre otros aspectos [Antunes, Herskovic, Ochoa y Pino, 2014]. Trabajar en entornos colaborativos es una tarea compleja. Los miembros del equipo tienen que llevar a cabo actividades diferentes, manteniendo el registro de una gran cantidad de información disponible en el entorno (por ejemplo, el historial de chat o el historial de versiones de documentos compartidos que se están escribiendo colaborativamente) lo que puede provocar distracciones que afecten negativamente su desempeño [Montané, Mezura, Benítez y Martínez, 2015]. Esto se debe a que los usuarios necesitan interpretar la información y eventos generados en el sistema para poder conocer el estado de sus compañeros, avances, contribuciones y demás aspectos del equipo [Montané, 2016].

Un enfoque para mostrar la información requerida en entornos CSCW es visualizar la información de awareness. La visualización sintetiza grandes cantidades de información y facilitan su interpretación, disminuyendo así la carga cognitiva en los usuarios [Janssen, Erkens y Kirschner, 2011]. Sin embargo, los factores que inciden en el diseño y visualización han sido poco explorados de forma integral, siendo necesario un análisis que integre las investigaciones de los factores humanos, condiciones del entorno, de la tarea y del sistema. Por este motivo, en este trabajo se propone analizar los factores de diseño y visualización del awareness.

2. Metodología

Este artículo se realiza desde un enfoque documental cualitativo, debido a que a partir del análisis de las investigaciones en torno al awareness se busca identificar y describir los factores que intervienen en el diseño y su visualización. A continuación, se presenta el análisis de los mecanismos de visualización del awareness y los factores identificados en su diseño e interpretación.

Visualización del awareness

La visualización de información se refiere al proceso de transformar datos en representaciones visuales como mapas, gráficas, etc. [Daassi, Daassi y Favier, 2006]. Aunque hay diferentes tipos de información awareness, en general el proceso de generación de awareness en una persona parte de la percepción, comprensión y proyección de la información recibida. La percepción implica el uso de los medios sensoriales del que requiere el awareness, como pueden ser los sentidos de una persona o los sensores utilizados por un robot para percibir el mundo. La comprensión es un proceso inteligente, el cual crea un nuevo conocimiento a partir del ya existente. Lo que percibe la persona no le da la información directamente, sino que la percibe y la procesa, lo cual le brinda información nueva que probablemente le permita tomar mejores decisiones. La proyección es la capacidad de aproximar los valores de los elementos que definen la situación en un futuro, es decir, es la estimación que se hace a futuro de una situación con base en la experiencia y las técnicas utilizadas para aproximar los valores de los elementos [Herrera, Rodríguez y García, 2014].

Una revisión de la literatura muestra cómo ha ido evolucionando la tecnología y las técnicas de visualización en los SG. En un principio, las primeras formas de interacción entre las personas y los sistemas computacionales fueron a través de línea de comandos (CLI), un ambiente sin interfaz gráfica difícil de utilizar para el usuario promedio debido a que requiere del conocimiento especializado de comandos específicos para poder interactuar con la computadora [Georgios, 2013]. Posteriormente, con la introducción de las interfaces gráficas en las

computadoras, se empezó a visualizar la información a través de ventanas, íconos y punteros (*WIMP, Windows, Icons, Menus and Pointing device*).

A mediados de los 80s, con el lanzamiento de la computadora personal Macintosh, las interfaces *WIMP* se enriquecieron con la introducción de los *widgets* en las interfaces gráficas. Los *widgets* son pequeñas aplicaciones o programas de acceso rápido frecuentemente usados, por ejemplo, el reloj o el buscador [Martínez, 2015]. Este tipo de componentes de la interfaz gráfica se incorporaron en las interfaces de los SG en forma de vistas miniatura, *scrollbars* o radares con vistas iguales en los sistemas *groupware*. Si bien esta forma de presentación proporcionó información valiosa del *awareness* del espacio de trabajo compartido, estos no fueron suficientes para satisfacer las necesidades de trabajo en equipo mediado por computadora. Gutwin [1996] detectó esta problemática en los 90s y propuso el uso de *widgets* con diferentes vistas que informarán sobre la situación en el espacio individual y el espacio compartido de trabajo. Este enfoque de visualización del *awareness* ha sido adoptado casi universalmente durante dos décadas. Aunque a lo largo de estos años, investigadores de la Interacción Humano Computadora (*HCI* por sus siglas en inglés) han desarrollado nuevas e innovadoras técnicas de interacción, pocas fueron adoptadas en el mercado [Beaudouin, 2004].

Actualmente, el avance exponencial en la tecnología aunado al surgimiento de nuevos modelos, métodos y *frameworks*, ha permitido el desarrollo y la transferencia de nuevas interfaces *groupware* y formas de interacción que divergen de la "ventana, ícono, menú, dispositivo señalador" en aplicaciones comerciales. Algunos ejemplos de estos estilos de interacción *post-WIMP* son: la interacción móvil, la interacción multimodal, la realidad virtual, mixta y aumentada, interacción tangible, la interacción basada en gestos, así como la computación consiente de contexto [Jacob y otros, 2008].

La tendencia hacia el desarrollo de la generación de interfaces *POST-WIMP* definidos como interfaces que contienen al menos una técnica de interacción que no depende de *widgets* 2D clásicos como menús e íconos [Jacob y otros, 2008], también se extiende en los sistemas *CSCW*. Por ejemplo, las aplicaciones de

mensajería instantánea que permite establecer comunicación con otras personas a través de mensajes escritos, audios y en formato multimedia. Particularmente en este tipo de interfaces cabe mencionar que las herramientas de visualización responden entradas de más de una modalidad (entrada táctil, reconocimiento de voz, salida audiovisual de voz y otros), utilizando diferentes dispositivos de entrada y salida de la computadora o dispositivo [Reyes, Mezura y Sánchez, 2016]. Habiendo presentado un repaso de las tendencias de visualización en los sistemas groupware, a continuación, se analizarán los factores para su diseño y visualización.

Factores para el diseño y visualización del awareness

En diseño y visualización del soporte del awareness en sistemas groupware se pueden observar dos tendencias: la primera parte de la premisa que todos los SG necesitan incorporar ciertos tipos de awareness (dependiendo de la clasificación utilizada) para ser funcionales. Esta postura parte de la premisa que, una vez que las personas emprenden una actividad colaborativa a través de un SG, los usuarios necesitan mantener estos tipos de awareness [Gutwin, Roseman y Greenberg, 1996b] [Penichet y otros, 2008]. Desde esta perspectiva, el desafío en el desarrollo de los elementos de awareness está en el reto de cómo incorporar estos elementos a través de una solución de diseño funcional. Dentro de esta línea, el diseñador del SG debe presentar la información de awareness de forma simple y directa con la finalidad de facilitar su interpretación. Preferentemente de una forma familiar para el usuario, por lo que se recomienda conocer los mecanismos a través de los cuales la persona obtendría la información de awareness en el espacio físico de trabajo [Gutwin y Greenberg, 2002].

Por otra parte, autores como Gerosa, Fuks y Lucena [2003] y Antunes, Herskovic y Ochoa [2014], proponen dar soporte al awareness en SG a partir de las necesidades de información awareness, analizando cómo recolectarla y distribuirla tomando en cuenta los requerimientos de los usuarios. Como lo menciona Antunes, Herskovic y Ochoa [2014], "Es importante señalar que el objetivo no es alentar a los desarrolladores a incorporar características innecesarias a una

aplicación, sino más bien a fomentar la reflexión sobre los elementos de awareness que serían valiosos en un escenario en particular".

Dentro de esta segunda línea se encuentran autores como McCrickard, Czerwinski y Bartram [2003] que proponen incorporar al diseño del awareness elementos de otras disciplinas hermanas como algunos principios de los sistemas de notificación y del diseño de visualización de información centrada en el usuario. Este último enfoque considera las características cognitivas y perceptuales de los usuarios, sus metas y necesidades, así como la naturaleza de sus tareas y actividades en el diseño de herramientas de visualización. Una forma de hacer las herramientas de visualización centradas en el usuario es diseñarlas con características interactivas, así el usuario puede ajustar las visualizaciones a sus necesidades y preferencias [Sedig, Parsons, Dittmer y Haworth, 2014].

Por otro lado, Beaudouin [2004] propone un modelo para el diseño de la interacción (no de interfaces), el cual, inspirado en los lenguajes de programación orientados a objetos, define como principios de diseño la abstracción, el polimorfismo y la reutilización de elementos para la construcción. Tomando el modelo de interacción de Beaudouin y sus principios de diseño para la presentación del awareness, se recomienda analizar el contexto de uso, debido a que las acciones pueden ser las mismas en una actividad, no obstante, esta actividad se puede realizar en diferentes contextos de uso que lleven a diferentes patrones de interacción. Como resultado, ninguna técnica de interacción única funciona mejor en todos los contextos y la mejor solución es proporcionar distintas técnicas y permitir a los usuarios decidir qué utilizar [Beaudouin, 2004].

Como resultado de la revisión de diferentes enfoques, filosofías, paradigmas y modelos de diseño y visualización del awareness queda clara la importancia de los factores internos y externos al individuo que afectan el proceso de toma de conciencia y por lo tanto se deben de considerar para el diseño y presentación del awareness [Bibbó, 2009]. A continuación, se presentan los distintos factores humanos, tecnológicos, del contexto y de la dinámica de equipo que tienen influencia en la generación del awareness en una persona, como puede verse en la figura 1.

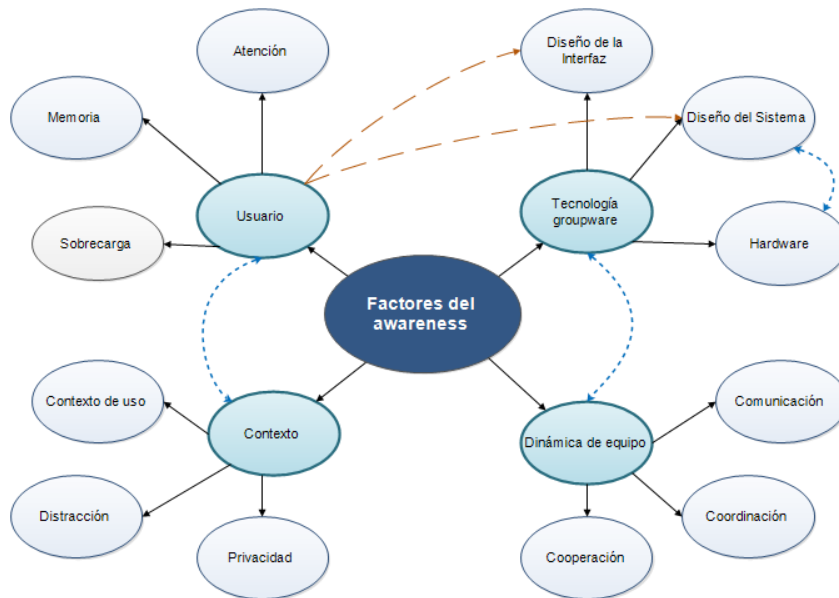


Figura 1 Factores para el diseño y visualización del awareness.

3. Resultados

A partir de la revisión de la literatura en materia de diseño y visualización del awareness presentada en la sección anterior, se identificó a los factores humanos, tecnológicos, de contexto y de la dinámica de equipo como los factores que hay que considerar en el diseño y visualización del awareness en sistemas groupware. En esta sección se presentan las distinciones clave necesarias para comprender los elementos a considerar para el diseño del soporte de awareness.

Factores Humanos

Los mecanismos que promueven el awareness requieren un diseño que contemple la intervención de factores humanos debido a que la naturaleza del individuo es un elemento clave de usabilidad y ergonomía en un sistema. Entre estos factores se encuentran: la atención, memoria y sobrecarga.

En el día a día, las personas están expuestas a señales sensoriales provenientes del exterior e interior del organismo; sin embargo, cuando la cantidad de información entrante excede la capacidad del sistema para procesarla, el organismo hace uso de un mecanismo neuronal que selecciona y organiza las percepciones recibidas. Este mecanismo es la atención, cuya capacidad no

consiste únicamente en regular la entrada de información, sino que también está implicada en el procesamiento mismo de la información [Estévez y Junqué, 1997]. Un acuerdo en los diferentes investigadores de la atención es que la capacidad de procesar información del ser humano es limitada [Norman, 1968] [Estévez y Junqué, 1997] [Fuenmayor y Villasmil, 2008]. Por lo tanto, cuando dos o más mensajes se presentan simultáneamente a una persona, el individuo puede dividir su atención de acuerdo con el nivel de pertinencia o importancia del estímulo en el momento [Norman, 1968]. Para esto adquiere destrezas y desarrolla rutinas automáticas sin necesidad de procesos cognitivos sofisticados que le permiten realizar una serie de tareas sin prestar mucha atención [Fuenmayor y Villasmil, 2008].

La pertinencia forma parte del proceso de evaluación de los estímulos recibidos, por lo que se basa en las expectativas de la información a recibir y en la forma en que se presenta [Norman, 1968]. Es por esto que en el diseño de las interfaces de usuario se recomienda manejar diferentes pesos visuales de forma que las partes principales sean llamativas a los sentidos y a la atención, evitando de esta forma la distracción de la información prioritaria para el uso del sistema [Figueroa, 2009]. Por ejemplo, Daassi, Daassi y Favier [2006] recomiendan presentar la información de awareness a los usuarios de una forma que no requiera ser el foco de atención a través de técnicas de visualización que permitan recibir la información de awareness relevante rápidamente a través de un vistazo mientras se trabaja.

En cuanto a otros procesos cognitivos básicos, considerar la memoria también es importante. De acuerdo con [Fuenmayor y Villasmil, 2008], se entiende por memoria "la facultad por la cual se almacena el conocimiento que se tiene sobre algo y las interpretaciones que se hacen de ello". Cuando se memoriza, en primer lugar, se crea una representación mental de la información, la cual es retenida en un sistema de almacenamiento de forma temporal (a corto plazo) o de forma más permanente (a largo plazo), y finalmente, es recuperada cuando se busca [Norman, 1968].

En el estudio de la memoria, un componente de memoria básico para el funcionamiento de todo sistema cognitivo es la memoria a corto plazo o también

conocida como memoria operativa o de trabajo, la cual es responsable de la retención y procesamiento de la información, además de contribuir a actividades cognitivas esenciales tales como el razonamiento y comprensión. La memoria a corto plazo es un espacio de trabajo con capacidad de almacenamiento y procesamiento limitada. La estimación clásica de la capacidad de almacenamiento automático de la memoria a corto plazo 7 ± 2 ítems. Otra función que se ejecuta en la memoria operativa es la de vincular la información nueva que está recibiendo con información anterior almacenada previamente en la memoria a largo plazo, es decir, ejecuta la tarea de reactivación de información [Benítez y Bajo, 1998].

Las memoria y atención de una persona son habilidades de capacidad y recursos limitados [Benítez y Bajo, 1998]. Por lo que presentar una cantidad de información no manejable a una persona puede sobrecargarla (*overload*). Esta incapacidad de asimilar todas las señales requeridas del entorno está íntimamente relacionada con las habilidades y capacidades de cada persona, como su capacidad de manejar información simultánea o su nivel de conocimiento del tema en cuestión [Figuroa, 2009].

Desde la perspectiva de la teoría de la carga cognitiva, la colaboración en entornos CSCW genera altos niveles de carga cognitiva intrínseca. Por ejemplo, debido a la necesidad de realizar un seguimiento de las acciones de los miembros del equipo y el progreso de la tarea, así como la necesidad de establecer y mantener una comunicación con los compañeros de equipo para asegurar una óptima coordinación [Janssen, Erkens y Kirschner, 2011]. Tomando en cuenta que la sobrecarga puede causar dificultades de organización entre los miembros de un equipo, malentendidos y fallas en la comunicación, se recomienda evitarla a través de mecanismos que provean información de una forma estructurada, filtrada y resumida. También se recomienda que el sistema muestre una visión general del todo para que cada usuario pueda seleccionar y obtener información más detallada de la sección de su interés.

La reducción de la sobrecarga de información en la comunicación puede producirse, por ejemplo, mediante la estructuración del diálogo y el suministro de información simple y representativa que ayude a los participantes a identificar la

relevancia y el contexto de los mensajes sin tener que leerlos. Además, debe haber algún tipo de control para que el flujo de información no sea mayor que la capacidad del individuo para procesarla [Gerosa, Fuks y Lucena, 2003].

Considerando que la sobrecarga de datos en un usuario es indeseable en el proceso de generación de awareness, el diseño de los sistemas debe contemplar una adecuada definición de requerimientos de awareness así como el diseño efectivo de las interfaces de usuario, de tal forma que se evite la sobrecarga por exceso de información y por distracción [Figuroa, 2009].

Contexto

Existen ciertos factores externos que afectan al awareness en cualquier situación y son generales a cualquier sistema informático que lo soporte. De acuerdo con la revisión de la literatura, las condiciones del entorno que hay que considerar en el diseño y visualización del awareness son:

- Contexto de grupo. Aunque cada equipo es único, de acuerdo al framework conceptual para diseñar y realizar evaluaciones de groupware propuesto por [Mendes, Santoro y Borges, 2004], los aspectos básicos a considerar del contexto de grupo son:
 - ✓ Número de miembros en el grupo.
 - ✓ Proximidad de los integrantes del equipo referente a si realizan la actividad en el mismo espacio o si es de forma distribuida.
 - ✓ Composición como por ejemplo género, edad, nivel socioeconómico, entre otras características.
 - ✓ Forma en que se organiza el equipo, por ejemplo las reglas o roles utilizados para organizarse.
 - ✓ Cultura organizacional.
- Contexto de uso. El diseño de mecanismos de visualización de awareness debería empezar en un análisis de las tareas a las que estos mecanismos apoyarán, ya que la utilidad de cualquier técnica de visualización estará en función del tipo de awareness y la actividad que la técnica está siendo usada para apoyar [Daassi, Daassi y Favier, 2006]. Tomando esto en

cuenta, se recomienda analizar también el contexto de uso, puesto que, aunque las acciones elementales pueden ser las mismas en una actividad, los diferentes contextos de uso conducen a diferentes patrones de interacción. Por ejemplo, en la redacción y edición de textos, donde una persona puede preferir escribir utilizando un editor de textos en línea para trabajar de forma colaborativa y elegir leer y corregir el documento en su versión impresa [Beaudouin-Lafon, 2004].

- Distracción. Estudios han revelado que en los sistemas groupware las personas necesitan información de lo que otras personas hacen para colaborar efectivamente. Sin embargo, proveer información no es la única preocupación, dado que debe haber un balance entre estar bien informado acerca de las actividades de los otros y estar distraído de nuestras actividades individuales. Ellos establecen que una buena interfaz grupal debería representar la actividad del grupo y, al mismo tiempo, no distraer demasiado [Gutwin, Roseman y Greenberg, 1996a].
- Privacidad. De acuerdo con los estudios realizados por Sohlenkamp, Fuchs y Genau [1997], la mayoría de los mecanismos de awareness pueden ser potencialmente utilizados, además de su propósito principal de apoyo para una cooperación eficiente, para monitorear y controlar a otras personas. El conflicto entre proveer información tipo awareness y preservar la privacidad de las personas ha sido objeto de estudio y de debate en la literatura [Sohlenkamp, Fuchs y Genau, 1997] [Shoemaker, 2000] [Tran, 2006]. Ante este dilema, Sohlenkamp, *et al.* [1997] recomiendan que la información del tipo awareness que se provea en ciertas situaciones debería incorporarse al sistema en una forma personalizable.

Factores de la Dinámica en Equipo

Colaborar en entornos de CSCW es una tarea compleja. En la práctica la colaboración en estos entornos no siempre es eficiente debido a conflictos entre los miembros del equipo. Sin embargo, además de las razones típicas de conflicto, como la participación desigual de sus integrantes, las personas también se

enfrentan con algunos problemas que se ven exacerbados en estos entornos, como la dificultad de coordinar sus actividades [Janssen, Erkens y Kirschner, 2011]. Por lo tanto, al integrar el soporte en equipo, estos sistemas naturalmente deben de considerar aspectos relacionados a la dinámica en equipo como cooperación, la coordinación y la comunicación.

Con el objetivo de manejar el proceso de trabajo colaborativo, los SG proveen de información tipo awareness que ayuda a mantener a las personas conscientes de los eventos más allá de sus tareas actuales. El awareness es el proceso cognitivo continuo que ayuda a manejar los contenidos de una tarea compartida y las relaciones sociales necesarias para lograr los objetivos de la tarea a través de la colaboración. Particularmente en el contexto CSCW, el awareness compensa las ineficiencias relativas a los canales de comunicación remotos, brindando información sobre quién forma parte del grupo, dónde están ubicados, etc. [Antunes, Herskovic y Ochoa, 2014]. Por lo que ésta información es siempre requerida para coordinar actividades grupales, cualquiera que sea su dominio [Dourish y Bellotti, 1992].

Existen diferentes tipos de awareness, de los cuales cabe destacar el awareness del espacio de trabajo por ser un elemento clave en la usabilidad de las aplicaciones groupware. El awareness del espacio de trabajo es el conocimiento general de la situación en el espacio de trabajo. En un nivel simple, implica el conocimiento de cuál es el estado del proyecto, quién está presente, dónde están trabajando, qué están haciendo, qué cambios han hecho y cuándo los hicieron. Aunque el awareness en el espacio de trabajo es un elemento clave en los SG por facilitar la coordinación de las actividades, simplifica la comunicación y proporcionar asistencia [Gutwin y Greenberg, 1998], resulta fundamental incluir otras formas de awareness que faciliten el conocimiento del entorno social y colaborativo en el que una persona trabaja.

La interfaz del SG es un aspecto crucial para la usabilidad de estas aplicaciones porque presentan la actividad del equipo a través de los elementos de visualización del awareness [Penichet y otros, 2008]. Algunos ejemplos de mecanismos de visualización son los diagramas radiales, gráficos de red, tablas,

líneas de tiempo, mapas, avatares, botones de colores y cualquier otra forma visual que codifique y organice información. Es importante señalar que el awareness sólo logrará su objetivo de generar consciencia si los gráficos y símbolos empleados en la técnica de visualización son correctamente interpretados por el usuario [Daassi, Daassi y Favier, 2006].

Factores Tecnológicos

El trabajo colaborativo mediado por computadora se ha vuelto más común entre los usuarios de sistemas informáticos. Por lo que naturalmente la generación del awareness de las personas que trabajan a través de esta modalidad se ve determinada por aspectos tecnológicos como el hardware disponible, el diseño del sistema y la usabilidad de la interfaz groupware.

En el desarrollo de un sistema que soporte actividades colaborativas es importante considerar que el sistema deberá brindar soporte tanto a las tareas individuales como a las tareas en equipo. Actualmente, distintos autores proponen frameworks y modelos que ayudan a conceptualizar e implementar el awareness en un SG. Particularmente Graham y Grundy [1999] propone tomar en cuenta los requisitos tecnológicos de la actividad y del espacio de trabajo, además de la coordinación y comunicación entre los miembros del equipo. Estos requisitos definen los elementos que deben percibirse por el sistema y los procesos adicionales que van a utilizar dichos datos capturados [Figueroa, 2009].

El análisis de distintas aplicaciones groupware realizado por N. Graham y J. Grundy [1999] muestra que las personas trabajan juntas al mismo tiempo o en momentos de forma individual, y que las personas se mueven sin problemas entre estas formas de trabajo; los usuarios en cualquier momento hacen uso de los datos compartidos para trabajar en privado y luego reintegrar sus resultados con los datos compartidos. Teniendo esto en cuenta, es necesario que el SG facilite la transición del uso de datos de privado a compartido y viceversa, además del versionado y fusión del trabajo. En este estudio también se identificó la necesidad de tener un historial de trabajo, así como un control de acceso personalizable a través de apropiados mecanismos de control que permitan administrar las

personas que tienen acceso y control sobre la información. Además de los requisitos relacionados estrictamente con la funcionalidad del SG, la experiencia también sugiere una serie de requerimientos tecnológicos relacionados con el uso del hardware y las redes, por ejemplo, la adaptabilidad de los recursos considerando que la aplicación groupware puede ser utilizada por usuarios con dispositivos con muy diferentes recursos y conexiones a internet [Graham y Grundy, 1999].

Cabe señalar que, aunque cada sistema tiene sus requerimientos propios y sus particularidades, Greenberg [2003] ha identificado requerimientos comunes en las aplicaciones groupware propios de la dinámica grupal como: el establecimiento de una arquitectura de comunicación, un protocolo de intercambio de datos, mecanismos para el control de concurrencias, manejo de sesiones, la gestión de eventos y acciones de los usuarios locales y remotos, además de la creación del espacio de trabajo compartido, y en el caso de ser necesario, la integración de múltiples cursores para cada participante. De acuerdo con Daassi y Favier [2006], estos sistemas también deben proveer de mecanismos de awareness que garanticen la retroalimentación necesaria para trabajar en equipo.

La interfaz de usuario tiene como principal objetivo que los usuarios puedan acceder a todo el contenido y usarlo de la forma más rápida y fácil posible [Pintos, 2014]. Considerando que en los SG un individuo interactúa con una aplicación groupware, esta interfaz tiene todos los desafíos de diseño de una aplicación mono usuario, complementado por los retos adicionales de su participación en los procesos de grupo [Grudin, 1994]. Por lo que estos sistemas son especialmente sensibles a los requerimientos de awareness debido a que los elementos de awareness son necesarios para la colaboración [Figuerola, 2009]. Sin embargo, aunque el área de groupware ha estado muy activa durante los últimos años, con algunas notables excepciones, la mayoría de las aplicaciones utilizan adaptaciones simples de interfaces mono usuario [Borges, Pino y Valle, 2001].

Varios proyectos de CSCW han considerado el apoyo a varios tipos de awareness. Un acercamiento es aumentar la interfaz del groupware con nuevos componentes-widgets que demuestran algo de la información que falta sobre otros

colaboradores. Por ejemplo, comúnmente a los espacios de trabajo de WYSIWIS ("lo que ves es lo que veo") para mostrar la ubicación de las personas y el foco de atención [Gutwin, Roseman y Greenberg, 1996a].

Independientemente de la situación colaborativa, Casner [1991] recomienda dos estrategias en la interfaz gráfica de usuario para facilitar a la persona el procesamiento de la información: Utilizar operadores visuales y reducir la búsqueda. Los operadores visuales como el tamaño, distancia, espacio y color, a veces puede proveer a los usuarios la misma información que los operadores lógicos más demandantes como la aritmética mental o el razonamiento lógico.

La reducción de la búsqueda se refiere a que una buena interfaz de usuario debe de reducir el tiempo de búsqueda de información agrupando los elementos relacionados, resaltando la información relevante a través de técnicas como sombreado o colocando la información en el espacio de tal manera que le sea fácil al usuario consultarla [Casner, 1991]. Esta organización debe de tomar en cuenta las características gráficas con la finalidad de indicar las relaciones entre los elementos mostrados. Esto corresponde a la propiedad ergonómica de distinción agrupada de elementos [Daassi, Daassi y Favier, 2006].

Modelo Propuesto

La complejidad de los SG ha dificultado la inclusión de los requerimientos de awareness en su modelado, dejando el soporte de awareness para el diseño. Esta situación conlleva a requerimientos de awareness mal definidos o nulos en varias ocasiones, implementándose con resultados fallidos como elementos de awareness no utilizados o difíciles de entender [Figuroa, 2009]. En respuesta a esta problemática y con base en los factores para el diseño y visualización del awareness, se propone un modelo que sirva como guía para los diseñadores y desarrolladores de aplicaciones groupware. En la figura 2 se muestra el modelo de los elementos a considerar para el diseño del soporte de awareness.

El modelo propone diseñar el soporte de awareness y los mecanismos para su visualización considerando las capacidades y limitaciones de los usuarios que utilizan el sistema; las actividades que realizan colaborativamente; la dinámica de

equipo, particularmente sus necesidades de colaboración, coordinación y comunicación; la tecnología utilizada en el SG y su contexto de uso. Este último punto involucra considerar el hardware de los dispositivos empleados por los usuarios, la red a través se establece la comunicación e intercambio de información, el diseño de la aplicación groupware y su interfaz.



Figura 2 Modelo de los elementos a considerar para el diseño del soporte de awareness.

4. Discusión

En este artículo se describe una revisión de los avances significativos de las últimas décadas en materia de trabajo en equipo, sistemas colaborativos, diseño de interfaces groupware, awareness y su visualización, donde se observan diferentes enfoques para diseñar mecanismos de awareness y herramientas de visualización. Ante esta falta de uso de convenciones en los factores que se deben de considerar en el diseño del awareness, se planteó como objetivo analizar e identificar los factores para el diseño y visualización del awareness en SG; como resultado de este análisis queda claro que los principales factores para el diseño y visualización del awareness son los usuarios de los SG, la tecnología utilizada, su contexto y las dinámicas de equipo.

Los factores para el diseño y visualización del awareness en SG pueden orientar en el proceso de diseño y ayudar a los desarrolladores a construir técnicas de visualización más usables. Por otra parte, con base en los factores identificados, se propone un modelo de los elementos a considerar para el diseño del soporte

del awareness, el cual servirá como pauta a los diseñadores de aplicaciones groupware, independientemente del paradigma, enfoque o arquitectura utilicen en el proceso de desarrollo.

Como trabajos futuros se busca validar el modelo propuesto para el diseño del soporte de awareness en aplicaciones groupwares, además de explorar posibles factores adicionales para el diseño del soporte de awareness en interfaces groupware multimodales y ambientes ubicuos, donde la presentación de información y su percepción pueden ser a través de diferentes canales sensoriales.

Agradecimientos

El primer autor de este trabajo agradece a CONACYT por la beca No. 449992 para estudios de posgrado.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Antunes, P., Herskovic, V., Ochoa, S. F. & Pino, J. A. (2014). Reviewing the quality of awareness support in collaborative applications. *Journal of Systems and Software*, 89, 146-169.
- [2] Beaudouin-Lafon, M. (2004). Designing interaction, not interfaces. *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces* (pp. 15--22). ACM.
- [3] Benítez, P. & Bajo, T. (1998). Hacia un modelo de memoria y atención en interpretación simultánea. *Quaderns: revista de traducción*, 2, 107-117.
- [4] Bibbó, L. M. (2009). *Modelado de sistemas colaborativos*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- [5] Biocca, F. & Harms, C. (2002). Defining and measuring social presence: Contribution to the networked minds theory and measure. *Proceedings of the 5th International Workshop on Presence*, (pp. 7-36).
- [6] Borges, M. R., Pino, J. A. & Valle, C. (2001). Interfaces for groupware. *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 47-48). ACM.

- [7] Daassi, M., Daassi, C., & Favier, M. (2006). Integrating visualization techniques in groupware interfaces. In *Encyclopedia of Virtual Communities and Technologies*.
- [8] Casner, S. (1991). *A cognitive approach to the design of information graphics*. Pittsburgh: Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Dept of Psychology.
- [9] Dourish, P., & Bellotti, V. (1992). Awareness and Coordination in Shared Workspaces. *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-supported Cooperative Work* (pp. 107-114). Toronto: ACM.
- [10] Estévez-González, A. S. & Junqué. (1997). La atención: una compleja función cerebral. *Revista de neurología.*, 1989-1997.
- [11] Figueroa, J. (2009). *Modelado conceptual del Awareness en el desarrollo de sistemas colaborativos*. Granada: Universidad de Granada.
- [12] Fuenmayor, G. & Villasmil, Y. (2008). La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. *Revista de artes y humanidades UNICA*, 9, 187-202.
- [13] Gallego, D., Martínez, I. & Salvachúa, J. (2010). Generación de Contexto Colaborativo a partir de herramientas CSCW 2.0. IX Jornadas de Ingeniería Telemática, JITEL 2010. Universidad de Valladolid.
- [14] Georgios, L. (2013). *A Natural User Interface and Touchless Interaction Approach on Web Browsing*. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of technology.
- [15] Gerosa, M. A., Fuks, H. & Lucena, C. (2003). Analysis and design of awareness elements in collaborative digital environments: A case study in the AulaNet learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, 14.
- [16] Graham, T. C., & Grundy, J. (1999). External Requirements of Groupware Development Tools. In *Engineering for Human-Computer Interaction* (pp. 363-376). Crete, Greece: Springer.
- [17] Greenberg, S. (2003). Enhancing creativity with groupware toolkits. *Lecture Notes in Computer Science*, 1-9.

- [18] Grudin, J. (1994). Groupware and social dynamics: Eight challenges for developers. *Communications of the ACM*, 37, 92-105.
- [19] Gutwin, C., Roseman, M., & Greenberg, S. (1996a). A Usability Study of Awareness Widgets in a Shared Workspace Groupware System. *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work* (pp. 258--267). Boston: ACM.
- [20] Gutwin, C., Roseman, M., & Greenberg, S. (1996b). Supporting Awareness of Others in Groupware. *CHI 96*, (pp. 411-446).
- [21] Gutwin, C., & Greenberg, S. (1998). Effects of awareness support on groupware usability. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 511-518). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- [22] Gutwin, C., & Greenberg, S. (2002). A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 411-446. doi:10.1023/A:1021271517844
- [23] Herrera, A., Rodríguez, D., & García-Martínez, R. (2014). Awareness de Modalidades de Interacción para Espacios Virtuales de Trabajo Colaborativo. *Memorias IV Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería*, (pp. 2313-9056).
- [24] Jacob, R. J., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., & Zigelbaum, J. (2008). Reality-based Interaction: A Framework for post-WIMP Interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 201-210). Nueva York: ACM.
- [25] Janssen, J., Erkens, G., & Kirschner, P. A. (2011). Group awareness tools: It's what you do with it that matters. *Computers in Human Behavior*, 27, 1046 - 1058.
- [26] Markopoulos, P., & Mackay, W. (2009). *Awareness systems: Advances in theory, methodology and design*. London: Springer Science & Business Media.
- [27] Martínez, L., & del Moral, M. E. (2010). Evaluación del trabajo colaborativo virtual del Gameproyect de Ruralnet por los estudiantes universitarios. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 2, 1-12.

- [28] Mendes de Araujo, R., Santoro, F. M., & Borges, M. R. (2004). A conceptual framework for designing and conducting groupware evaluations. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 19(3-4), 139-150.
- [29] Martínez, M. (2015). ¿Qué es... un Widget?: <http://computerhoy.com/video/que-es-widget-32477>.
- [30] McCrickard, D. S., Czerwinski, M., & Bartram, L. (2003). Introduction: design and evaluation of notification user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies*, 509-514
- [31] Montané-Jiménez, L. G., Mezura-Godoy, C., Benítez-Guerrero, E., & Martínez-López, E. (2015). Studying Social Interactions in Groupware Systems. *Revista IEEE América Latina*, 13(10).
- [32] Montané-Jiménez, L. G. (2016). *Presencia Social en Sistemas Groupware*. Universidad Veracruzana.
- [33] Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological review*, 522-536.
- [34] Ovalle, D. A., Jiménez, J. A., & Collazos, C. A. (2006). Modelo de awareness en el CSCL ALLEGRO utilizando la arquitectura blackboard. *Ingeniería e Investigación*, 67-77.
- [35] Penichet, V., Rodríguez, M. L., Lozano, M., Garrido, J., Gallud, J., Noguera, M., . . . Hurtado, M. (2008). Una aproximación al proceso de diseño e implementación de interfaces de usuario para aplicaciones groupware. IX Congreso Internacional Interacción, (pp. 19-28).
- [36] Albacete. Pintos, J. (2014). *Aplicación de técnicas de usabilidad y accesibilidad en el entorno cliente*. Málaga: IC editorial.
- [37] Reinhard, W., Schweitzer, J., Volksen, G., & Weber, M. (1994). CSCW tools: concepts and architectures. *Computer*, 27, 28-36.
- [38] Reyes, I. A., Mezura-Godoy, C. & Sánchez, G. (2016). Hacia un modelo de interfaces multimodales adaptables a los canales de aprendizaje en aplicaciones colaborativas como apoyo a la educación. *Research in Computing Science*, 57?67.

- [39] Sedig, K., Parsons, P., Dittmer, M. & Haworth, R. (2014). Human-Centered Interactivity of Visualization Tools: Micro- and Macro-level Considerations. In Handbook of Human Centric Visualization (pp. 717-743). New York, NY: Springer .
- [40] Shoemaker, G. (2000). Privacy and awareness in multiplayer electronic games. Proceedings of the Western Computer Graphics Symposium., (pp. 117-121). Panorama Mountain Village, Canada.
- [41] Sohlenkamp, M., Fuchs, L. & Genau, A. (1997). Awareness and cooperative work: The POLITeam approach. International Conference on System Sciences. 2, pp. 549--558. Hawaii: IEEE.
- [42] Tran, M. H. (2006). Supporting Group Awareness in Synchronous Distributed Groupware: Framework, Tools and Evaluations. Australia: Swinburne University of Technology.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ASPIRANTES A INGRESAR A INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR UTILIZANDO PENTAHO

Juan Ignacio Cerca Vázquez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

nacho@itcelaya.edu.mx

Rubén Torres Frías

Tecnológico Nacional de México en Celaya

ruben.torres@itcelaya.edu.mx

Luis Alberto López González

Tecnológico Nacional de México en Celaya

luislao@itcelaya.edu.mx

José Jesús Sánchez Farías

Tecnológico Nacional de México en Celaya

jesus.sanchez@itcelaya.edu.mx

Resumen

Cuando concluye el proceso de admisión de una institución de educación superior (IES), en los registros institucionales como resultado del mismo, se cuenta con información recabada en base de datos mediante el registro y validación de aspirantes. Por la naturaleza del proceso, la recopilación y manejo de datos, dicha base de datos es consistente en datos de rendimiento académico, entre las que se mencionan: resultado de evaluaciones, becas, entre otros, sin perder de vista y tomando en consideración las políticas institucionales de manejo de información y datos personales, se identifica el procesamiento como un área de oportunidad para las entidades de desarrollo académico y seguimiento curricular

de dichas instituciones. Las áreas de impacto que se identifican dentro de este proceso es la toma de decisiones en base a datos estadísticos sobre deserción escolar, análisis de escuelas de procedencia, fortalezas y debilidades en áreas de conocimiento, programas de tutoría y seguimiento académico. El presente trabajo considera una propuesta de análisis utilizando las tecnologías de información y comunicación aplicada en la educación, en el ámbito de inteligencia de negocios utilizando Pentaho como herramienta de procesamiento y obtención de datos estadísticos, basados en procesos y actividades concretos, de donde proviene la propuesta de implementar una alternativa de apoyo a la toma de decisiones enfocada a los departamentos o áreas de las IES.

Palabra(s) Clave: Análisis de datos, Pentaho, Tecnologías de información, Toma de decisiones.

Abstract

At the end of the admission process of a superior education institution (SEI), there is a database with information collected through the registration and validation of applicants. Due to the nature of the process, data collection and management is consistent with data on academic performance, results of evaluations, scholarships, among others, which at all times and taking into account the institutional policies for the management of information and personal data, is identified as an opportunity area, for academic development entities and curricular monitoring of these institutions. The areas of impact identified within this process are decision-making based on statistical data on dropout, analysis of schools of origin, strengths and weaknesses in areas of knowledge, mentoring programs and academic follow-up. the present work considers a proposal of analysis using information and communication technologies applied in education, in the field of business intelligence using Pentaho as a tool for processing and obtaining statistical data, based on specific processes and activities, from which the proposal to implement an alternative of support to the decision making focused on the departments or areas of SEI.

Keywords: *Data analysis, Decision taking, Information technology, Pentaho.*

1. Introducción

Las Instituciones de Educación Superior (IES) en México se refieren a todas aquellas entidades definidas por la Secretaría de Educación Pública (SEP), como organismos responsables de realizar las funciones de docencia, generación y aplicación de conocimiento, extensión y difusión cultural, gestión de proyectos de investigación y la impartición de un amplio espectro de programas educativos a nivel licenciatura y posgrado, también definidos como estudios profesionales. Dentro de la SEP, se encuentra la Subsecretaría de Educación Superior, entidad de la que se constituye el "Tecnológico Nacional de México (TecNM). El 23 de julio de 2014 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México. De acuerdo con el Decreto citado, "el TecNM se funda como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública, que sustituye a la unidad administrativa que se hacía cargo de coordinar este importante subsistema de educación superior" [SEP, 2017].

El Tecnológico Nacional de México se conforma por 266 instituciones y una Dirección General, distribuidas en los 31 estados de la República Mexicana y la Ciudad de México (CDMX). Los Institutos Tecnológicos del Tecnológico Nacional de México a lo largo de la historia, construida durante más de 65 años como IES a nivel nacional especializada en la formación de ingenieros. Para dimensionar la cobertura que posee el instituto, en el ciclo escolar 2014-2015 contó con una matrícula de 521,105 estudiantes inscritos en alguno de sus programas educativos, como se ve en tabla 1.

De acuerdo a la perspectiva nacional de estudiantes de bachillerato "La matrícula escolarizada de educación media superior ascendió a 4.8 millones de estudiantes en el ciclo escolar 2014-2015" [Presidencia de la República, 2017]. Tercer Informe de Gobierno. México D.F. el TECNM, tiene la capacidad de matricular a poco más del 9% de los estudiantes que potencialmente aspiren a estudiar una carrera.

Tomando como referencia dentro del TECNM al Instituto Tecnológico de Celaya, que será la entidad en la que se centre este trabajo, ya que de acuerdo a la información con que se cuenta, se proyecta implementar una tecnología de

información y comunicación, enfocada al área de conocimiento de inteligencia de negocios, la cual, es el área de las ciencias computacionales, que proporciona el fundamento teórico, del que parte la aplicación de modelos de explotación y unificación de datos, el apoyo se dará en la herramienta Pentaho, partiendo de un esquema de base de datos relacional, donde institucionalmente se encuentran ubicados físicamente los datos, para elaborar consultas de información que permitan el auxilio a la toma de decisiones en un posterior trabajo estratégico de las áreas responsables del proceso.

Tabla 1 Cobertura del TecNM para el ciclo escolar 2014-2015.

| MATRÍCULA CICLO ESCOLAR 2014 - 2015 | | | |
|---|--|--|----------------|
| Nivel de estudio | Institutos Tecnológicos Federales | Institutos Tecnológicos Descentralizados | Total |
| Técnico Superior Universitario | 102 | 179 | 281 |
| Licenciatura | 305,318 | 211,191 | 516,509 |
| Posgrado | 3,690 | 625 | 4,315 |
| Total | 309,110 | 211,995 | 521,105 |
| INSTITUCIONES QUE CONFORMAN EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO | | | |
| Institutos Tecnológicos Federales y Centros | Institutos Tecnológicos Descentralizados | | Total |
| Institutos Tecnológicos | Centros | | |
| 126 | 6 | 134 | 266 |

La inteligencia de negocios puede ser definida como una filosofía que incluye estrategias, procesos, aplicaciones, datos, productos, tecnologías y arquitecturas tecnológicas utilizadas para soportar la recolección, análisis y presentación de información del negocio [Dedic & Stainer, 2016].

El objetivo de implementar una tecnología de información y comunicación permitirá obtener reportes en tiempo real que enfocarán el trabajo colegiado de las entidades responsables del proceso en el análisis de resultados más que en la recolección, síntesis y presentación de datos.

El objetivo es el obtener ventaja del análisis de datos o también se denomina análisis descriptivo, ya que describe un estado pasado o actual, y delimita en una manera para que las áreas examinen los datos para entender las tendencias y obtener ideas. Las organizaciones hoy en día pueden elegir entre una sólida lista

de proveedores que ofrecen herramientas de BI. Según identifica a cerca de dos docenas de proveedores de BI y analíticos en su informe del cuadrante mágico 2017, con Microsoft, Glik y Tableau como líderes. Otros proveedores de herramientas de BI incluyen información, Builders, Sisense y Zoomdata. La mayor parte de estas herramientas poseen un costo, por lo que al identificar algunas alternativas se encontró a Pentaho como una opción que oferta un trial de 30 días suficiente para elaborar un proceso de evaluación. Contener las ventajas de la BI, se utilizará como software de prueba para este ejercicio.

Pentaho entonces es una herramienta de BI desarrollada por Hitachi Vantara y que proporciona una suite o conjunto de programas orientados hacia el procesamiento, minería de datos, graficación y reporte, con tipo de código *open source*.

2. Metodología

Para el uso de una tecnología de información se aplicará el conocimiento en el área de inteligencia de negocios o Business Intelligence (BI), que es una herramienta de gestión, y transformación de datos en inteligencia accionable que fungirá como apoyo a la toma de decisiones estratégicas y tácticas de una organización. Se tomará entonces nuestro servidor Pentaho, que ofrece facilidades en la compatibilidad de base de datos con las institucionales como se muestra en la figura 1. La descarga se realiza del sitio oficial de Pentaho que ofrece un trial de 30 días sin registrarse, posteriormente se requerirá el pago de una licencia para poder acceder al servidor, cabe señalar que, para entornos en producción, sí se requiere un licenciamiento.

- 8 Gb memoria RAM
- Procesador 64 bits
- 20 Gb libres posterior a la instalación
- Sistema operativo Linux, Windows o Mac de 64 bits

Adicionalmente es importante verificar el estatus de los puertos en servidores que ya posean la instalación de otro servicio http, ya que ocupará un puerto para la

interfaz web, la fase de configuración del servidor (figura 1) nos permitirá enlazar las vistas y consultas previamente obtenidas de la base de datos para la elaboración de los reportes.

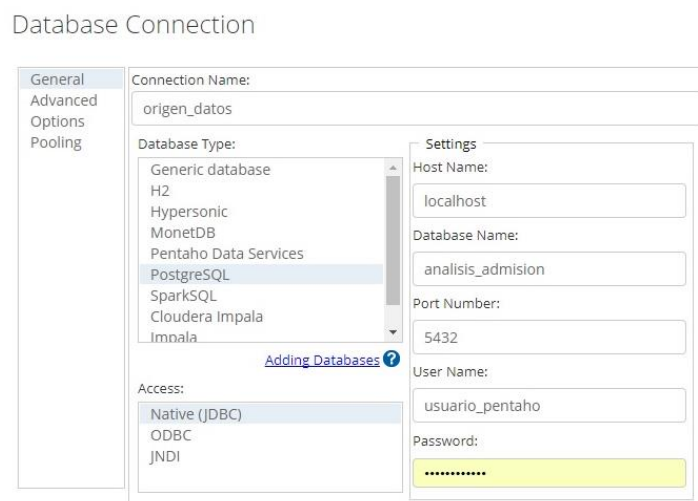


Figura 1 Configuración inicial de Pentaho.

Una vez concluida la instalación y configuración del servicio, se identifican las áreas de oportunidad que pueden ser impactadas por los resultados del proyecto, y con el propósito de integrar un resultado tangible y visual, el formato de los reportes, tanto como su contenido, datos y presentación, de esta manera, se considera estar en condiciones para definir con las entidades cliente, en este caso las áreas académicas cuál será, la clasificación y confidencialidad de los informes. De acuerdo a los parámetros definidos por el área académica se propone un primer resultado sujeto al análisis y validación de resultados, para ésta etapa que será posterior al resultado de esta investigación se desarrollará un trabajo colegiado de especialistas en ámbitos académicos, y que el resultado, al ser enfocado a la toma de decisiones, coadyuvará como herramienta de apoyo, para implementar acciones o políticas en base a estrategias, con una etapa de retroalimentación posterior donde pudiera aplicarse mejoras considerando nuevas áreas de oportunidad identificadas en el ejercicio.

Definiendo entonces que se busca obtener información que pueda ser clave en el apoyo a la toma de decisiones de las entidades responsables del proceso, tutores,

coordinadores de carrera y psicólogos, se iniciará definiendo que información es la que se posee para el procedimiento:

- El registro de datos de aspirantes.
- El registro de la escuela de procedencia, con ubicación geográfica y promedio de egreso.
- La encuesta de contexto que recolecta Ceneval.
- El cuestionario de los 16 factores de personalidad.
- Los exámenes de exploración de conocimientos.

En la conclusión del procedimiento de admisión y que se determina por parte de las autoridades institucionales, este registro de datos se encuentra definido en base de datos ubicada en los servidores institucionales, es importante señalar que esta información que es sensible por el manejo de datos personales, deberá ser resguardada y utilizada únicamente para los fines que se indican en el proceso, por tal motivo, en el sistema integral de información el estudiante es quien faculta al tutor, docente o coordinador, si comparte o no esta información, por tal motivo el universo de datos con el que se cuenta será el de aquellos estudiantes que proporcionen la autorización de tener acceso a sus datos. Para el proceso de admisión 2017 se tuvieron aproximadamente 2260 aspirantes, quienes presentaron los exámenes y entrevistas requeridas por el proceso correspondiente, la información resultante fue procesada por los sistemas institucionales y publicada oficialmente a los candidatos, de este número de aspirantes tomaremos un muestreo valido. Se obtendrá una consulta de base de datos para obtener los datos sobre las escuelas de procedencia, examen de exploración de ciencias básicas, examen de 16 factores de personalidad y encuesta de contexto de Ceneval.

El departamento de desarrollo académico ha requerido constantemente el procesamiento de la información de entrevistas y evaluaciones diagnosticas con el fin de proporcionar el seguimiento tutorial correspondiente, este primer ejercicio será enfocado en satisfacer esta demanda y entregar los resultados correspondientes al área de atención psicopedagógica departamental, ya

quedando a resguardo de este organismo el resultado detallado del presente trabajo. Como muestra de información obtenida en esta etapa metodológica la consulta de datos tiene un formato similar a lo que se presenta a continuación:

Escuelas de procedencia

Se aplica una proyección utilizando una consulta SQL a la base de datos aplicando inner join a las entidades de preficha, procedencia, municipios, esta proyección nos permite identificar qué porcentaje de hombres, mujeres, con que promedio, frecuencia y ubicación son candidatos o aspirantes a ingresar a la institución. Aquí se detectan las áreas de oportunidad siguientes:

- Procedencia de hombres y mujeres de los municipios y sus promedios de egreso.
- Instituciones con los más altos promedios (reclutamiento y seguimiento en bachillerato).
- Instituciones con programas de apoyo para becas o convenio de pase directo.
- Instituciones con los índices y promedios más bajos para estrategias de fortalecimiento (alumnos candidatos a ser identificados en el primer semestre).

Encuesta de 16 factores de personalidad

Se aplicará una proyección similar enlazando la preficha con la encuesta, en este caso existen estudiantes que por alguna razón no presentaron dicho cuestionario, y también podremos identificarlos, para elaborar esta proyección aplicaremos un *left join* entre el registro de prefichas, y el cuestionario de actitudes, tabla 2: el cuestionario de los 16 factores de personalidad de Catell se aplica como instrumento de apoyo a la evaluación de los candidatos, durante la entrevista de ingreso a la institución, con esta proyección se detectan áreas de oportunidad como:

- Elaboración de perfiles asociados a la transición de aspirante a estudiante del instituto.

- Patrones de conducta de aspirantes asociados a su desempeño escolar.

Tabla 2 Proyección que recupera la procedencia de los aspirantes.

| ESTADO | LOCALIDAD | PREFICHA | FECHA NACIMIENTO | POBLACION | PROMEDIO BACH | SEXO |
|------------|-------------------------------|----------|------------------|-------------------------------|---------------|------|
| GUANAJUATO | SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS | P1603X | 26/01/1998 | SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS | 10 | F |
| GUANAJUATO | CELAYA | P1603X | 18/10/1997 | CELAYA | 8 | M |
| GUANAJUATO | CELAYA | P1603X | 09/02/1998 | CELAYA | 8 | F |
| GUANAJUATO | CELAYA | P1603X | 07/05/1998 | CELAYA | 9 | M |

Proyección asociada al perfil

Se emitirá utilizando una vista una proyección asociada al perfil que devuelve Ceneval, junto con los resultados detallados de cada estudiante, en éste caso se opta por la implementación de una vista que permite la asociación de tuplas elaboradas a partir de múltiples entidades o tablas de la base de datos, y con estas tuplas implementar en las vistas de presentación de los datos, filtros que pueden ser por especialidad, por estatus entre otros, y que estos sean configurados directamente en el objeto de consulta, al realizar la vista se vería aproximadamente como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Proyección para recuperar la prueba de 16 factores de personalidad.

| FICHA | LUGAR | ESPECIALIDAD | PROMEDIO | ACEPTADO | RESPUESTAS FACTORES |
|---------|-------|--------------|----------|----------|---------------------|
| F160224 | 48 | | 70 | SI | AAAACAAACAAAACC... |
| F160223 | 86 | | 30.5 | NO | AACAABCACAAAACCC... |
| F160222 | 32 | | 68.5 | SI | AAABABCCCAAACCC... |
| F160221 | 223 | | 23.5 | NO | AAABCBABBBAAAAAB... |

Cabe señalar que se detectan las áreas de oportunidad referentes a la relación entre las posibilidades de una discapacidad física, económica, familiar influyen en el desempeño escolar de los aspirantes y su evolución a estudiantes:

- Relación entre situación socioeconómica y niveles de deserción.
- Impacto de becas y apoyos previos en desempeño económico.
- Instituciones educativas y el nivel socioeconómico de aspirantes.

3. Resultados

La implementación de la herramienta permite la administración de las múltiples aplicaciones que contiene, en este trabajo se aplicó la herramienta de reporte, que viene incluida en la suite de prueba. la herramienta permite el diseño gráfico de la unidad de reporte una vez que se ha configurado el origen de datos y que se ha recuperado la consulta, es pertinente indicar que puede ser un origen de base de datos, o archivos separados por comas, para este ejercicio se trabajó con las proyecciones citadas en la metodología y con vistas, como se muestra en la figura 2, Algunos de los resultados, que no se encuentran clasificados fueron los siguientes:

- Reporte por procedencia, género, promedio, indicando que promedio poseen los estudiantes de determinados lugares de procedencia por género como se presentó en la tabla 3.
- Ciudad de Procedencia con mayor cantidad de aspirantes: Celaya (50%), Cortázar (17%), Apaseo el Alto (15%), Apaseo el Grande (14%).
- Nivel socioeconómico predominante en el instituto: Medio-Bajo (50%).
- Porcentaje de estudiantes que preferían estudiar otra carrera que a la que fueron admitidos (25%).
- Se genera un informe gráfico para los factores de personalidad.

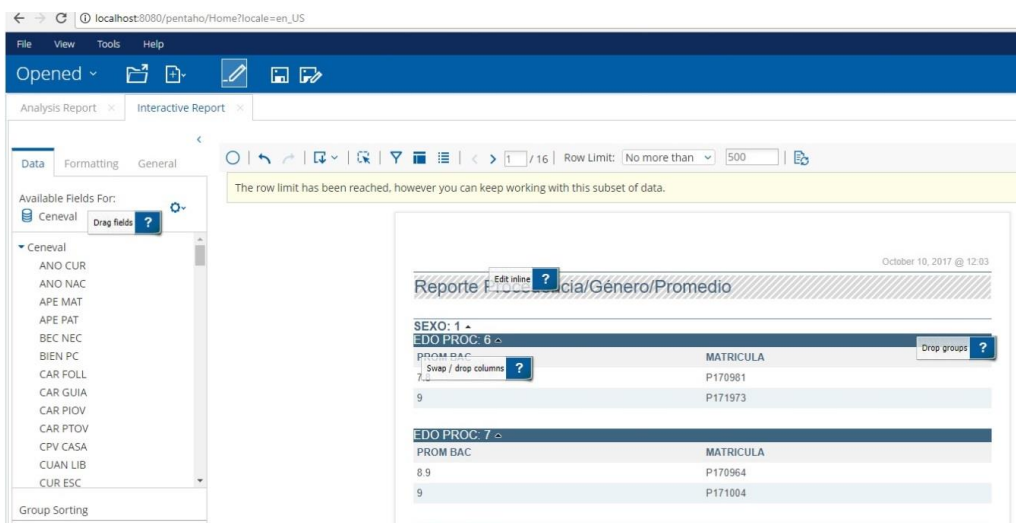


Figura 2 Configurando el reporte dado el origen de datos a partir de una vista.

Dentro de la información clasificada o reservada se obtuvieron reportes sensibles como:

- Afectación de discapacidad en base a desempeño escolar.
- Impacto del entorno familiar en el desempeño escolar.
- Instituciones públicas y privadas de procedencia con el mayor índice de nuevo ingreso, deserción y promedios.
- Clasificación de los resultados de contexto y actitudes por especialidad, este con el fin de elaborar el perfil del estudiante con respecto a la carrera que cursa, tabla 4.

Tabla 4 Fragmento de la vista con datos de la encuesta de contexto.

| FICHA | ESCUELA_PROCEDENCIA | DSCSPECIALIDAD | ENTI_N AC | IMP_C AM | IMP_E CU | IMP_V ER | IMP_C ON | IMP_P AN | IMP_P CA |
|-------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| F172X XX | BACHILLERATO MANUEL CONCHA | INGENIERÍA EN GESTIÓN | GTO | NO | NO | NO | SI | NO | SI |

Por citar algunos ejemplos del compendio de resultados que se tienen, el área académica de primera instancia considera asistirse del informe de la relación existente entre el promedio de bachillerato con el promedio obtenido en los exámenes de admisión, clasificándose por escuela, localidad, tipo de escuela, y carreras, esta estrategia identifica puntos importantes como la escuela de procedencia con el mayor número de ingresos, promedios (figura 3) y correspondencia entre su promedio de egreso y su promedio en el ITCelaya, los subsistemas escolares (estatal, federal, privado) agrupados por resultados con el fin de obtener la correspondencia entre carreras cursadas/solicitadas y el desempeño escolar en estas, identificando la compatibilidad entre estudios previos y posteriores en base a la especialidad, al final éste informe identifica plenamente las instituciones que perdurarán su convenio de pase directo y si éste es viable de manera parcial o total en especialidades cursadas-solicitadas.

En otro aspecto se considera un informe basado en la información del financiamiento o apoyo que los aspirantes reciben o recibieron en sus escuelas de procedencia, que al igual que el anterior ejemplo permite identificar y cuantificar la

cantidad de alumnos que reciben algún apoyo, por alguna circunstancia académica, capacidad diferente, estatal, federal, crear un punto inicial de identificación y seguimiento en otorgamiento de becas en el ITCelaya, el objetivo entonces es identificar a los alumnos que han tenido apoyo económico, su estatus y tomar decisiones sobre éste ámbito durante su estadía en el ITCelaya.

Reporte Promedio/Procedencia/Género

SEXO: 1

EDO PROC: 6

| PROM BAC | MATRICULA |
|----------|-----------|
| 7.8 | P170981 |
| 9 | P171973 |

EDO PROC: 7

| PROM BAC | MATRICULA |
|----------|-----------|
| 8.9 | P170964 |
| 9 | P171004 |

EDO PROC: 9

| PROM BAC | MATRICULA |
|----------|-----------|
| 7.5 | P172636 |
| 8 | P172109 |
| 8 | P172827 |
| 8.3 | P171572 |
| 8.6 | P171038 |

Figura 3 Ejemplo de un reporte exportado a PDF.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en la investigación determinan una colección de datos que deberán ser sujetos a análisis y validación de las áreas correspondientes, el presente trabajo ha recibido como insumo la información real de los procesos de admisión vigentes en el ITCelaya, con éste resultado se han logrado implementar reportes para los tutores, como la encuesta de contexto y el reporte gráfico de 16 factores de personalidad, la ayuda brindada por la herramienta de reportes ha permitido dilucidar cuáles campos y datos son los más importantes para los tutores y entrevistadores para ser mostrados en las vistas y reportes correspondientes.

Dados los volúmenes de información la herramienta permite procesar en tiempo real y a través de un sistema de información los datos, enfocando los trabajos de las áreas correspondientes a la evaluación propia de los resultados, el impacto de

esta información es tangible en la elaboración de un perfil del estudiante dentro de una plataforma, que servirá como apoyo para el acompañamiento tutorial y la implementación de estrategias propias de las actividades pedagógicas.

Es importante señalar que para futuros procesos se seguirá elaborando un análisis de las tendencias y así poder identificar nuevas áreas de oportunidad, fortalezas y debilidades del proceso actual en base a objetivos concretos institucionales.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Dedic, N. & Stanier, C. (2016). *Towards Differentiating Business Intelligence, Big Data, Data Analytics and Knowledge Discovery*. United Kingdom: Staffordshire University.
- [2] Douglas Laney. (2017). *Infonomics: How to Monetize, Manage, and Measure Information as an Asset for Competitive Advantage*. USA: Routledge.
- [3] SEP. (2017). TecNM: <http://www.ses.sep.gob.mx/instituciones.html>.
- [4] Pentaho. (2017). Pentaho: <http://www.pentaho.com/> [10 Oct. 2017].
- [5] Presidencia de la República. (2015). *Tercer Informe de Gobierno*, Lic. Enrique Peña Nieto. México D.F.: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

ENSEÑANZA DE UNA ESTRUCTURA DE DATOS UTILIZANDO UN OBJETO DE APRENDIZAJE PARA ESTUDIANTES QUE APRENDEN CON ESTILO KINESTÉSICO

Ana Patricia Cervantes Márquez

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
cervantes.patty@gmail.com

Rafael de la Rosa Flores

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
rafa.elo31@gmail.com

Misael Limón Martínez

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
limon.martinez.misael@gmail.com

Meliza Contreras González

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
vikax68@gmail.com

Mireya Tovar Vidal

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
mireyatoivar@gmail.com

Resumen

Con el avance de las tecnologías de la información y la comunicación, el proceso de enseñanza-aprendizaje ha evolucionado. Para esto, se han desarrollado herramientas de apoyo, las cuales facilitan el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Una de estas herramientas se llama Objeto de Aprendizaje, OA. En este artículo se propone un objeto de aprendizaje interactivo, que sirve de apoyo para aquellas personas o estudiantes que deseen aprender o reafirmar su

conocimiento acerca del funcionamiento de la estructura de datos llamada cola circular. Para la parte del diseño del OA, se especifica la competencia a desarrollar, así como los recursos que se deben de utilizar ya que se toman los 3 perfiles de aprendizaje del modelo VAK (visual, auditivo y kinestésico). Para la implementación del OA se utilizan las herramientas: Unity, ExaLearning y Kinect, ésta última herramienta es la que permite que el OA sea interactivo. Los resultados obtenidos del proceso de prueba del OA muestran que más del 90% de los estudiantes logro asimilar el funcionamiento de la estructura de datos cola circular. Aunque es una prueba con una muestra pequeña y con características específicas de los estudiantes, ya que deben de cumplir ciertos requisitos para el uso del OA propuesto, los resultados son alentadores para continuar el trabajo en esta línea.

Palabra(s) Clave: Cola circular, Estilos de aprendizaje, Estructuras de datos, Kinect, Objetos de aprendizaje.

Abstract

With the advancement of information and communication technologies, the teaching-learning process has evolved. For this, support tools have been developed, which facilitate the learning process of the students. One of these tools is called Learning Object, LO. This article proposes an interactive LO, which serves as a support for those people or students who wish to learn or reaffirm their knowledge about the operation of the data structure called circular queue. For the design part of the LO, the competence to be developed is specified, as well as the resources that must be used since the 3 learning profiles of the VAK model (visual, auditory and kinesthetic) are taken. For the implementation of the LO the tools are used: Unity, ExaLearning and Kinect, this last tool is what allows the LO to be interactive. The results obtained from the LO test process show that more than 90% of the students managed to assimilate the operation of the circular queue data structure. Although it is a test with a small sample and with specific characteristics of the students, since they must meet certain prerequisites for the use of the proposed LO, the results are encouraging to continue the work in this line.

Keywords: *Circular queue, Data structures, Kinect, Learning objects, Learning styles.*

1. Introducción

Las estructuras de datos son un tema de importancia para los estudiantes que cursan algún plan de estudios del área de la computación. Las estructuras de datos se refieren a un conjunto de técnicas que aumentan considerablemente la productividad del programa, reduciendo en elevado grado, el tiempo requerido para escribir, verificar, depurar y mantener los programas. El término estructura de datos hace referencia a un conjunto de datos, que por medio de un nombre identifican un espacio en memoria y cuyas características principales son su organización lógica y física dentro de una computadora, permitiendo realizar un conjunto de operaciones definidas sobre ellas [Luna, 2012]. Entre las estructuras de datos existentes se encuentran: Pilas, Colas Lineales, Colas Circulares, Listas. En la práctica, las colas se utilizan en sistemas informáticos e investigaciones donde los objetos, personas o eventos son tomados como datos que se almacenan y se guardan mediante colas para su posterior procesamiento.

Actualmente existen herramientas para el estudio de las estructuras de datos, pero no se ha considerado el uso de interfaces naturales que facilitarían el aprendizaje de aquellos alumnos cuyo aprendizaje se basa en perfil kinestésico. Las herramientas existentes consisten en tutoriales y vídeos para alumnos con perfil de aprendizaje auditivo y visual. Es por esta razón que en este trabajo tiene por objetivo implementar un OA de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estructura de datos llamada cola circular, así como integrar actividades para los estilos de aprendizaje auditivo, visual y de manera particular para el estilo kinestésico. Esto se lleva a cabo a través del uso de la tecnología Kinect y de la plataforma Unity.

Aprendizaje y estilos de aprendizaje

El aprendizaje se refiere a una actividad que inicia o sufre una transformación, se le llama así, a todo cambio de conducta como resultado de una experiencia, por

la cual el sujeto afronta las situaciones posteriores de modo distinto a como lo hacía antes. Los elementos principales que actúan son: el capacitando, el contenido (lo que va a aprender) y el guía (el instructor o medio que se va a utilizar) [Arriola y cols., 2007]. Para facilitar este aprendizaje, se han creado técnicas de enseñanza, éstas son entendidas como una sucesión ordenada de acciones que se dirigen a un fin concreto, conocido y que conduce a unos resultados precisos con características algorítmicas, en este caso educativas.

Generalmente las personas piensan de manera distinta, captan la información, la procesan, la almacenan y la recuperan de forma diferente. Se ha buscado un enfoque sobre cómo es que los seres humanos aprenden, llegando así a señalarse que no solo existe una forma de aprender, sino que cada persona tiene un estilo particular de aprender [Cisneros, 2004].

El término "estilos de aprendizaje" surge hace más de cuarenta años en el ámbito educativo y se presenta como un concepto para reconocer las diferencias individuales de aprendizaje de los estudiantes. Los estilos de aprendizaje son los modos característicos por los que un individuo procesa la información, siente y se comporta en las situaciones de aprendizaje, y que dependerá de las experiencias y el contexto en el que se relacione la persona. Existen variadas investigaciones sobre los estilos de aprendizaje. De manera particular Dunn [1993] establece una clasificación basada en tres elementos que denominaron canales de percepción: visual, auditivo y kinestésico (VAK).

Las características de estos tres estilos se muestran en la tabla 1 [Gamboa, 2015].

Objetos de Aprendizaje

Los recursos que los avances tecnológicos brindan han devenido en nuevas maneras de adquirir y transferir el conocimiento. Los objetos de aprendizaje presentes desde 1992 con Wayne Hodgins [Martínez, 2000] han ido evolucionando de tal forma que en la actualidad se buscan incrementar y mejorar la efectividad en la que el humano aprende [Hodgins, 2002].

Los objetos de aprendizaje han sido definidos de muchas formas, por ejemplo, en [Martínez, 2000] se definen como: cualquier recurso digital que puede ser usado

como soporte para el aprendizaje. Por su parte la IEEE, enfocándolos a un mundo tecnológico los define como: una entidad, digital o no digital, que puede ser usada y rehusada o referenciada durante cualquier actividad de instrucción mediada por tecnología. Ejemplos de Objetos de Aprendizaje incluyen una lección, un simple archivo JPEG, contenidos multimedia, un video, simulaciones, cuadros digitales, animaciones [Hodgins, 2002]. Debido a esta flexibilidad, a la hora de realizar un objeto de aprendizaje se puede llegar a obtener un nivel de interactividad entre usuario-objeto que beneficie la obtención del conocimiento y así, poder aplicarlo a diferentes temas.

Tabla 1 Características de los canales de percepción.

| <i>Canales de percepción</i> | <i>Características</i> |
|------------------------------|---|
| Visual | Es un observador de detalles y cuando habla mantiene su cuerpo más bien quieto, pero mueve mucho las manos. Cuida de su aspecto y tiene, en general, buena ortografía. Memoriza cosas mediante la utilización de imágenes y se puede concentrar en algo específico aún con la presencia de ruidos. Prefiere leer a escuchar. Aprende y recuerda mirando. Aprende realizando esquemas, resúmenes, imágenes en general. |
| Auditiva | Se le dificulta la concentración si hay ruidos o sonidos ajenos. Al momento de aprender, lo hace dialogando u oyendo, interna o externamente. Reflexiona, prueba alternativas verbales y usa la retórica. |
| Kinestésica | Este tipo de personas expresa mucho corporalmente. Es bueno (a) en laboratorios o experiencias prácticas en general. Si está estudiando o en un proceso de aprendizaje, lo hace manipulando, experimentando, haciendo y sintiendo. Necesita un abordaje funcional y/o vivencial. |

Fuente: [Gamboa, 2015].

Diseño Instruccional

Para poder desarrollar un OA o cualquier otro recurso que requiera el uso de un entorno virtual es necesario definir un diseño instruccional que se ocupa de la planeación, la preparación y el diseño de los recursos y ambientes necesarios para que se lleve a cabo el aprendizaje [Williams, 2017].

Existen muchos modelos de procesos de diseño instruccional, pero la mayoría contienen los elementos básicos conocidos en inglés como ADDIE, un acrónimo de los pasos clave: *Analysis* (análisis), *Design* (diseño), *Development* (desarrollo), *Implementation* (implementación) y *Evaluation* (evaluación). Estos pasos pueden seguirse secuencialmente, o pueden ser utilizados de manera ascendente y simultánea a la vez [Moya, 2015].

Interfaces Naturales

Las formas en que las personas interactúan con los dispositivos y sistemas computacionales han evolucionado significativamente a través de los años, de manera que los teclados, pantallas e impresoras que prevalecieron durante algún tiempo se complementan ahora con reconocimiento de voz y gestos sobre superficies interactivas, con el uso de cámaras y sensores que registran movimientos corporales [González, 2015].

En presente trabajo se hace uso de interfaces naturales, las cuales permiten al usuario interactuar con la computadora de una forma sencilla y natural, sin la necesidad de un aprendizaje complejo o especializado. Estas interfaces llevan a cabo la comunicación de manera natural para el ser humano, captando la información en tiempo real logrando una interacción corporal de manera directa. Para ello, se hace uso de un Kinect, el cual es un dispositivo interactivo y que gracias a los componentes que lo integran: sensor de profundidad, cámara RGB, micrófonos y sensor de infrarrojos (emisor y receptor), es capaz de capturar el esqueleto humano, reconocerlo y capturar sus movimientos.

2. Metodología

Para el desarrollo del OA propuesto se siguen los pasos del Modelo ADDIE, que es un proceso de diseño instruccional interactivo con las fases: Análisis, Diseño, Implementación y Evaluación.

Análisis

En la parte de análisis se define el tipo de alumnado al que está dirigido el OA, el contenido, las limitaciones del OA, el perfil del estudiante y el entorno:

- Posibles limitaciones: El simulador requiere un equipo de cómputo de 64bits y necesita tener preinstalado el SDK del Kinect y una versión de Windows 7 o superior.
- Perfil de los usuarios: Este objeto está dirigido a usuarios con conocimientos de metodología de la programación y programación en algún lenguaje ya sea procedural u orientado a objetos.

- Habilidades, preferencias y actitudes de los usuarios a quienes irá dirigido el OA: Conocimientos de programación, gusto por las estructuras de datos, capacidad alta de abstracción.
- Conocimientos previos que requiere el usuario: Nivel medio de programación en algún lenguaje procedural u orientado a objetos.
- Nivel de estudios del usuario: Desde segundo cuatrimestre de licenciatura, ingeniería en ciencias de la computación o equivalente.
- Necesidades formativas del usuario: Conceptos básicos de estructuras de datos.
- Ámbitos de interés: Estructuras de datos.

Diseño

En esta etapa se trabaja con la secuencia del OA, organización del contenido, definición de objetivos de aprendizaje, preguntas generadoras, competencias y recursos:

- Nombre del Objeto de Aprendizaje: Cola circular.
- Objetivo de aprendizaje: Comprender el funcionamiento de una cola circular.
- Preguntas generadoras: ¿Qué es una cola circular? ¿Cuál es su funcionamiento? ¿Cómo se usan en la vida diaria? Tema: Cola.
- Subtema: Cola circular.
- Competencia: El alumno identifica los distintos tipos de colas.
- Competencia del subtema: El alumno reconoce una cola circular.
- Recursos educativos a utilizar: Videos, imágenes, texto, software para simulación. Para los visuales y auditivos un video explicando cómo funciona una cola circular. Para los kinestésicos una simulación de la cola circular en interface natural (Kinect).
- Tecnologías: Software para edición de audio, video, imágenes y simuladores.

Implementación

La plataforma empleada es ExeLearning (figura 1), pues permite exportar el OA a una carpeta auto-contenida y a formatos de estándar educativo (SCORM).

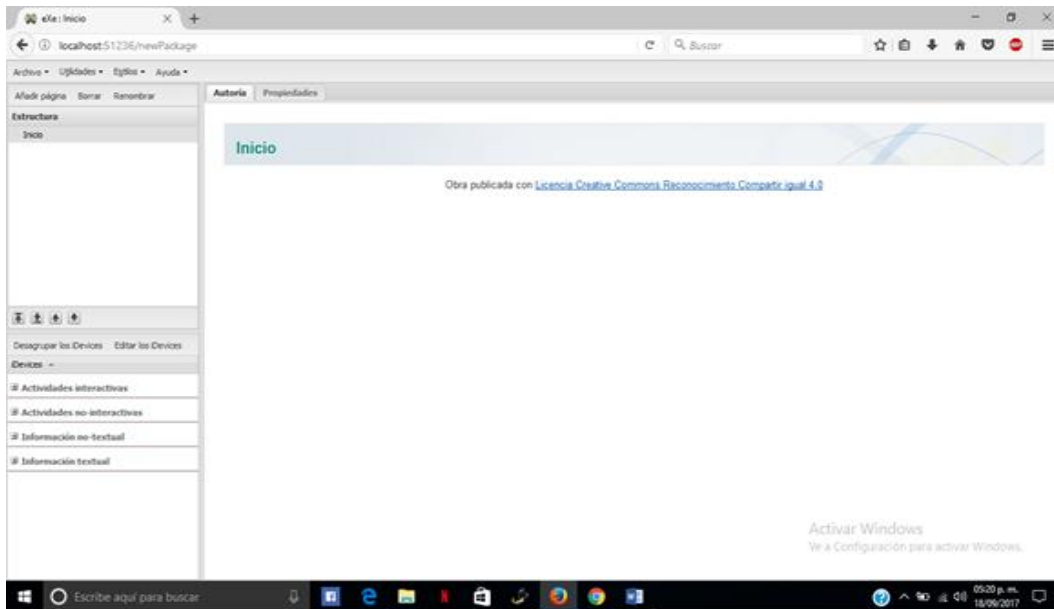


Figura 1 Plataforma ExeLearning.

Para la interfaz natural se emplea Unity, que es un software para la interacción sensorial por medio del Kinect. La implementación incluye la realización de las tres actividades de aprendizaje para proporcionar al estudiante el concepto de la estructura cola y sus usos, como se muestra en las figuras 2 y 3.

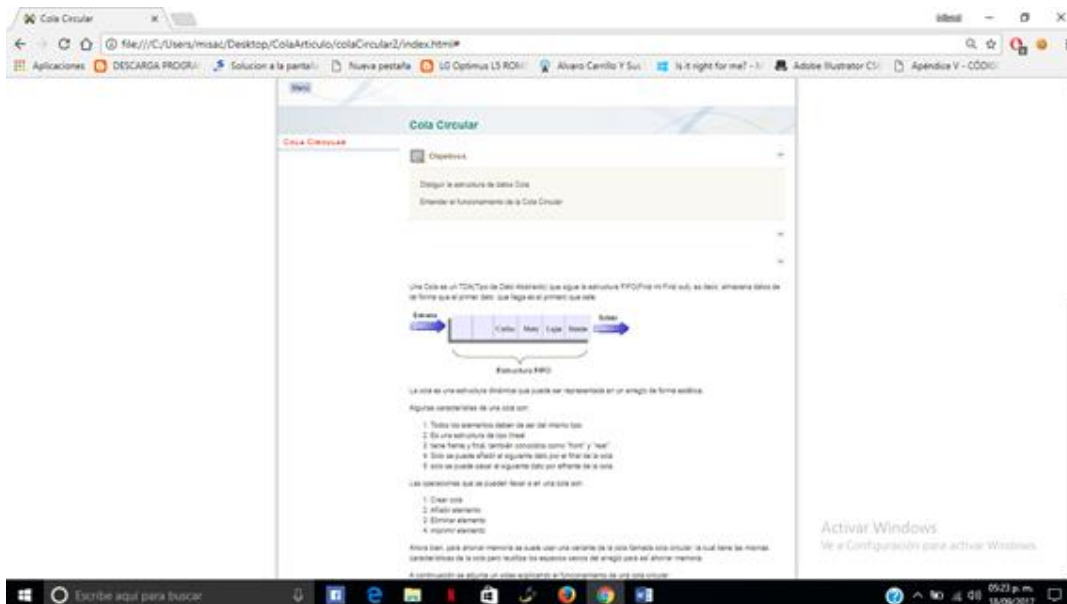


Figura 2 Actividad de lectura.

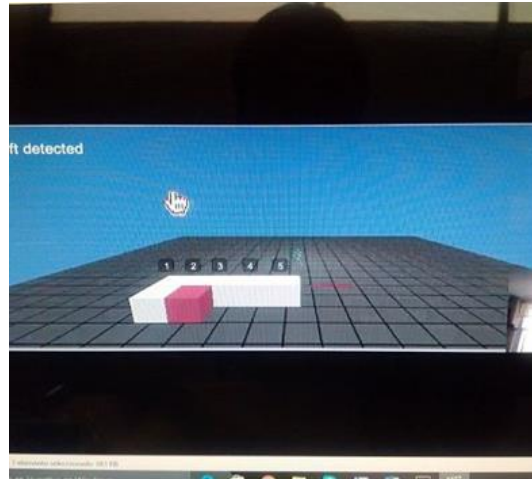


Figura 3 Inserción a la cola circular.

Con estos elementos, el sistema permite al usuario interactuar a través de un Kinect que es un dispositivo que proporciona al usuario el control y la interacción con la consola x-box (consola de juegos de Microsoft) sin necesidad de tener contacto físico, mediante una interfaz que reconoce voz, movimiento e imágenes, este dispositivo se muestra en la figura 4.

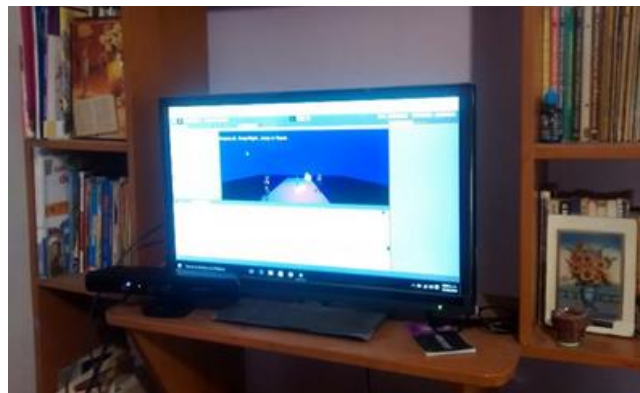


Figura 4 Sistema en marcha.

Se usan Scripts de C# debido a que la mayoría de los desarrollos de Unity están hechos en este lenguaje de programación. El proceso de configuración del Kinect con Unity es complejo si se realiza por primera vez, pero genera grandes beneficios al usuario final ya sólo basta realizar el guion de los movimientos sobre los cuáles el dispositivo emitirá a partir de sus sensores una acción específica

logrando la experiencia de senso-percepción requerida para facilitar el proceso de aprendizaje. El diseño de las interfaces y modelado en 3D para la realizar los avatares, la configuración de movimientos y las figuras geométricas con las que se trabaja se realiza en Unity.

Evaluación

Se definen preguntas destinadas a obtener respuestas claves para determinar si el alumno logró llegar a los objetivos previamente planteados. Las preguntas se muestran a continuación:

- Pregunta 1: ¿La cola circular sigue el esquema first in first out? Verdadero-Falso.
- Pregunta 2 ¿La cola circular permite usar los espacios que quedan libres? Verdadero-Falso.
- Pregunta 3 ¿La cola circular es un ejemplo de estructura de datos lineal? Verdadero-Falso.
- Pregunta 4 ¿En una cola circular es necesario saber el índice dónde se encuentra el "Front" y el "rear"? Verdadero-Falso.
- Pregunta 5 ¿El principio y el final de una cola circular son adyacentes? Verdadero-Falso.

3. Resultados

Para el proceso de aplicación de la herramienta se toma una muestra de 45 alumnos inscritos en un curso de programación 1, el cuál fue elegido al azar. A los estudiantes se les aplica el cuestionario que se muestra en la tabla 2 [Reid, 1987] para determinar su estilo de aprendizaje.

Después de la aplicación y evaluación del cuestionario se obtienen tres grupos conformados de la siguiente manera: 14 alumnos con estilo de aprendizaje visual, 13 alumnos con perfil auditivo y 19 alumnos con perfil kinestésico. De estos grupos se seleccionan al azar 7 alumnos de estilo de aprendizaje auditivo, 7 de estilo visual y 7 de estilo kinestésico. A ellos se les solicita que utilicen el OA propuesto para aplicarles la actividad de evaluación. De los 21 estudiantes

evaluados, el 90.4% alcanzo el objetivo planteado en esta propuesta, los resultados se muestran en la figura 5.

Tabla 2 Extracto del cuestionario aplicado a los estudiantes.

| | TA | A | I | D | TD |
|--|----|---|---|---|----|
| 1. Cuando el maestro me dice las instrucciones, las entiendo mejor. | | | | | |
| 2. Prefiero aprender haciendo algo en clase. | | | | | |
| 3. Tengo más trabajo terminado cuando trabajo con otros. | | | | | |
| 4. Aprendo más cuando estudio con un grupo. | | | | | |
| 5. En clase, aprendo mejor cuando trabajo con otros. | | | | | |
| 6. Aprendo mejor leyendo lo que el maestro escribe en la pizarra. | | | | | |
| 7. Cuando alguien me dice cómo hacer algo en clase, lo aprendo mejor. | | | | | |
| 8. Cuando hago cosas en clase, aprendo mejor. | | | | | |
| 9. Recuerdo cosas que escuché en clase mejor que las cosas que he leído. | | | | | |
| 10. Cuando leo las instrucciones, las recuerdo mejor. | | | | | |
| 11. Aprendo más cuando puedo hacer un modelo de algo. | | | | | |
| 12. Entiendo mejor cuando leo las instrucciones. | | | | | |
| 13. Cuando estudio solo, recuerdo las cosas mejor. | | | | | |
| 14. Aprendo más cuando hago algo para un proyecto de clase. | | | | | |
| 15. Disfruto aprendiendo en clase haciendo experimentos. | | | | | |

Fuente: [Reid, 1987]

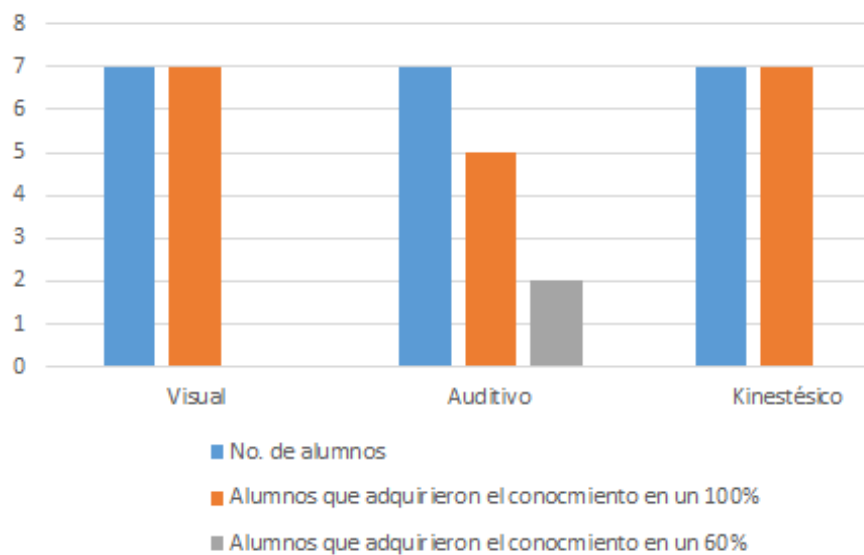


Figura 5 Resultados de la prueba OA.

El OA interactivo propuesto favorece la experiencia sensorial en el aprendizaje de las estructuras de datos considerando acciones en lugar de sólo contar con la definición de los conceptos y elaboración de ejercicios. El estudiante aprende por medio de imágenes, sonidos y con base a sus movimientos y los asocia con funciones específicas de la estructura de datos, lo que fortalece el aprendizaje logrando un vínculo mucho mayor con la memoria de largo plazo.

Por otro lado, el emplear tecnologías como Unity y Kinect en la planeación didáctica para la generación de objetos de aprendizaje procedimentales motiva a los docentes a migrar a estas tecnologías para mejorar el desempeño de los estudiantes y facilitar a los docentes el diseño, dado que se realizarían las guías didácticas y se tendría un repositorio de objetos de aprendizaje que se pueden emplear las veces que sean necesarias.

4. Discusión

Para el estudio y aprendizaje de estructuras de datos existen múltiples herramientas visuales y auditivas, como son tutoriales, vídeos, textos, imágenes, presentaciones, notas de curso, entre otros, que, si bien cumplen con su cometido, pueden no haber sido diseñadas específicamente para los tres tipos de estilos de aprendizaje del modelo VAK.

En este trabajo se presenta un OA para la enseñanza de la estructura de datos denominada cola circular. Este objeto permite la adquisición del conocimiento a través de actividades que incluyen imagen, vídeo e interacción por medio del Kinect. El OA propuesto contribuye al proceso de enseñanza-aprendizaje para los estilos Visual, Auditivo y Kinestésico.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que este tipo de herramientas ayuda al proceso enseñanza-aprendizaje, motivo por el cual se propone desarrollar otros OA con actividades adecuadas a los estilos del Modelo VAK para que los estudiantes aprendan otras estructuras de datos. Además, este tipo de herramientas puede aplicarse a otras áreas, por ejemplo, circuitos eléctricos o diseño de procesadores donde el estudiante arrastre componentes a la placa base

y se verifique la conexión correcta. Configurando adecuadamente los movimientos y asociándolos a funciones específicas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Arriola, M., Sánchez, G., Romero, M., Ortega, R., Rodríguez, R., & Gastelú, A. (2007). *Desarrollo de competencias en el proceso de instrucción*. México: Editorial Trillas.
- [2] Cisneros, A. (2004). *Manual de estilos de aprendizaje*. México: EMISA.
- [3] Domingo, J., & Alonso, C. (2012). Los estilos de aprendizaje como una estrategia pedagógica del siglo XXI. *Revista Electrónica de Socioeconomía, Estadística e Informática*: <https://goo.gl/mycK6v>.
- [4] Dunn, R. S., & Dunn, K. J. (1993). *Teaching secondary students through their individual learning styles: Practical approaches for grades 7-12*. EEUU: Prentice Hall.
- [5] Gamboa Mora, M. C., Briceño Martínez, J. J., & Camacho González, J. P. (2015). Caracterización de estilos de aprendizaje y canales de percepción de estudiantes universitarios: <https://goo.gl/HW5vdL>.
- [6] González J., Muñoz J., et al. (2015). *La interacción Humano-Computadora en México*. México: Pearson.
- [7] Hodgins, H. W. (2002). The future of learning objects. *Proceedings of the 2002 eTEE Conference*: <https://goo.gl/aTj53i>.
- [8] Luna C. (2012). *Estructuras de Datos*. México: Red Tercer Milenio.
- [9] Martínez Naharro, S., Bonet Espinosa, P., Cáceres González, P., Fargueta Cerdá, F., & García Félix, E. (2000). Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración: <http://ceur-ws.org/Vol-318/Naharro.pdf>.
- [10] Monereo, C. (1999). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje: Formación del profesorado y aplicación en la escuela*. Barcelona, España: Editorial Grao.
- [11] Reid, J. M. (1987). The learning style preferences of ESL students. *TESOL Quarterly*, 21 (1), 87-111.

- [12] Moya F. (2015). *Modelo Estratégico para Buenas Prácticas del Diseño Instruccional de Contenidos E-learning enfocado en Organizaciones*. Chile: Universidad de Chile.
- [13] Santillana, S. A. (1983). *Diccionario de las ciencias de la educación* (Vol. 1). México: Diagonal Santillana.
- [14] Treviño, M. (2011). *Objetos de Aprendizaje. Guía metodológica para el diseño y evaluación de objetos de aprendizaje basados en individualización y personalización*. España: Comunicación Social.
- [15] Wiley, D. A. (2000). *Learning object design and sequencing theory* (Doctoral dissertation), Utah, E.U.A.; Brigham Young University.
- [16] Williams, P., Schrum, L., Sangrá, A., & Guardia, L. (2004). *Modelos de diseño instruccional*. España: Eureka Media.

QLIKVIEW, UN CASO PRÁCTICO PARA LA INTEROPERABILIDAD Y CONVERGENCIA ENTRE VARIOS SISTEMAS

Orlando Adrián Chan May

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
oacmay@hotmail.com

Jimmy Josue Peña Koo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
jimjpk@hotmail.com

Cinthia del Carmen Balam Almeida

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
cinthia_220880@hotmail.com

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo demostrar la conectividad entre dos sistemas de información que sirven como repositorios para una empresa, pero que se encuentran dispersos. El primero, consistió en un punto de venta desarrollado en SQL Server en el sistema Windows y; el segundo, fue para administrar una rentadora de videos, en MySQL Server sobre Ubuntu. Como primera etapa, se desarrollaron ambos sistemas tomando como base la metodología cascada. Seguidamente, se procedió a implementar la herramienta QlikView, mediante las etapas de definición de objetivos, análisis de aplicaciones actuales y, evaluación de la ejecución. Lo anterior, produjo resultados de la convergencia e interoperabilidad de los sistemas de información como una necesidad actual que demandan las empresas o cualquier organismo, resolviendo problemas de interconexión y homologación de información en un escenario actual. En otras palabras, se demostró la utilidad de QlikView como una plataforma de desarrollo y construcción de aplicaciones interactivas en el ambiente de inteligencia de

negocios para reducir impactos negativos como el manejo inconveniente de la información, tiempo de procesamiento y problemas de actualización. Por otro lado, se presenta como una alternativa para mejorar el proceso de administración de datos y ayudar en la correcta toma de decisiones.

Palabra(s) Clave: Conectividad, Fuentes de datos, Homologación, Interconexión.

Abstract

The objective of this work is to demonstrate the connectivity between two information systems that serve as repositories for a company, but that are dispersed. The first consisted of a point of sale developed in SQL Server on the Windows system and; the second was to manage a video rental, in MySQL Server on Ubuntu. As a first phase of development, both systems were developed with the waterfall methodology. Next, it was proceeded to implement the QlikView tool, through the stages of definition of objectives, analysis of current applications and evaluation of execution. The above, produced results of the convergence and interoperability of information systems as a current need demanded by companies or any organization, solving problems of interconnection and homologation of information in a current scenario. In other words, the usefulness of QlikView as a platform for developing and building interactive applications in the business intelligence environment as demonstrated to reduce negative impacts such as inconvenient handling of information, processing time and updating problems. On the other hand, it is presented as an alternative to improve the data management process and help in making correct decisions.

Keywords: *Connectivity, Data sources, Homologation, Interconnection.*

1. Introducción

El constante cambio que tienen las tecnologías de la información en relación a los datos que registra una empresa, el hardware, producto de la inversión constante y el cambio de paradigmas sobre la importancia que tiene la infraestructura de tecnología de Información, ha sido la columna vertebral de toda organización, sobre todo cuando la demanda de algún producto o servicio deriva

de la creación de nuevas instancias, incrementando tanto el capital humano como el equipo necesario. Según Soto y Cuervo [2009, p.129], "la finalidad que se persigue con ello es enfatizar los procesos de negocio para conseguir arquitecturas más ágiles y flexibles, adaptables a los continuos cambios que se producen en los mercados en los que las organizaciones desarrollan su negocio". De manera similar, Zapata, Toro y Marín [2011, p. 68], mencionan que "hoy en día, los sistemas de información se utilizan ampliamente al interior de las empresas para la gestión de la información, pero, usualmente, el desarrollo de estos sistemas y sus bases de datos se realizan de manera aislada, generando inconvenientes a la hora de intentar compartir los datos y las funciones entre ellas". Así, cuando el resultado de este crecimiento requiere de una conectividad y convergencia no de un solo sistema, sino de varios que interactúan entre sí, es donde el crecimiento se encuentra limitado al no poder detectar los puntos ciegos de control de la información, sobre todo cuando se tienen los datos actuales, pero estos no son debidamente representados con cantidades significativas.

Además, como señala Pérez [2014], a medida que las tecnologías de la información (TI) se introducen en la sociedad, se han establecido diversos estándares internacionales produciendo el fenómeno denominado Interoperabilidad, que es la habilidad de un sistema para intercambiar información con otros sistemas. También, como menciona Ramírez [2008], la tendencia a la convergencia hacia sistemas electrónicos y automatizados ya no es una novedad, en la actualidad se está viviendo una realidad global que abarca diferentes aspectos de la vida cotidiana. Desde la explosión de la televisión, la telefonía, las aplicaciones móviles y el internet se han venido originando sucesos en la historia de las telecomunicaciones que han marcado de una forma positiva los ámbitos en donde operan.

Es por lo mencionado con anterioridad, que la gestión de la información debe de llevarse de manera ordenada, tratando no solamente de presentar los datos adquiridos o la representación que estos puedan tener, sino "encontrar la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones, donde la información se encuentra dispersa en diferentes sitios, construyendo un modelo que brinde una línea de

acción conveniente, y evitando la duplicidad de los mismos" [Martín, 2015, p. 292], manteniendo la seguridad y reduciendo posibles riesgos al encontrar factores claves que sirvan de indicadores para aprovechar la oportunidad del mercado actual, incrementando la inteligencia en los negocios por medio de la administración de los sistemas y el desarrollo, como el uso de aplicaciones que demuestren posibles tendencias y resultados actuales en tiempo y lugar.

La problemática principal de las organizaciones se debe a los cambios tecnológicos, tanto en software como en hardware, lo que obliga a la capacitación constante del personal para adaptarse a estos nuevos enfoques de desarrollo. De esta manera, con el paso del tiempo una empresa puede tener diversos sistemas, principalmente, bases de datos, que le ayudan en la gestión de su información. Sin embargo, conforme crece, éstos, pueden desarrollarse en diversos gestores y lenguajes de programación completamente independientes.

El problema resultante como consecuencia natural de lo anterior, es la incompatibilidad, la redundancia, el tiempo de procesamiento y respuesta, así como diversas anomalías que impiden la toma de decisiones precisas para el bien de las empresas.

En la siguiente investigación se presenta una manera de solucionar la problemática antes mencionada, sobre todo, en el sentido de la conectividad y homogeneidad. Para esto se trabajó con dos sistemas de información, un punto de venta y una rentadora con sistemas gestores de bases de datos diferentes, así como en sistemas operativos heterogéneos. También, se trabajó con la herramienta QlikView, que consiste en una plataforma de inteligencia de negocios para todo tipo de usuarios de una empresa u organización. Con QlikView se pueden analizar datos y descubrir cosas, además, permite formular y responder preguntas propias de una empresa, así como seguir un propio camino de investigación e indagación en los datos. Por último, permite a varios usuarios llegar a decisiones importantes de manera conjunta.

En otras palabras, QlikView, permite "relacionar" sistemas diferentes, a través de datos comunes como puede ser un identificador y con ello administrar de manera integral los datos de una empresa, con lo cual es capaz de generar nuevas vistas

de la información al instante. Además, QlikView comprime los datos y los mantiene en la memoria, donde están disponibles para una exploración inmediata por múltiples usuarios. Para aquellos conjuntos de datos demasiado extensos como para tenerlos en memoria, QlikView conecta directamente con la fuente de datos a utilizar. Se decidió utilizarlo porque ofrece una excelente experiencia asociativa en la totalidad de datos utilizados para el análisis, e independientemente de dónde se almacenen. Los usuarios pueden comenzar por cualquier punto e ir a donde deseen; no se ven limitados por unas rutas de exploración predefinidas.

Otro aspecto para trabajar con la herramienta es debido a que el mercado de inteligencia de negocios ha crecido en los últimos diez años por un aumento en inversión de este tipo de plataformas en el mundo, y, en el año 2015, resultó bien posicionado entre diversas aplicaciones líderes en inteligencia de negocios quedando en segundo y en primer lugar en una encuesta realizada por IT Central Station como la herramienta más popular para la inteligencia de negocios.

2. Metodología

Para lograr el objetivo principal de esta investigación, fue necesario implementar dos metodologías:

- La primera, fue para el desarrollo de las aplicaciones de punto de venta y rentadora de videos, a través de la metodología de cascada, que incluye las etapas siguientes: análisis de requerimientos, diseño, codificación y pruebas del sistema, Pressman [2002].
- La segunda metodología utilizada, fue la implementación de QlikView, en donde sus fases principales fueron definición de objetivos, análisis de aplicaciones actuales, sistemas gestores de bases de datos (BD), sistemas operativos, aplicaciones de apoyo, herramientas de apoyo, análisis y evaluación de resultados.

Metodología de desarrollo de los sistemas de información

McConnell [1997], asevera que, en un modelo en cascada, un proyecto progresa a través de una secuencia ordenada de pasos partiendo del concepto

inicial del software hasta la prueba del sistema. El proyecto realiza una revisión al final de cada etapa para determinar si está preparado para pasar a la siguiente etapa, de lo contrario se mantiene en la actual.

Para conceptos de descripción y demostración de los resultados obtenidos en cada fase, se presenta el sistema de punto de venta en SQL Server, aunque de manera similar, se desarrolló el sistema para la rentadora, pero, en MySQL Server:

- Análisis de requerimientos del usuario:
 - ✓ Mantener un control de entrada y salida de mercadería.
 - ✓ Llevar un inventario de cada uno de los proveedores.
 - ✓ Agilizar y realizar el cobro exacto de cada producto.
 - ✓ Registrar los diferentes artículos que proveen a la tienda y el stock de éstos.
 - ✓ Registrar las facturas generadas.
 - ✓ Mostrar y registrar un listado para saber el consumo de los artículos.
 - ✓ Facilitar el uso del software.
 - ✓ Rápido acceso a la información.
 - ✓ Restringir el acceso, solo para usuarios autorizados.
 - ✓ Realizar búsquedas de la información registrada mediante diversos filtros.
 - ✓ Mostrar las operaciones disponibles según los privilegios del usuario.
- Diseño: Como resultado de los requerimientos se procedió al modelado del sistema, resultando el diagrama de casos de usos principal presentado en la figura 1.

También, en esta etapa se desarrolló el sistema de base de datos que ofrece el soporte para los formularios de interacción con el usuario, como puede observarse en la figura 2.

Además, se diseñaron los formularios principales para interactuar con dicho sistema. La figura 3 muestra la vista para el módulo de ventas. De manera similar, se diseñaron las vistas para los productos, usuarios, entre otros.

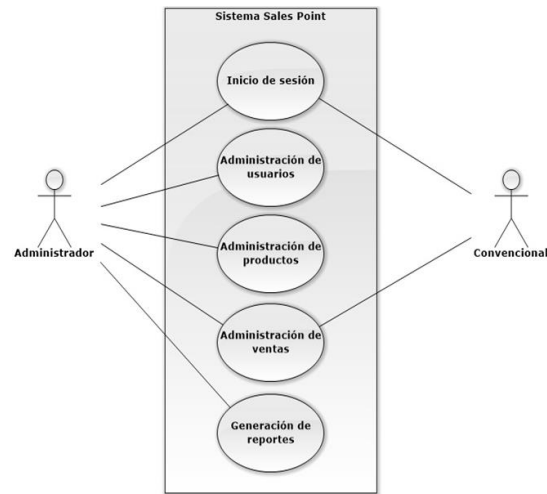


Figura 1 Diagrama de casos de usos del sistema.

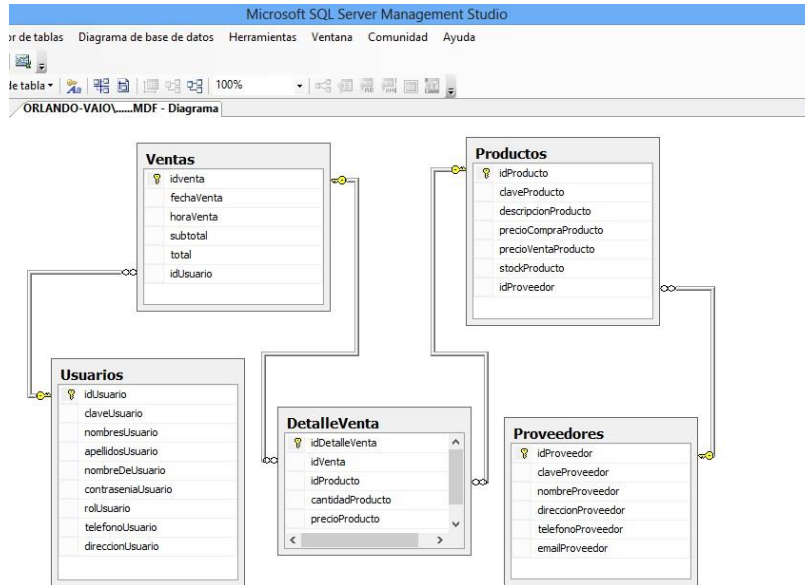


Figura 2 Diagrama del modelo relacional de la Base de Datos.

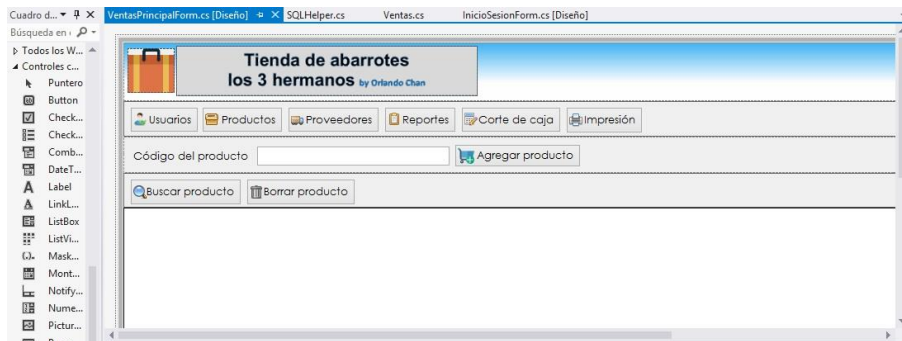


Figura 3 Vista del formulario de ventas.

- Codificación y pruebas: En esta etapa se utilizó la programación en capas, donde se implementaron las capas de datos, entidades, negocios, funciones y conexión. La figura 4 presenta un segmento de código de la capa de entidad para el módulo de ventas, además se muestran las capas completas que constituyen el sistema. Las pruebas se llevaron a cabo con las sentencias principales de agregar, actualizar, eliminar y búsqueda de datos dentro del sistema.

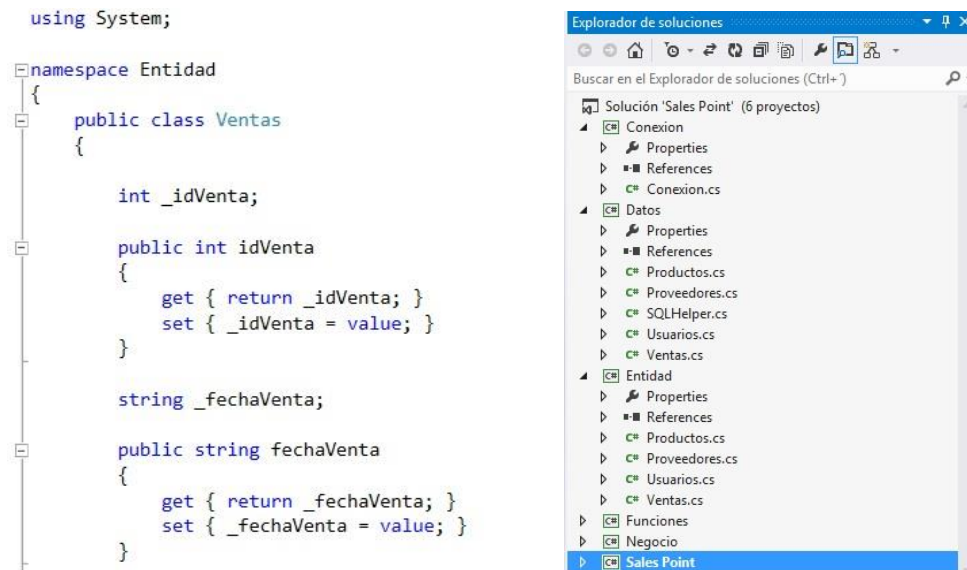


Figura 4 Fragmento de código de ventas y capas de programación del sistema.

Metodología de implementación de QlikView

Como punto de partida se llevó a cabo la simulación del software QlikView(2017), cubriendo las actividades importantes para los sistemas de información antes mencionados, partiendo de la arquitectura que se presenta en la figura 5. Por lo tanto, se tiene información por parte de los comercios, en sistemas completamente heterogéneos lo cual implica que la información se tenga en diferentes gestores de base de datos, así como en aplicaciones desarrolladas en otras plataformas, en este estudio, se trabajó con SQL Server, Visual C# y MySQL. Por ello es sumamente importante que los datos ingresados se integren para llevar a cabo la interpretación de la información y así tomar decisiones sobre las posibles líneas de acción a implementar.

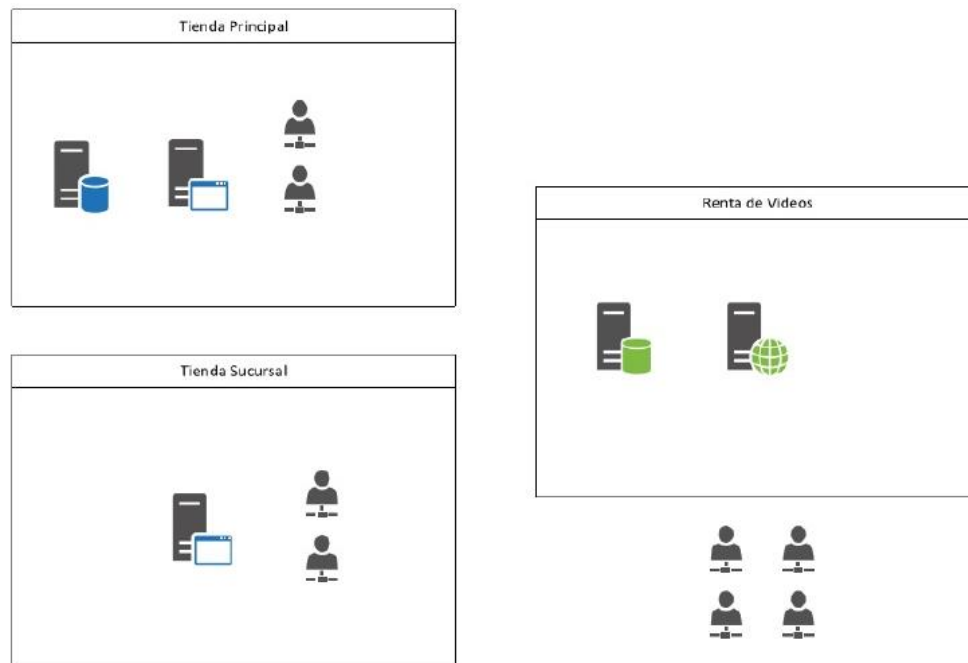


Figura 5 Arquitectura actual.

De esta manera, se llevó a cabo un análisis sobre el uso de la información, por medio de hojas de Excel, archivos de texto y bases de datos, obteniendo como consecuencia, lo que presenta Caro [2013], en su trabajo, donde señala que la información no es selectiva y no se realiza un uso eficiente de los recursos de cómputo y comunicaciones involucradas, siendo evidente la falta de un modelo de interoperabilidad y un estándar que resulte de manera transparente al usuario y le brinde un entorno amigable, donde el manejo de la información sea flexible. También, se carecía de interpretación y funcionalidad alguna, requiriendo implementar acciones que dieran paso a la generación de resultados y así poder evaluarlos, para lo cual se definieron varias etapas del proceso las cuales se presentan en figura 6:

- Definición de objetivos. Se especificaron los datos que se quieren adquirir con la información registrada en el sistema en cuanto al giro que tiene el negocio, encontrando los siguientes:
 - ✓ Tienda (Principal y Sucursal): cantidad de productos con mayor demanda; tiempo o periodo de mayor venta y estrategias para ofertar productos.

- ✓ Renta de Videos: películas con mayor demanda por género y actor; periodos de promoción estratégicos para la venta y renta; número de ejemplares requeridos y número de clientes en días de promoción.
- ✓ Así como también se pretende obtener la siguiente información: número de clientes registrados por cada comercio; cantidad de ventas y/o ganancias obtenidas y períodos de venta con mayor cartera de clientes.



Figura 6 Fases del proceso de desarrollo para la interoperabilidad de sistemas.

- **Análisis de Aplicaciones Actuales.** La aplicación de punto de venta se desarrolló en la plataforma .Net teniendo como Sistema Gestor de Base de Datos SQL Server, sin embargo, conforme fue creciendo la demanda de los servicios, se abrieron nuevas sucursales, así como, un servicio de renta de video el cual se encuentra implementado en el sistema operativo Linux, facilitando la operatividad y explotando el uso de software libre. "Los procesos actuales para determinar datos históricos sobre información estadística es una labor sumamente extenuante por parte del personal" Durán [2013, p. 171], ya que se requiere de herramientas externas como múltiples hojas de Excel, donde la información se va registrando periódicamente, resultando que la integración de ésta implique semanas para su análisis, con una carencia en cuanto al significado de los datos, perdiendo muchas horas de recolección, importación y exportación en los diferentes gestores de bases de datos, cuando se podría agilizar mediante un software específico; ambas aplicaciones proveen al representante del negocio reportes con estructuras diferentes y archivos de diferentes tipos, siendo estos: XML, Excel, tif y pdf.

- **Sistemas Gestores de Bases de Datos.** Se hace uso de dos sistemas gestores de bases de datos: SQL Server y MySQL, teniendo compatibilidad entre ambos, sin embargo, en la tienda principal y sucursal las bases de datos se encuentran conectadas, pero en el negocio de la renta y compra de videos la base de datos no tiene conexión alguna con los demás comercios, aun teniendo datos de clientes activos en ambos negocios, recurriendo al uso de exportación de archivos en MySQL como de hojas de Excel generadas por la misma aplicación.
- **Sistemas Operativos.** Se tiene instalado en la tienda principal, así como en la sucursal Windows 10 con su respectiva licencia, y en la tienda de video, el sistema Linux, siendo dos sistemas por completo diferentes, así mismo, este último lleva a cabo las operaciones en un ambiente web y la tienda en una aplicación de escritorio.
- **Aplicaciones de apoyo (archivos resultantes).** El sistema de punto de venta, así como el de video permite al usuario exportar reportes sobre el registro de las ventas y movimientos generados en un determinado día, éste reporte es un archivo con extensión CVS de Excel, el cual sirve como base de datos para importarlo en algún sistema para el análisis y obtención de resultados probabilísticos.
- **Herramientas de apoyo.** Una vez que los datos son exportados, se procede a desarrollar los archivos de conexión con la base de datos de la sucursal con el negocio de la renta y venta de videos por única vez. Para ello, los datos en el sistema de video se encuentran almacenados en MySQL y el SGBD que maneja el punto de venta se encuentra en SQL Server. Como primer paso se deben descargar los conectores ODBC que se encuentran en la página de MySQL y seleccionar el correspondiente al sistema operativo ya sea de 32 o 64 bits, para que estos sirvan de conexión entre la aplicación a utilizar y la información registrada.
- **Análisis de herramientas.** Para finalizar, se llevó a cabo un análisis sobre los posibles sistemas o herramientas de apoyo a utilizar para la interoperabilidad de la información, obteniendo resultados en el ámbito de

la inteligencia de los negocios, siendo QlikView, el mejor posicionado según el estudio de Gartner líderes en Business Intelligence, López (2012), como se puede apreciar en la figura 7.



Figura 7 Herramientas BI más populares.

Después de desarrollar las etapas anteriores, se llevó a cabo el experimento con la herramienta QlikView, buscando mayores beneficios, buenas y claras visualizaciones fáciles de entender, diseños agradables, exploraciones libres de forma asociativa con búsquedas inteligentes y conexión con diferentes orígenes de datos, como se puede observar en la figura 8. Lo anterior, ha convertido a Qlik en una plataforma de desarrollo y construcción de aplicaciones interactivas e intuitivas de fácil y rápido manejo, lo que ha permitido mejorar el proceso de descubrimiento de datos y de toma de decisiones.

Una vez instalado el conector ODBC para MySQL, se debe crear un nombre de origen de datos. Por lo tanto, como se observa en la figura 9, se debe de acceder al Administrador de orígenes de datos ODBC.

Posteriormente, se creó un nuevo archivo, en las opciones de Qlikview, y se eligió la opción Archivo -> Editor de Script (o con la tecla abreviada CTRL+E). En la pestaña "Data", se seleccionó Database ODBC y se presionó el botón "Connect".

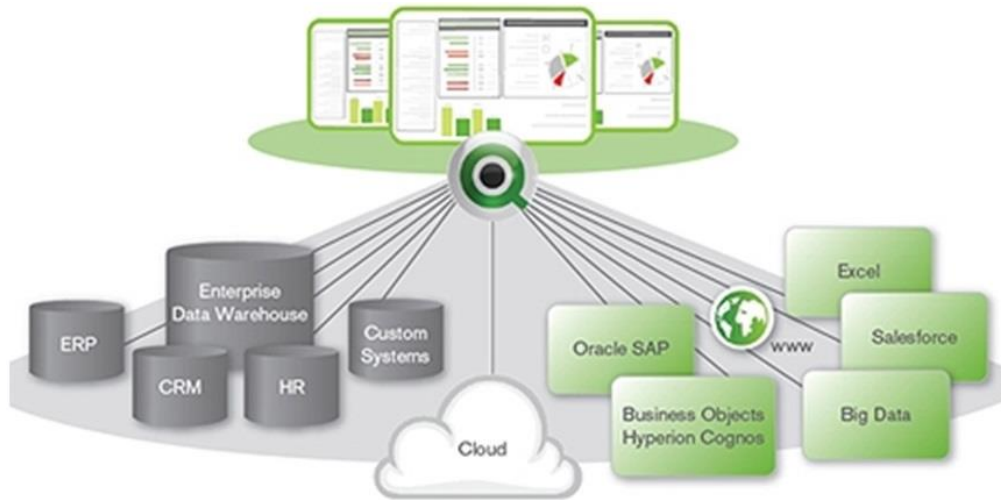


Figura 8 Orígenes de datos.

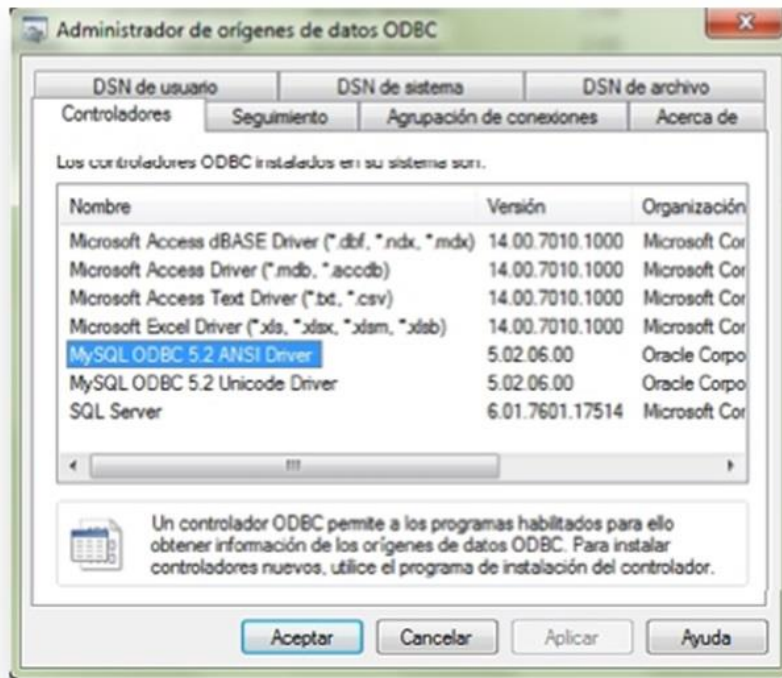


Figura 9 Administrador de orígenes de datos.

Como resultado de estas acciones, se abrió un cuadro como se presenta en la figura 10, donde seleccionó la opción dsnMySQL. Se probó la conexión con el botón "Test Connection", y clic en el botón OK. Por último, con el botón "Select" que está debajo del botón "Connect" se seleccionaron las tablas para la generación de las consultas SQL de la base de datos.

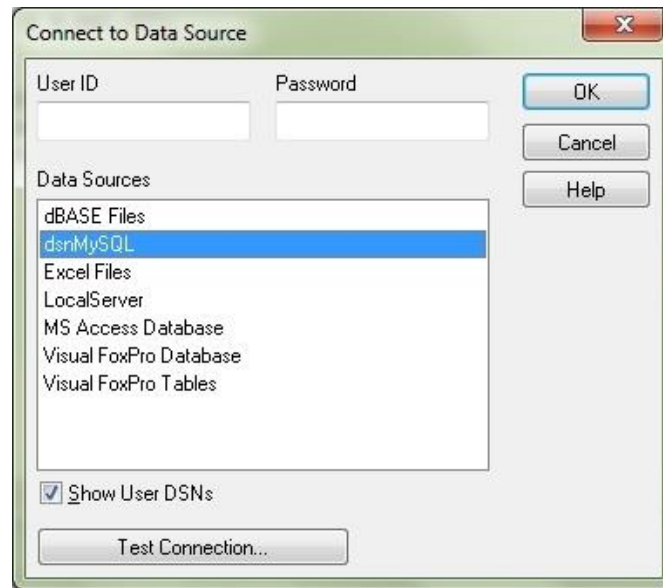


Figura 10 Conexión a la fuente de datos.

3. Resultados

Al llevar a cabo el experimento, es decir, la configuración para enlazar la información de una terminal a otra mediante QlikView por medio de un objeto ODBC para la conexión con la base datos, se determinó que esta herramienta puede ser aplicable a diferentes dispositivos, así como también, brinda la capacidad de encriptar la información, mediante el uso de scripts y la implementación del acceso restringido, siendo parte de las opciones avanzadas del mismo software en cuanto a la duplicación y compresión de la información. De esta manera, como asevera Márquez [2015], para proponer protocolos de pruebas para una tecnología específica, es necesario el estudio de dicho objeto con el propósito de identificar los elementos fundamentales que componen los procesos a enfocar el trabajo. Adicionalmente, se puede configurar un mecanismo de seguridad de dos maneras distintas: puede incluirse en el script del documento QlikView, o puede configurarse mediante el uso de QlikView Publisher.

Una vez que la base de datos se importó, QlikView llevó a cabo las relaciones correspondientes entre los datos que se encuentran en algún esquema relacional de tablas que corresponden a otra base de datos para realizar la representación y análisis correspondiente, ejemplo de ello se puede apreciar en figura 11.

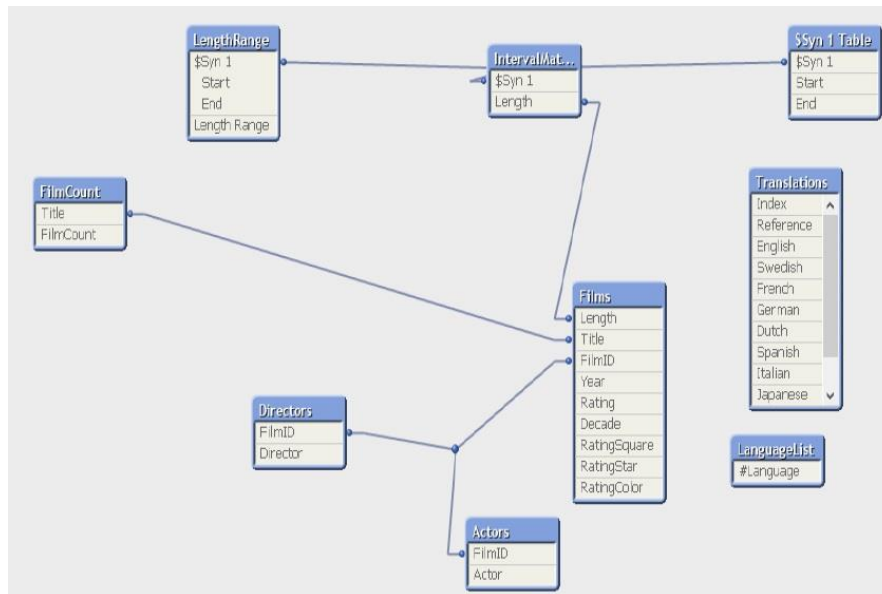


Figura 11 Vista de tablas importadas.

El análisis de la información se generó por medio de gráficas de acuerdo a la base de datos de punto de venta y el negocio de videos, así como también se establecieron relaciones con los clientes y se determinó en qué negocio es donde se obtienen más ventas y cuáles son las preferencias o productos más demandantes en ambos casos. Los resultados generados al realizar la conexión con la base de datos en conjunto con los archivos resultantes de la renta de video mediante la aplicación de QlikView, fueron producto de la convergencia, relación y la interoperabilidad de las aplicaciones presentadas, así como de los diferentes gestores de bases de datos utilizados.

La figura 12, permite observar una clasificación mediante los directores y títulos de diversos discos. De manera similar, en la figura 13, se muestra una segunda clasificación a través de los actores. Por último, en la figura 14, se presenta la información de las rentas realizadas, de una manera estructurada de acuerdo a las relaciones que el usuario desee, para analizar la información y compararla con datos históricos o actuales, obteniendo resultados en menor tiempo y representados de forma gráfica para el establecimiento de objetivos o nuevas líneas de acción, que hagan crecer a la empresa, mejorando sus productos y/o servicios actuales.

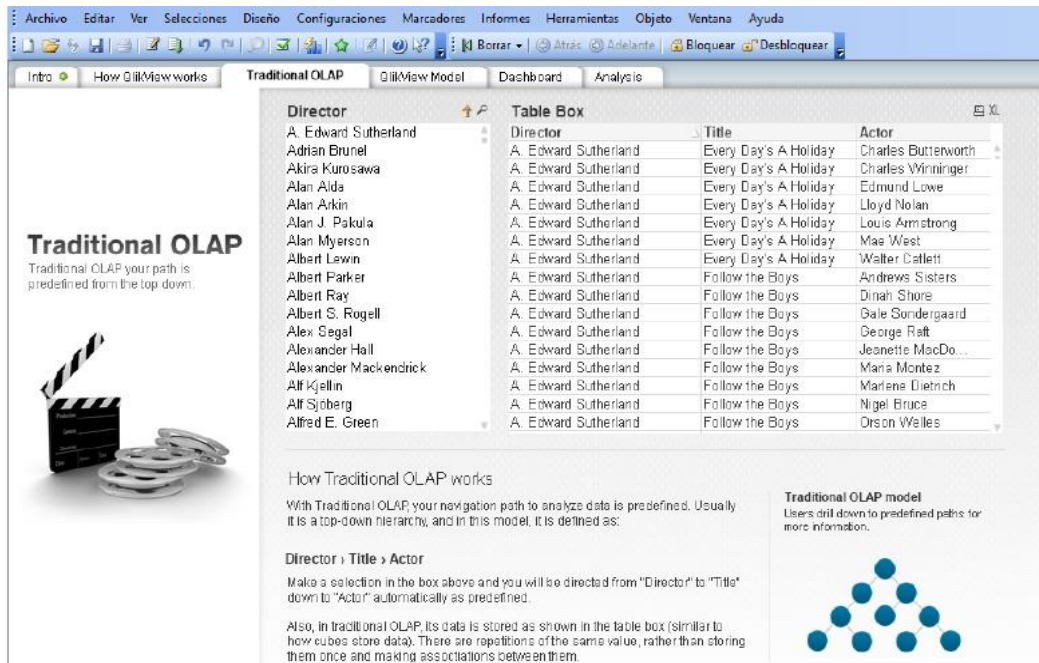


Figura 12 Clasificación por director y título.

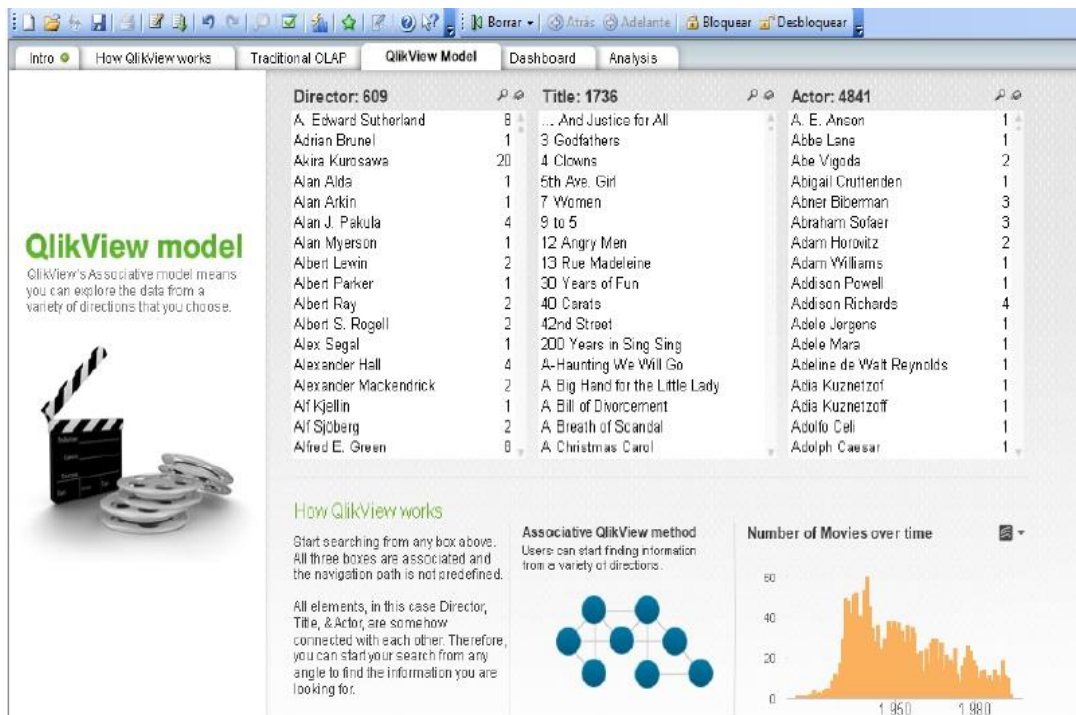


Figura 13 Clasificación por actor.

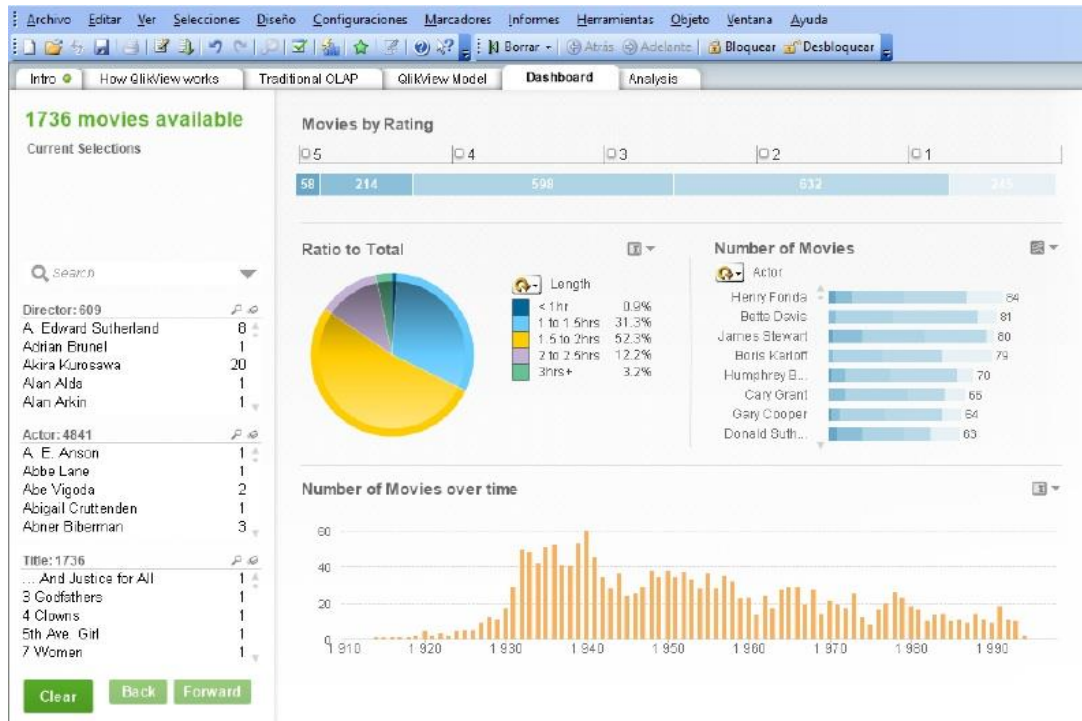


Figura 14 Comparativo de las rentas realizadas.

4. Discusión

Después de llevar a cabo el experimento con QlikView, se demostraron algunos inconvenientes de trabajar con fuentes dispersas, mismos que se presentan a continuación:

- Pérdida de datos. Los repositorios pueden contener la misma información y al momento de realizar alguna actualización o eliminación de datos, se corre el riesgo de perderlos. Es lo que en base de datos se conoce como anomalías en las relaciones.
- Manejo de información incorrecto. En este punto se concuerda con las ideas de (Sandi y Cruz, 2017), quienes observaron que al tener acceso a varios repositorios, los usuarios pueden interactuar, extraer y subir información de otras bases de datos y en diferentes formatos, pensando que se trata de los mismos, aunque en realidad no es así.
- Tiempo excesivo de procesamiento. Se origina cuando los datos que se requieren para realizar las consultas y generar los reportes correspondientes se encuentran en gestores de bases de datos

completamente distintos, por lo tanto, el acceso a los protocolos de conexión se hace lentamente. Además, existen otros problemas como la falta de servicios de datos, modelado de datos e integración, búsqueda asociativa y visualización de datos.

Los impactos anteriores, causan análisis de información inadecuada y como consecuencia, toma de decisiones erróneas, que finalmente afectan negativamente a las organizaciones. Debido a estos impactos negativos, herramientas como QlikView, resultan adecuadas porque unifican los resultados de las consultas, el formato de salida de los reportes y la actualización de la información en tiempo real, objetivo principal de este estudio.

En palabras de Pérez [2014], una plataforma de servicios digitales interoperables es una infraestructura de intercomunicación que permite a los servicios digitales de las organizaciones comunicarse entre sí de manera coordinada, con el objeto de intercambiar información con eficiencia y transparencia, lo que genera uno de los principales resultados al realizar la conexión con la base de datos en conjunto con los archivos resultantes de la renta de video mediante la aplicación de QlikView, fueron producto de la convergencia, relación y la interoperabilidad de las aplicaciones presentadas así como de los diferentes sistemas gestores de bases de datos utilizados.

Además, el análisis llevado a cabo por medio de esta herramienta y las investigaciones realizadas para el aprovechamiento de la información en diferentes sistemas gestores de bases de datos, resultó enriquecedor, ya que brindó la capacidad de poder manipular la información en sistemas completamente diferentes pero relacionados con un mismo identificador o nombre, y así, generar estadísticas comparando datos como el producto, tipo de película y su clasificación, para poder tomar decisiones sobre su oferta o demanda. En este sentido, se concuerda con las ideas de Navarro [2014, p. 59], donde señala que "la mejor forma de resolver esto, es implementar una solución independiente de las plataformas empleadas para explotar los datos e información. Con esta solución es factible usar software de aplicación diverso (incluyendo software no

comercial) para realizar consultas a los datos almacenados en la base de datos, donde el usuario no sabe, ni requiere saber, dónde se encuentran físicamente almacenados los datos".

Por otra parte, cuando "la especificación de sistemas de información es en el dominio de la salud, las tareas se hacen más difíciles, debido principalmente al desconocimiento que normalmente tienen los equipos de desarrollo software acerca del dominio del problema y a la complejidad de los procesos de salud" [López, 2007, p. 29]. Así en este tipo de sistemas es importante, también, analizar el tiempo, tipos de padecimientos comunes, rangos de edades, población más afectada o de donde proviene el número más alto de denuncias, es información que al registrarse en diferentes aplicaciones desde una app, sistemas desarrollados para hospitales, información registrada en bitácoras electrónicas, registros de correo electrónico por mencionar algunos pueden derivar en la inversión de infraestructura tecnológica que mejore estos nichos de negocio.

También, la investigación realizada ayudó en gran medida a representar la información de acuerdo con las necesidades reales, obteniendo resultados y tendencias actuales, producto de la toma de decisiones, evitando problemas de protocolos e infraestructura completamente diferentes en un software cuya potencialidad se puede aplicar en niveles de seguridad, asignando determinados accesos y restricciones a los usuarios. En palabras de Márquez [2015], ninguna tecnología ni los negocios de distribución y ventas de servicios deberán estar aislados si desean sobrevivir a los vertiginosos cambios.

Es importante, recalcar las ideas de Aldana y Vallejo [2010], quienes mencionan que si bien los modelos de interoperabilidad y convergencia han respondido a los retos que plantean el mercado y el desarrollo tecnológico, aun se requieren modelos de regulación de éstos, para que se generen sinergias para hacer compatibles las normas del sector, y evaluar el impacto de las políticas en aspectos sociales, económicos y culturales asociados con la ubicuidad de las redes y de la información.

Para finalizar, herramientas como QlikView ayudan a homologar diversas fuentes de datos, pero también es de suma importancia que las aplicaciones y sobretodo

el almacenamiento y administración de la información derive de la efectividad y esfuerzo de los organismos para que la conexión y la operatividad trabajen en conjunto. Por ejemplo, como presenta Olguín [2017], no lejos de la convergencia, está la oferta integral de Sun Microsystems, que desde ahora tiene posibilidades de satisfacer las necesidades de tecnologías de información para prácticamente todo tipo de empresas. Sun sabe que no podrá hacer nada en forma aislada, por lo que se inclinó fuertemente por la interoperabilidad con Microsoft, el que alguna vez pudo considerarse su más grande rival, pero que hoy es parte de las coincidencias de la convergencia y la interoperabilidad de las plataformas. Es pues la convergencia, de nueva cuenta, la que cambia el panorama de negocio. De ella dependerán en buena medida las buenas opciones de crecimiento para el canal de distribución. Otros ejemplos pueden ser los sistemas de seguridad, plataformas interoperables con otros sistemas, sincronización de datos, interfaces con arquitecturas híbridas, lo cual conlleva a obtener modelos técnicos, de gobernación, producción de productos, formación y de uso, por mencionar algunos.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Aldana, A. y Vallejo, A. (2010). Telecomunicaciones, convergencia y regulación. *Revista de Economía Institucional*. 165.
- [2] Caro, A. (2013). Desarrollando sistemas de información centrados en la calidad de datos. *Revista Ingeniare*, 21, 54-69.
- [3] Durán, O. (2015). Tecnologías y sistemas de información como soporte al proceso de gestión del conocimiento. *Revista Tecnura*, 19, 171.
- [4] López, D. (2007). Un modelo de referencia para la especificación y análisis de sistemas de información para vigilancia en Salud Pública. *Revista Sistemas & Telemática*, 5, 29.
- [5] López, J. (2012). QlikTech encabeza las listas en Análisis Visual, Innovación y Agilidad entre los gigantes del BI en la encuesta independiente más grande realizada a usuarios de BI: <http://blog.direktio.com>.

- [6] Márquez, M. (2015). Protocolos estándares para aseguramiento de interoperabilidad de uni 4.0 de ATM. *Revista Telematique*, 4 ,50.
- [7] Martín, Y. (2015). Aplicación de la norma técnica de interoperabilidad de reutilización de recursos de información en los catálogos de información pública de las comunidades autónomas. *Revista general de información y documentación*, 25, 287-311.
- [8] McConnell, S. (1997). *Desarrollo y gestión de proyectos informáticos, cómo dominar planificaciones ajustadas de software*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- [9] Navarro, E. (2014). Interoperabilidad, mecanismos comunes de interacción. *Revista Cartográfica*, 59-69.
- [10] Olguín, A. (2006). Buenas perspectivas en la convergencia. *E Semanal. Informe académico*.
- [11] Pérez, J. (2014). La interoperabilidad: la generación de conocimiento acerca del desempeño de las instituciones exige que los datos subyacentes tengan calidad. Una de las principales condiciones para asegurar esa calidad es la interoperabilidad. *Sociedad, Ciencia, Literatura. Informe Académico*.
- [12] Pressman, R. (2002). *Ingeniería del Software un enfoque práctico (5a ed)*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- [13] QlikView. (2017). Seguridad: <https://goo.gl/GpbMwK>.
- [14] Ramírez, L. (2008). Convergencia e Interoperabilidad de los sistemas móviles handheld 3G con el RFID en el protocolo NFC figura Tesis. p. 2.
- [15] Sandi, J. y Cruz, M. (2017). Repositorios institucionales digitales: Análisis comparativo entre Sedici (argentina) y Kérwá (Costa Rica). *e-Ciencias de la Información*, 7, 1-2.
- [16] Soto, A. y Cuervo, E. (2009). Nuevas tendencias en sistemas de información: procesos y servicios. *Revista Pecunia*, 2, 129.
- [17] Zapata, C., Toro, M. y Marín, M. (2011). Análisis conceptual de la interoperabilidad entre sistemas de información geográfica. *Lamsakos*, 3, 68-76.

SISTEMA DE LOCALIZACIÓN EN TIEMPO REAL MEDIANTE UN SERVIDOR WEB Y APLICACIONES MÓVILES

Ignacio Contreras Contreras

Universidad de Guanajuato
i.contrerascontreras@ugto.mx

Geovanni Hernández Gómez

Universidad de Guanajuato
geov.hernandez@ugto.mx

Resumen

El sistema de transporte público del municipio de Yuriria es el método de transporte más utilizado por los estudiantes del Departamento de Estudios Multidisciplinario de la Universidad de Guanajuato. El sistema de transporte tiene un horario aleatorio y no existe una manera de conocer su ubicación. Los estudiantes deben de estar a tiempo para realizar sus actividades académicas es por eso por lo que es importante conocer la ubicación de los camiones de transporte. Con esta información los estudiantes pueden decidir si esperar al camión o buscar otro método de transporte. Detectado este problema se propone un sistema de localización de bajo costo en tiempo real mediante un servidor web y aplicaciones móviles. Este sistema utilizará el sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) para obtener las coordenadas, latitud y longitud, del autobús. Utilizando el módulo GPS de un dispositivo móvil se puede crear una aplicación de rastreo de bajo costo. El sistema propuesto tiene como objetivo proveer una herramienta que pueda ser utilizada por los estudiantes de la Universidad y la población en general del municipio de Yuriria.

Palabra(s) Clave: Android, Aplicaciones móviles, GPS, Sistemas de información.

Abstract

The public transportation system of the municipality of Yuriria is the transportation method most used by students of the Department of Multidisciplinary Studies of the University of Guanajuato. The transportation system has a random schedule and there is no way to know its location. Students should be on time to perform their academic activities which is why it is important to know the location of the bus. With this information students can decide whether to wait for the bus or look for another method of transportation. Having detected this problem a low-cost GPS based tracking system with mobile applications and a web server is proposed. This system will use the Global Positioning System (GPS) to obtain the coordinates, latitude and longitude, of the bus. The proposed system aims to provide a tool that can be used by students of the University and the general population of the municipality of Yuriria.

Keywords: *Android, GPS, Information systems, Mobile applications.*

1. Introducción

El servicio de transporte público del municipio de Yuriria cuenta con siete rutas para brindar una cobertura amplia a una población de aproximadamente 70,000 personas [Municipio de Yurira, 2017] [INEGI, 2017]. Cada ruta cuenta con un horario, el cual los choferes de los camiones deben respetar. Los camiones no siempre pueden pasar en los horarios establecidos ya que se pueden encontrar con problemas de tráfico o mecánicos, los cuales pueden impedir el funcionamiento correcto del camión. Los choferes de los camiones no cuentan con un servicio para poder informarles a sus usuarios que el camión tiene problemas ya sea mecánicos o retraso de horario. Al no tener esta información importante los usuarios no pueden decidir con tranquilidad si esperar o utilizar otro método de transporte.

Al principio el uso del GPS era restringido para uso militar por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. En la década de 1980 se liberó para uso civil, aunque la señal era limitada y la exactitud no era la más óptima. El GPS se liberó por completo al público hasta el año 1995 al alcanzar la capacidad operacional

total con 24 satélites en órbita al mismo tiempo [Lee, 2017]. Al ser liberado al público, la tecnología del GPS fue utilizada de manera creativa para resolver varios problemas. Gracias a esto, el público identificó varias aplicaciones de esta tecnología e incrementaron su valor comercial. Con el incremento de vehículos en el mundo, el robo de autos aumentó, por lo cual fue necesario desarrollar distintos tipos de sistemas de localización vía GPS. Estos sistemas también sirven para tener un control de vehículos que transportan mercancía y optimizar las rutas que utilicen. Los sistemas de localización en tiempo real comerciales actualmente son muy caros, pueden estar restringidos a ciertas áreas comerciales, o en algunos otros casos, son muy complejos para utilizar. Los servicios de Fleetistics [Fleetistics, 2017], Advanced Tracking Technologies, Inc. [Advantrack, 2017], y Fleetmatics [Fleetmatics, 2017] se ajustan más a empresas que buscan optimizar y agilizar sus propios servicios de logística.

Los sistemas basados en Open Source tienen la desventaja de utilizar varios componentes como microcontroladores [Mistary, 2015] para poder alcanzar la funcionalidad propuesta, estos componentes pueden ser complejos y difíciles de utilizar para cualquier persona sin conocimientos en el área y requieren de un operador que este interactuando constantemente con el sistema [Al Rashed, 2013], otros no tienen la forma de compartir la ubicación de los vehículos con otras personas [Chadil, 2008] [Gaikwad, 2015], generando una desventaja al momento de querer optimizar los recursos.

Como justificación a este proyecto cabe mencionar que el sistema de transporte público utilizado por los alumnos, el personal académico y administrativo de la Universidad de Guanajuato Sede Yuriria, se encuentra regulada dentro de un horario aleatorio. Esto genera una problemática para los usuarios que necesitan cumplir con un horario de entrada y salida definido tanto para clases de los alumnos como para las horas laborales de los trabajadores. Para muchos usuarios, el sistema de transporte público ofrecido por el Ayuntamiento del municipio de Yuriria es el único método de transporte disponible para cumplir con sus obligaciones.

En la actualidad, las personas viven un ritmo de vida muy apresurado, especialmente los estudiantes que se trasladan de sus hogares a sus respectivos centros educativos. El beneficio de poder saber la ubicación del autobús que deben abordar les brindaría un sentido de seguridad y tranquilidad para administrar mejor sus tiempos y sus actividades. Actualmente, no se encuentra implementado ningún sistema de ubicación del autobús y los sistemas modernos establecidos en otros estados, se encuentran fuera de un alcance comercial para ser implementados en el municipio de Yuriria. Debido a esto se observa que es necesario realizar un sistema que permita monitorear la ubicación del transporte público a manera de optimizar el servicio en transporte público. Con esto se pretende lograr alcanzar un servicio que sea útil tanto para toda la comunidad universitaria que labora en la Sede Yuriria como los usuarios de la misma ciudad. El sistema propuesto en este trabajo fue diseñado, desarrollado y al ponerse en marcha puede tener un impacto positivo que será discutido en las siguientes secciones.

2. Metodología

Aplicación de rastreo (primera versión)

La primera versión de la aplicación de rastreo se desarrolló en MIT App Inventor, una plataforma para crear aplicaciones móviles en un navegador web [MIT App Inventor, 2017]. Esta versión se desarrolló como una prueba de concepto y para identificar un dispositivo móvil con alta precisión del módulo GPS. La aplicación desarrollada en MIT App Inventor consiste en obtener las coordenadas, latitud y longitud, del autobús mediante el sistema de posicionamiento global y guardarlas en una lista. El desarrollo de aplicaciones móviles en MIT App Inventor consiste en dos partes, una parte donde se eligen los componentes a utilizar y se define el diseño de la aplicación, y la otra parte denominada como el editor de bloques es donde se define el comportamiento de los componentes. Después de cada recorrido se visualizan las coordenadas guardadas en un mapa y se analiza el rendimiento del módulo GPS del dispositivo móvil:

- Diseñador de la aplicación. En esta parte se eligen los componentes esenciales para que la aplicación cumpla con el objetivo. En la figura 1 se identifican los componentes elegidos para crear la aplicación:
 - ✓ Etiquetas: Se seleccionan tres etiquetas de la sección de interfaz de usuario. Estas etiquetas son utilizadas para identificar la información que se obtiene del sensor de ubicación correspondientes a la latitud, la longitud, y la exactitud de estas coordenadas.
 - ✓ Cajas de texto: Se seleccionan tres cajas de texto de la sección de interfaz de usuario. Las cajas de texto son utilizadas para mostrar la información obtenida del sensor de ubicación. Esta información corresponde a las coordenadas, latitud y longitud, y su exactitud. Estas cajas de textos son identificadas con una etiqueta que las precede.



Figura 1 Pestaña “Diseñador” donde se muestran los componentes utilizados.

- ✓ Sensor de ubicación: Se selecciona un sensor de ubicación de la categoría de sensores. Este sensor se utiliza para que la aplicación se pueda comunicar con el receptor de GPS que se encuentra en el

dispositivo móvil. Una vez que el sensor de ubicación se comunica con el receptor de GPS, este puede la ubicación del dispositivo. El comportamiento de este sensor se define en el editor de bloques.

- ✓ Web: Este componente provee las funciones para realizar peticiones HTTP como GET, POST, PUT y DELETE. Se utiliza este componente dentro de la aplicación para comunicarse con un servidor y así guardar las coordenadas, latitud y longitud, obtenidas del autobús durante un recorrido. Estas coordenadas se guardan en una lista para posteriormente ser analizadas.
- Editor de bloques. Al tener todos los componentes seleccionados y la interfaz de usuario definida se pasa al editor de bloques para definir su comportamiento dentro de la aplicación. El funcionamiento se divide en dos bloques de código esenciales. El Bloque A de código que verifica si el sensor de ubicación está habilitado y el Bloque B de código que controla el comportamiento del sensor de ubicación y envía las coordenadas (latitud y longitud) al servidor web se muestran en figuras 2 y 3, respectivamente.

```
if LocationSensor1.Enabled then
  set LatitudValor.Text to LocationSensor1.Latitude
  set LongitudValor.Text to LocationSensor1.Longitude
  set ExactitudValor.Text to LocationSensor1.Accuracy
  set LocationSensor1.DistanceInterval to 10
  set Screen1.BackgroundColor to blue
```

Figura 2 Bloque A.

```
when LocationSensor1.LocationChanged
  latitude longitude altitude speed
  do
    if LocationSensor1.Accuracy > 1
    then
      set Web1.Url to join "http://figurug.ddns.net/gps/get.php?lat="
        LocationSensor1.Latitude
        &long=
        LocationSensor1.Longitude
      set LatitudValor.Text to get latitude
      set LongitudValor.Text to get longitude
      set ExactitudValor.Text to LocationSensor1.Accuracy
      set Screen1.BackgroundColor to green
      call Web1.Get
    else
      set LatitudValor.Text to get latitude
      set LongitudValor.Text to get longitude
      set ExactitudValor.Text to LocationSensor1.Accuracy
      set Screen1.BackgroundColor to red
```

Figura 3 Bloque B.

A continuación, se define la lógica de cada bloque:

- ✓ Bloque A: Este bloque de código se utiliza para comprobar que el sensor de ubicación está habilitado. Si el sensor de ubicación está habilitado entonces el contenido de las cajas de texto correspondientes a la latitud, longitud, y exactitud es actualizada. El contenido de las cajas ahora corresponde a los datos obtenidos del sensor de ubicación los cuales son las coordenadas, latitud y longitud, y la exactitud. Posteriormente se define el parámetro de intervalo de distancia del sensor de ubicación con el número 10. Este parámetro define una distancia en metros, la cual se debe recorrer para obtener una nueva ubicación. Se decidió utilizar la distancia de 10 metros para obtener una mayor cantidad de coordenadas, ubicaciones dentro del recorrido del autobús. Finalmente se cambia el color de la pantalla al color azul para señalar al usuario que el sensor de ubicación está habilitado.
- ✓ Bloque B: Este bloque de código se utiliza para definir el comportamiento de los componentes cuando el sensor de ubicación obtiene una nueva ubicación. Este bloque de código se activa después del bloque A, donde se comprueba si el sensor de ubicación está habilitado. Una vez que el sensor de ubicación está habilitado, la aplicación comienza a obtener la ubicación del dispositivo móvil. El bloque B funciona de la siguiente manera. Cuando el sensor de ubicación detecta que la ubicación del dispositivo móvil ha cambiado entonces ejecuta el código dentro del bloque B. Si la exactitud del sensor de ubicación es mayor a 1 entonces se manda la ubicación al servidor. Para mandar la ubicación al servidor la propiedad URL del componente Web es actualizado con una dirección de red, en este caso la dirección del servidor. Este URL contiene como parámetros la latitud y longitud de la nueva ubicación. Se actualizan las cajas de texto con sus datos correspondientes y el color de la pantalla se cambia a verde, símbolo de que la obtención de una nueva ubicación

fue correcta. Finalmente, para que se guarden las coordenadas en el servidor se hace una llamada al método GET del componente Web, el cual hace una petición GET a la dirección de red previamente definida. Se utilizó el método GET ya que en este punto del desarrollo no se contaba con una base de datos para guardar las coordenadas con el método POST. El método GET permite obtener las coordenadas de la URL fácilmente y posteriormente guardarlas en un archivo de texto. En caso de que la exactitud obtenida del sensor de ubicación sea menor que 1 entonces sucede lo siguiente. Las cajas de texto correspondientes a las coordenadas, y la exactitud son actualizadas con la nueva ubicación obtenida. En este caso la ubicación no se envía al servidor y el color de la pantalla se cambia a rojo.

Aplicación de rastreo (segunda versión)

La segunda versión de la aplicación de rastreo se desarrolló en Android Studio, un entorno de desarrollo integrado para crear aplicaciones móviles para dispositivos Android [Android Studio, 2017]. MIT App Inventor al ser un programa donde la creación de aplicaciones móviles que consiste en encajar bloques para controlar el comportamiento de los componentes limita la personalización de los componentes y en consecuencia el funcionamiento de la aplicación. Con Android Studio se logra crear aplicaciones móviles a un nivel de programación más bajo, con código y no bloques, lo que significa que se puede modificar el comportamiento de los componentes y así aumentar el rendimiento de la aplicación.

La versión desarrollada en Android Studio está compuesta por tres actividades:

- En la actividad principal (figura 4a), el chofer puede elegir una ruta, que recorre un camión, para rastrear, agregar una nueva ruta para rastrear, o actualizar las rutas disponibles en el sistema.

- La segunda actividad (figura 4b), permite agregar una nueva ruta al sistema.
- En la tercera y cuarta actividad, (figuras 4c y 4d), el chofer inicia y detiene el servicio de rastreo.

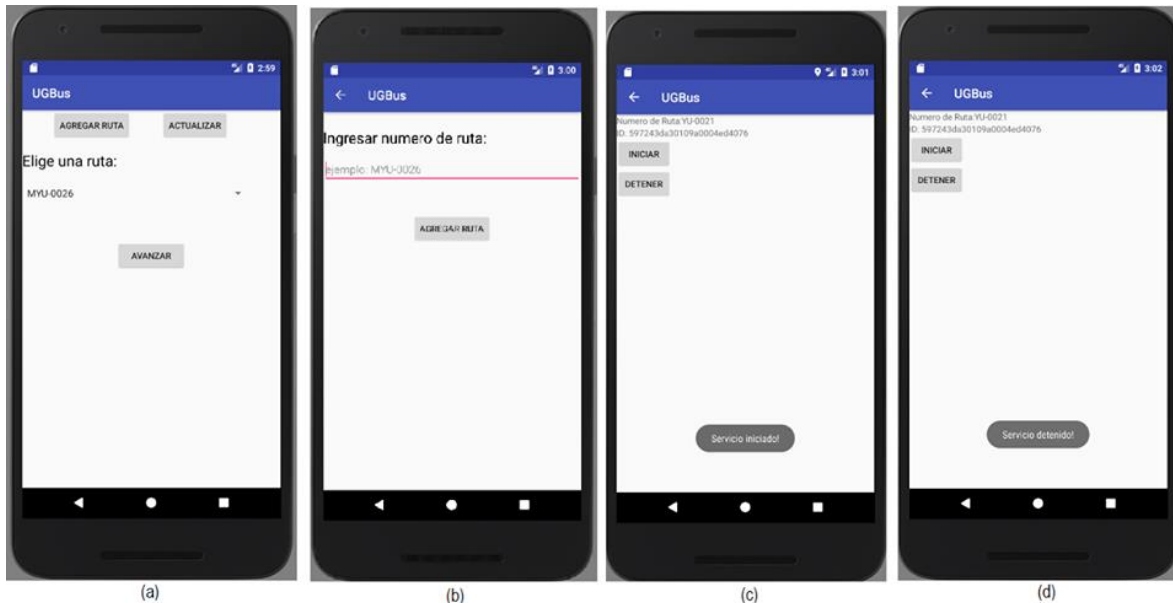


Figura 4 (a) Actividad principal. (b) Agregar ruta. (c) Iniciar servicio. (d) Detener servicio.

Descripción del funcionamiento de cada actividad:

- Actividad Seleccionar Ruta: Esta actividad se muestra en la figura 4a, funciona como la actividad principal de la aplicación de rastreo. El propósito principal de esta actividad es seleccionar una ruta del sistema, para pasar a la actividad donde se inicia el rastreo dando clic en el botón Avanzar. En esta actividad también se puede acceder a la actividad de agregar una ruta dando clic en el botón Agregar Ruta. Con el botón Actualizar el chofer hace una petición al servidor para obtener de nuevo la lista de rutas disponibles.
- Actividad Agregar Ruta: La actividad para agregar una ruta se muestra en la figura 4b. Esta actividad le permite al chofer agregar una nueva ruta que para poder seleccionarla e iniciar su rastreo en caso de que no exista en el sistema. El chofer ingresa un número de ruta en la caja de texto y procede

a dar clic en el botón de Agregar Ruta. La aplicación manda una petición al servidor y la agrega al sistema.

- Actividad Iniciar Rastreo: La actividad para iniciar y detener el rastreo de la ruta se muestra en la figura 4c. Al dar clic al botón de Iniciar el chofer inicia el servicio de rastreo. Se decidió utilizar un servicio de Android para mandar la ubicación al servidor web, en intervalos de tiempo de ocho segundos, ya que este tiene la ventaja de no destruirse o parar al cerrar la aplicación o bloquear el dispositivo móvil. Si el chofer da clic en el botón Detener, el servicio se detiene y deja de enviar las coordenadas, latitud y longitud, al servidor web correspondientes a la ruta que se esté rastreando.

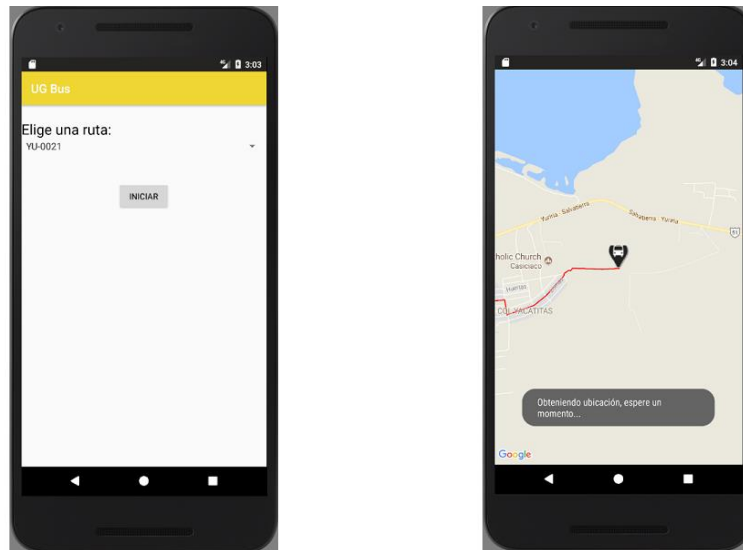
Consideraciones adicionales

Una vez que se verifico que es posible crear una aplicación de rastreo de bajo costo, reutilizando dispositivos móviles descartados se pasa a la siguiente etapa, la construcción de un servidor web [Mozilla, 2017]. Se decidió desarrollar el servidor web con la pila de desarrollo MongoDB, Express, AngularJS, y NodeJS. Se utilizó un servidor web para guardar las coordenadas del camión, enviadas por la aplicación de rastreo y posteriormente enviarlas a los pasajeros que deseen conocer la ubicación.

Para que los pasajeros puedan ver la ubicación del autobús en tiempo real se desarrolló una segunda aplicación móvil. Esta aplicación le permite al pasajero elegir una ruta para consultar su ubicación. En la figura 5 se muestra la interfaz de esta aplicación y su funcionamiento es el siguiente:

- Una vez que el pasajero selecciona una ruta (figura 5a), la aplicación se conecta con el servidor web y hace una petición para obtener los datos correspondientes a la ruta. El objeto spinner se llena con las rutas disponibles y le permite al pasajero seleccionar una. Al seleccionar una ruta el pasajero da clic en el botón de Avanzar y se envía el id del autobús el cual se utiliza para hacer peticiones al servidor web.
- Al obtener los datos de la ruta (figura 5b), la aplicación muestra un mapa, obtenido de Google Maps, con el recorrido en rojo y un marcador en las

coordenadas de la ubicación del autobús. La aplicación hace peticiones al servidor web en intervalos de 10 segundos para así tener la ubicación del autobús más reciente.



a) Actividad principal.

b) Ubicación del dispositivo rastreado.

Figura 5 Interfaz de la aplicación.

3. Resultados

Resultados: Primera versión MIT App Inventor

En la figura 6 se muestra un mapa con las coordenadas obtenidas con la primera versión de la aplicación de rastreo desarrollada con MIT App Inventor. Como se puede observar los resultados no son los más óptimos ya que aún se pueden observar partes de la ruta donde no se obtuvo una coordenada, donde no hay un marcador. La velocidad del autobús es un factor que impacta el rendimiento de esta versión. En los tramos donde el autobús acelera y alcanza velocidades altas, la aplicación no logra obtener una ubicación nueva hasta que el autobús desacelere la velocidad. Esta versión al momento de bloquear el dispositivo móvil, la conexión al servidor web se pierde para que el dispositivo móvil ahorre batería. Es por esto por lo que se decidió continuar el desarrollo en Android Studio. En Android Studio se desarrolla una segunda versión que resuelve estos problemas.



Figura 6 Resultados de la primera versión desarrollada en MIT App Inventor.

Resultados: Servidor web

Uno de los beneficios de utilizar un servidor web es que se puede desarrollar una aplicación web en conjunto. En la figura 7 se muestra la interfaz de esta aplicación web. En la aplicación web se muestran las rutas disponibles y los pasajeros eligen la ruta que deseen saber su ubicación. Al elegir una ruta se direcciona a un mapa de Google Maps con su ubicación. En la figura 8 se muestra un ejemplo de este mapa. Con el botón de refrescar se muestra en la figura 8 el usuario obtiene la ubicación más reciente. La aplicación web permite una cobertura mayor ya que por el momento sólo se cuenta una aplicación para el sistema operativo Android. Con la aplicación web los pasajeros que no cuenten con la aplicación móvil pueden acceder a través del navegador web de Google Chrome.

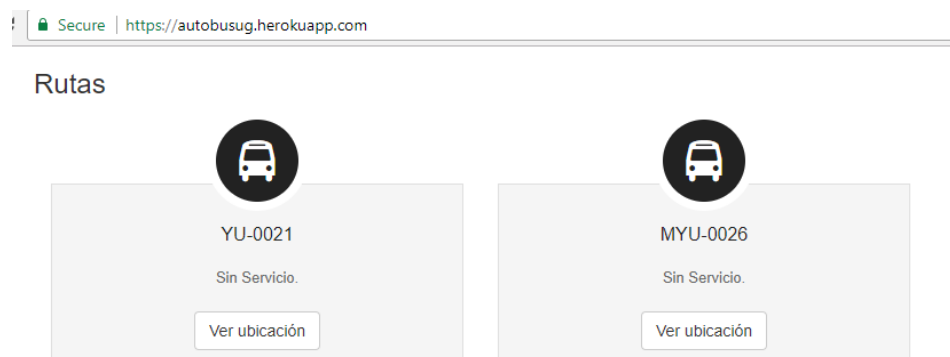


Figura 7 Interfaz de la aplicación web.

Resultados: Sistema completo

En las figuras 9 y 10 se muestra el recorrido de un autobús que va desde el Departamento de Estudios Multidisciplinarios hacia la colonia "La Aldea". Este

recorrido tiene un tiempo total de 30 minutos así que para mostrar todo el recorrido completo se dividió en intervalos de 2 minutos.



Figura 8 Mapa que muestra la ubicación del dispositivo rastreado en la aplicación web.



Figura 9 Primera parte de un recorrido del autobús.

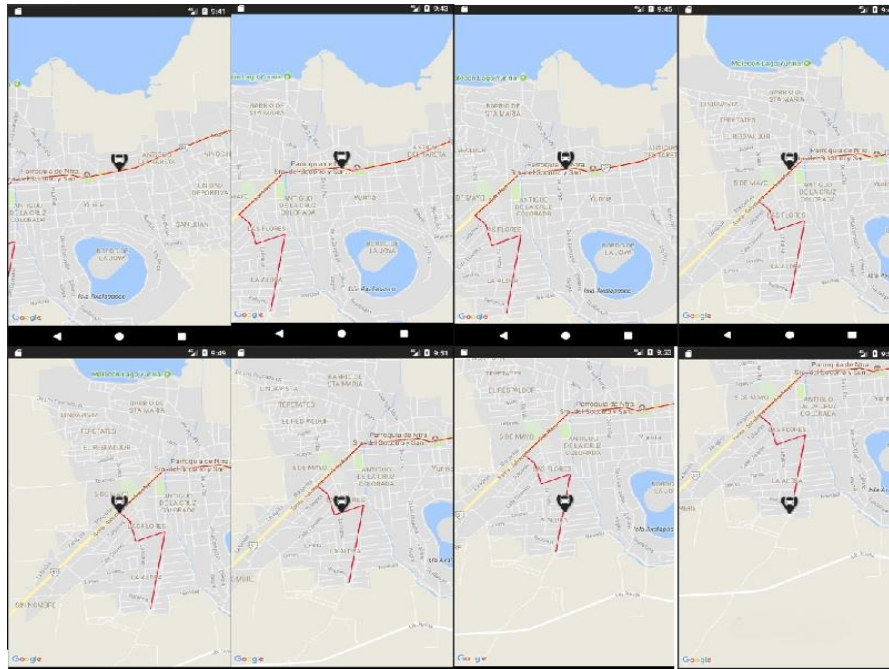


Figura 10 Segunda parte de un recorrido del autobús.

El recorrido inicia del cuadro superior izquierdo de la figura 9 y avanza hacia la derecha, y termina en el cuadro inferior derecho de la figura 10. Este recorrido se logró con las tres partes del sistema trabajando en conjunto: la aplicación de rastreo que envía las coordenadas al servidor web, y la aplicación que visualiza estas coordenadas en un mapa.

4. Discusión

Se logró el objetivo de crear un sistema de localización para el transporte público del municipio de Yuriria. Este sistema de localización está compuesto de dos aplicaciones móviles y un servidor web. La primera aplicación móvil utiliza el módulo GPS del dispositivo móvil donde está instalada para obtener las coordenadas, latitud y longitud, del autobús y enviarlas al servidor web donde se guardan. La otra aplicación móvil la utilizan los pasajeros para consultar la ubicación de un autobús y visualizarla en un mapa.

Es importante mencionar que la aplicación de visualización sólo puede mostrar un autobús a la vez. El servidor web aparte de guardar y enviar los datos de los camiones también sirvió para crear una aplicación web. Esta aplicación web tiene

la misma funcionalidad de la aplicación móvil que visualiza la ubicación del autobús. Con la aplicación web los pasajeros que no cuenten con un dispositivo móvil Android pueden consultar la ubicación del autobús a través de Google Chrome. Con la aplicación web se incrementa el número de personas que se pueden beneficiar del sistema. Se obtuvo una aplicación de rastreo con consumo de datos considerablemente bajo ya que consume aproximadamente de 4 a 6 megabytes en una jornada laboral de 8 horas. El gasto de los datos será cubierto por los choferes que opten por utilizar el servicio. En cuanto al consumo de energía la aplicación de rastreo consume aproximadamente un 30% de una batería completamente recargada.

El sistema propuesto funciona y muestra la ubicación del camión a los pasajeros, pero aún no se tiene una medida para comprobar que tan útil es. Como trabajo a futuro se realizarán encuestas a los pasajeros para ver qué impacto ha generado el sistema con respecto a la espera del transporte público. También se presentará el sistema y se aplicará una encuesta a los dueños y choferes de los camiones para ver si están de acuerdo con que sus unidades sean rastreadas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Municipio de Yuriria. (2017). Tránsito y Transporte: <https://goo.gl/mKG5bJ>.
- [2] INEGI. (2017). México en Cifras, Áreas geográficas e indicadores del municipio de Yuriria, Guanajuato: <https://goo.gl/tFwzE1>.
- [3] Lee, D. (2017). Garmin | What is GPS? Obtenido de <https://goo.gl/LcwM5r>
- [4] Fleetistics. (2017). GPS Vehicle Tracking: <https://goo.gl/fwsLqt>.
- [5] Advantrack. (2017). GPS Vehicle Tracking System: <https://goo.gl/K1XMGv>.
- [6] Fleetmatics. (2017). GPS Tracking Solutions: <https://goo.gl/r7VrcA>.
- [7] Mistary, P. V & Chile, R. H. (2015). Real time Vehicle tracking system based on ARM7 GPS and GSM technology. India Conference 1-6: <https://goo.gl/FSD6QF>
- [8] Al Rashed. (2013). A real time GSM/GPS based tracking system based on GSM mobile phone. Future Generation Communication Technology. 65-68.
- [9] MIT App Inventor. (2017): <https://goo.gl/dxiYhd>.

- [10] Chadil. (2008). Real-time tracking management system using GPS, GPRS and Google earth. ECTI-Con 2008. 393-396
- [11] Gaikwad. (2015). Implementation of real-time GPS receiver system for providing navigation based services and SMS tracking. *Industrial Instrumentation and Control*. 630--634
- [12] Android Studio The Official IDE for Android (2017): <https://goo.gl/j4PqwR>.
- [13] Mozilla. (2017). What is a web server? de Mozilla: <https://goo.gl/TjPonr>.
- [14] GPS.gov. (2017). What is GPS?: <https://goo.gl/nygp2x>.

IMPLEMENTACIÓN DE LA FUNCIÓN SHA3-3 EN UNA ARQUITECTURA ARM

Alfonso Francisco de Abiega Leglise

Instituto Politécnico Nacional. ESIME Culhuacan

ponchohunt1980@gmail.com

Gina Gallegos García

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacan

ggallegosg@ipn.mx

Resumen

Una función hash es un algoritmo matemático que garantiza la integridad de los datos ya que independientemente de la longitud de los datos de entrada, genera una nueva serie de caracteres con una longitud fija y única para cada una de las entradas que se le proporciona. SHA-3 es una función hash completamente nueva, la cual se diferencia completamente de las versiones anteriores como son SHA-1 y SHA-2. Esta función también es conocida como Keccak y no sólo presenta las salidas clásicas de su antecesor (224, 256, 338 y 512 bits) sino que tiene un paquete de funciones que permite que las salidas sean mucho más grandes para aumentar la seguridad del algoritmo. En este trabajo se presenta la implementación del algoritmo SHA-3 en el lenguaje de programación Python. Los resultados obtenidos a través de las pruebas efectuadas en diferentes plataformas, como lo son un ordenador y una placa embebida Raspberry pi 1 modelo B (dispositivo embebido de bajos recursos computacionales), muestran una diferencia en el tiempo de procesamiento al ejecutar el algoritmo. Con lo cual se pudo comprobar que los dispositivos con recursos limitados pueden estar protegidos ante ataques que violen la integridad de los mismos.

Palabra(s) Clave: Criptografía, Embebidos, Post-cuántica, Sha-3.

Abstract

A hash function is a mathematical algorithm that guarantees the integrity of the data since, regardless of the length of the input data, it generates a new series of characters with a fixed and unique length for each of the inputs that is provided to it. SHA-3 is a completely new hash function, which is completely different from previous versions such as SHA-1 and SHA-2. This function is also known as Keccak and not only presents the classic outputs of its predecessor (224,256,338 and 512 bits) but also has a package of functions that allows the outputs to be much larger to increase the security of the algorithm. The implementation of the SHA-3 algorithm in the Python programming language. The results obtained through tests carried out on different platforms, such as a computer and a Raspberry pi 1 embedded board model B (embedded device with low computational resources), show a difference in the processing time when executing the algorithm. Thus, it could be verified that devices with limited resources can be protected against attacks that violate the integrity of the devices.

Keywords: *Cryptography, Embedded, Post-quantum, Sha-3.*

1. Introducción

Las funciones hash forman parte de varias aplicaciones de seguridad de la información, entre las que destacan la generación y verificación de firmas digitales, generación de llaves y la creación de bits pseudoaleatorios, por mencionar las más importantes.

La familia de las funciones hash SHA-3 está compuesta por seis funciones. Cuatro de ellas son funciones criptográficas hash llamadas SHA3-224, SHA3-256, SHA3-384 y SHA3-512 y las otras dos funciones son de salida variable, conocidas como XOFs por sus siglas en inglés, llamadas SHAKE128 y SHAKE256, respectivamente. Las funciones de salida variable son diferentes a las funciones hash pero es posible utilizarlas de forma similar, con la posibilidad de adaptarse a las necesidades criptográficas de manera individual.

Las cuatro funciones hash SHA-3 que se muestran en el FIPS-202, complementa las funciones hash especificadas en la familia de SHA-1 y SHA-2. En el caso de

las funciones con salida variable, son funciones, que toman como parámetros de entrada datos binarios, en las cuales es posible obtener como salida, una cadena de longitud que depende de las necesidades o de la aplicación de la misma. Estas funciones son llamadas SHAKE128 y SHAKE256, para los cuales, los sufijos 128 y 256 indican la fortaleza, en términos de seguridad, que tienen estas funciones. En contraste con los sufijos para las funciones hash anteriormente mencionadas, que indican las longitudes de la salida de la función digestiva.

Las seis funciones SHA-3 están diseñadas para proporcionar propiedades especiales, tales como resistencia a las colisiones, así como ataques de pre-imagen y de segunda pre-imagen. Cada función emplea, en la construcción, el mismo tipo de permutación, que el componente principal, el de tipo esponja. Estas permutaciones se especifican como la instancia de una familia de permutaciones, denominada KECCAK-p, para proporcionar flexibilidad, modificar su tamaño y parámetros de seguridad en el desarrollo de cualquier modo adicional a futuro.

Actualmente, se tienen implementaciones de criptografía post-cuántica en sistemas embebidos de propósito específico como, por ejemplo, una matriz de puertas programables (FPGA), microcontroladores AVR, circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC). Sin embargo, no se tienen implementaciones criptográficas, de este tipo de criptografía, en embebidos de gama baja o gama media como, por ejemplo, Edison, Nvidia y Raspberry Pi; lo cual tiene como consecuencia que las propuestas de solución que hacen uso de estos últimos, sean susceptibles ante ataques cuánticos.

Con base en lo anterior, en este trabajo se presenta la implementación de un algoritmo post-cuántico, capaz de ser ejecutado en un sistema embebido de gama media, utilizando los resultados de las simulaciones hechas en los dispositivos de gama alta, para disminuir la probabilidad de éxito de un ataque cuántico dentro de un escenario definido.

2. Metodología

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo de esta investigación está conformada por una serie de cuatro pasos: análisis de la funcionalidad de las

funciones SHA-3, adecuación de una biblioteca que ejecuta la funcionalidad de la SHA-3, elaboración de un programa que mide los tiempos de procesamiento de cada una de las funciones de la SHA-3, ejecución de pruebas de funcionalidad de la SHA-3 en una arquitectura x64 y en ARM y ejecución de pruebas de funcionalidad de la SHA-1 y SHA-2 contra la SHA-3 en una arquitectura ARM. Estos pasos se describen a continuación y se ilustran en la figura 1.

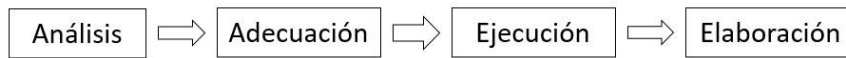


Figura 1 Metodología de trabajo.

Análisis de la funcionalidad

Las permutaciones KECCAK-p están diseñadas para ser los componentes principales de una variedad de funciones criptográficas, incluyendo funciones con llave para el servicio de autenticación y/o el servicio de cifrado. Las seis funciones que conforman la familia de SHA-3 pueden considerarse como modos de operación de la permutación KECCAK-p, la cual se especifica con dos parámetros. El primero es la longitud fija de los datos que se permutan, llamada anchura de la permutación. El segundo, es el número de iteraciones de una transformación interna, denominado ronda.

La ronda de una permutación KECCAK-p consiste en una secuencia de cinco transformaciones llamadas "*The step mapping*". El rango para esta permutación KECCAK-p está comprendida por b bits, para la cual existen siete valores definidos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Valores definidos para una permutación KECCAK-p.

| | | | | | | | |
|---|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| b | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | 800 | 1600 |
| w | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |
| l | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Donde:

b = Longitud del estado de la permutación KECCAP-p

$w = b/25$

$l = \log^2(b/25)$

Si S muestra una cadena que representa el estado, entonces cada uno de sus bits son numerados de 0 a $b - 1$, con base en la ecuación 1.

$$S = S[0] \parallel S[1] \parallel \dots \parallel S[b - 2] \parallel S[b - 1] \quad (1)$$

Es necesario representar los estados de entrada y salida de la permutación como cadenas de bits de longitud b y se presenten los estados de entrada y salida de "The step mapping" como matrices de $5 \times 5 \times w$. De ahí, que si A muestra una matriz de $5 \times 5 \times w$ que representa el estado, entonces sus índices son los triples enteros (x,y,z) para los cuales $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq y \leq 5$, $0 \leq z \leq w$. El bit que corresponde a (x,y,z) se denota por $A[x,y,z]$. Con base en lo anterior, la matriz de estado es una representación de la forma tridimensional que muestra la figura 2.

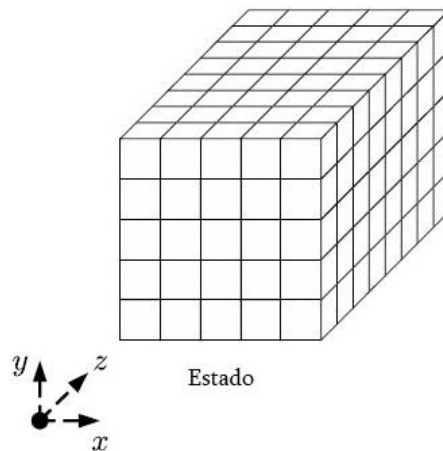


Figura 2 Matrices de estado.

Las submatrices bidimensionales se denominan hojas, planos y rebanadas y las subcadenas unidimensionales se llaman filas, columnas y carriles, como se muestran en la figura 3.

Para convertir una cadena de bits a una matriz de estados, se tiene que S es una cadena de bits de longitud b que representa el estado de la permutación KECCAP- $p[b,nr]$. La matriz de estado correspondiente, denotada por A se define con base en la ecuación 2: En donde para toda tripleta de enteros (x,y,z) tal que $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq y \leq 5$, $0 \leq z \leq w$ se tiene que.

$$A[x, y, z] = S[w(5y + x) + z] \quad (2)$$

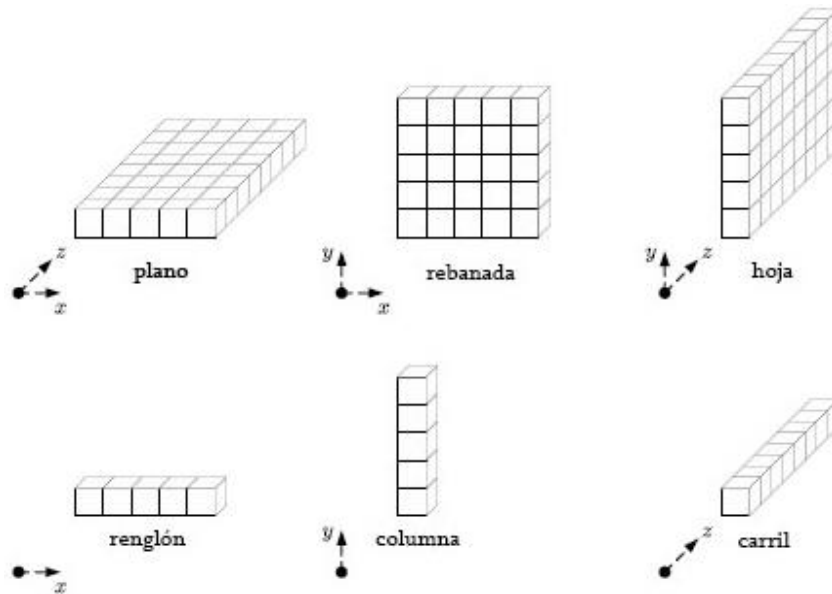


Figura 3 Submatrices bidimensionales y subcadenas unidimensionales.

De igual manera, para convertir una matriz de estado en una cadena de bits, se tiene que A es una matriz de estado. La representación de la cadena correspondiente, denotada por S , puede ser reconstruida a partir de los carriles y planos de la matriz A y se define con base en la ecuación 3, donde para cada par de enteros (i,j) tal que $0 \leq i \leq 5$ y $0 \leq j \leq 5$, define la cadena $Lane(i,j)$.

$$Lane(i,j) = A[i,j,0] \parallel A[i,j,1] \parallel A[i,j,2] \parallel \dots \parallel A[i,j,w-2] \parallel A[i,j,w-1]. \quad (3)$$

El etiquetado completo de las coordenadas x, y, z para la matriz de estados se muestra en la figura 4.

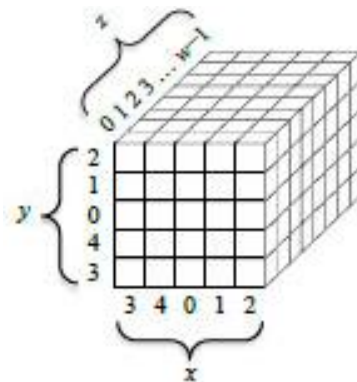


Figura 4 Etiquetado de la matriz de estado.

The Step Mapping

Los cinco "The Step Mapping" que comprenden una ronda de la permutación KECCAP-p son denotados por las letras griegas θ , ρ , π , χ , y ι . Los algoritmos, que se muestran a continuación, toman a la matriz de estado, denotada por A , como la entrada y devuelve otra matriz de estado actualizada, denotada por A' , como la salida. El tamaño del estado es un parámetro que no se incluye en la notación ya que b siempre se especifica cuando se invocan los "Step Mapping".

El algoritmo para Theta (θ) es mostrado en la figura 5:

- Entrada: Matriz de estado A
- Salida: Matriz de estado A' :
 1. Para todo par (x,z) dado que $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$C[x,z] = A[x,0,z] \oplus A[x,1,z] \oplus A[x,2,z] \oplus A[x,3,z] \oplus A[x,4,z]$$
 2. Para todo par (x,z) tal que $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$D[x,z] = C[(x-1) \bmod 5, z] \oplus C[(x+1) \bmod 5, (z-1) \bmod w]$$
 3. Para toda tripleta (x,y,z) tal que $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq y \leq 5$, $0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$A'[x,y,z] = A[x,y,z] \oplus D[x,z]$$

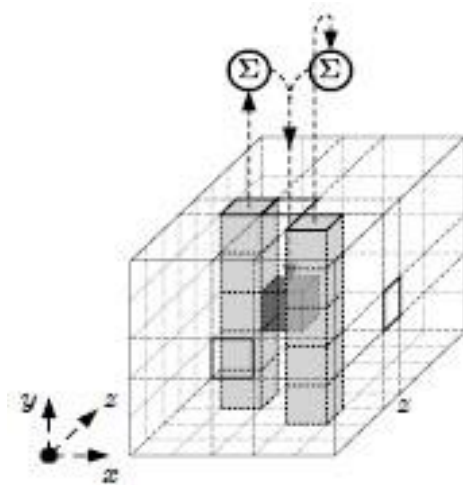


Figura 5 Step Mapping-Theta.

El algoritmo para Rho (ρ) es la figura 6:

- Entrada: Matriz de estado A

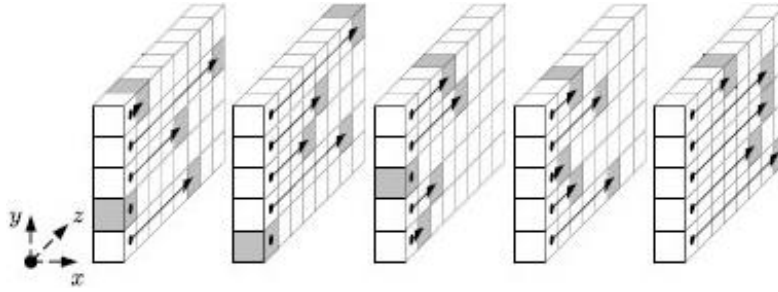


Figura 6 Step Mapping-Rho.

- Salida: Matriz de estado A':
 1. Para toda z tal que $0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$A'[0,0,z] = A[0,0,z]$$
 2. $(x, y) = (1, 0)$
 3. Para t de 0 a 23:
 - a. Para toda z tal que $0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$A'[x,y,z] = A[x, y, (z - (t + 1)(t + 2)/2) \bmod w]$$
 - b. $(x, y) = (y, (2x + 3y) \bmod 5)$
 4. Regresar A'

El algoritmo para Pi (π) es la figura 7:

- Entrada: Matriz de estado A
- Salida: Matriz de estado A'
 1. Para toda tripleta (x,y,z) tal que $0 \leq x \leq 5, 0 \leq y \leq 5, 0 \leq z \leq w$, se tiene que:

$$A'[x,y,z] = A[(x + 3y) \bmod 5, x, z]$$
 2. Regresar A'.

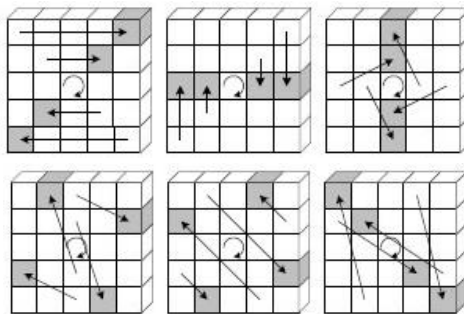


Figura 7 Step Mapping-Pi.

El algoritmo para Ji (χ) es la figura 8:

- Entrada: Matriz de estado A
 - Salida: Matriz de estado A':
 - ✓ Para toda tripleta (x,y,z) tal que $0 \leq x \leq 5$, $0 \leq y \leq 5$, $0 \leq z \leq w$, se tiene que:
- $$A'^{[x,y,z]} = A[x,y,z] \oplus ((A[(x+1) \bmod 5,y,z] \oplus 1) \cdot A[(x+2) \bmod 5,y,z])$$
- ✓ Regresar A'.

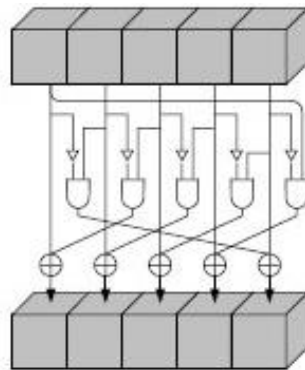


Figura 8 Step Mapping - Ji.

Para los algoritmos para Iota (ι) se tiene que el propósito es modificar algunos bits de Lane(0,0) de manera que dependa del índice redondo i_r . "The Step Mapping" de ι depende de dos algoritmos. Para el primero, el parámetro de salida determina el valor de $l+1$ bits de uno de los carriles llamado la constante redonda, designada por RC. Sus especificaciones se detallan a continuación:

- Algoritmo 1.
 - ✓ Entrada: Entero t
 - ✓ Salida: Bit de la constante redonda rc(t):
 - ❖ Si $t \bmod 255 = 0$ entonces regresar 1
 - ❖ $R = 10000000$
 - ❖ Para cada i de 1 a $t \bmod 255$, hacer:
 - ❖ $R = 0 \parallel R$;
 - ❖ $R[0] = R[0] + R[8]$;
 - ❖ $R[4] = R[4] + R[8]$;

- ❖ $R[5] = R[5] + R[8];$
- ❖ $R[6] = R[6] + R[8];$
- ❖ $R = Trunc_5[R]$
- ❖ $R[0]$

• Algoritmo 2.

- ✓ Entrada: Matriz de estado A e índice redondo i_r
- ✓ Salida: Matriz de estado A'
 - ❖ Para toda tripleta (x,y,z) tal que $0 \leq x \leq 5, 0 \leq y \leq 5, 0 \leq z \leq w$, se tiene que
 - ❖ $A'^{[x,y,z]} = A[x,y,z]$
 - ❖ $RC = 0^w$
 - ❖ Para cada j de 0 a l, hacer que $RC[2^j - 1] = rc(j + 7i_r)$
 - ❖ Para toda z tal que $0 \leq z \leq w$, se tiene que
 - ❖ $A'[0,0,z] = A'[0,0,z] \oplus RC[z]$
 - ❖ Regresa A'

- Permutación KECCAK-p[b,nr]. Dado una matriz de estado A y un índice redondo i_r , la función redonda Rnd es la transformación que resulta de aplicar "The Step Mapping" θ, ρ, π, χ y ι en ese orden, con base en la ecuación 4:

$$Rnd(A, i_r) = \iota(\chi(\pi(\rho(\theta(A))))), i_r \quad (4)$$

Las permutaciones KECCAK-p[b,nr] consisten en n_r iteraciones de la función Rnd como se muestra en el siguiente algoritmo:

- ✓ Entrada: Cadena S y número de rondas n_r
- ✓ Salida: Cadena S'
 - ❖ Convertir la cadena S en la matriz de estado A
 - ❖ Para toda i_r de $2l + 12 - n_r - 1$, hacer que $A = Rnd(A, i_r)$
 - ❖ Convertir la matriz de estado A en la cadena S'
 - ❖ Regresa S'

Adecuación de una biblioteca que ejecuta la funcionalidad de la SHA-3

Hoy en día, se están desarrollando códigos para utilizar las fortalezas que presentan las funciones de la familia SHA-3. El proyecto de investigación "Open Quantum Safe", ha puesto al alcance de los estudiantes una biblioteca de funciones. Con base en ésta biblioteca se programó una aplicación, en código Python, capaz de ejecutarse en un sistema embebido.

La biblioteca se adecuó para poder ejecutarse dentro de la arquitectura ARM. La adecuación se hizo a nivel código, ya que se tenía que modificar uno de los valores que poseía un constructor para que pudiera hacer uso de la función SHA-3 y de todas las opciones que brinda la biblioteca. El código que se utilizó para la adecuación es el siguiente:

```
hashlib.__builtin__constructor_cache['sha3_512'] = sha3.sha3_512
hashlib.new('sha3_512')
<sha3.SHA3512 object at 0x10b381a90>
```

Elaboración de un programa que mide los tiempos de procesamiento de cada una de las funciones de la SHA-3

El programa diseñado a partir de la biblioteca anteriormente mencionada tiene como propósito la obtención de las mediciones en los tiempos de procesamiento, que tardan tanto el embebido como la computadora personal, para resolver las operaciones de las funciones hash de la familia de SHA-3.

El código muestra las líneas de código con las cuales se genera el valor hash de un espacio en blanco y da como resultado el valor hash y el tiempo que tarda el ordenador en procesar esta instrucción:

```
print("***** SHA3 512 *****")
start_time = time.time()
print(hashlib.sha3_512 = time.time() - start_time)
print("***** SHA3 224 *****")
start_time = time.time()
print(hashlib.sha3_224 = time.time() - start_time)
print("***** SHA3 256 *****")
start_time = time.time()
print(hashlib.sha3_256 = time.time() - start_time)
print("***** SHA3 384 *****")
start_time = time.time()
print(hashlib.sha3_384 = time.time() - start_time)
```

Ejecución de pruebas de funcionalidad de la SHA-3 en una arquitectura x64 y una ARM y ejecución de pruebas de funcionalidad de la SHA-1 y SHA-2 contra la SHA-3 en una arquitectura ARM

Se hicieron una serie de pruebas para determinar la rapidez de la ejecución del algoritmo SHA-3 dentro de dicha arquitectura. Las pruebas realizadas consistieron en ejecutar cada uno de los miembros de dicha familia, con la finalidad de obtener una comparación de los tiempos de procesamiento que se tienen en una computadora con arquitectura x64. De ahí, que el ordenador que se utiliza es una computadora portátil con un procesado i7 de tercera generación, con velocidad de 2.9 GHz y 8 GB en RAM.

El sistema embebido empleado es una tableta Raspberry Pi 1 modelo B que cuenta con un procesador de un solo núcleo a 700 MHz de velocidad y con 256 MB de memoria RAM. En este embebido se utiliza el sistema operativo Raspbian, dado que es el operativo que la compañía creadora, proporciona para sus dispositivos.

La primera prueba que se hizo fue la comparación de los tiempos de ejecución, medida en segundos, de las funciones SHA-3 224, SHA-3 256, SHA-3 384 y SHA-3 512, para observar qué tiempos tardan en ejecutarse dentro de las dos arquitecturas, con un espacio como la entrada de la función. Posteriormente se repitió la misma prueba, pero cambiando la entrada por una palabra aleatoria. Finalmente, se repitió nuevamente el experimento, pero con un archivo que contenía un millón de letras A como entrada de la función.

La segunda prueba que se realizó fue para obtener la comparación de los tiempos de ejecución de la función, pero ahora en las funciones de salida variable SHAKE128 y SHAKE256, con salidas de tamaño 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 bits, respectivamente. Para finalizar, se realizó una prueba de comparación de tiempo de procesamiento en el mismo embebido, comparando a las funciones antecesoras que son SHA-1 y SHA-2 contra SHA-3, con la finalidad de observar, si existe alguna diferencia en los tiempos de ejecución utilizados para resolver las funciones hash.

Los parámetros de salida de estas pruebas permitieron determinar, por medio de un promedio de tiempos, qué tan posible o no es la ejecución de la familia de funciones SHA-3 dentro de sistemas embebidos.

3. Resultados

Los resultados obtenidos por las pruebas antes mencionadas se detallan a continuación:

- Para la ejecución 1, donde se comparan los tiempos de ejecución obtenidos para el procesamiento de las funciones SHA-3 224, SHA-3 256, SHA-3 384 y SHA-3 515, la entrada es "un espacio". El resultado se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Resultados del experimento 1 ronda 1.

| Entrada: Espacio | | | |
|------------------|----------|------------|-----------------|
| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
| SHA-3 224 | 0.000036 | 0.001895 | 52.63888889 |
| SHA-3 256 | 0.000202 | 0.001833 | 9.074257426 |
| SHA-3 384 | 0.000078 | 0.001075 | 13.78205128 |
| SHA-3 512 | 0.000092 | 0.013202 | 143.5 |
| Promedio | 0.000102 | 0.00450125 | 44.12990196 |

- La ejecución 2 es similar a la anterior, pero con la diferencia de que la entrada, ahora es una palabra tomada de forma aleatoria. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados del experimento 1 ronda 2.

| Entrada: Palabra | | | |
|------------------|------------|-----------|-----------------|
| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
| SHA-3 224 | 0.000018 | 0.000689 | 38.27777778 |
| SHA-3 256 | 0.000016 | 0.000684 | 42.75 |
| SHA-3 384 | 0.000016 | 0.000698 | 43.625 |
| SHA-3 512 | 0.000059 | 0.000853 | 14.45762712 |
| Promedio | 0.00002725 | 0.000731 | 26.82568807 |

- La ejecución 3 es realizada con un archivo que contiene un millón de letras A. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Resultados del experimento 1 ronda 3.

| Entrada: Un millón A | | | |
|----------------------|------------|------------|-----------------|
| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
| SHA-3 224 | 0.005812 | 1.576884 | 271.3152099 |
| SHA-3 256 | 0.006284 | 1.654963 | 263.361394 |
| SHA-3 384 | 0.008364 | 2.100136 | 251.0923003 |
| SHA-3 512 | 0.016931 | 3.837384 | 226.6483964 |
| Promedio | 0.00934775 | 2.29234175 | 245.229253 |

- La ejecución 4 consiste en la comparación de los tiempos de ejecución del procesamiento que resulta en las funciones de salida variable con valores de 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 bits respectivamente y con un espacio como valor de entrada para la función. Los resultados son expuestos en la tabla 5.

Tabla 5 Resultados del experimento 1 ronda 4.

| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|
| SHAKE128 - 512 | 0.000106 | 0.002282 | 21.52830189 |
| SHAKE128 - 1024 | 0.000062 | 0.002734 | 44.09677419 |
| SHAKE128 - 2048 | 0.000068 | 0.002218 | 32.61764706 |
| SHAKE128 - 4096 | 0.000125 | 0.003046 | 24.368 |
| SHAKE128 - 8192 | 0.000131 | 0.004483 | 34.22137405 |
| SHAKE256 - 512 | 0.000049 | 0.005367 | 109.5306122 |
| SHAKE256 - 1024 | 0.000047 | 0.001067 | 22.70212766 |
| SHAKE256 - 2048 | 0.000055 | 0.008259 | 150.1636364 |
| SHAKE256 - 4096 | 0.000075 | 0.001954 | 26.05333333 |
| SHAKE256 - 8192 | 0.000107 | 0.003071 | 28.70093458 |
| Promedio | 0.0000825 | 0.0034481 | 49.39827414 |

- La ejecución 5 repite los mismos parámetros de la prueba anterior, pero con la diferencia de que el valor de entrada de las funciones corresponde a una palabra tomada de forma aleatoria. La tabla 6 muestra los resultados.

Tabla 6 Resultados del experimento 1 ronda 5.

| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|
| SHAKE128 - 512 | 0.000093 | 0.000958 | 10.30107527 |
| SHAKE128 - 1024 | 0.000023 | 0.00078 | 33.91304348 |
| SHAKE128 - 2048 | 0.000024 | 0.00106 | 44.16666667 |
| SHAKE128 - 4096 | 0.000037 | 0.001877 | 50.72972973 |
| SHAKE128 - 8192 | 0.000048 | 0.007162 | 149.2083333 |
| SHAKE256 - 512 | 0.000017 | 0.001025 | 60.29411765 |
| SHAKE256 - 1024 | 0.000017 | 0.000957 | 56.29411765 |
| SHAKE256 - 2048 | 0.000022 | 0.001242 | 56.45454545 |
| SHAKE256 - 4096 | 0.000032 | 0.00213 | 66.5625 |
| SHAKE256 - 8192 | 0.000048 | 0.009615 | 200.3125 |
| Promedio | 0.0000361 | 0.0026806 | 72.82366292 |

- La ejecución 6 repite los mismos parámetros de las dos pruebas anteriores, pero el valor de entrada de la función es un archivo de datos que contiene un millón de letras "A". Los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7 Resultados del experimento 1 ronda 6.

| Tipo | PC | RASPBERRY | Veces más lento |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|
| SHAKE128 - 512 | 0.004848 | 2.210871 | 456.0377475 |
| SHAKE128 - 1024 | 0.004806 | 1.524076 | 317.119434 |
| SHAKE128 - 2048 | 0.004887 | 1.391101 | 284.6533661 |
| SHAKE128 - 4096 | 0.004824 | 1.423986 | 295.1878109 |
| SHAKE128 - 8192 | 0.004822 | 1.461029 | 302.9923268 |
| SHAKE256 - 512 | 0.005995 | 1.754203 | 292.6110092 |
| SHAKE256 - 1024 | 0.005933 | 1.738503 | 293.0225855 |
| SHAKE256 - 2048 | 0.006027 | 1.736042 | 288.0441347 |
| SHAKE256 - 4096 | 0.004804 | 1.72537 | 359.1527893 |
| SHAKE256 - 8192 | 0.004511 | 1.736697 | 384.9915761 |
| Promedio | 0.0051457 | 1.6701878 | 327.381278 |

- La ejecución 7 consiste en comparar las funciones SHA-1 y SHA-2 contra la función SHA-3 con un espacio como valor de entrada de las funciones. Los resultados son mostrados en la tabla 8.

Tabla 8 Resultados del experimento 2 ronda 7.

| Tamaño | SHA-1 y SHA-2 | SHA-3 | Veces más lento |
|----------|---------------|------------|-----------------|
| 160 | 0.000971 | - | Sin comparación |
| 224 | 0.001488 | 0.001895 | 1.273521505 |
| 256 | 0.000474 | 0.001833 | 3.867088608 |
| 384 | 0.000448 | 0.001075 | 2.399553571 |
| 512 | 0.000446 | 0.013202 | 29.60089686 |
| Promedio | 0.000714 | 0.00450125 | 9.285265136 |

- La ejecución 8 es similar a la prueba anterior, pero con la diferencia de que el valor de entrada es una palabra escogida de manera aleatoria. La tabla 9 muestra los resultados.

Tabla 9 Resultados del experimento 2 ronda 8.

| Tamaño | SHA-1 y SHA-2 | SHA-3 | Veces más lento |
|----------|---------------|----------|-----------------|
| 160 | 0.000414 | - | Sin comparación |
| 224 | 0.000325 | 0.000689 | 2.12 |
| 256 | 0.000305 | 0.000684 | 2.242622951 |
| 384 | 0.000328 | 0.000698 | 2.12804878 |
| 512 | 0.000309 | 0.000853 | 2.760517799 |
| Promedio | 0.00031675 | 0.000731 | 2.312797383 |

- Por último, la ejecución 9 muestra los tiempos de ejecución de la Prueba 8, pero con un archivo que contiene un millón de letras A como valor de entrada. Los resultados se pueden ver en la tabla 10.

Tabla 10 Resultados del experimento 2 ronda 9.

| Tamaño | SHA-1 y SHA-2 | SHA-3 | Veces más lento |
|----------|---------------|------------|-----------------|
| 160 | 0.131596 | - | Sin comparación |
| 224 | 0.136864 | 1.576884 | 11.52153963 |
| 256 | 0.179939 | 1.654963 | 9.197355771 |
| 384 | 0.289569 | 2.100136 | 7.25262718 |
| 512 | 0.281525 | 3.837384 | 13.6307042 |
| Promedio | 0.22197425 | 2.29234175 | 10.4005567 |

4. Discusión

Conforme a los resultados obtenidos en la sección anterior se puede observar lo siguiente:

Los resultados del primer experimento de las ejecuciones uno, dos y tres, que son las funciones SHA-3 224, SHA-3 256, SHA-3 384 y SHA-3 512, muestran los siguientes valores respectivamente: 44.1, 26.8 y 245.2; estas cifras demuestran qué tantas veces es más lento un embebido sobre un ordenador personal a la hora de la ejecución del código. Las comparaciones fueron hechas en valores de microsegundos por lo que los resultados más altos son de segundos, como muestra en la gráfica de la figura 9.

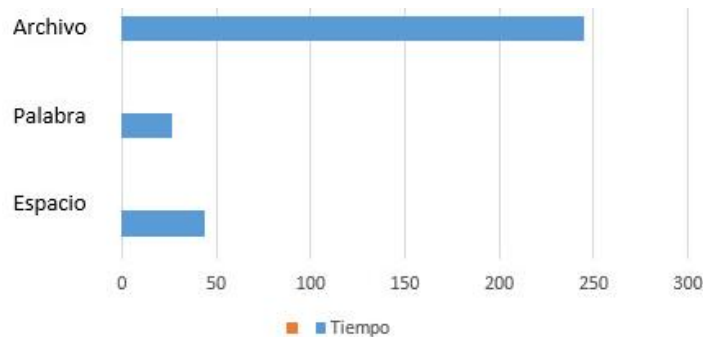


Figura 9 Resultados de experimento 1, ronda 1, 2 y 3.

El valor más alto representa el proceso de un archivo que contiene un millón de caracteres y el tiempo utilizado para ejecutar el proceso es de entre 1 y 3

segundos por lo que, a nivel computacional, es posible ejecutar una función hash post-cuántica en un embebido de bajos recursos computacionales.

Los resultados para las ejecuciones cuatro, cinco y seis, que son las funciones de salida variable SHAKE128 y SHAE256, muestran los siguientes valores: 49.3, 72.8 y 327.3. Los valores se muestran en la gráfica de la figura 10.

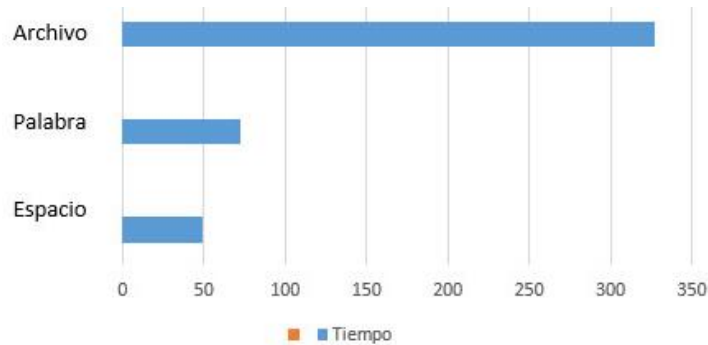


Figura 10 Resultados de experimento 1, ronda 4, 5 y 6.

El valor más alto representa el proceso de un archivo, igual que en las ejecuciones anteriores, y el tiempo utilizado para ejecutar el proceso es de un segundo por lo que es más que posible tener funciones hash de salida variable dentro de los embebidos de bajos recursos. Las salidas pueden ser tan grandes como el usuario las requiera y el dispositivo podrá tener el resultado de la función hash.

Por último, el resultado del experimento 2 de las ejecuciones siete, ocho y nueve, que es la comparación entre SHA-1 y SHA-2 contra SHA-3 dentro del mismo embebido, tiene los siguientes valores: 9.2, 2.3 y 10.4. Los resultados se muestran en figura 11.

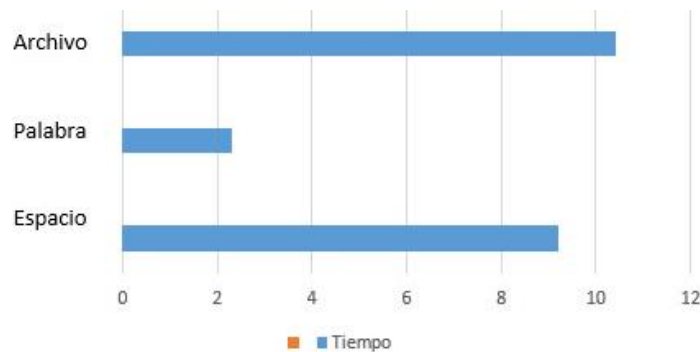


Figura 111 Resultados de experimento 2, ronda 7, 8 y 9.

Los valores obtenidos en este último experimento demuestran que una función post-cuántica puede ser ejecutada de manera exitosa dentro de los embebidos de bajos recursos computacionales. Al hacer la comparación con las funciones SHA-1 y SHA-2, que actualmente se utilizan dentro de los medios digitales, es posible observar que los valores de ejecución de la función SHA-3 no son tan altos, por lo que es posible utilizar e implementar aplicaciones que utilicen estas funciones hash en vez de sus antecesoras.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ghani Aziz, Mochamad Vicky, et al. (2013, noviembre). Hash MD5 Function Implementation at 8-bit Microcontroller. Para el 2013 Joint International Conference on Rural Information & Communication Technology and Electric-Vehicle Technology. Bandung, Indonesia.
- [2] Kahri, Fatma, et al. (2013, marzo). An FPGA implementation of the SHA-3: The BLAKE Hash Function. Para el 10th International Multi-Conference on Systems, Signal & Devices. Hammamet, Túnez.
- [3] Kahri, Fatma, et al. (2015, marzo). Efficient FPGA Hardware Implementation of Secure Hash Function SHA-256/Blake-256. Para el 12th International Multi-Conference on Systems, Signal & Devices. Mahdia, Túnez.

AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE ACCESO UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES Y RFID

Rafael de la Rosa Flores

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

rafa_elo31@hotmail.com

David E. Munoz Morales

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

devasc26@gmail.com

Ervic Pérez Mendoza

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

chivis_luis@hotmail.com

José Luis Mora Flores

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

chivis_luis@hotmail.com

Hilda Castillo Zacatelco

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

hildacz@gmail.com

Resumen

Este documento describe un proyecto que utiliza diferentes elementos tecnológicos, tanto software como hardware que permiten automatizar y controlar el acceso a un sitio. Se implementó una arquitectura de hardware con tecnología de identificación de radio frecuencias, RFID, un dispositivo Arduino y un dispositivo Ethernet shield para controlar el acceso. En el caso del software, se implementa una arquitectura de tres capas y dos niveles que interactúa con la arquitectura del hardware. Asimismo, se desarrolló una aplicación móvil que gestiona a los

usuarios que tienen acceso al sitio, que puede ser una casa u oficina, entre otros. En particular, el proceso de automatización fue desarrollado e implementado para que los estudiantes de la FCC de BUAP puedan acceder a los laboratorios.

La automatización del acceso al laboratorio permite saber a quién y en qué momento los usuarios hacen uso del laboratorio, ya que los accesos se almacenan en una base de datos y se visualizan en un dispositivo móvil.

Palabra(s) Clave: Arquitectura de SW y HW, Control de acceso, Dispositivos móviles, RFID.

Abstract

This document presents a project that uses different technological elements, both software and hardware that allow to automate and control access to a site. A hardware architecture was implemented using RFID technology, an Arduino device and an Ethernet shield device to control access. For the software case, a 3-layer, two-tier architecture is implemented and interacts with the hardware architecture. As well, a mobile application was developed that manages the users that have access to the site, which can be a house, official, among others. In particular, the process of automation was developed and implemented so that students of the FCC of BUAP can access the laboratories.

The automation of the access to the laboratory allows to know who and at what time the users make use of the laboratory, since the accesses are stored in a database and are visualized in a mobile device.

Keywords: *Access control, Mobil device, RFID, Software and hardware architecture.*

1. Introducción

El acceso a algunos sitios requiere de tener mecanismos automatizados seguros y confiables que autentiquen a las personas que acceden a los mismos. Esto permite tener bitácoras de accesos que den seguimiento a los usuarios que hacen uso de las instalaciones, ya que en caso de pérdidas o daños a los elementos dentro del sitio se tendría conocimiento de los involucrados. Motivo por

el cual, es indispensable contar con soluciones tecnológicas que permitan acreditar a los usuarios que acceden a sitios de alta seguridad.

La domótica o "*home automation*", es un conjunto de elementos tecnológicos que ayudan a automatizar una vivienda, esto incluye procesos, sistemas, dispositivos electrónicos o mecánicos que realizan la labor que normalmente hacen las personas. De manera particular, el acceso a un sitio es fundamental dentro de este contexto. Para acceder a un sitio, existen diferentes elementos tecnológicos que permiten obtener información de las personas y autenticarlas. Por ejemplo, lectores biométricos, de iris, lectores de radiofrecuencias, entre otros.

En este documento se presenta una propuesta funcional que automatiza el acceso a un sitio de alta seguridad utilizando algunos elementos tecnológicos, tales como: identificador de radio frecuencias, RFID [Phillips, 2005], placa Arduino uno, servidor de bases de datos, dispositivos móviles, entre otros componente de software y hardware que automatizan el acceso de las personas a un sitio. En particular se desarrolló e implementó el proceso de automatización para que los estudiantes de la FCC de la BUAP accedan a los laboratorios. La automatización del acceso al laboratorio permite conocer quiénes son y en qué momento los usuarios hacen uso del mismo, ya que se almacenan los accesos en una base de datos y se visualizan tanto en un servidor como en un dispositivo móvil.

A la fecha existen diferentes trabajos [Kovatsch, 2010], que utilizan cámaras, detectores de movimiento y dispositivos móviles para monitorear sitios de alta seguridad. Algunos utilizan el Bluetooth y teléfonos inteligentes para desarrollar un sistema de seguridad que permite bloquear o desbloquear el acceso a un sitio [Potts, 2012]. Un trabajo interesante es el reportado en [Rajadurai, 2015], éste utiliza algunos elementos tecnológicos tales como un controlador ARM con sensores IR que permiten detectar a una persona y utilizan SMS para autenticar. Existen otros trabajos, por ejemplo, en Das [2011] y Piyare [2011], utilizan elementos tecnológicos como dispositivos móviles y Bluetooth para automatizar los dispositivos electrónicos de una casa.

En la siguiente sección se explica el desarrollo y la implementación del mecanismo de automatización.

2. Metodología

Aunque la tecnología de identificación de radiofrecuencias no es nueva, en la última década ha sido ampliamente difundida y utilizada en aplicaciones cotidianas [Ugarte, 2017]. Una de las características básicas que proporciona este tipo de tecnologías es la capacidad de proveer un identificador único y que permite rastrear objetos a cierta distancia. Estas condiciones motivaron a utilizar la tecnología RFID como componente de autenticación para el desarrollo del proyecto, así como también se utiliza un dispositivo móvil para rastrear y administrar los accesos al sitio, entre algunos otros elementos.

El esquema general del mecanismo de automatización se divide en dos arquitecturas: de software y de hardware, que a continuación se explican.

Arquitectura de hardware

Los dispositivos de hardware que se consideran en este proyecto para automatizar el acceso son:

- Módulo RFID RC522
- Placa Arduino uno
- Tag ID`s
- Selenoide
- Placa Ethernet Shield
- Servidor de Almacenamiento

La arquitectura general del mecanismo de hardware que automatiza el acceso se muestra en la figura 1. De manera permanente la placa Arduino se encuentra enviando peticiones de lectura, cuando el lector de RFID recibe la instrucción de realizar una lectura, éste envía una señal al ambiente de búsqueda de etiquetas de RFID, si encuentra alguna, obtendrá su número de identificación y lo enviará de vuelta a la computadora. Después el módulo de control de acceso procesará este identificador y decidirá si el usuario tiene permitido el acceso. Si esto es verdadero, entonces se envía una señal a la tarjeta controladora, para que libere el actuador correspondiente (selenoide) y se permita el acceso.

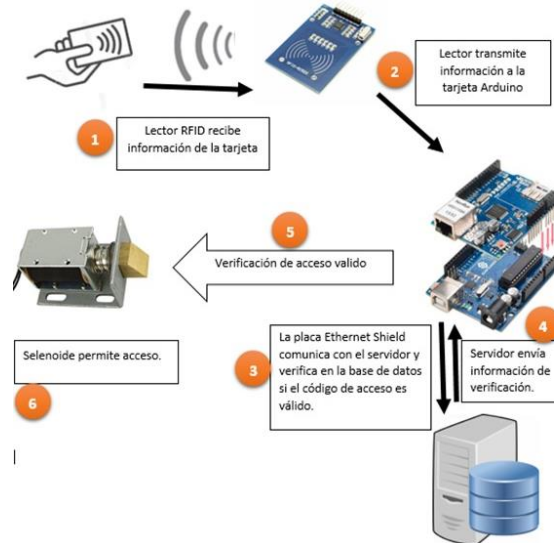


Figura 1 Arquitectura de hardware.

A pesar de ser un diagrama de componentes de hardware, es requisito indispensable establecer una interfaz entre cada uno de los elementos de la figura 1 y que se muestra en la tabla 1. En la tabla 1 se establece la interfaz entre el lector RFID y el componente Arduino, así como también se muestra cómo se conectan cada uno de los pines entre ambos componentes.

Tabla 1 Interfaz de comunicación módulo RFID RC522 y Placa Arduino uno.

| Módulo RC522 | Arduino UNO |
|--------------|--------------|
| SDA (SS) | 10 |
| SCK | 13 |
| MOSI | 11 |
| MISO | 12 |
| IRQ | No conectado |
| GND | GND |
| RST | 9 |
| 3.3 V | 3.3 V |

Una vez que se realizó la conexión del módulo RC522 con la tarjeta de desarrollo Arduino, se implementó el código para hacer la lectura de las TagID del personal autorizado para acceder al sitio. El código para la lectura de identificación se muestra en la figura 2. La parte importante del código que se muestra en la figura 2, se encuentra en el función loop(), esta es la encargada de llevar a cabo la apertura de la puerta, dado que la función digitalWrite(PUERTIN, HIGH) es quien activa a la contrachapa eléctrica.

```

program showing how to read data from a PICC (that is: a RFID Tag or Card) using a MFRC522
based RFID
Reader on the Arduino SPI interface.
*/

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define RST_PIN 9 // Configurable
#define SS_PIN 7 // Configurable
#define PUERTIN 6

MFRC522 mfc522(SS_PIN, RST_PIN); // Create MFRC522 instance

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  SPI.begin(); // Init SPI bus
  mfc522.PCD_Init(); // Init MFRC522
  mfc522.PCD_DumpVersionToSerial();
  Serial.println(F("Scan PICC to see UID, SAK, type, and data blocks..."));
  pinMode(PUERTIN, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Look for new cards
  if (!mfc522.PICC_IsNewCardPresent()) {
    return;
  }

  // Select one of the cards
  if (!mfc522.PICC_ReadCardSerial()) {
    return;
  }

  // Dump debug info about the card; PICC_HaltA() is automatically called
  mfc522.PICC_DumpToSerial(&(mfc522.uid));
  digitalWrite(PUERTIN, HIGH);
  delay(9000);
  digitalWrite(PUERTIN, LOW);
}

```

Figura 2 Código de lectura para la identificación.

Arquitectura de software

Para la implementación de la App móvil, se diseñó una arquitectura de 3 capas y 2 niveles, utilizando el esquema cliente servidor, tabla 2. La capa de presentación, que está alojada en un dispositivo móvil y contiene la interfaz del usuario, junto con la capa lógica que es la encargada de las peticiones y respuestas. Estas dos capas se encuentran en el nivel 1.

Tabla 2 Arquitectura de 3 capas y 2 niveles.

| CAPA | NIVEL |
|--------------|-------|
| Presentación | 1 |
| Lógica | |
| Datos | 2 |

En el nivel 2 se encuentra el servidor y funciona con la capa lógica, ya que es a través de esta capa que se envían las solicitudes de almacenamiento o recuperación de la información a la capa de datos. Este componente se realizó utilizando el lenguaje de programación Java, además de utilizar XML. A continuación, se explican cada una de las capas utilizadas:

- Capa de presentación. Esta capa pertenece a la interfaz gráfica de la App móvil. Para su implementación se usó el IDE Android Studio. En el IDE de Android Studio se requieren dos tipos de archivos para hacer una vista o Activity: XML y Java. El archivo XML contiene los elementos gráficos que son utilizados al generar una Activity (Button, TextView, EditText). Por otro lado, el archivo java contiene el código encargado de asignar acciones a estos elementos gráficos de su correspondiente archivo XML.
- Capa lógica. En esta capa se solicitan los datos por la aplicación a través del método POST, y son enviados a un archivo PHP. En la figura 3 se muestra el código snippet PHP que se encarga de solicitar la información a la base de datos regresando a la aplicación los datos codificados en JSON.
- Capa de datos. En esta capa se encuentra la Base de Datos. En ésta se utilizó como manejador de bases de datos a MySQL. Este manejador es multihilado y multiusuario, además de cumplir con las siguientes funciones:
 - ✓ Manipulación de los datos: responde a las solicitudes del usuario para realizar operaciones de supresión, actualización, extracción, entre otras gestiones. El manejo de los datos ha de realizarse de forma eficiente, según las peticiones realizadas por los usuarios, y permitir la modificación del esquema de la base de datos.
 - ✓ Seguridad e integridad de los datos: Además de registrar el uso de las bases de datos, ante cualquier petición, también aplicará las medidas de seguridad e integridad de los datos previamente definidos.
 - ✓ Recuperación y restauración de los datos ante un posible fallo.

El diseño de la base de datos es sencillo ya que solo consta de una tabla de base de datos, la cual se muestra en la figura 4.

```

<?php
$link = mysqli_connect("localhost","guiaturu_dave","W4rM4cH1n52ol7","guiaturu_cti");
$login = json_decode($_POST["getUsers"]);
$admin = $login->admin;
    $query = "select * from control";
    $row = mysqli_query($link,$query);
$existe = mysqli_num_rows($row);
if($existe>0){
$response["users"] = array();
    $result = mysqli_query($link,$query);
    while ($row = mysqli_fetch_array($result)) {
        // temp user array
        $users = array();
        $users["name"] = $row["name"];
        $users["phone"] = $row["phone"];
        $users["email"] = $row["email"];
        $users["tagid"] = $row["tagid"];
        array_push($response["users"], $users);
    }
    $response["success"] = 1;
    echo json_encode($response);
}else{
    $response["success"] = 0;
    // echoing JSON response
    echo json_encode($response);
}
mysqli_close($link);

```

Figura 3 Código snippet que procesa la información en PHP.

The screenshot shows a database management interface with a table named 'control'. The table structure is as follows:

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acción |
|---|---------|-------------|-----------------|-----------|------|----------------|-------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | id_user | int(11) | | | No | Ninguna | | AUTO_INCREMENT | Cambiar Eliminar Primaria Único Más |
| 2 | name | varchar(40) | utf8_unicode_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Primaria Único Más |
| 3 | phone | bigint(10) | | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Primaria Único Más |
| 4 | email | varchar(40) | utf8_unicode_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Primaria Único Más |
| 5 | tagid | varchar(30) | utf8_unicode_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Primaria Único Más |

Figura 4 Diseño de la base de datos para el control de acceso de usuarios.

3. Resultados

El proceso de automatización descrito en este trabajo se implementó en el laboratorio del CTI de la FCC de BUAP y fue realizado por estudiantes de servicio social. Este proceso permite que los estudiantes tengan acceso al mismo utilizando una tarjeta que contiene un TagID. Si no está registrado este elemento, no se permite el acceso. En la figura 5 se muestra la integración de los diferentes componentes de hardware (Módulo RFID RC522, Placa Arduino uno, Placa Ethernet Shield) que permiten automatizar el acceso al laboratorio del CTI de la FCC de la BUAP, aunque es necesario realizar una carcasa que proteja los dispositivos de la intemperie, estos trabajan correctamente.

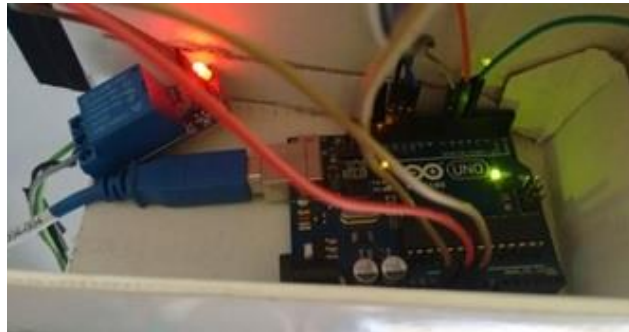


Figura 5 Integración de los componentes de hardware.

La figura 6 muestra las interfaces de la aplicación móvil. En ésta, se muestra la lista de usuarios que tienen acceso al laboratorio, así como la interfaz de acceso del administrador del sistema. Los resultados que se obtuvieron del sistema en su conjunto fueron correctos, éste verifica de forma correcta las tarjetas que tienen acceso al laboratorio y rechaza la entrada a códigos no registrados. La usabilidad de la app es aceptable como se muestra en la figura 6, ya que es eficiente, intuitiva y el tiempo de respuesta es menor a un segundo.

En caso de errores, es necesario verificar que cada componente funcione de forma correcta ya que uno de los inconvenientes que se presentaron fue que la tarjeta lectora RFID tiene fallas, por estar expuesta a la intemperie. Motivo por el cual se tuvo que cambiar de tarjeta, siendo esta reemplazada por una exactamente igual.

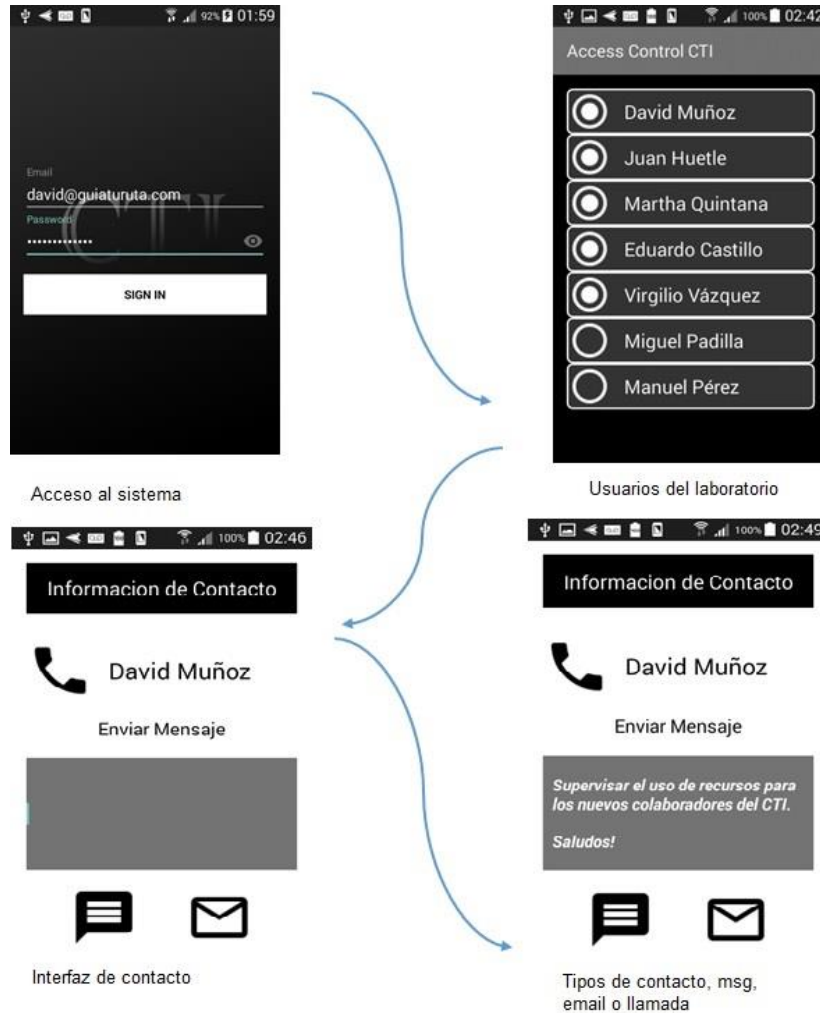


Figura 6 Interfaces de la aplicación móvil.

4. Discusión

RFID es una tecnología que presenta atractivas ventajas contra otras tecnologías de autenticación. El interés por la tecnología RFID se ha incrementado con rapidez. Muchas empresas y gobiernos están buscando aumentar la eficiencia de sus operaciones y reducir costos a través de esta tecnología. El mecanismo de automatización desarrollado abarcó todos los elementos involucrados en uso de la tecnología RFID y dispositivos móviles. Este proyecto se desarrolló con éxito ya que es funcional y permite llevar un control de las personas que acceden a un laboratorio de la FCC de la BUAP. Se utilizaron diferentes tecnologías tanto de software como de hardware y se realizaron las interfaces correspondientes, permitiendo automatizar el mecanismo de acceso al laboratorio. Aunque es un

prototipo ya que no se tiene una carcasa que proteja los dispositivos, el mecanismo de autenticación es funcional y fácil de instalar. Al sensor de RFID también se le puede colocar una carcasa que lo proteja de la intemperie.

La aplicación móvil presenta una interfaz amigable para la configuración de los usuarios del sistema, esto es, agregar, quitar o modificar. La estructura de la base de datos es simple y es modificable para que la aplicación móvil emita alertas de cuando un usuario accede al laboratorio.

Con este proyecto se alcanzó la meta, automatizar el acceso al laboratorio e identificando a los usuarios del mismo. Es importante recalcar que este proyecto es parte de una solución, cuyo objetivo es identificar usuarios utilizando procesamiento digital de imágenes, cámaras, servomotores, dispositivos Raspberry, entre otros.

Por último, el costo total del proyecto se divide en dos partes, software y hardware. Para la segunda, se tiene un gasto aproximado de \$1000 pesos, pudiendo ser menor ya que se utilizaron solo dispositivos originales. Respecto al costo de la app, como se explicó anteriormente, se utiliza tecnologías de libre acceso. Si se comercializa este proyecto de manera masiva, se le agregaría al costo del hardware un 50% adicional.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Das, S. R., Chita, S., Peterson, N., Shirazi, B. A., & Bhadkamkar, M. (2011, March). Home automation and security for mobile devices. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2011 IEEE International Conference on (pp. 141-146). IEEE.
- [2] Kovatsch, M., Weiss, M., & Guinard, D. (2010, September). Embedding internet technology for home automation. In *Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 2010 IEEE Conference on (pp. 1-8). IEEE.
- [3] Rajadurai, S., Nehru, P. P., & Selvarasu, R. (2015, March). Android mobile based home security and device control using GSM. In *Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, 2015 International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

- [4] Phillips, T., Karygiannis, T., & Kuhn, R. (2005). Security standards for the RFID market. *IEEE Security & Privacy*, 3(6), 85-89.
- [5] Piyare, R., & Tazil, M. (2011, June). Bluetooth based home automation system using cell phone. In *Consumer Electronics (ISCE), 2011 IEEE 15th International Symposium on* (pp. 192-195). IEEE.
- [6] Potts, J., & Sukittanon, S. (2012, March). Exploiting Bluetooth on Android mobile devices for home security application. In *Southeastcon, 2012 Proceedings of IEEE* (pp. 1-4). IEEE.

DISPOSITIVO DE RASTREO GPS PARA GANADO BOVINO

Luis Alberto Espejo Ponce

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

jcensan@hotmail.com

Yareny Rivera García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

yarenyrivera@hotmail.com

José Miguel Méndez Alonso

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

jmendezalonso@hotmail.com

Abelino Lobato González

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

abelobog@hotmail.com

Hugo Alberto Flores Vargas

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

beto.f.vargas@gmail.com

Resumen

Teniendo como marco el modelo de Internet de las Cosas, la presente investigación propone la instrumentación de un dispositivo de rastreo para ganado bovino, con conectividad a un servidor de almacenamiento, con el objetivo de obtener en tiempo real los datos de geolocalización (latitud, altitud, longitud), complementando con la fecha y hora. La información es insertada en una base de Datos Relacional utilizando como gestor de almacenamiento el programa MySQL, el dispositivo GPS se desarrolló utilizando tecnología de microcontroladores como Arduino, un módulo GPS, así como un módulo de conectividad WiFi, además de

una placa de alimentación de voltaje. La información que genera el dispositivo de rastreo es enviada a un centro de datos cada de terminado tiempo, esta podrá ser consultada por sistemas de información en los que se analizará los lugares habituales, rutas y ubicación actual del ganado que porte el dispositivo.

Palabra(s) Clave: Arduino, Dispositivo de rastreo, GPS, Internet de las cosas.

Abstract

Having as a framework the Internet model of the things, this research proposes the instrumentation of a tracking device for bovine cattle with connectivity to a storage server, in order to obtain in real time the data of Geolocation (latitude, altitude, longitude), supplementing the information with the date and time, the information is inserted in a relational database using the MySQL program as Storage Manager. The GPS device was developed using microcontroller technology such as Arduino, a GPS module as well as a WiFi connectivity module, as well as a voltage power plate. The information generated by the tracking device is sent to a data center every time it is completed, it can be consulted by information systems that will analyze the usual places, routes and current location of the cattle that carries the device.

Keywords: *Arduino, GPS, Internet of things, Traking device.*

1. Introducción

La ganadería bovina representa una de las principales actividades económicas en la región Nororiental del estado de Puebla, datos del informe del número de cabezas de la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], informó que, en el 2015 en el estado, había una población de 693,675 cabezas de ganado bovino, ocupando la región Nororiental el tercer lugar en producción estatal, representando una importante derrama económica para la región [SIAP, 2016].

La crianza bovina se desarrolla utilizando un sistema de producción y cuidado llamado ganadería extensiva, que consiste en dejar pastar libremente a los animales en grandes extensiones de terreno para su manutención, esta actividad,

requiere que el ganadero coloque cercos con alambres de púas alrededor de las extensas áreas de pastoreo, así como la supervisión esporádica de los animales para el control y vigilancia [Fomento Económico de Chiapas, 2016].

Esto representa un problema para el ganadero ya que debe invertir tiempo para monitorear constantemente la movilidad, bienestar del ganado, así como identificar patrones de comportamiento en su alimentación dentro de la zona de pastoreo, ocasionado que algunas veces el ganado se pueda extraviar o alejar, debido a que éste se encarga de buscar y seleccionar su alimentación. Con fundamento en lo anterior se plantea la instrumentación de un dispositivo de geolocalización para ganado bovino, que obtenga los datos de latitud, longitud, altitud fecha y hora, esta información se envía cada determinado tiempo a un centro de datos para su almacenamiento e interpretación, lo que permite contar con tecnología que apoye el desarrollo productivo del sector ganadero.

2. Metodología

Las fases que comprende este proyecto de investigación son: diseño e instrumentación del dispositivo de rastreo, identificar que tan viable resulta el monitoreo, realizando pruebas de campo para comprobar la fiabilidad del dispositivo de rastreo GPS, al obtener latitud, longitud, altitud, fecha y hora, conocer el área de cobertura y verificar la conectividad del dispositivo con el centro de datos para el almacenamiento de la información generada. La figura 1 muestra el diagrama de bloques del funcionamiento del mismo y de los elementos más importantes que conforman el sistema.



Figura 1 Diagrama a bloques del sistema de rastreo.

La instrumentación del dispositivo se realizó integrando los siguientes elementos: una placa Arduino UNO R3 compuesta de un procesador ATmega320 de 8 bits a 16 MHz, memoria flash, así como un conjunto de circuitos periféricos para adquirir, procesar y controlar los datos que se adquieren mediante las conexiones analógicas o digitales, memoria EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) la cual almacena un pequeño sistema operativo que inicializa la tarjeta electrónica, configura los puertos de entrada y de salida, cuenta con convertidores analógico digital, así como un protocolo de comunicación serie, que permite el envío y recepción de datos con un equipo de cómputo a través del puerto USB [Reyes y Cid , 2016].

Para la obtención de la información de geolocalización, se propuso utilizar el módulo receptor GPS Neo-6M, éste módulo cuenta con una antena de cerámica conectada a un receptor GPS Ublox NEO 6M, el cual realiza la recepción de las señales enviadas por los Sistemas Globales de Navegación por Satélite GNSS (por sus siglas en inglés), además incorpora soporte para SBAS (Satellite Based Augmentation) un sistema de corrección de señales que son enviadas al receptor GPS que permiten mejorar el posicionamiento horizontal y vertical del receptor. [ublox, 2011].

Para la conectividad entre el dispositivo y el centro de datos se integró un módulo WiFi ESP8266, el cual permite agregar funcionalidad WiFi a nuestro microcontrolador, teniendo comunicación con él a través de una interfaz UART, los protocolos de conectividad que soporta el módulo son 802.11 b/g/n y los protocolos de red IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP, es importante cuidar el voltaje de operación para no dañarlo, dado que el módulo sólo requiere de 3.3 volts para operar [Espressif, 2017].

Diseño del dispositivo de rastreo GPS

La primera fase consistió en seleccionar los materiales y herramientas necesarias para la instrumentación del dispositivo de rastreo, se realizaron pruebas de la señal captada por el módulo GPS Neo-6m con el microcontrolador Arduino Uno R3, con la finalidad de observar el comportamiento y tipo de datos

que se generan, en esta fase como lo muestra la figura 2, únicamente se conectaron los dispositivos a través de un protoboard. Para la programación del microcontrolador Arduino junto con el módulo GPS se utilizó la librería TinyGPS de uso libre, esta librería se basa en el protocolo NMEA 0183, que entrega la información GPS en forma de sentencias, donde se muestra latitud, longitud, altitud, fecha, velocidad en nudos y orientación en grados. Estas sentencias muestran la información agrupada y separada por comas, lo que facilita que mediante programación, se pueda extraer cada línea para darle formato e identificar los datos que se requieren, la figura 3 muestra la información obtenida en las primeras pruebas, las cuales se visualizaron a través del puerto serial de la computadora.

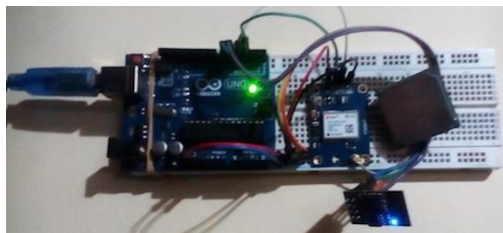


Figura 2 Prueba de los Módulos GPS y WiFi.

```
GPS GY-GPS002 Leantec
---Buscando señal---

Latitud/Longitud: 19.82985, -97.57044
Fecha: 25/5/2017 Hora: 18:15:47.0
Altitud (metros): 1000000.00
Rumbo (grados): 0.00
Velocidad(kmph): 5.76
Satelites: 255

Latitud/Longitud: 19.82986, -97.57043
Fecha: 25/5/2017 Hora: 18:15:48.0
Altitud (metros): 1000000.00
Rumbo (grados): 0.00
Velocidad(kmph): 4.70
Satelites: 255

Latitud/Longitud: 19.82987, -97.57042
Fecha: 25/5/2017 Hora: 18:15:49.0
Altitud (metros): 1000000.00
Rumbo (grados): 0.00
Velocidad(kmph): 5.07
Satelites: 255

Latitud/Longitud: 19.82986, -97.57038
Fecha: 25/5/2017 Hora: 18:15:50.0
Altitud (metros): 1000000.00
Rumbo (grados): 0.00
Velocidad(kmph): 2.43
Satelites: 255
```

Figura 3 Resultado de las primeras pruebas del módulo GPS.

Dentro de la primera fase de la instrumentación del dispositivo de rastreo, se decidió utilizar el módulo WiFi ESP8266 por la facilidad que representa su configuración con los sistemas a redes inalámbricas. Este módulo se configuró a través de comandos AT, para guardar en su memoria Flash los parámetros de conexión al punto de acceso inalámbrico, colocado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, los datos que se configuraron fueron, el nombre de la red inalámbrica (SSID) y la contraseña de acceso, los parámetros del protocolo TCP/IP fueron configurados en el dispositivo de acceso para que fueran asignados al módulo WiFi mediante el protocolo DHCP.

Alimentación del prototipo

Para alimentar de voltaje el dispositivo de rastreo y contar con autonomía, se adaptó una pila LiPo de tensión de 3.7 V y corriente de 2000 mA conectada a un cargador de baterías LiPo Rider Pro (Studio, 2011), el cual tiene la opción de cargar la batería desde un panel solar, cargador de pared o adaptador USB. Se tomó en cuenta de que en ciertos terrenos no se cuenta con energía eléctrica, lo que dificulta conectar el dispositivo con un adaptador de pared para la recarga de la batería, por lo que se integró un panel solar con un voltaje de salida de 5.5 V y una corriente de 120 mA, lo que permite la carga de la pila mientras el dispositivo de rastreo se encuentra en funcionamiento con el ganado bovino.

Una vez comprobado el funcionamiento del módulo GPS y del WiFi se prosiguió a la integración de ambos en una placa de circuito impreso (PCB), lo que facilita la conexión del microcontrolador Arduino, la pila de alimentación y los dos módulos, la figura 4 muestra la primera versión del prototipo de rastreo.

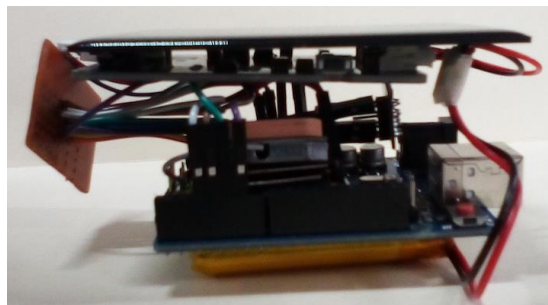


Figura 4 Primer prototipo del dispositivo de rastreo GPS.

Conexión al Centro Datos

Al tener integrado los dos módulos en la placa PCB y contar con la primera versión del dispositivo de rastreo, se realizó la colocación en el centro de datos del servidor Dell Power Edge R420, que cuenta con un procesador Intel Xeon, memoria RAM de 8 gigabytes y un almacenamiento en disco duro de dos terabytes (figura 5), así como la instalación del programa MySQL, se creó la base de datos rastreo con una tabla llamada GPS, con los campos número de bestia como llave principal, latitud, longitud, altitud, fecha, hora. La programación para la conexión del dispositivo de rastreo con el servidor, se realizó configurando el módulo WiFi utilizando el protocolo HTTP en modo cliente, para enviar cada minuto la información de geolocalización del ganado que porta el dispositivo, la tabla 1 muestra los datos almacenados.



Figura 5 Servidor de almacenamiento.

Tabla 1 Datos obtenidos en las primeras pruebas.

| bestia | anyo | mes | dia | hora | minuto | segundo | latitud | longitud | altitud |
|--------|------|-----|-----|------|--------|---------|----------|----------|------------|
| clar | 2017 | 4 | 9 | 1 | 42 | 28 | 19.87090 | -97.59 | 1838.00 |
| clar | 2017 | 4 | 9 | 1 | 42 | 29 | 19.87090 | -97.59 | 1838.00 |
| vane | 2017 | 4 | 9 | 1 | 43 | 16 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| vane | 2017 | 4 | 9 | 1 | 43 | 17 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| vane | 2017 | 4 | 9 | 1 | 43 | 18 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 389 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 45 | 46 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 389 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 45 | 47 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 389 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 45 | 48 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 389 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 45 | 49 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 389 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 45 | 50 | 19.87090 | -97.59 | 1000000.00 |
| 691 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 46 | 33 | 19.87090 | -97.59 | 1832.40 |
| 691 | 2017 | 4 | 9 | 1 | 46 | 35 | 19.87090 | -97.59 | 1832.40 |

3. Resultados

Al tener lista la primera versión del dispositivo de rastreo, se realizaron pruebas en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, se decidió seleccionar la institución, porque cuenta con un área de seis hectáreas rodeada de árboles y diversas pendientes que nos permiten comprobar la precisión en el posicionamiento, conexión con el servidor del centro de datos, almacenamiento de la información y durabilidad de la batería.

Para contar con cobertura Wi-Fi se instaló una antena omnidireccional de 15 db conectada a un punto de acceso, el cual tiene conexión a la red local donde se encuentra el servidor con las bases de datos. Se realizó un recorrido con el dispositivo por las diferentes áreas de la institución, lo que permitió recabar los datos de geolocalización de los puntos visitados, al término del recorrido, se realizó una verificación de la información almacenada en la base de datos, para asegurar que la ruta fue la correcta y observar el funcionamiento del dispositivo en un lapso prolongado de tiempo, se utilizó la aplicación Google Earth donde se introdujo los datos que corresponden a la longitud, latitud y altitud que el dispositivo envió, como se observa en la figura 6 cada una de las marcas corresponde a cada uno de los puntos visitados donde se realizó el recorrido.



Figura 6 Recorrido con el dispositivo de rastreo en prueba piloto.

La prueba de ruta se realizó durante un tiempo de cuatro horas, donde el dispositivo de rastreo contó con una alimentación continua de la pila LiPo, en este lapso de tiempo el dispositivo tuvo interrupciones de conexión con la red

inalámbrica debido a la topografía del área recorrida, además de que el alcance de la señal era limitada, al ingresar a los edificios y zonas con árboles muy densos, el módulo GPS dejaba de funcionar por pequeños lapsos de tiempo, lo que impedía obtener los datos de geolocalización del punto visitado. De los datos de geolocalización que sí se almacenaron no presentaban errores de formato, salvo los saltos en el muestreo debido a las interrupciones de la conexión inalámbrica con el centro de datos.

4. Discusión

El dispositivo de rastreo obtiene las coordenadas de geolocalización y las envía cada determinado tiempo para su almacenamiento en el servidor alojado en el centro de datos, con el objetivo de que la información pueda ser consultada por una aplicación web o móvil, para visualizar las posiciones y rutas que sigue el ganado. Uno de los factores que afectó el almacenamiento continuo con la base de datos fue la conexión inalámbrica, al verse interrumpida por el alcance en la cobertura de la señal, haciendo indispensable realizar una de las siguientes alternativas: sustituir el módulo WiFi por un módulo de comunicación GSM que permita aprovechar la red telefónica celular, aunque hay que considerar aquellas poblaciones donde no existe cobertura, o establecer una red inalámbrica con antenas más potentes, lo que implicaría un aumento en el costo de la solución, haciendo necesario un análisis costo beneficio. A pesar de que el Microcontrolador Arduino Uno cumple su función de procesar las señales que envía el módulo GPS y el módulo WiFi, es necesario realizar un cambio por un controlador más pequeño y que resista un funcionamiento continuo. De acuerdo a las pruebas realizadas se puede concluir que ésta primera versión del dispositivo de rastreo cumple con el objetivo principal de obtener la latitud, longitud y altitud del ganado bovino que lo porte, pero es indispensable hacer cambios que ayuden a mejorar la comunicación y el funcionamiento del dispositivo.

Para concluir el proyecto y como trabajos futuros, es indispensable hacer una reducción en el tamaño del dispositivo de rastreo, cambiando el microcontrolador por uno más pequeño e integrar una pila de mayor capacidad, además de guardar

todo en una cubierta con cinta, que permita colocarlo en el animal sin que éste sea invasivo, las pruebas siguientes se deben hacer en un ambiente real con animales, para someter al dispositivo a pruebas de resistencia y confiabilidad de la información, para concluir se implementará un sistema de control de cerco virtual así como una aplicación móvil para visualizar las rutas, patrones de comportamiento o alarmas que indiquen si el ganado se encuentra fuera de un área delimitada.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] CONACYT. (2015, 1 de febrero). Etapas de maduración tecnológica, según metodología "Technology Readiness Level" de la NASA. Dirección de Comercialización de Tecnología de CONACYT: <https://goo.gl/xEoLCP>.
- [2] Espressif. (2017, 12 de febrero). ESP8266, Espressif Systems. China: <http://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>
- [3] Fomento Económico de Chiapas. (2016, 20 de enero). México: Las actividades económicas como la ganadería: <https://goo.gl/fzvvyf>.
- [4] Reyes, F., Cid, J. (2016). Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías. Naucalpan, México: Alfaomega.
- [5] SIAP. (2016, 27 de mayo). Bovino carne, población ganadera 2006-2015 cabezas. [Archivo electrónico] de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <https://goo.gl/G843us>.
- [6] Studio, Seeed (2011, 29 diciembre). Lipo Rider V1.1: <http://wiki.seeedstudio>.
- [7] Torrente, O. (2013). ARDUINO Curso práctico de formación. Madrid, España: Alfaomega.
- [8] u-blox. (2011, 4 de enero). NEO-6 Series, Versatil u-blox 6 GPS modules. [Archivo electrónico]. de u-blox AG: <https://goo.gl/1TfwXq>.

ANÁLISIS DEL USO DE WEBSOCKETS PARA IMPLEMENTAR APLICACIONES WEB EN TIEMPO REAL

José Guillermo Fierro Mendoza

Tecnológico Nacional de México en Celaya

guillermo.fierro@itcelaya.edu.mx

Francisco Gutiérrez Vera

Tecnológico Nacional de México en Celaya

francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx

Julio Armando Asato España

Tecnológico Nacional de México en Celaya

julio.asato@itcelaya.edu.mx

Claudia Cristina Ortega González

Tecnológico Nacional de México en Celaya

claudia.ortega@itcelaya.edu.mx

Eduardo Alejandro Noria Juárez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

eduardo.noria@gmail.com

Resumen

En este artículo, en base al análisis del comportamiento del protocolo para la transferencia de datos de una aplicación web que utiliza WebSockets (WS), se establecen los beneficios de integrarlo en las aplicaciones que requieren ejecutarse en tiempo real o en las que incluso el inicio de la comunicación puede originarse en el lado del cliente o en el lado del servidor, como es el caso de monitoreo remoto de procesos, juegos interactivos, chats con retroalimentación del estado de los usuarios, entre otras aplicaciones. Para propósitos de pruebas se ha

implementado una aplicación web de chat, donde el servidor recibe mensajes de clientes que se conectan mediante un navegador y que al recibir un nuevo mensaje de un usuario emite a todos los usuarios conectados un mensaje para que sea desplegado en un bloque de la página del navegador. Para establecer puntos de evaluación se analiza el comportamiento del protocolo durante la transferencia de datos, se analizan parámetros como el tiempo de carga y la latencia para evaluar el comportamiento del protocolo, mediante pruebas de stress utilizando una herramienta de software como JMeter. Las pruebas realizadas demuestran que la latencia utilizando el protocolo es baja y que una gran cantidad de usuarios conectados no afecta el desempeño del protocolo WS durante la transferencia de datos.

Palabra(s) Clave: Aplicaciones web, Latencia, Protocolo WebSockets, Tiempo real.

Abstract

This article, based on the analysis of the behavior of the protocol for the transfer of data from a web application using WebSockets (WS), the benefits of integrating it in applications that require real-time execution or in which even the start is established Communication can originate on the client side or on the server side, as is the case of remote monitoring of processes, interactive games, chats with feedback on the status of users, among other applications. For testing purposes a web chat application has been implemented, where the server receives messages from clients that are connected through a browser and upon receiving a new message from a user sends all the connected users a message to be displayed in a block of the browser page. To establish evaluation points, the behavior of the protocol is analyzed during the transfer of data, parameters such as loading time and latency are analyzed to evaluate the behavior of the protocol, through stress tests using a software tool such as JMeter. The tests carried out show that the latency using the protocol is low and that a large number of connected users do not affect the performance of the WS protocol during data transfer.

Keywords: Latency, Real time, Web applications, WebSockets protocol.

1. Introducción

Una aplicación de software en tiempo real está caracterizada porque la respuesta a un estímulo o evento se produce en un intervalo o plazo de tiempo determinado, limitado a la exigencia que demanda el entorno, [Sommerville, 2011]. Ejemplos de ellas son un tablero de despliegue de resultados de juegos en línea, que son actualizados de acuerdo a como se mueve el marcador, un almacén en línea mostrando la existencia o inventario de productos, un sitio web de noticias en línea, donde la última noticia se despliega primero desplazando a las anteriores, un sistema de publicación de precios de las acciones de acuerdo a su cotización mundial, un chat o sistema de mensajería entre múltiples usuarios un juego interactivo remoto e incluso operado por dispositivos móviles y sistemas de monitoreo de señales vía web conectados a equipos o maquinaria, entre otros. La referencia [Kaazing, 2017], contiene ejemplos diversos que ilustran de muy buena forma el alcance de este tipo de aplicaciones.

La terminología común en todas estas aplicaciones es que la información debe ser desplegada oportunamente desde la ocurrencia del evento y la entidad que está escuchando para el despliegue de los datos. En este sentido, la evolución tecnológica de los sistemas web y la demanda de situaciones que precisan que la información se despliegue con la exigencia de tiempo real, es que se ha venido utilizando o adoptando diversas técnicas o métodos para resolverlo. El protocolo de comunicación http, utilizado para la comunicación a nivel de la aplicación, es un protocolo que no tiene estado, un cliente se conecta a un servidor a través de una conexión y hace una petición a un servidor y éste le responde con el recurso solicitado o con un código de error. Sin embargo, una nueva solicitud, requiere de una nueva conexión y no conoce información del estado de la conexión anterior.

La transmisión en el protocolo http, es *Half duplex*, es decir, aunque es bidireccional, sólo se puede transmitir en un sentido a la vez, lo que limita a que el cliente tenga que esperar a que el servidor responda para realizar otra petición. AJAX fue una tecnología que pretendía hacer que Internet pareciera más dinámico. Sin embargo, aún todas las comunicaciones HTTP eran dirigidas por el cliente, lo que requería la interacción del usuario o había que preguntarle

periódicamente cada vez que se cargaban nuevos datos del servidor, Ubl, M. & Kitamura, E. [2010]. Las técnicas para implementar esquemas de comunicación entre el cliente y el servidor con la finalidad de mejorar el tiempo de respuesta evolucionaron desde el método conocido como "*polling*", que con algunas mejoras derivó en el método "*long polling*". Otro método interesante fue el que se conoce como "http streaming" o transmisión por secuencias. Sin embargo, estas tecnologías no resolvieron la problemática de enviar más de un mensaje a la vez desde el cliente en una conexión o mantener una "conversación" interactiva entre el cliente y el servidor, Ubl, M. & Kitamura, E. [2010]. Otra gran necesidad actual, sobre todo las aplicaciones de Internet en las cosas (IoT), es que la comunicación no necesariamente la debe iniciar el cliente, sino que producto del evento producido por una señal de un dispositivo externo, el servidor recibe la información y entonces debe comunicarle la información al cliente para su despliegue en el navegador. Como solución, surge el concepto WebSockets (WS), un protocolo en la capa de transporte, TCP. Con la característica de que es bi-direccional, es decir, el servidor puede enviar mensajes también y enviar un mensaje en cualquier momento al cliente. En la figura 1 se muestra gráficamente el funcionamiento del protocolo. Para iniciar una conexión, el cliente hace una petición al servidor, en realidad es una negociación de tipo *handshake*, para validar la comunicación.

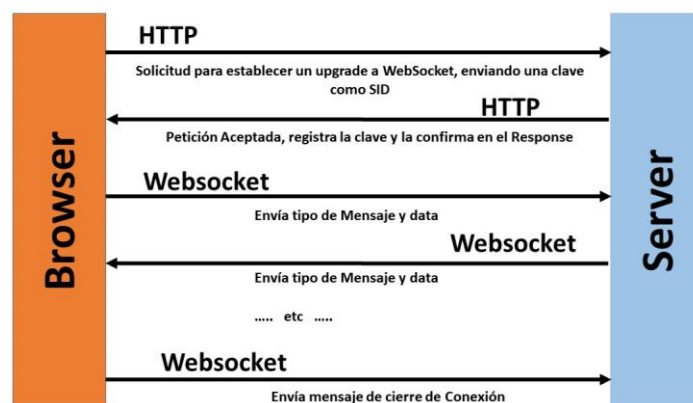


Figura 1 Protocolo WebSocket.

Luego, si el servidor responde aceptando la conexión se produce un *upgrade* de la conexión, o sea que dejan de utilizar HTTP y pasan al intercambio o transferencia

de datos mediante WS. En la figura 2 se muestra un ejemplo de la estructura del *handshake*, tanto del lado del cliente como del servidor.

Ejemplo de Estructura del Handshake del lado del Cliente

```
GET /chat HTTP/1.1
Host: server.example.com
Upgrade: websocket
Connection: Upgrade
Sec-WebSocket-Key: dGhlIHNhbXBsZSBub25jZQ==
Origin: http://example.com
Sec-WebSocket-Protocol: chat, superchat
Sec-WebSocket-Version: 13
```

Ejemplo de Estructura del Handshake del lado del Servidor

```
HTTP/1.1 101 Switching Protocols
Upgrade: websocket
Connection: Upgrade
Sec-WebSocket-Accept: s3pPLMBiTxaQ9kYGzzhZRbK+xOo=
Sec-WebSocket-Protocol: chat
```

Figura 2 Ejemplo de la estructura del WebSocket en la etapa de negociación.

Una vez que el cliente y el servidor han enviado su *handshake*, y si resultó exitoso, comienza la parte de transferencia de datos, consistente en un canal de comunicación bidireccional donde cada lado puede independientemente del otro. Además de proporcionar una conexión bi-direccional, el WS, elimina lo que se denomina, *payload* de la conexión, es decir, el encabezado del protocolo HTTP, o *header*, donde se encapsulan la información para que el servidor conozca quien se la envía y qué tipo de conexión se está utilizando. Este trabajo tiene como propósito, a través de la puesta en práctica de una aplicación basada en WS, determinar a través de pruebas de rendimiento demostrar objetivamente los beneficios del uso del protocolo de WS.

2. Metodología

Primero, se construyó una aplicación cliente-servidor, con la funcionalidad de un chat simple. El servidor recibe mensajes de una gran cantidad de usuarios, los almacena internamente y los despliega en los clientes que estén conectados. En la figura 3 se muestra el flujo de información entre los clientes y el servidor de la aplicación web para el caso de estudio.

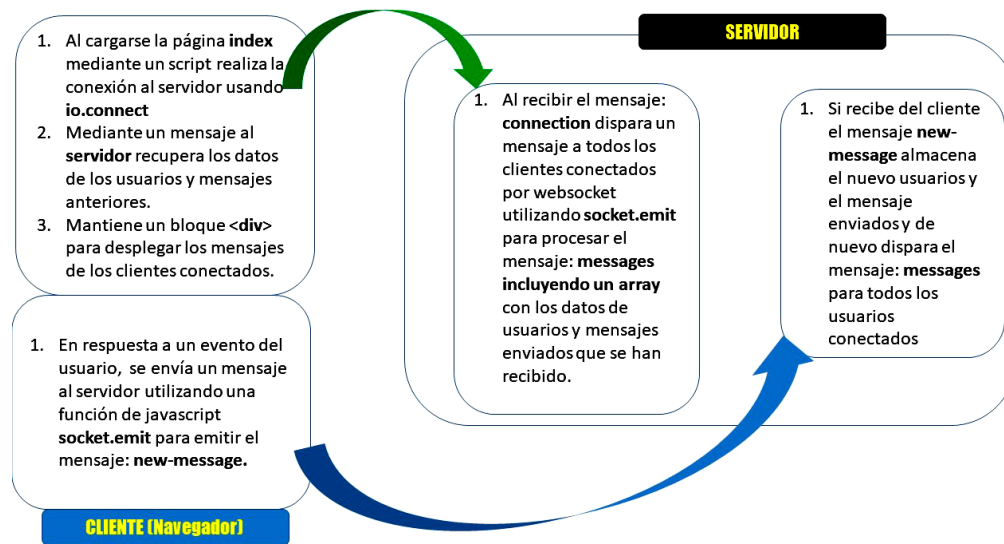


Figura 3 Esquemización de la comunicación en la aplicación chat.

Para implementar el servidor se utilizó `node.js` y como alternativas para programar la comunicación bidireccional se tienen el uso de WS estándar o las librerías `socket.io` de javascript que están basadas en WS, pero que también aportan otras alternativas justo en el momento de la ejecución [Clements, 2014], como el caso de reconexión automática en caso de falla de la red.

El análisis del comportamiento del protocolo se hizo utilizando JMeter, herramienta para realizar simulaciones sobre cualquier recurso de Software, por ejemplo, sitios web o componentes basados en `http` o `https`, bases de datos, sitios `ftp` y otros.

De esta manera fue posible también evaluar el tiempo de respuesta de la comunicación entre el cliente y el servidor bajo el protocolo WS implementando pruebas para enviar mensajes entre el cliente y el servidor. Una segunda forma de evaluar el comportamiento de los mensajes y sobre todo para efectos de evaluar la recuperación del protocolo a fallas por desconexión se realizó mediante el uso de las herramientas de los navegadores como el complemento de Chrome de herramientas del desarrollador.

Para simular una cantidad significativa de clientes conectados a la vez al servidor del chat, utilizamos JMETER, lo que nos permite construir un plan de prueba con este tipo de funcionalidad y evaluar el desempeño del servidor al tiempo que verificamos el "*payload*" o carga del *header* para el intercambio de mensajes.

Finalmente se evalúa el desempeño del servidor, analizando la información, de cada solicitud-respuesta, mediante la identificación de los elementos del protocolo que hacen que la comunicación de paquete transmitidos entre cliente y servidor tenga un mejor rendimiento.

El servidor se implementó utilizando las librerías `expressJS` y `socket.io`. Los clientes se conectan mediante un navegador y envían mensajes al servidor que los almacena y en respuesta a cada evento un mensaje con el historial actualizado de todos los mensajes recibidos en la sesión. La petición inicial es una solicitud a una página HTML que despliega un formulario para edición de los datos y que una vez capturados se envían al servidor mediante funciones de Javascript, que hacen llamadas al API de WS para establecer la conexión y enviar el mensaje respectivo, que es procesado del lado del servidor.

Para analizar el protocolo se utilizó Jmeter, una aplicación de software libre que permite realizar diferentes pruebas de rendimiento y stress a las aplicaciones, simulando la funcionalidad del navegador. Para el caso de las pruebas de WS, utilizó un generador de muestras, identificado como: JMeter WebSocket Sampler, plugin desarrollado por Maciej Zaleski y hasta el momento de esta investigación, era la única extensión compatible con RFC6455 que admite la reutilización de una sesión TCP y es fácil de instalar y usar. Se simuló un escenario durante algunos minutos, pretendiendo que tenemos un pico de usuarios que envían información a la aplicación. Para ejecutar la misma prueba de rendimiento una y otra vez, mediante JMeter se implementó un esquema de repetición de eventos, simulando la interacción del usuario. En este caso, mediante JMeter se modeló el hecho de que cada usuario debe tener un nombre único y envía su mensaje mediante la generación de cadenas aleatorias con un determinado patrón.

3. Resultados

La primera prueba consistió en la validación de que el protocolo permite la comunicación bidireccional. A través de JMeter y de las herramientas del desarrollador en los navegadores, pudimos comprobar que efectivamente se establece un canal que permanece abierto y tanto el cliente como el servidor

pueden emitir mensajes. Un cliente envía su mensaje al servidor y este responde enviando el mensaje a todos aquellos que se hayan conectado, y en el navegador se actualiza el bloque donde se está desplegando el mensaje sin necesidad de actualizar la página. Esta prueba se realizó con el servidor montado en una computadora y desde otros equipos conectados a la red se hicieron las peticiones correspondientes, el esquema de comunicación implementado se muestra en la figura 4. Es importante destacar que como el protocolo inicia con una petición http, los firewalls no afectan la conexión WS.

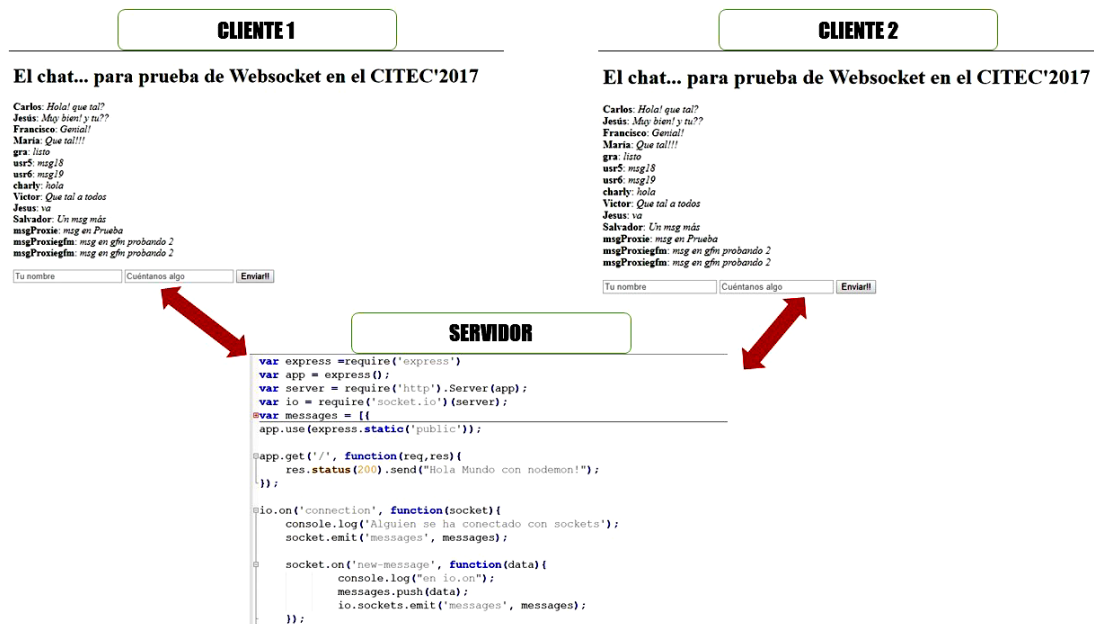


Figura 4 Configuración de la aplicación web.

Una segunda serie de pruebas fueron relativas a la recuperación de la comunicación que usa WS cuando se pierde la comunicación entre el cliente y el servidor. Se hicieron pruebas de pérdida de conexión que duraron desde unos cuantos instantes de tiempo hasta varias horas y en todos los casos el protocolo sockets.io se recuperó satisfactoriamente. Esto se debe en gran medida al mecanismo de *long polling* que incorpora la librería socket.io y que se mantiene enviando peticiones de tipo Xhr hasta que hay una respuesta o en su defecto sea abortada por el usuario. En la figura 5 se muestra como se recuperó la conexión después de una desconexión.

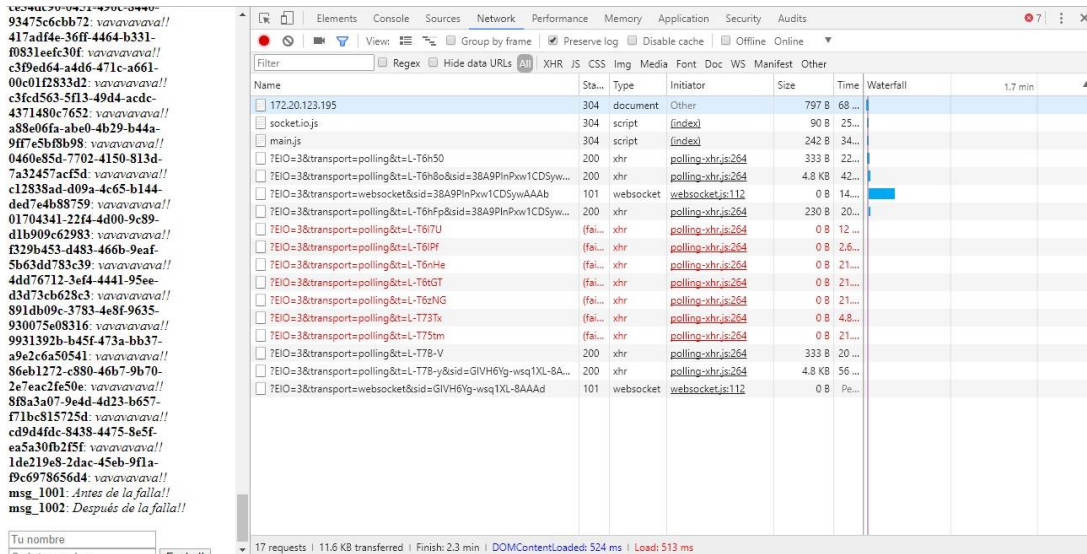


Figura 5 Recuperación de la conexión después de un evento de falla de la conexión.

Respecto al análisis que demuestra el impacto producida por el aumento del tamaño de la data transferida en una aplicación web en tiempo real, se simuló un escenario en que 1000 clientes en un segundo envían un mensaje cada dos segundos. La cantidad de bytes enviados aumentó debido a la acumulación del historial de mensajes en la sesión en cada petición/respuesta desde el cliente al servidor, en este caso solo se afectó el tiempo de carga de los datos, pero no hubo efectos en otros parámetros como la latencia. Quedó demostrado que una vez que la conexión se establece, todos los mensajes siguientes se realizan sobre la conexión abierta en lugar de realizar una nueva petición/respuesta a sólo que haya una pérdida de conexión.

En las pruebas de JMeter se registró un valor de latencia de cero en la mayoría de los casos y el parámetro de "load time" o tiempo de carga se mantuvo por bajo de 20 milisegundos para la prueba de carga del servidor, donde el tamaño del cuerpo del mensaje va desde 16 bytes al inicio de la prueba hasta 14099 bytes. El tamaño del *header* en una petición de tipo http, para el caso del ejercicio fue de 293 a este valor le tendríamos que sumar la cantidad de bytes enviados en el cuerpo del mensaje. El WS una vez establecido no requiere *header*, por lo tanto, se asume que los WS pueden enviar y recibir más mensajes por unidad de tiempo que otras conexiones, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Resultados obtenidos con cada caso de prueba.

| Nombre | Status | Type | Initiator | Size (B) | Time (ms) | TFB | Stalled |
|--|--------|-----------|--------------------|----------|-----------|------|---------|
| localhost | 304 | document | other | 797 | 414 | | |
| Socket.io.js | 304 | script | index | 90 | 287 | 11 | 74.5 |
| main.js | 304 | script | index | 242 | 284 | 4.37 | 79 |
| http://localhost:8081/socket.io/?EIO=3&transport=polling&=L-E-7Lh | 200 | Xhr | Polling-xhr.js:264 | 333 | 312 | 6.48 | 11.82 |
| http://localhost:8081/socket.io/?EIO=3&transport=polling&=L-E-7Qu&sid=EoPmx70VYY4B4jqIAAEz | 200 | xhr | Polling-xhr.js:264 | 989 | 420 | 1.5 | 9.55 |
| ws://localhost:8081/socket.io/?EIO=3&transport=websocket&sid=EoPmx70VYY4B4jqIAAEz | 101 | Websocket | Websockets.js:12 | 0 | - | - | - |
| http://localhost:8081/socket.io/?EIO=3&transport=polling&=L-E-7Xb&sid=EoPmx70VYY4B4jqIAAEz | 200 | xhr | Polling-xhr.js:264 | 230 | 239 | 48 | 47 |

Un beneficio más que pudimos probar mediante JMeter es el efecto de la latencia del protocolo. Al mantenerse la conexión persistente entre el servidor y el cliente la latencia solamente refleja los efectos que la red pudiera generar para hacer más lento el envío de los paquetes. Cuando las pruebas se realizaron en la misma máquina (localhost), la latencia casi siempre arrojó valores de cero y en todos los casos siempre fue menor a cuatro milisegundos. En la configuración real, donde el servidor y el cliente no son la misma computadora contrario a lo que pudiera suponerse, la latencia se mantuvo en cero. Entendiendo que en realidad sólo pudiera afectarse por las características de la infraestructura de red.

Para evaluar el performance o rendimiento del protocolo, se ejecutó una prueba en JMeter configurando una simulación en el esquema de conexión entre el cliente y el servidor con el protocolo WS estableciendo un parámetro de 100 clientes enviando 50 mensajes de cada uno.

El parámetro que pudimos observar que aumenta es el “tiempo de carga”, y es razonable por la cantidad de datos que se están manejando en el historial. Coincidiendo con lo que se ha escrito en las diferentes referencias bibliográficas, ya que en el caso de Node.js las peticiones no se realizan como sistema multihilo estándar, sino que se realiza con un sistema monohilo, esto implica que solo atiende a un cliente a la vez, cuando el cliente solicita un recurso al hilo, el hilo delega la obtención de ese recurso al Sistema Operativo por una interfaz POSIX, y mientras el recurso está siendo obtenido, el cliente libera el hilo y se va a la sala

de espera hasta ser llamado. Cuando el hilo ha obtenido el recurso, el cliente vuelve a la cola de clientes, para que cuando llegue su turno, recibir el recurso solicitado. Esto pudiera parecer que ralentiza la comunicación, pero en realidad las referencias establecen que el protocolo soporta millones de clientes, claro dependiendo de la infraestructura de cómputo en el lado del servidor.

4. Discusión

Por medio de la aplicación construida, el análisis teórico suministrado de la especificación del protocolo de WS y la información extraída de las pruebas realizadas, podemos concluir que efectivamente se comprueba que para las aplicaciones de tiempo real que demandan baja latencia entre el cliente y el servidor, como las aplicaciones de juegos en línea, los sistemas de monitoreo de señales que proceden de dispositivos o de información que cambia continuamente como las páginas de noticias o despliegue de marcadores de juegos, el protocolo de WS es el que actualmente ofrece mejores tiempos de respuesta para interactuar en un contexto de exigencia en la demanda de respuesta.

De acuerdo con los resultados obtenidos compartimos lo que establece Madam [2015], respecto a que la comunicación con WS presenta un protocolo adecuado para el entorno de IoT donde los paquetes de datos se transmiten de forma continua en múltiples dispositivos y genera un gran valor al estar basado en eventos. Siendo tecnología relativamente nueva, se entiende que no esté implementada totalmente en todos los navegadores. Chrome y Firefox son los que ofrecen las funcionalidades de este protocolo por completo. Por último, producto de la investigación documental, recabamos algunas referencias que incluyen ejemplos que proporcionan un panorama sobre la utilidad de este protocolo: www.achex.ca/rpg, www.achex.ca/games/chess, www.websocket.org/echo.html y demos.kaazing.com/portafolio-web/index.html.

Por otra parte, mediante la realización de las pruebas, se encontró que JMeter es una herramienta que efectivamente es útil para identificar y evaluar características de rendimiento de diferentes componentes basados en protocolos http y

websockets, con la excepción de que no aplica cuando la conexión es mediante un proxy.

En trabajos futuros es deseable ampliar la aplicación de chat, para incluir un protocolo eficiente para el tratamiento de mensajes asíncronos utilizando tecnologías como JMS (Java Service Messages) o incluso contemplar un mecanismo mediador de mensajes como ActiveMQ y adicionalmente considerar MongoDB o algún otro motor de bases de datos noSQL para optimizar el acceso a datos.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Cantelon, M., Harter, M., Holowaychuk, T. J. & Rajlich, N. (2014). Node. js in Action. E.U.A.: Manning Publications Co.
- [2] Clements, D. M. (2014). Node Cookbook (2a Ed.). Birmingham, U.K.: Packt Publishing Ltd.
- [3] Rai, R. (2013). Socket. IO Real-time Web Application Development. Birmingham, U.K.: Packt Publishing Ltd.
- [4] Eldritch, M. (2017, 9 marzo). Escribiendo aplicaciones con WebSockets: <https://goo.gl/nXf4ym>.
- [5] Hanson, J. (2014). What is HTTP Long Polling? De PubNub: <https://www.pubnub.com/blog/2014-12-01-http-long-polling/>
- [6] Kaazing Co. (2017). Demos: <https://kaazing.com/demos/>.
- [7] Madan, D. (2015, April 17). Unleashing the power of HTML5 WebSocket for Internet of Things. De HCL Blogs: <https://goo.gl/bfNoZm>.
- [8] Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software (9ª Ed.). United States: Pearson Education, Inc.
- [9] Tikhanski, D. (2016). WebSocket Testing With Apache JMeter: <https://www.blazemeter.com/blog/websocket-testing-apache-jmeter>.
- [10] Ubl, M. & Kitamura, E. (2010). Introducción a los WebSockets: incorporación de sockets a la Web: <https://www.html5rocks.com/es/tutorials/websockets/basics/>.

APOYO DIDÁCTICO DEL LENGUAJE VHDL EN EL ESTUDIO DE UNA UNIDAD DE CONTROL MICROPROGRAMADA

Carlos Federico Hernández Farfán

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
cahernandez@itesi.edu.mx

Abissay Natanael Hernández Armenta

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
abbisayhdz@oulook.com

José Humberto Sánchez Galeana

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
beto_9303@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta una experiencia educativa en el campo de Arquitectura de Computadoras, en la cual se empleó el lenguaje VHDL como apoyo didáctico para cubrir los conceptos relacionados a una unidad de control microprogramada. En el estudio de esta unidad de control microprogramada se hizo énfasis en el funcionamiento interno de un procesador, en el cual se realizan transferencias de datos entre componentes en intervalos de tiempo muy pequeños y en el que se generan señales internas que resultan complicadas de verificar sin el equipo especializado de laboratorio. Se pretende que se puedan verificar los conceptos teóricos mediante las simulaciones del funcionamiento interno de los componentes del procesador, especialmente la unidad de control. Mediante el lenguaje VHDL y la técnica de diseño asistido por computadora, se realizó la descripción de los componentes digitales que conforman un pequeño procesador de 16 bits y su unidad de control. Se estudió qué señales son necesarias para el

control del procesador y cómo se generan empleando la técnica de control microprogramado. Finalmente se muestra la percepción de los estudiantes del grado de aceptación del uso del lenguaje VHDL como apoyo didáctico para el estudio de una unidad de control microprogramada

Palabra(s) Clave: Arquitectura de Computadoras, Control microprogramado, Procesador, VHDL.

Abstract

This article shows an educational experience in the area of computer architecture, in which the language VHDL is used as didactic support to cover the concepts related to a microprogrammed control unit. In the study of this unit, emphasis was done on the internal operation of a processor, in which data transfers between components is performed in very small time intervals and in which signals generated are complicated to verify without the specialized laboratory equipment. It is intended to verify the theoretical concepts through simulations of the internal operation of the processor components, especially the control unit. Using the VHDL language and the computer assisted design technique was performed the description of the components that make up a small 16 bit processor and its control unit. Signals for processor control were studied and how they are generated using the microprogrammed control technique. Finally, the students' perception is shown of the degree of acceptance of the use of the VHDL language as didactic support for the study of a microprogrammed control unit.

Keywords: Computer architecture, Microprogrammed control, Processor, VHDL

1. Introducción

En el programa de estudios de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se imparte la materia de Arquitectura de Computadoras, aunque en el temario se incluye el estudio de la unidad central de procesamiento y la unidad de control, no se especifica el estudio de una unidad de control microprogramada, tal como puede verse en Instituto Tecnológico Superior de Irapuato [ITESI, 2017]. Sin embargo, es de interés el estudio de la unidad de

control microprogramada ya que constituye una alternativa elegante y sistemática a las técnicas de diseño lógico convencional, tal como sugiere Morris [2000].

El tema de unidad de control microprogramado se puede considerar como intermedio en el grado de complejidad para los estudiantes de nivel licenciatura, sin embargo, permite dar continuidad en el estudio de Arquitectura de Computadoras hacia temas más avanzados. Tal como muestra Hernández [2015], en el que se explica el uso del lenguaje VHDL como apoyo en la enseñanza de la materia de arquitectura de computadoras, en este trabajo se extiende su uso para mostrar una experiencia en el estudio de la unidad de control microprogramada.

En la revisión bibliográfica, se encuentran libros de Arquitectura de Computadoras o Lógica Programable que, aunque son afines no incluyen el tema de control microprogramado. Por ejemplo, el libro de Miguel [1997], de Arquitectura de Computadoras, no incluye el tema de control microprogramado. El libro de Maxinez y cols. [2003], incluye la descripción de un procesador y una unidad de control parecida a una unidad de control microprogramada, pero no explica el funcionamiento de las señales de control y la explicación de los conceptos de control es breve. El libro de Larrea [2002], incluye varios ejemplos de sistemas digitales descritos en VHDL como unidades aritméticas y lógicas, pero no incluye el tema de control microprogramado. EL libro de Parhami [2007], incluye un capítulo denominado Síntesis de Unidad de Control e incluye la microprogramación como subtema, se explican de manera extensa los conceptos, sin embargo, la implementación del sistema digital correspondiente tiende a ser más complicada ya que se refiere a un procesador un tanto complejo. En el libro de Morris [2000], se presenta un capítulo denominado Unidad de Control Microprogramada, la cual es explicada basada en un procesador simplificado, por lo que las descripciones en VHDL de estos circuitos digitales pueden realizarse siguiendo una secuencia didáctica acorde a un curso introductorio. En el libro de Romero [2007] se incluye la descripción en VHDL de circuitos digitales desde básicos hasta complejos, aunque en algunas descripciones se emplean diferentes paquetes de la librería estándar de la IEEE. De acuerdo a esta revisión, se emplea como apoyo para el desarrollo de este trabajo los dos últimos libros, ya que

presentan el tema de una manera creciente en grado de complejidad y la descripción en VHDL de los componentes básicos de un procesador y una unidad de control, aunque este trabajo se emplea sólo un paquete de la librería.

En diferentes artículos como el de Morales *et al.* [2012], y el de Romero *et al.* [2006], se muestra el desarrollo de procesador mediante el uso del lenguaje VHDL, sin embargo, éstos procesadores presentan mayores capacidades y por lo tanto un poco más complicados para su estudio. En los artículos de Rosado y cols. [2008] y el de Perales y cols. [2012] se muestran algunas estrategias para el estudio de electrónica y sistemas digitales, en los que se busca acercar los conceptos teóricos a la práctica apoyándose en herramientas tecnológicas para la enseñanza.

De esta manera se optó por utilizar la estructura de un procesador simplificado que permita conocer qué señales se requieren para ejecutar una instrucción de un programa y cómo se generan estas señales empleando la técnica de control microprogramado; apoyándose para su estudio en el lenguaje VHDL y simulaciones del funcionamiento del procesador y la unidad de control, buscando un balance entre la teoría y la práctica.

2. Metodología

En esta sección se muestra cómo se empleó el lenguaje VHDL como apoyo didáctico para el estudio de una unidad de control microprogramada y la percepción del grado de aceptación de los estudiantes del uso de esta herramienta.

Se revisó la información documental y libros de texto para tomar como base el material que presenta el tema de control microprogramado de manera gradual en orden de complejidad, y que presenta el tema de manera simplificada para su estudio, pero lo suficientemente completo para cubrir los conceptos.

Se empleó el lenguaje de descripción de circuitos digitales VHDL debido a su versatilidad para la construcción de sistemas digitales, además de apegarse al estándar, así como su interoperabilidad en diferentes plataformas. Se describieron los sistemas digitales a partir de sus componentes básicos que lo integran

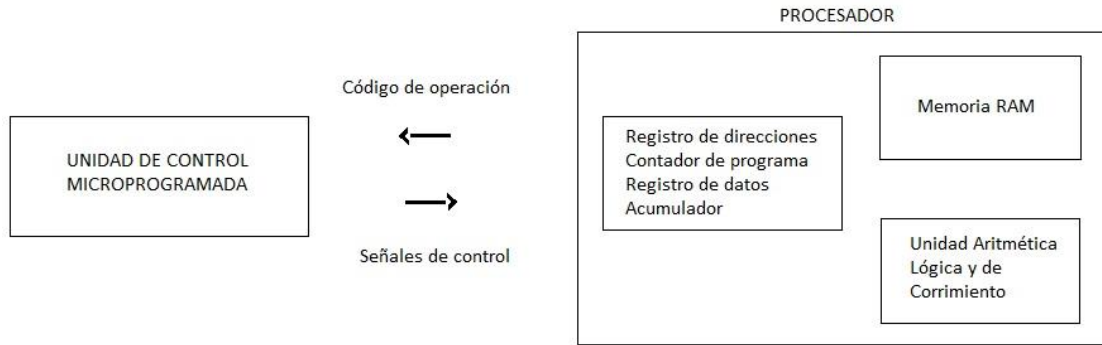
empleando la técnica de descripción jerárquica. De esta manera se empleó una sola librería estándar de la IEEE y un solo paquete de la librería, [Librería IEEE, paquete std logic 1164].

Con el objeto de verificar de forma didáctica los conceptos teóricos relacionados a la unidad de control microprogramada y debido a que son señales internas del procesador y que ocurren en intervalos de tiempo sumamente pequeños; se estudiaron a partir de simulaciones del funcionamiento de los sistemas digitales descritos en VHDL. Mediante las simulaciones de los componentes, es posible determinar qué señales son necesarias para el control del procesador y cómo se generan empleando la técnica de control microprogramado.

Para la descripción de los circuitos, compilación y simulación de los componentes digitales tanto del procesador como de la unidad de control se empleó el software Active-HDL Student Edition de ALDEC® versión 2016.

Dado que el enfoque es didáctico, los componentes que integran tanto el procesador como la unidad de control se describen a partir de componentes digitales básicos y empleando una sola librería estándar del lenguaje y un solo paquete de la librería; IEEE.std_logic_1164. Se describieron en VHDL los componentes individuales de los sistemas digitales; tales como multiplexores, registros y decodificadores, tal como se muestra en el libro Romero [2007]. Los cuales posteriormente se integran para conformar componentes más complejos como la unidad aritmética y lógica, la memoria RAM y su vez integrarlos con otros componentes para formar un pequeño procesador y la unidad de control de acuerdo a libro de Morris [2000].

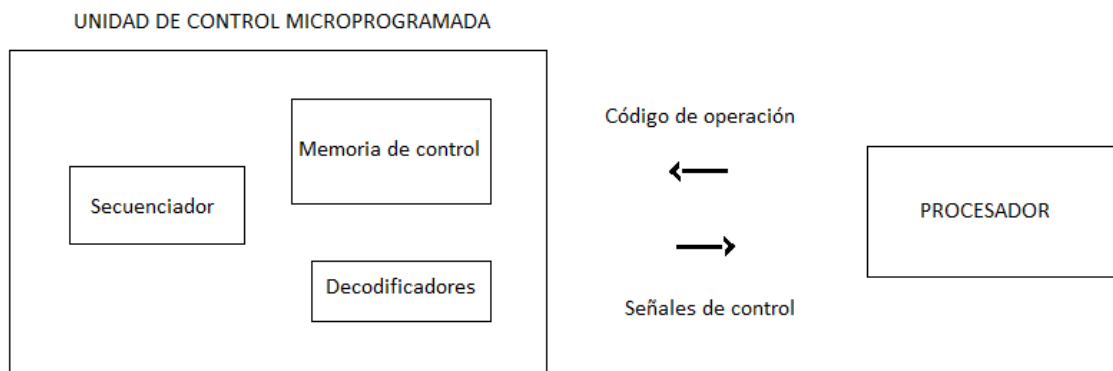
En la figura 1 se muestra un diagrama a bloques simplificado de un procesador basado en Morris [2000]. Este procesador consta de una memoria RAM en la que se almacena el programa principal y los datos del programa. Cuenta con una unidad aritmética y de corrimiento capaz de realizar 14 operaciones. Cuenta con registro de dirección para la memoria RAM, registro contador de programa, registro de datos, registro acumulador y multiplexores para el control del flujo de datos.



Basado en Morris [2000].

Figura 1 Diagrama a bloques del procesador.

En la figura 2 se muestra el diagrama a bloques simplificado de la unidad de control microprogramada basado en Morris [2000]. Consta de una memoria ROM, la cual contiene las diferentes rutinas de microinstrucciones necesarias para la ejecución de las diferentes instrucciones del procesador. Cuenta con un registro de direcciones para la memoria de control y un secuenciador para generar la próxima dirección de la memoria de control. La palabra de control que se obtiene de la memoria ROM, consta de 20 bits, éstos bits se agrupan en diferentes campos de los cuales una parte se emplea para generar la próxima dirección de la memoria de control y el resto se decodifica para generar las señales hacia el procesador. Esta unidad genera las señales necesarias para que el procesador realice las transferencias de datos y operaciones de la ALU con el fin de que se completen las instrucciones del programa.



Basado en Morris [2000].

Figura 2 Diagrama a bloques de la unidad de control basada en Morris (2000)

En figura 3 se muestra la declaración de las entradas y salidas de un procesador de 4 bits. Este procesador está integrado por diferentes componentes como multiplexores, registros, memoria RAM, unidad aritmética lógica y de corrimiento. Los cuales se integran tal como se muestra en la figura 4. Posteriormente se realizan las pruebas del funcionamiento del procesador aplicando las señales de control directamente como entradas de usuario en la simulación. Una vez comprobado mediante la simulación que el procesador es capaz de realizar diferentes microoperaciones, se realiza la descripción y simulación del procesador incrementando su capacidad a 8 y 16 bits. Con esto se pretende que el estudiante comprenda cómo funciona internamente el procesador para que posteriormente estudie cómo se generan las señales necesarias que controlan su funcionamiento.

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity procesador is port(
    load: in std_logic_vector(3 downto 0);
    reloj,reset: in std_logic;
    sar: in std_logic;
    sdr: in std_logic_vector(1 downto 0);
    as: in std_logic_vector(3 downto 0);
    sel1,sel2: in std_logic_vector(1 downto 0);
    we : in std_logic;
    cin,cero: in std_logic;
    cout: out std_logic);
end procesador;
```

Figura 3 Entradas y salidas del procesador

```
begin
    u0:mux214 port map(pc,dr,sar,muxar);
    u1:registro port map(muxar,load(0),reset,reloj,ar);
    u2:registro port map(ar,load(1),reset,reloj,pc);
    u3:mux414 port map(ram,ac,pc,inha,sdr,muxdr);
    u4:registro port map(muxdr,load(2),reset,reloj,dr);
    u5:registro port map(alus,load(3),reset,reloj,ac);
    u6:ram4 port map(dr,ar,we,as,ram,reset);
    u7:ALU port map(dr,ac,sel1,sel2,cin,cero,alus,cout);
end arqproc;
```

Figura 4 Interconexión de componentes del procesador.

En la figura 5 se muestra una prueba del funcionamiento interno del procesador y se verifica las señales que lo controlan. En este caso el contenido del contador de programa (8), se carga en el registro de datos, el cual a su vez se aplica a la

memoria como dato de entrada, y este mismo valor se carga en el registro de direcciones para la memoria. Con el dato de entrada (8) y la dirección (8), se aplica el pulso para almacenar el dato en memoria.

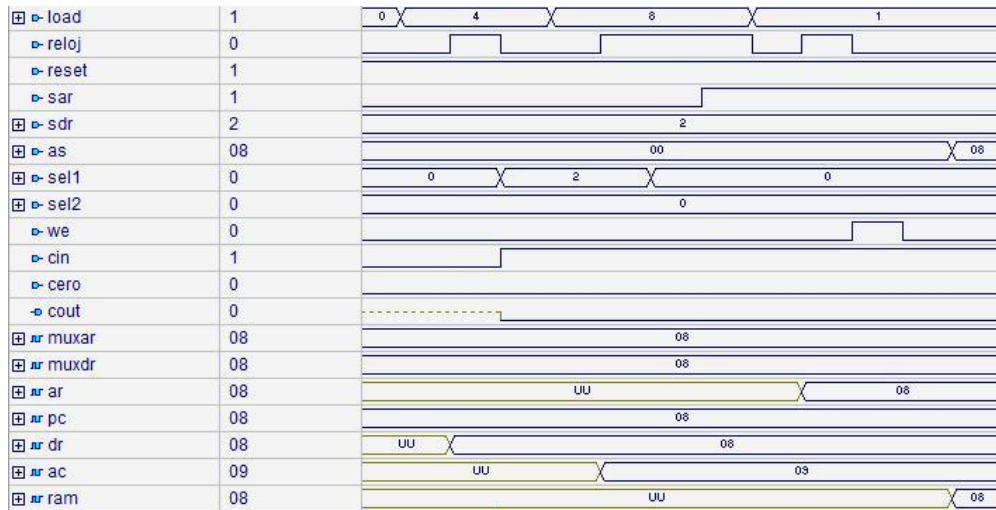


Figura 5 Prueba del procesador de 8 bits.

En la ALU se realiza el incremento del dato (9). Finalmente se aplica la dirección de salida de la memoria para leer el dato almacenado. Una vez que se ha descrito en VHDL y simulado el procesador básico, se realiza la descripción en VHDL e interconexión de los componentes que conforman la unidad de control microprogramada de acuerdo la arquitectura mostrada en Morris [2000].

En esta sección se realizan las simulaciones correspondientes a mostrar y verificar el funcionamiento interno de la unidad de control y los conceptos relacionados con una unidad de control microprogramada tales como memoria de control, microprograma, instrucción, microinstrucción, código de operación, palabra de control, microoperaciones, ciclo fetch, ciclo de instrucción, direccionamiento, etc. Se verificó que la unidad de control al recibir un código de operación del procesador sea capaz de generar la dirección de lectura de la memoria de control, y generar las señales para la ejecución de las microoperaciones del procesador a fin de que se ejecute una instrucción. Para realizar la descripción en VHDL de la unidad de control microprogramada, primero se realiza la descripción de los

componentes individuales y una vez comprobado su funcionamiento, se interconectan empleando la técnica jerárquica.

En la figura 6 se muestran las señales de entrada y de salida de la unidad de control microprogramada. De acuerdo a Morris [2000], en la memoria ROM de la unidad de control, se almacenan microinstrucciones que permiten generar las señales necesarias hacia el procesador y que determinan una microoperación; así como obtener la dirección de la próxima microinstrucción.

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
entity UnidadDControl is port(
    codop: in std_logic_vector(3 downto 0);
    reset, reloj, load: in std_logic;
    cin, U, I, S, Z : in std_logic;
    yincre : in std_logic_vector (6 downto 0);
    cout : out std_logic);
end UnidadDControl;
```

Figura 6 Entradas y salidas de la unidad de control.

En la figura 7 se muestra el código VHDL de las señales de entrada de la memoria ROM. Como puede observarse, la memoria ROM, recibe una señal "a" que se emplea como dirección de lectura de la memoria. La señal de salida de la memoria ROM es de 20 bits, cuyos campos son: campo de dirección para la memoria de control, campo de condición y campo de tipo de transferencia. Los campos se emplean para determinar una microoperación en particular, la cual es decodificada y mediante la cual se genera la señal requerida por el procesador para realizar la microoperación.

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
entity rom128x20 is port (
    a : in std_logic_vector (6 downto 0);
    ad : out std_logic_vector (6 downto 0);
    br, cd : out std_logic_vector (1 downto 0);
    f1, f2, f3 : out std_logic_vector (2 downto 0));
end rom128x20;
```

Figura 7 Entradas y salidas de la memoria de control.

La descripción en VHDL de la memoria ROM y su contenido se realiza por medio de la estructura de control "Case", tal como se muestra en la figura 8. En la cual por cada dirección "a", se muestra a la salida de la memoria su contenido "d" en 20 bits. Para verificar los conceptos relacionados a la memoria de control, se muestran a continuación algunos ejemplos de simulaciones.

```
architecture arqrom of rom128x20 is
signal d: std_logic_vector (19 downto 0);
begin process (a,d)
begin
case a is
when "0000000" => d <= "000000000001011000011";
when "0000001" => d <= "000100000000000000010";
when "0000010" => d <= "001000000000010000000";
```

Figura 8 Descripción de la memoria de control.

De acuerdo a Morris [2000], la unidad de control recibe del procesador un código de operación relacionado a la instrucción que se debe ejecutar. Para cada instrucción, se cuenta en la memoria de control una rutina con palabras de control (microinstrucciones) que se leen de esta memoria, se decodifican y se generan las señales hacia el procesador para que se realicen las transferencias entre registros del procesador y operaciones en la ALU (microoperaciones). Por ejemplo, para una instrucción, se tiene un código de operación del cual se obtiene una dirección para leer la memoria de control, y ésta dirección hace referencia a una microinstrucción de la rutina de la instrucción, puede provocarse un salto a una rutina recurrente para todas las instrucciones, la rutina de direccionamiento indirecto. Posteriormente se ejecutan las microoperaciones de la instrucción como tomar el dato de la memoria y cargarlo en el registro de datos, así como obtener la dirección de la próxima microinstrucción, figura 8.

Al decodificarse los campos de la palabra de control se generan señales que pueden indicar, por ejemplo, qué transferencia se requiere entre los registros del procesador para completar esta instrucción y determinan cómo se va a obtener la siguiente dirección para la memoria de control.

En la figura 9 se observa la lectura de la memoria ROM empleando la dirección 02hx. En esta localidad se encuentra a microinstrucción de sumar el contenido del

acumulador y el registro de datos. Esta dirección se determinó mediante la palabra de control anterior. En la figura 10 se observa la lectura de la memoria ROM empleando la dirección 40hx. Esta dirección se determinó mediante la palabra de control anterior. Esta dirección también es incrementada. Al ocurrir el séptimo pulso de reloj, se obtiene la dirección para leer la memoria. La palabra de control provoca que se active la señal de transferencias del procesador y cómo obtener la próxima dirección para la memoria de control.

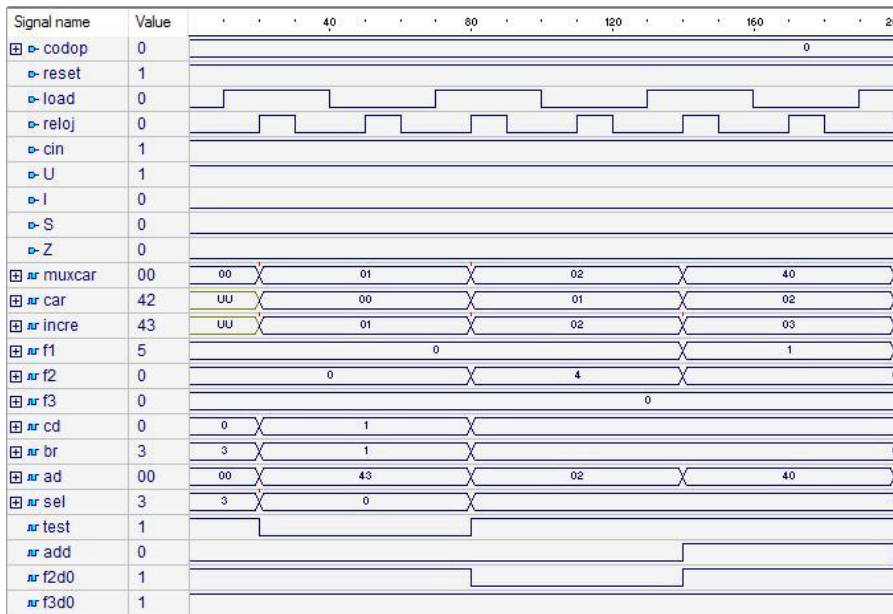


Figura 9 Rutina ADD.

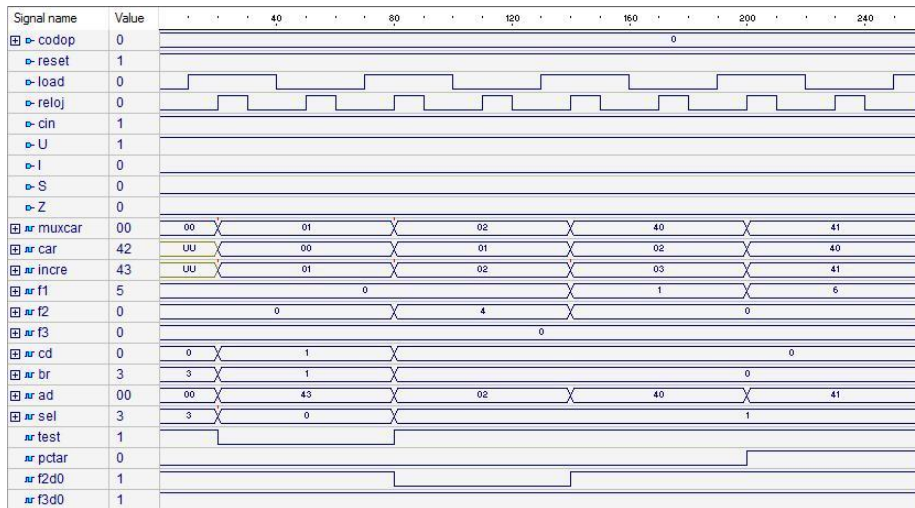


Figura10 Rutina FETCH.

Para el desarrollo de este proyecto se trabajó con grupo piloto de 32 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la materia de Arquitectura de Computadoras del periodo agosto diciembre del 2016 y se les realizó una encuesta para conocer su percepción del uso del lenguaje VHDL como herramienta didáctica.

3. Resultados

En este trabajo se mostró el uso del lenguaje VHDL como apoyo didáctico para el estudio de una unidad de control microprogramada en el campo de Arquitectura de Computadoras. El énfasis en este trabajo consistió en verificar mediante simulaciones, conceptos teóricos tales como código de operación, memoria de control, microoperaciones, rutina de instrucción, secuenciamiento, ciclo FETCH; y principalmente qué señales internas son requeridas para que se ejecute una instrucción y cómo se generan estas señales. En la tabla 1 se muestran los grupos impartidos de la materia de Arquitectura de Computadoras en el año 2016 y actual. Para el desarrollo de este proyecto se trabajó con el grupo vespertino del periodo agosto - diciembre del 2016, que representa el 51.6% del total de los estudiantes del periodo. La materia se imparte en el quinto semestre, participaron 25 hombres y 7 mujeres, 3 estudiantes se encontraban en repetición de curso.

Tabla 1 Grupos de Arquitectura de Computadoras.

| | 2016 | 2017 |
|------------------|------------|------------|
| Grupo matutino | 30 alumnos | 29 alumnos |
| Grupo vespertino | 32 alumnos | 27 alumnos |

En la figura 12 se muestra la encuesta que se aplicó a los estudiantes con el objeto de conocer su percepción del uso del lenguaje VHDL como apoyo didáctico en el estudio de una unidad de control microprogramada.

En la figura 13 se muestra que prácticamente todos los alumnos del grupo piloto, consideran que el uso del lenguaje VHDL contribuye en su aprendizaje y se puede verificar el funcionamiento interno del procesador y la unidad de control microprogramada.

- 1.- ¿La primera vez que escuchaste sobre el concepto del procesador se te hizo difícil entenderlo?
- 2.- ¿La primera vez que escuchaste sobre el concepto de la unidad de control microprogramada se te hizo difícil entenderlo?
- 3.- ¿Alguna vez habías visto el funcionamiento interno de un procesador?
- 4.- ¿Alguna vez habías visto el funcionamiento interno de una unidad de control microprogramada?
- 5.- ¿Conoces alguna manera de poder visualizar el funcionamiento de un procesador y una unidad de Control microprogramada?
- 6.- ¿Considera que el uso del lenguaje VHDL ha contribuido satisfactoriamente en el aprendizaje de los conceptos de la materia de Arquitectura de computadoras?
- 7.- ¿Es más fácil comprender los conceptos de la materia Arquitectura de computadoras con el uso de simulaciones en VHDL?
- 8.- ¿Qué tan difícil le ha resultado describir y simular componentes en VHDL?
- 9.- ¿Considera que mediante el uso del lenguaje VHDL es posible cubrir los temas de Arquitectura de computadoras en forma fluida y gradual en su grado de complejidad?
- 10.- ¿Considera que mediante el uso del lenguaje VHDL es posible ver el funcionamiento interno de un procesador y una unidad de control Microprogramada?

Figura 12 Encuesta para alumnos

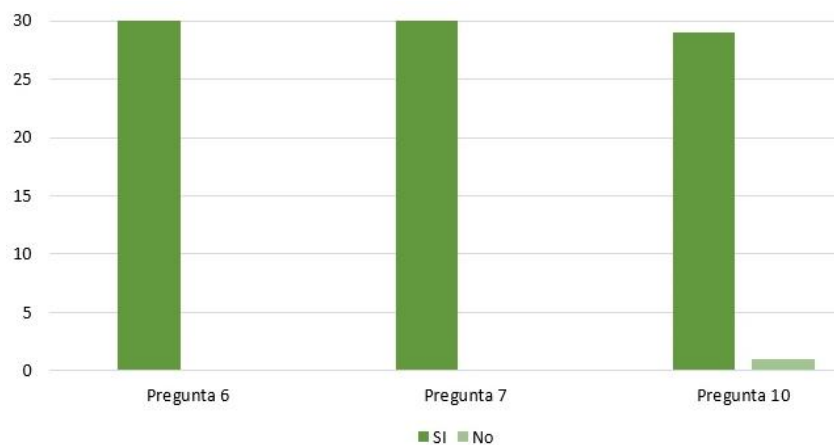


Figura 13 Uso de VHDL como apoyo didáctico.

En la figura 14 se muestra que el 77 % consideró que se pueden cubrir los conceptos teóricos de manera fluida y gradual en el grado de complejidad de los sistemas digitales. En la figura 15 se muestra que el 33% considera que es un lenguaje difícil de aprender y sólo el 10% lo considera fácil.

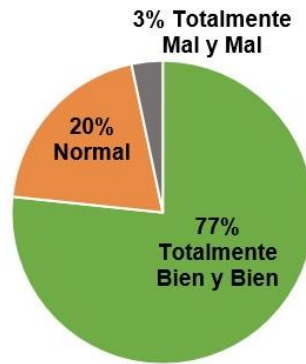


Figura 14 Uso de VHDL en forma gradual en complejidad

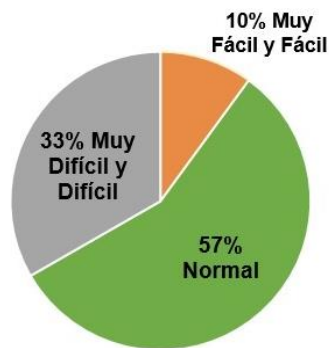


Figura 15 Dificultad del uso de VHDL

Finalmente, como resultado de esta experiencia se realizó una Guía de Instrucción para el docente con la planeación de las actividades a realizar en el periodo de un curso de un semestre a fin de cubrir los conceptos básicos hasta la unidad de control microprogramada.

4. Discusión

De acuerdo con lo mostrado en la metodología del trabajo, se realizó la descripción en VHDL y simulación de un procesador básico y su unidad de control. Debido al enfoque didáctico ambos componentes se probaron por separado, con el objetivo de identificar qué señales requiere el procesador para realizar transferencias y operaciones, y cómo se generan estas señales por medio de la unidad de control.

En las simulaciones mostradas en este trabajo sólo incluyen una parte representativa del funcionamiento del procesador y la unidad de control; tales

como la escritura y lectura de la memoria del procesador, operación aritmética en la ALU, generación de las señales de control para la ejecución de una instrucción en particular o el inicio del ciclo FETCH. Para la revisión de otro concepto en particular del funcionamiento de los componentes se debe preparar una simulación adicional.

Aunque el lenguaje VHDL y la simulación de los sistemas digitales pueden ser usados como una herramienta didáctica, se requiere de un esfuerzo adicional por parte de los estudiantes para aprender primero este lenguaje y posteriormente estudiar los sistemas digitales.

Como conclusiones se tiene que mediante el uso del lenguaje VHDL y las simulaciones de los sistemas digitales se verificaron conceptos relacionados al funcionamiento interno de un procesador y al funcionamiento de una unidad de control. Es decir, se verificó qué señales son requeridas para el funcionamiento del procesador y cómo se generan dichas señales empleando la técnica del control microprogramado.

Se describieron los sistemas digitales llevando una secuencia didáctica en la que se parte de los componentes digitales básicos, los cuales posteriormente se integran para conformar componentes digitales mayores hasta conformar un procesador de 16 bits y una unidad de control microprogramada.

Aunque el lenguaje VHDL y las simulaciones constituyen una buena herramienta para el estudio de los sistemas digitales, requiere un esfuerzo adicional el aprendizaje del lenguaje; sin embargo, abre nuevas posibilidades para el estudio de temas más avanzados o implementaciones en sistemas de desarrollo basados en dispositivos programables FPGA (Field Programmable Gate Array).

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Hernández, C.F., Navarro D.A., Hernández E.E., Vargas J.P. (2015, noviembre). Uso del lenguaje VHDL como apoyo a la enseñanza de arquitectura de computadoras. *Pistas Educativas*. 112, 1842-1861.
- [2] Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato [ITESI] (2017): goo.gl/gS8WCg.

- [3] Maxinez, D. G., Alcalá J. (2003). VHDL El arte de programar sistemas digitales. México: CECSA.
- [4] Miguel, de M. A. (1997). Arquitectura de Computadoras. México: Alfaomega.
- [5] Morales, L., Osornio, R.A., Romero, R. de J. (2012). FPGA embedded single-cycle microprocessor and tools. International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs, doi: 10.1109/ReConFig 2012.6416749
- [6] Morris, M. (2000). Arquitectura de Computadoras (3ª ed.). México: Prentice Hall.
- [7] Parhami, B. (2007). Arquitectura de Computadoras. México: Mc Graw Hill.
- [8] Perales, M. A., Barrero, F. J., Toral, S. L., Durán, M. J. (2012, noviembre). Experiencia PBL en una asignatura básica de electrónica. IEEE-RITA, 7 (4), 223-230.
- [9] Romero, R. de J., Ordaz, A., Vite, J.A., García, A. (2006). 8-bit CISC Microprocessor Core for Teaching Applications in the Digital Systems Laboratory. IEEE International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs, doi: 10.1109/RECONF 2006.307782
- [10] Romero, R. de J. (2007). Electrónica Digital y Lógica Programable. México: Universidad de Guanajuato.
- [11] Rosado, A., Bataller, M., Guerrero, J. F. (2008, noviembre). Aprendizaje por proyectos: Una aproximación docente al diseño digital. IEEE-RITA, 3 (2), 87-95.

MODELADO DE DATOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA BASADO EN EL ESTÁNDAR CERIF USANDO MICROSOFT EXCEL

Sinaí López Castillo

Universidad de Guanajuato

s.lopez.castillo@ugto.mx

María Susana Ávila García

Universidad de Guanajuato

susana.avila@ugto.mx

Isnardo Reducindo

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

isnardo.reducindo@uaslp.mx

Resumen

El acelerado progreso de la ciencia en la actualidad se basa en la velocidad con la que el conocimiento científico se distribuye gracias a las herramientas tecnológicas de esta era digital. En este trabajo se presenta un prototipo de sistema de información para contribuir con la rápida y masiva propagación del conocimiento científico, modelado sobre hojas de cálculo y que permite gestionar la producción científica generada en el Departamento de Estudios Multidisciplinarios de la Universidad de Guanajuato. El desarrollo se basa en el estándar CERIF (Common European Research Information Format), que permite interoperabilidad con otros sistemas a nivel global. Como resultado, el sistema para gestionar la producción derivada de la investigación dentro del DEM cuenta ahora con datos normalizados y elimina redundancias, lo que permitirá escalar la estructura a gestores basados en SQL y desarrollar un sistema más potente, que además contará con interoperabilidad a nivel global. Así, la información gestionada

podrá estar a disposición de usuarios externos al DEM y abonará una difusión óptima del conocimiento.

Palabra(s) Clave: Estándar CERIF, Interoperabilidad, Sistemas de información.

Abstract

Now days the fast progress of the science is based on the velocity with the scientific knowledge is distributed around the world, thanks to the technological tools to this digital era. This work presents an information system prototype in order to contribute with the fast and massive scientific knowledge propagation, modeled using spreadsheets and that allows manage the scientific production generated into Departamento de Estudios Multidisciplinarios de la Universidad de Guanajuato. The development is based on the CERIF (Common European Research Information Format) standard, which allows interoperability with other systems at a global level. As a result, the system which will manage the information generated of the production derived from the research in DEM now has standardized data and eliminates redundancies, which will allow to scale the structure of SQL-based managers and develop a more powerful system which will also have interoperability at a global level. Thus, the information managed may be available to users outside DEM and will allow an optimal dissemination of knowledge.

Keywords: *CERIF standard, Information systems, Interoperability.*

1. Introducción

Los Sistemas de Información para la Investigación se han convertido en una herramienta indispensable principalmente para los investigadores y estudiantes en épocas recientes. Estos sistemas les permiten desarrollar sus actividades académicas y de producción científica de manera más ágil, al contar con fuentes actuales de información de manera rápida. Dichas herramientas han sido adoptadas a nivel global de manera independiente por un gran número de investigadores, como lo menciona Joint [2008], se les denomina CRIS (Current Research Information Systems) por sus siglas en inglés.

Al igual que el resto de los sistemas de información, el gestionar la información referente a la producción científica ha llevado a la necesidad de la creación de estándares que establecen características principales que deben contener estos diseños, tal es el caso del estándar CERIF (Common European Research Information Format). Tal y como lo mencionan Nabavi & Jeffery [2016], este estándar se trata de un modelo central de arquitectura de datos, que representa al contexto de investigación mediante entidades y relaciones que permiten el intercambio de esta información; este modelo central ha sido utilizado para el diseño de muchos sistemas de información europeos. Alrededor del mundo diversas instituciones han implementado el estándar CERIF dentro de sus sistemas.

Un ejemplo de ello es el German Science System (GSS), en donde los creadores pasaron por una serie de etapas para poder adaptar su sistema al estándar. Durante estas etapas, mencionan los autores Ivanovic, Surla, Trajanovic, Misic & Konjovic [2017] que fue posible notar que el CERIF no se adapta exactamente a las necesidades de todos los sistemas. En su caso, fue necesario apoyarse en otro estándar que permitiera hacer una extensión de CERIF. De esta manera, en el GSS el estándar CERIF es una extensión sobre el grupo de datos que anteriormente se tenía para desarrollar el sistema.

Otro caso es del Ministry of Education, Science and Technological Development (MESTD) de la República de Serbia, donde Jeffery, Houssos, Jörg, and Asserson. [2014] describen como se utilizó este estándar para el modelado de datos, en este caso con una compatibilidad mayor. El hecho de que el modelado de datos de CERIF contenga información relacionada a las actividades de investigación como: investigadores, proyectos científicos, instituciones, publicaciones, patentes, programas de financiamiento, entre otras; permitió que se adaptara perfectamente a las características del CRIS del MESTD. Para lograr la compatibilidad con CERIF, fue necesario identificar las entidades relacionadas en común y establecer los atributos necesarios para completar el modelado de acuerdo a CERIF.

Por otro lado, lamentablemente en México no existe una política nacional impulsada por las instancias correspondientes como el CONACyT (Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnología), que promueva de manera enérgica la adopción de estas herramientas tecnológicas dentro de todas las instituciones públicas cuyo propósito es la generación y propagación del conocimiento, como las universidades y los centros de investigación. Bajo este contexto, si existiera un CRIS a nivel Nacional donde todas las instituciones académicas, por ejemplo, las que conforman el RENIECYT (Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas), permitiría compartir los trabajos científicos que se realizan en todas estas instituciones auspiciadas por recursos Federales. De esta manera, todos los investigadores en el país podrían estar al tanto de lo que sus pares dentro del territorio nacional están realizando. Esto abriría las puertas a un mayor número de colaboraciones en beneficio de fomentar las redes temáticas e incentivar el desarrollo nacional con la obtención de mejores resultados en las investigaciones.

El estándar CERIF busca regular el desarrollo de los CRIS agregando a estos una mayor interoperabilidad entre ellos. Es decir, con la implementación de dicho estándar es posible acrecentar el intercambio de información de la producción científica entre diversas instituciones. Para hacer posible esto, este estándar propone un modelado de datos compuesto por veinticinco entidades, clasificadas en cuatro grupos y las cuales se mencionan a continuación:

- Entidades Base: Persona, Institución Proyecto.
- Entidades Resultantes: Publicación Resultante, Patente Resultante, Producto Resultante.
- Entidades del Contexto de Investigación: se determinan mediante el enlace de las entidades base y las entidades resultantes.
- Entidades Enlace: se relacionan dos entidades independientemente del nivel en el que se encuentren, es decir, puede relacionar entidades base, resultado o de contexto de investigación.

Básicamente, el estándar CERIF establece estos cuatro grupos de entidades de manera global para facilitar la interoperabilidad. En otras palabras, puede ser utilizado dentro de instituciones muy diversas, pero el intercambio de información

estará generalizado en los cuatro grupos de entidades como bloques. Por ejemplo, el modelo de datos toma en cuenta como entidad a "Persona", esta entidad no especifica qué tipo de personas pueden ser registradas en el sistema y que roles tiene dentro de este, es decir, puede ser investigador, autor, colaborador, etc.

Un estudio comparativo realizado a nivel internacional por Pinto, Simões & Amaral. [2014], donde se localizaron 43 CRIS de todo el mundo con la finalidad de conocer las diferencias y similitudes, tanto entre los sistemas con estructura CERIF y como en aquellos que su estructura no era completamente adaptada a CERIF. Dicho estudio valida el mayor nivel de interoperabilidad de los CRIS basados en CERIF, por lo que puede ser considerado como un estándar que beneficia el desarrollo de este tipo de sistemas de información. La tabla 1 muestra las ventajas y desventajas de CERIF para los CRIS obtenidas a partir de los resultados de un estudio realizado por Jeffery & Asserson [2006]. Cabe aclarar que como los autores del estudio mencionan, en todo sistema y modelo una mala aplicación o adaptación puede desviar a cualquier sistema de su objetivo principal, por lo que se debe ser cuidadosos en su implementación.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de CERIF.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Gran cobertura en gestión de información para la investigación, es un diseño especializado para los CRIS.• Interoperabilidad, sus entidades de enlace permiten relacionarse con cualquier otro sistema.• El modelado de datos puede extenderse, adaptándose a las características del sistema• Evita la redundancia y mejora la integridad de los datos mediante la normalización de sus tablas de clasificación. | <ul style="list-style-type: none">• Se establece que es posible ser implementado en una arquitectura relacional u orientada a objetos, pero realmente solo se adapta a uno relacional.• Todas las entidades propuestas por CERIF tienen la misma estructura y algunas de ellas no están bien definidas. |

Fuente: [Jeffery & Asserson, 2006]

Hasta este punto, la información mencionada sobre CERIF vislumbra una perspectiva demasiado alta de las cosas que se pueden alcanzar con éste. Por

otro lado, aunque su diseño se adapta en gran parte a las necesidades de los CRIS, existen algunas inconsistencias detectadas por diversos autores, lo cual deja entre ver que son necesarios ajustes y mejoras para este estándar.

Partiendo de esta idea se identificó en la Universidad de Guanajuato, específicamente en el Departamento de Estudios Multidisciplinarios (DEM), la necesidad de la creación de un CRIS para los productos derivados de la investigación dentro de dicho departamento. Como la mayoría de las instituciones que producen conocimiento en México, en el DEM no se cuenta con un sistema que permita que tanto usuarios internos como externos puedan conocer los trabajos de investigación que se generan, tanto por investigadores como por los alumnos. Para dar solución a dicha necesidad, se propone un prototipo de modelado de datos sobre hojas de cálculo con la finalidad de gestionar toda la información relacionada a la producción científica del DEM, atendiendo las necesidades particulares de la institución y adaptando el modelo al estándar CERIF. El prototipo de CRIS desarrollado, puede ser una primera aproximación para buscar un sistema que pueda servir como referente para un sistema a nivel Nacional.

2. Metodología

CRIS para el DEM

Como parte de este trabajo se diseñó y desarrolló un prototipo de sistema para un CRIS que permita gestionar la producción científica del DEM de la Universidad de Guanajuato. Los CRIS involucran una serie de aspectos para ser útiles para el usuario [Zelepukhina, Danilova, Burmistrov & Tarasevich, 2014], por lo que este trabajo se enfoca en el prototipo de la base de datos que permite almacenar la información de los productos científicos que generan los investigadores. La estructura de datos fue diseñada de acuerdo a la teoría del modelo relacional [Kumar, 2011]. A partir del modelo de datos, el prototipo de sistema se desarrolló sobre hojas de cálculo, específicamente Microsoft Excel, con la intención de obtener provecho de la rápida implementación que se puede realizar sobre este software, y así poder realizar pruebas rápidamente y mejorar el diseño.

Para desarrollar el prototipo en principio se identificó la información relacionada a las actividades de producción científica dentro del DEM. Esta información fue recabada por un grupo de estudiantes del departamento quienes utilizaron dos métodos de recolección de datos: a) fuentes de información disponibles en línea, como sitios web (Universidad de Guanajuato, LinkedIn, Google Académico, etc.), y b) entrevistas semi-estructuradas realizadas a todos los investigadores adscritos al DEM. Una vez recabada la información necesaria, se procedió a realizar el modelado de datos relacional, en donde se establecieron las entidades y atributos correspondientes con los que sería posible gestionar la información dentro del sistema, como se muestra en la figura 1.

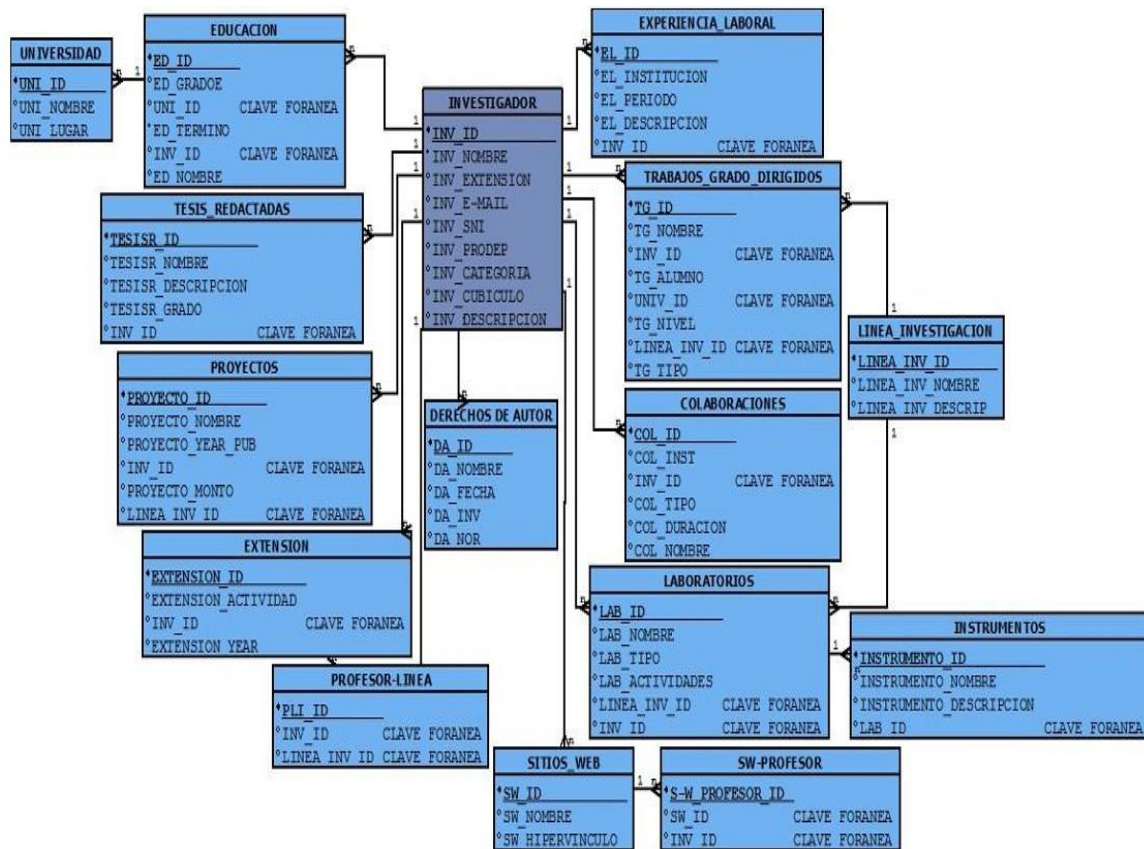


Figura 1 Modelo relacional de la Base de Datos del CRIS-DEM.

Después, se llevó el modelo de datos a Excel, donde las entidades se establecieron una por hoja y los atributos se definieron como columnas dentro de cada hoja correspondiente a su respectiva entidad. En la tabla 2 se muestra la

equivalencia de los elementos del modelo relacional dentro de Excel considerada para la implementación, y en la figura 2 se muestra de manera gráfica un ejemplo del resultado en Excel de una entidad y sus atributos.

Tabla 2 Equivalencia Modelo Entidad-Relación a Excel.

| Diagrama Entidad-Relación | Modelo en Excel |
|---------------------------|-------------------------|
| Entidad | Hoja de trabajo |
| Atributo | Columna |
| Relación | Hoja de trabajo-Columna |

| INV_ID | INV_FOTO | INV_NOMBRE | INV_TELEFONO | INV_EMAIL | INV_SNI | INV_PRODEP | INV_CATEGORIA | INV_CUBICULO | INV_DESCRIPCION |
|--------|----------|------------|--------------|-----------|---------|------------|---------------|--------------|-----------------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

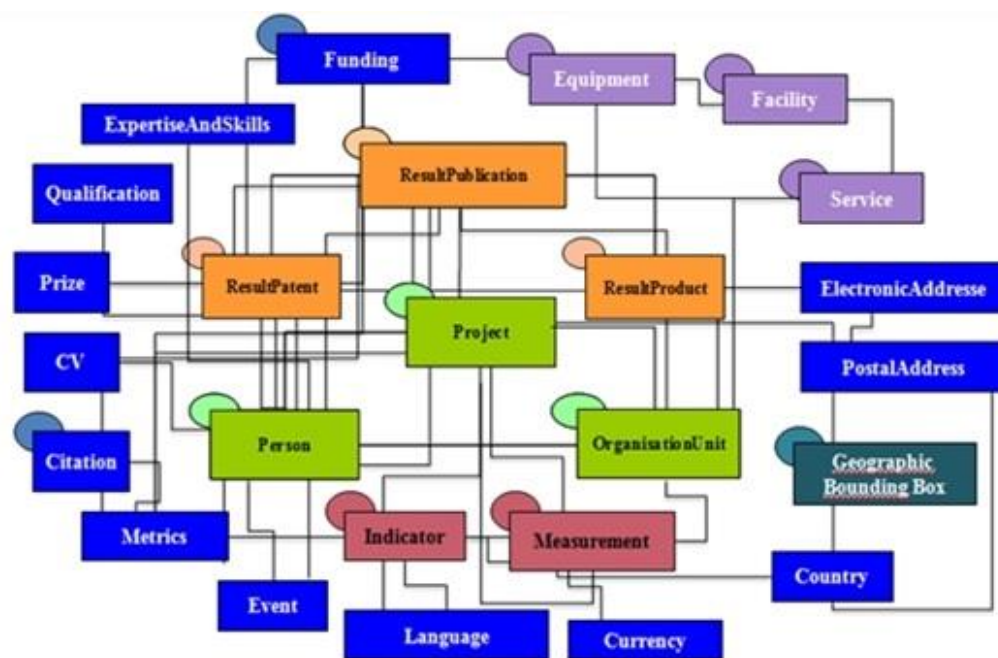
Figura 2 Hoja de cálculo de la Entidad _INVESTIGADOR, definida con sus atributos.

Además, para corroborar el modelo de los datos, se realizaron pruebas mediante la captura de información del DEM correspondiente a la producción científica, considerando datos para cada una de las entidades establecidas. Además de encontrar resultados satisfactorios con las pruebas, también se detectaron algunas anomalías en la estructura que podían ser mejoradas para evitar posibles errores si el modelo es escalado en un sistema gestor más potente, por ejemplo, MySQL o PostgreSQL.

DEM-CRIS bajo el estándar CERIF

Partiendo del prototipo de sistema mostrado en la sección anterior, y retomando que el estándar CERIF fue diseñado con el objetivo principal de funcionar como punto de partida para el diseño de sistemas de información para la investigación y facilitar la interoperabilidad. En esta sección se describe el desarrollo del prototipo

de modelado de datos para el CRIS del DEM aplicando el estándar CERIF. Esto con el objetivo de normalizar, dar un mayor soporte teórico y permitir la interoperabilidad del prototipo de sistema en futuras implementaciones. Para lograr dicho modelado, se analizó el diagrama de modelado de datos de CERIF, el cual se puede apreciar en la figura 3.



Fuente: [Jörg y cols., 2012]

Figura 3 Diagrama de modelado de datos para el estándar CERIF.

Una vez que analizado el diagrama de las entidades propuestas por CERIF, se procedió a adaptar las características del CRIS-DEM a un modelado de datos sobre dicho estándar. En primera instancia, se adaptaron aquellas entidades que coincidían con el estándar. En la tabla 3 se pueden apreciar las entidades que tienen en común ambos modelos.

Después, se extendieron los atributos del CRIS-DEM para que la estructura que tiene la producción científica pudiera adecuarse totalmente a CERIF. Una vez establecido como se adaptaría al estándar, se elaboró un primer diseño para el modelado de las entidades y la forma en la que éstas deberán estar relacionadas, obteniendo como resultado un diagrama Entidad-Relación, elaborado con el software de diagramación DIA, diagrama que se muestra en la figura 4.

Tabla 3 Entidades en común entre las necesidades del DEM y el estándar CERIF.

| ENTIDADES EN COMÚN CERIF-DEM | |
|------------------------------|-------------------------|
| Person | Language |
| Project | Prize currency |
| Organisation | Event |
| Result publication | Electronic adress |
| Result patent | Postal adress |
| Result product | Equipment |
| Expertise and skills | Facility |
| Qualification | Service |
| Citation | Measurement |
| Curriculum vitae | Indicator |
| Funding | Geographic nounding box |
| Country | Federal identifier |

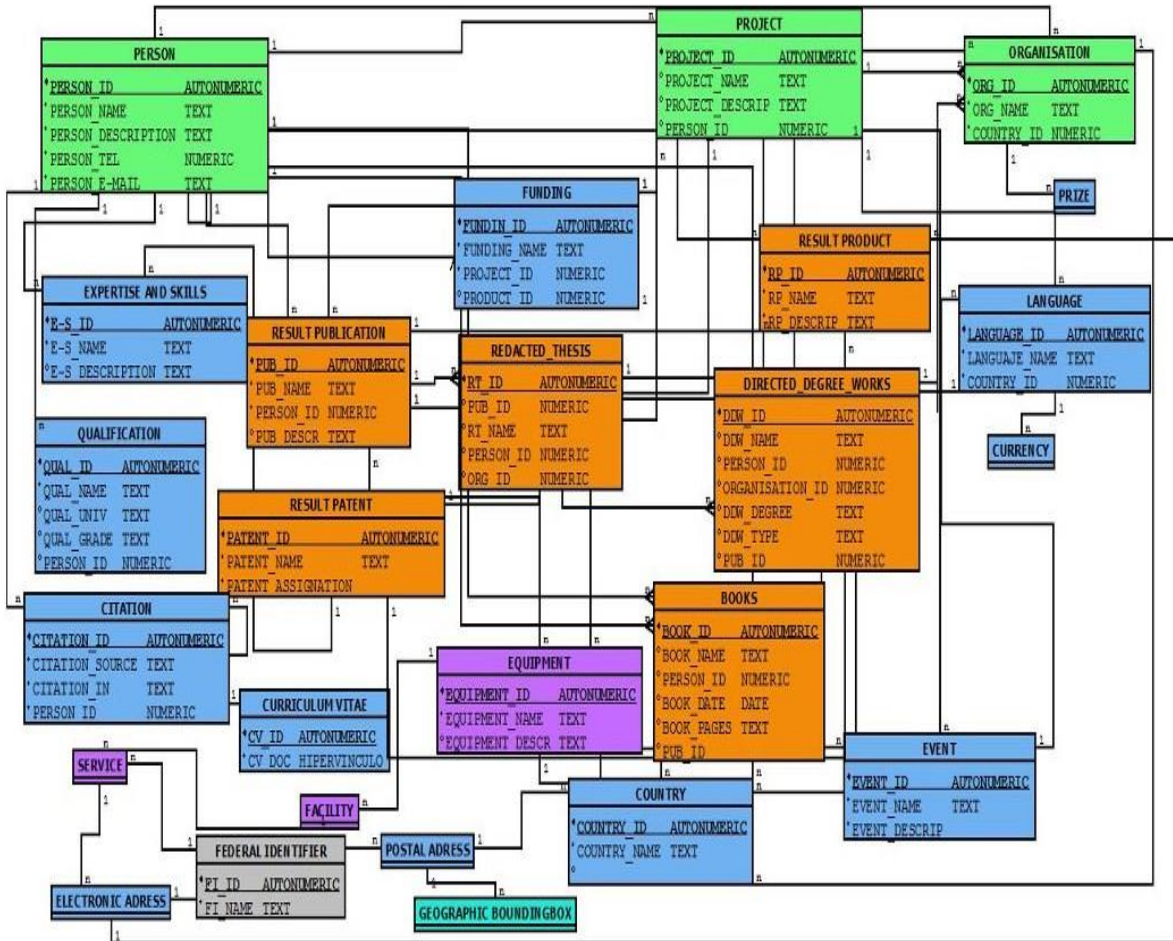


Figura 4 Modelo Relacional de la Base de Datos del CRIS-DEM-CERIF con DIA.

De igual manera, se generó el modelo de las entidades con sus atributos en formato UML (Unified Modeling Language) en Excel, como se puede apreciar en la

figura 5. Esto con la intención de contar con un diseño más detallado del modelo de datos del CRIS-DEM-CERIF.

| PERSON | | | PROJECT | | | ORGANIZATION | | |
|--------|---------------|-----------------------------------|---------|-----------|-------------------------|--------------|------------|-------------------|
| KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION | KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION | KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION |
| PK | P_ID | ID | | PJ_ID | ID | | O_ID | ID |
| | P_NAME | NAME OF PERSON | | PJ_NAME | NAME OF PROJECT | | O_NAME | ORGANIZATION NAME |
| | P_TEL | TEL NUMBER | | PJ_YEAR | YEAR OF EJECUTION | FK | ID_COUNTRY | COUNTRY ID |
| | P_EMAIL | EMAL | FK | P_ID | PERSON ID | | | |
| | P_SNI | LEVEL OF NATIONAL RESEARCH SYSTEM | FK | FD_ID | FUNDING ID | | | |
| | P_PRODEP | LEVEL OF PRODEP | FK | E&S_ID | EXPERTISE AND SKILLS ID | | | |
| | P_CATEGORY | PROFFESOR CATEGORY | | | | | | |
| | P_DESCRIPTION | SHORT DESCRIPTION | | | | | | |

| RESULT PATENT | | | RESULT PRODUCT | | | RESULT PUBLICATION | | |
|---------------|----------------|--------------------|----------------|------------|----------------|--------------------|-----------|--------------------|
| KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION | KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION | KEY | ATTRIBUTE | DESCRIPTION |
| | RP_ID | ID | | RPR_ID | ID | | RPB_ID | ID |
| | RP_NAME | PATENT NAME | | RPR_NAME | NAME | | RPB_NAME | NAME |
| | RP_ASSIGNATION | PATENT ASSIGNATION | FK | P_ID | PERSON ID | FK | JA_ID | JOURNAL ARTICLE ID |
| FK | P_ID | PERSON ID | | PRP_POLICY | PRODUCT POLICY | FK | LT_ID | LEADED THESIS ID |
| | | | | | | FK | RT_ID | REDACTED THESIS ID |
| | | | | | | FK | BC_ID | BOOK CHAPTER ID |
| | | | | | | FK | B_ID | BOOK ID |

Figura 5 Modelo de la estructura de datos del CRIS-DEM-CERIF en formato UML.

Una vez que se cuenta con el diseño de las entidades, atributos y sus relaciones, se procedió a realizar las pruebas de concepto del prototipo del CRIS-DEM-CERIF, mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel. Para esto, una vez más se estableció una hoja para cada entidad, y dentro de cada entidad se definieron como columnas los atributos correspondientes. Cada entidad fue representada con un color, con la finalidad de representar las relaciones, resaltando con el color correspondiente de la entidad de origen a los atributos que aparecen como clave foránea en otra hoja. A continuación, este prototipo se alimentó con la información de la producción científica recabada de una muestra de 16 profesores adscritos al DEM. Un ejemplo de una entidad con sus respectivos atributos y datos de la muestra se puede apreciar en la entidad de "Proyectos" que se presenta en la tabla 4.

Esta adaptación al estándar CERIF permite que el CRIS del DEM sea interoperable con otros sistemas para compartir la información de los productos científicos, el hacerlo en Excel es un primer paso para comprobar su funcionalidad y facilitar su uso en una primera instancia por los investigadores al recolectar información. El propósito es ampliar este diseño y llevar el desarrollo a un sistema

más robusto con gestores de BD más potentes basados en SQL, lo que será de interés para otras instituciones de educación superior y centros de investigación en el país.

Tabla 4 Ejemplo de la entidad Proyectos con atributos y datos almacenados (Excel).

| PJ_ID | PJ_NAME | PJ_YEAR | P_ID | FD_ID | E&S_ID |
|-------|------------------------------------|---------|------|--------|--------|
| PJ_1 | DETERMINACION DEL VALOR ECONOM | 2013 | P10 | FD_3 | E&S_4 |
| PJ_2 | PROGRAMA DE RESCATE DE ESPACIOS | 2011 | P10 | FD_4 | E&S_8 |
| PJ_3 | MERCADOS DE TIERRA Y RENTA DEL SU | 2011 | P10 | N/A | E&S_1 |
| PJ_4 | PROPUESTA DE INVESTIGACION PARA | 2011 | P10 | PRODEP | E&S_7 |
| PJ_5 | FORTALECIMIENTO AL LABORATORIO I | 2012 | P6 | N/A | E&S_10 |
| PJ_6 | APOYO A LA INCORPORACION DE NUE | 2008 | P6 | N/A | E&S_11 |
| PJ_7 | DISEÑO E INTEGRACION DE UN SISTEM | 2009 | P6 | FD_3 | E&S_27 |
| PJ_8 | SENSOR DE PRESION Y DE DIRECCION I | 2008 | P6 | N/A | E&S_34 |
| PJ_9 | DISEÑO DE FILTROS OPTICOS PARA SE | 2008 | P6 | N/A | E&S_35 |
| PJ_10 | DETERMINACION DE GASES DE EFECTO | 2007 | P6 | N/A | E&S_1 |
| PJ_11 | GAS SENSING USING OPTICAL CORREL | 2007 | P6 | N/A | E&S_2 |

3. Resultados

La adaptación del modelo CERIF al CRIS para gestionar la producción derivada de la investigación dentro del DEM, permite que los datos estén normalizados. Además, al adaptar el sistema del DEM a este estándar, se eliminaron redundancias de datos. Es decir, existían atributos y entidades en el modelo anterior que generaban redundancias, por ejemplo para la entidad "EXPERIENCIA LABORAL" uno de sus atributos es "INSTITUCIÓN" es decir el nombre de ésta. Para algunos casos había nombres de empresas, laboratorios, entre otros, pero para la mayoría de los casos el nombre era de instituciones de educación específicamente universidades. Por lo tanto, muchas veces se capturaron datos redundantes de las universidades que ya se encontraban en la entidad "UNIVERSIDADES", y al adaptarse el estándar CERIF fue posible que todas estas instituciones, universidades y centros de investigación, quedaran juntas dentro de la entidad "ORGANISATION". Esto permitió eliminar la entidad "UNIVERSIDAD" y hacer la relación con las entidades que requieran de esta información. El modelo basado en CERIF, gracias a su generalidad estructural de entidades, permite que la información de una entidad pueda adaptarse a varias relaciones con otras entidades, por ejemplo:

- PERSONA-PROYECTO: En donde persona trabaja como rol de investigador.
- PERSONA-TESIS_REDACTADA: En donde persona trabaja como asesor.
- PERSONA-LIBRO: En donde persona se considera como autor.

En estos casos cada entidad puede tener varias relaciones, lo que evita que se creen entidades que no son necesarias y que pueden afectar el modelado de los datos. Algunas entidades pudieron adaptarse adecuadamente a lo que CERIF propone, pero fue necesario crear algunas otras para que este modelo pudiera cubrir todas las características que requiere el DEM. Por ejemplo, en la entidad de publicaciones fue necesario relacionarla con otras que tuvieron que ser creadas como: TESIS_REDACTADAS, TESIS_DIRIGIDAS, CAPITULOS DE LIBRO, LIBROS. Estas publicaciones tienen características particulares, por lo tanto, cada una debe tener su propia entidad que describa sus propias características.

Las diferencias que se encontraron con respecto a las necesidades del DEM y al estándar CERIF, posiblemente son a causa de las variantes culturales y sociales que se tienen con Europa. Debido a esto, probablemente existan ciertas inconsistencias con aquellos sistemas europeos diseñados bajo este mismo estándar, pero en teoría deberían poder interoperar con el prototipo aquí desarrollado gracias a los cuatro grupos de entidades generales del estándar CERIF.

4. Discusión

El estándar CERIF propone una serie de entidades y relaciones que permiten a los diseñadores de sistemas de información para la investigación, adaptar sus sistemas a esta norma. Lo que se busca con CERIF, es que a cada sistema diseñado bajo su modelo le sea posible conectarse y sea interoperable con todos aquellos sistemas que estén estructurados bajo este mismo estándar. Esto permite incrementar la cantidad de información que puede ser compartida y consultada, y poder potenciar mejores resultados dentro de la investigación sobre temas particulares.

Al igual que todas las instituciones que generan productos científicos, la Universidad de Guanajuato, y más en específico el DEM, pretende adoptar un sistema para la investigación con la finalidad de compartir y difundir la información de carácter científico que se genera dentro de sus aulas y laboratorios. La adaptación de CERIF-DEM del modelado de datos a CERIF, permitió darle una estructura normalizada al diseño, además que con la prueba de concepto es posible corroborar la factibilidad de una futura implementación en sistemas gestores de bases de datos relaciones bajo el diseño aquí presentado.

El desarrollo de este sistema puede traer resultados positivos para el DEM, ya que con la información almacenada bajo este modelo, se puede acelerar la construcción del conocimiento que pueden impulsar la generación de tecnologías dentro de la sociedad, al poner a la disposición de usuarios y externos al DEM, la información científica que ahí se genera. En un futuro, esta propuesta de CRIS bajo CERIF podría ser considerada para impulsar un sistema a nivel nacional, que permita que todas las universidades y centros de investigación puedan intercambiar con facilidad su información científica.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ivanovic, D., Surla, D., Trajanovic, M., Misic, D. & Konjovic, Z. (2017). Towards the Information System for Research Programmes of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia. *Procedia Computer Science*, 106(June 2016), 122-129. doi: 10.1016/j.procs.2017/03.44
- [2] Jeffery, K. & Asserson, A. (2006). CRIS: Central Relating Information System. *Enabling Interaction and Quality: Beyond the Hanseatic League*. 109-118: <https://goo.gl/c7xsCS>.
- [3] Jeffery, K., Houssos, N., Jörg, B. & Asserson, A. (2014). Research information management: the CERIF approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 9(1), 5-14: <https://goo.gl/kQ2cPF>.
- [4] Jörg, B., Gartner, R., Clements, A., Baker, D. & Zielinski, M. (2012). CERIF 1. 3 Full Data Model (FDM).

- [5] Joint, N. (2008). Current research information systems, open access repositories and libraries: ANTAEUS. *Library Review*, 57(8), 570-575. doi: 10.1108/00242530810899559
- [6] Kumar, S. (2011). Introduction to Data Base models. En *Database Systems: Concepts, Design and Applications*.
- [7] Nabavi, M., Jeffery, K. & Jamali, H. R. (2016). Added value in the context of research information systems. *Program*, 50(3), 325-339. doi: 10.1108/PROG-10-2015-0067
- [8] Pinto, C. S., Simões, C. & Amaral, L. (2014). CERIF - Is the standard helping to improve CRIS? *Procedia Computer Science*, 33, 80-85. doi: 10.1016/h.procs.2014.06.013
- [9] Quix, C. & Riechert, M. (2017). Modelling National Research Information Contexts Based on CERIF. *Procedia Computer Science*, 106 (June 2016), 253-259. doi: 10.1016/h.procs.2017.03.023
- [10] Zelepukhina, V. A., Danilova, T. S., Burmistrov, A. S. & Tarasevich, Y. Y. (2014). Particular experience in design and implementation of a Current Research Information System in Russia: national specificity. *Procedia - Procedia Computer Science*, 33, 168-173: <https://goo.gl/dTAjbZ>.

SISTEMA MULTI-AGENTE DE APOYO AL ANÁLISIS DE UNA ACTIVIDAD COLABORATIVA DE UN VIDEOJUEGO

Elizabeth Martínez López

Universidad Veracruzana
zs16017362 @estudiantes.uv.mx

Carmen Mezura Godoy

Universidad Veracruzana
cmezura @uv.mx

Luis G. Montané Jimenéz

Universidad Veracruzana
lmontane @uv.mx

Edgard Benítez Guerrero

Universidad Veracruzana
edbenitez @uv.mx

Resumen

La evolución de las tecnologías de la información y la comunicación ha permitido que los sistemas evolucionen, proporcionando mecanismos novedosos que apoyen a los usuarios en la realización de sus actividades, particularmente, en los Sistemas Colaborativos (SC), ya que este tipo software tiene como objetivo apoyar el trabajo en grupo, en donde los participantes llevan a cabo interacciones sociales y además se encuentran de manera presencial o distribuida, y trabajan de forma síncrona o asíncrona. Este software se caracteriza por proveer herramientas de comunicación, coordinación, colaboración y regulación y es deseable, que además cuente con mecanismos que permitan: adaptación al contexto de uso, medición de rendimiento de desempeño de usuarios, adaptación de interfaces, etc., a partir del análisis de la información generada durante el desarrollo de la

actividad colaborativa. Este trabajo se enfoca en el análisis de las interacciones sociales en un videojuego colaborativo cuyo objetivo es "capturar y mantener una bandera". La actividad colaborativa en esta modalidad es muy dinámica y las interacciones sociales se llevan a cabo con una alta velocidad, por lo que en este trabajo se propone un software con tecnología multi-agente, que permita reproducir una actividad colaborativa e identificar las interacciones individuales y sociales realizadas.

Palabra(s) Clave: Análisis de actividad, Sistemas colaborativos, Sistemas multi-agente, Videojuego.

Abstract

The evolution of information and communication technologies has allowed systems to evolve, as it provides novel mechanisms that support users in their activities. In particular, Collaborative Systems (CS), are a software type that aims to support group work. On these groups, users carry out social interactions, are located in the same or different place, and work in synchronous or asynchronous way. CSs are characterized by providing communication, coordination, collaboration and regulation tools. Nevertheless, it is desirable that CSs gather the necessary information from group activity, which allows them to: adapt to the context of use, measure performance of users, user interfaces. This work focuses on the analysis of social interactions in a collaborative video game aimed at "capturing and maintaining a flag". Collaborative activity in this modality is very dynamic and social interactions are carried out with a high speed, so in this work we propose a multi-agent system that allows to reproduce a collaborative activity and to identify the individual and social interactions.

Keywords: Activity analysis, Collaborative Systems, Multi-agent systems, Video game.

1. Introducción

En una actividad colaborativa un grupo de personas trabajan conjuntamente para alcanzar objetivos en común. Los participantes interactúan para comunicarse,

coordinarse y colaborar y así cumplir sus objetivos. En el trabajo colaborativo, las interacciones sociales toman un papel muy importante, estas se pueden definir como el intercambio mutuo (mensajes, acciones, gestos, entre otros) entre dos o más individuos [Martínez, 2015] o la relación de intercambio mutuo de objetos y tareas entre personas [Montane, 2015]. Las interacciones sociales constituyen el pilar fundamental de toda actividad en grupo, ya que si los participantes no interactúan difícilmente lograrán sus objetivos.

Los Sistemas Colaborativos son aplicaciones o conjunto de herramientas que apoyan el trabajo colaborativo, permiten que dos o más personas puedan comunicarse, coordinarse, colaborar y regular sus actividades a través de un entorno en común, buscando alcanzar exitosamente metas y objetivos compartidos [Montané, 2016]. Estos sistemas son utilizados en diversos dominios tales como: educativo, negocios, salud; particularmente, en este trabajo nos enfocamos en el área del entretenimiento, teniendo como caso de estudio el trabajo desarrollado por un grupo de personas en un videojuego colaborativo. Las interacciones en una aplicación de este tipo, se llevan a cabo de manera muy rápida, por lo que mostrar información acerca de la actividad colaborativa (p.ej. ubicación y rendimiento de los participantes, awareness, etc.) puede resultar complicado, ya que es posible que el usuario se distraiga de la interacción que realiza en ese momento. Por ello, se observa la necesidad de que las aplicaciones de apoyo a la actividad colaborativa sean sensibles a cualquier información que pueda mejorar la actividad del grupo. Es decir, que estas herramientas, adquieran, gestionen y usen la información generada a través de tareas individuales y grupales para que apoyen a los usuarios a cumplir sus objetivos forma más efectiva y eficiente.

Por otro lado, la tecnología Multi-agente surge dentro de la Inteligencia Artificial Distribuida, su objetivo es resolver problemas que son difíciles de dar solución con técnicas tradicionales, mediante un conjunto de agentes que trabajan de manera colectiva [Jacques, 1995]. Los agentes son entidades autónomas que perciben y reaccionan en su entorno, por sus características (autonomía, reactividad, pro actividad, inteligencia, entre otras) se considera una tecnología muy versátil, la

cual es posible adaptarse a entornos de trabajo muy dinámicos, por lo que se ha venido utilizando en diversos ámbitos de investigación y de la industria, particularmente, en los sistemas colaborativos de dominio del entretenimiento, han sido utilizados con diversos objetivos, entre ellos se encuentran: adaptación de procesos [Padilla-Zea, 2017] [Eddine, 2016], simulación [Hernández, 2016], aprendizaje automático [Sarrió, 2016].

Por ello, en este trabajo se presenta un software de apoyo al análisis de una actividad colaborativa, implementado con tecnología Multi-agente, el cual permite adaptarse al dinamismo de la actividad, identificar y contabilizar la presencia de interacciones individuales y sociales en cada uno de los equipos involucrados en la actividad colaborativa, esto con la finalidad de obtener información que al ser analizada permita identificar elementos que podrían ser útiles para mejorar la actividad colaborativa del caso de estudio y que además pueda ser aplicable para otros dominios de Sistemas colaborativos.

2. Metodología

Con objeto de obtener información para el análisis de las interacciones en una actividad colaborativa de un videojuego, se desarrolló un software basado en agentes, denominado AISAC (analizador de interacciones sociales en AssaultCube) [Ramos, 2015]. El desarrollo se basó en cuatro etapas:

- Análisis de la actividad colaborativa.
- Diseño de la aplicación.
- Implementación.
- Pruebas.

Análisis de la actividad colaborativa

La actividad colaborativa tomada como caso de estudio del videojuego es la denominada "Captura de bandera en equipo", cada equipo está conformado por tres jugadores que interactúan para ganar una partida, los puntos aumentan con base al tiempo que el equipo mantenga la bandera y elimine a más rivales, el equipo con mayor puntaje será el ganador.

La estructura de la actividad colaborativa se definió con base a cuatro elementos que permiten definir una tarea o actividad (tabla 1):

- Actores, que son los participantes en la actividad colaborativa,
- Roles, que representa el rol que asumen los actores al realizar una interacción,
- Objetos, que constituyen los artefactos que los actores pueden manipular en el desarrollo de la actividad colaborativa, e
- Interacciones, que representan las acciones realizadas por los actores, las cuales pueden ser individuales y sociales. Las interacciones individuales (Ii) son acciones que realizan los actores de manera independiente, mientras que las interacciones sociales (Is) son acciones que tienen alguna repercusión social dentro de la actividad colaborativa.

Tabla 1 Elementos de la actividad colaborativa.

| Elemento | Composición |
|----------------------|--|
| Actores | 3, actores por cada equipo |
| Roles | 4, explorador, abanderado, protector y recuperador |
| Objetos | 5, arma, bandera, radar, mapa y tabla de puntuación |
| Interacciones | 8 individuales: Ii1-consultar tabla de puntos para verificar el estado del equipo, Ii2-localizar bandera, Ii3-acercarse a la bandera sin capturar, Ii4-capturar bandera, Ii5- destruir enemigo, Ii6-consultar mapa, Ii7-acercarse a abanderado enemigo y Ii8-dañar abanderado 3 sociales: Is1-buscar bandera, Is2- proteger bandera y Is3-recuperar bandera |

Diseño de la aplicación

Para la construcción de AISAC fue seleccionado JaCaMo [Boissier, 2016], este es un Framework para la programación Multi-agente basado en Java, compuesto por tres tecnologías: Jason [Bordini, 2007] para la programación de agentes, CartAgo [Ricci, 2006] para la creación de artefactos y Moise [Hannoun, 2000] para definición de aspectos organizacionales. Para el diseño de la aplicación se realizó una instancia de la estructura de JaCaMo con la actividad colaborativa tomada como caso de estudio, la cual consiste en la definición de agentes, artefactos y esquemas organizacionales.

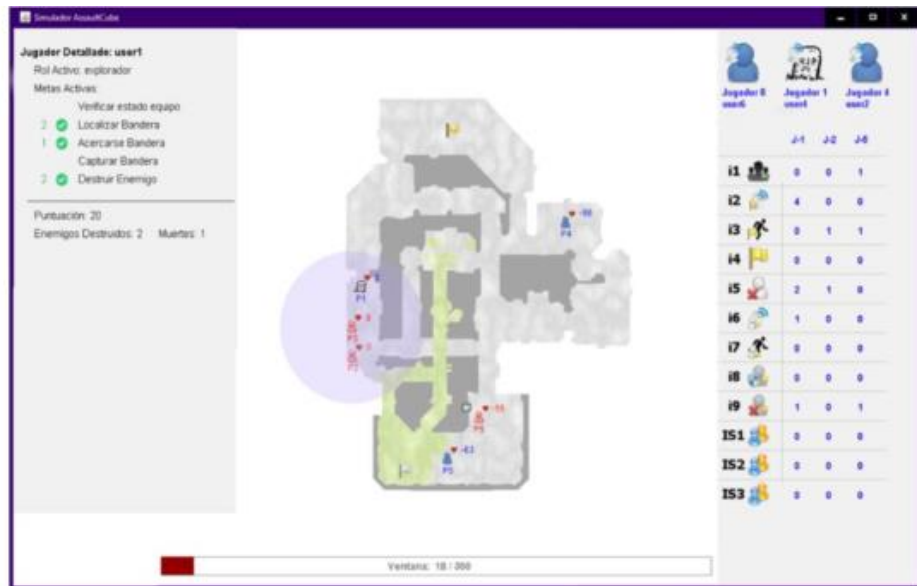
Agentes: se han identificado tres tipos de agentes: actor, capitán y coordinador. El agente actor, donde cada actor participante en la actividad será instanciado como un agente. Cada equipo está integrado por 3 participantes por lo tanto actor1=agente1, actor2=agente2 y actor3=agente3. Existirá un agente capitán por equipo, este será el encargado de regular y controlar los esquemas organizacionales por cada interacción social identificada (cada Is tendrá un esquema organizacional). El agente Coordinador encargado de gestionar y activar todos los recursos necesarios para que la actividad pueda realizarse. Artefactos: Los artefactos son objetos que son necesarios para realizar la actividad colaborativa, los artefactos identificados en la actividad colaborativa son: arma, bandera, radar, mapa, tabla de puntuaciones. Cada uno tiene una serie de características y operaciones (comportamientos que puede realizar durante la actividad). Esquemas organizacionales: estos están relacionados a las interacciones sociales de la actividad colaborativa, para esto se debe realizar la definición de roles y definición de metas a alcanzar. Se han identificado tres esquemas organizaciones (tabla 2): buscar bandera, proteger bandera y recuperar bandera.

Tabla 2 Elementos del sistema Multi-agente.

| Instancia | Elemento |
|-------------------------------|---|
| Agente | Actor, capitán, coordinador |
| Artefacto | Arma, bandera, radar, mapa tabla de puntuación |
| Esquema organizacional | Buscar bandera, proteger bandera, recuperar bandera |

Por otro lado, el diseño de la interfaz fue definido en relación a los objetivos de la aplicación, es decir, era necesario disponer de un área para la reproducción de la actividad colaborativa y un área de presentación de información (estado del actor, interacciones individuales, interacciones sociales). Por lo tanto, fueron definidos los siguientes espacios: espacio de simulación, espacio de interacciones individuales y sociales, espacio de estatus de jugadores (figura 1). En el espacio de simulación se visualiza la reproducción de la actividad colaborativa, para esto, mediante la réplica plana del mapa utilizado en la partida del videojuego, se

presenta la posición de la bandera, las posiciones de los seis jugadores participantes, así como su estatus (abanderado, protector, eliminado, etc.).



Fuente: [Ramos, 2015]

Figura 1 Interfaz de AISAC.

El espacio de Interacciones sociales e individuales presenta mediante una tabla en la parte lateral izquierda, el conteo de cada una de las interacciones individuales e interacciones sociales de la actividad colaborativa. Finalmente, en el espacio de estatus de jugadores ubicado en la lateral superior izquierda, se presentan los 3 jugadores de un equipo y su estado (eliminado, abanderado, protector o recuperador), al darle clic a alguno de ellos, en la lateral derecha se activa información más detallada del jugador.

Implementación

La implementación de AISAC se definió con base a una arquitectura conceptual compuesta por tres niveles:

- Interfaz: espacio de colaboración donde los usuarios interactúan y ejecutan las funcionalidades proporcionadas por el videojuego,
- Datos: nivel donde los datos generados durante la actividad son recolectados y almacenados, para esto se utilizó bases de datos MySQL, e

- Interpretación: en este nivel está presente la tecnología Multi-agente, donde los agentes perciben la información generada e identifican y realizan el conteo de las interacciones sociales e individuales realizadas durante el desarrollo de la actividad, este nivel fue implementado con el Framework multi-agente JaCaMo (figura 2).

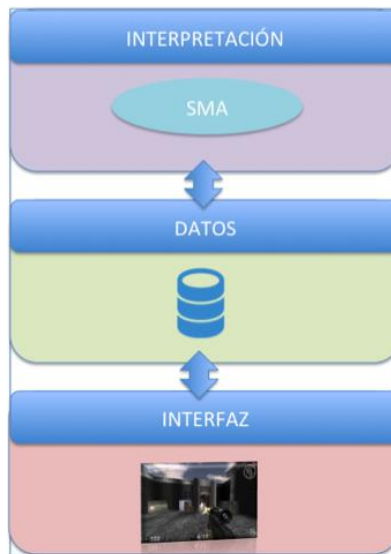


Figura 2 Arquitectura conceptual de AISAC.

Pruebas

Para la fase de pruebas fue necesaria la ejecución de cinco partidas del videojuego [Montane, 2015], para esto participaron 10 equipos, cada uno conformado por tres personas, haciendo un total de 30 jugadores, estos fueron estudiantes de la Universidad Veracruzana en un rango de edad de 20 a 25 años y con experiencia en videojuegos de este tipo. De cada partida, fue almacenada en una base de datos con información de lo que sucedió en el desarrollo de cada una de las partidas. Los resultados obtenidos son presentados en la siguiente sección.

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de AISAC para el análisis de cinco partidas del videojuego, para esto se realizó el cálculo promedio de cada interacción por equipo y de manera general en relación

a la frecuencia en la que las interacciones sucedieron en el desarrollo de la actividad colaborativa. Los resultados se presentan en términos de Interacciones Individuales (li) e Interacciones Sociales (Is). Las frecuencias de las Interacciones individuales se muestran en la tabla 3, en donde es posible observar:

Tabla 3 Promedio de interacciones sociales por equipo.

| Equipo | li1 | li2 | li3 | li4 | li5 | li6 | li7 | li8 | Totalli |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| 1 | 1 | 5 | 10 | 2 | 11 | 4 | 9 | 0 | 45 |
| 2 | 1 | 4 | 11 | 2 | 10 | 4 | 11 | 0 | 46 |
| 3 | 1 | 3 | 10 | 2 | 10 | 4 | 12 | 0 | 38 |
| 4 | 2 | 5 | 9 | 2 | 10 | 6 | 10 | 0 | 48 |
| 5 | 1 | 2 | 6 | 3 | 12 | 11 | 0 | 1 | 39 |
| 6 | 1 | 5 | 7 | 10 | 9 | 7 | 0 | 5 | 46 |
| 7 | 1 | 2 | 7 | 3 | 8 | 4 | 10 | 0 | 32 |
| 8 | 1 | 6 | 9 | 2 | 8 | 7 | 13 | 0 | 50 |
| 9 | 1 | 3 | 7 | 2 | 7 | 8 | 9 | 0 | 41 |
| 10 | 1 | 6 | 10 | 2 | 11 | 7 | 11 | 0 | 50 |
| Promedio | 1 | 4 | 9 | 3 | 10 | 6 | 9 | 1 | 44 |
| Totalli: total de interacciones individuales | | | | | | | | | |

La interacción individual que realizan los jugadores con mayor frecuencia es destruir enemigos (li5), seguida por acercarse al abanderado enemigo (li7) y acercarse a la bandera sin capturar (li3). La interacción ii7 tiene una estrecha relación con la li5, ya que para poder destruir enemigos es necesario aproximarse a ellos. Las interacciones con menor repetición son li1 consultar tabla de puntuaciones y ii8 dañar abanderado, para que li1 pueda ser ejecutada el usuario debe presionar una tecla que activa la tabla en pantalla, sin embargo, el ejecutarla provoca que el usuario se distraiga del desarrollo de la actividad, razón por la que los usuarios evitan realizarla. La interacción li8 conlleva que el usuario reaccione y active los recursos necesarios (por ejemplo: activar mira del arma, reaccionar ante la presencia de un enemigo, en otros) para poder realizarla, sin embargo, la reacción del jugador en ocasiones es lenta. Realizando un análisis de los resultados de las Interacciones Sociales presentados en la tabla 4 se puede destacar la interacción social que se ejecuta en más ocasiones es la Is1 Buscar

bandera, es algo natural, ya que es el inicio del ciclo para poder realizar la actividad colaborativa. En promedio se realiza en siete ocasiones y aproximadamente solo un 60% de estas es efectiva al capturar la bandera. La interacción social con un promedio menor de ejecuciones es la Is3 recuperar bandera. El equipo con mayor promedio de interacción social no es el que tiene un mayor promedio de interacciones individuales, es decir, el número de Is no depende del número de interacciones individuales realizadas.

Tabla 4 Promedio de interacciones sociales (Is) por equipo.

| Equipo | Is1 | Is2 | Is3 | Totalls |
|---|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | 5 | 5 | 4 | 14 |
| 2 | 7 | 7 | 3 | 17 |
| 3 | 6 | 6 | 5 | 16 |
| 4 | 13 | 2 | 0 | 15 |
| 5 | 11 | 1 | 1 | 18 |
| 6 | 3 | 3 | 10 | 10 |
| 7 | 6 | 5 | 1 | 9 |
| 8 | 8 | 5 | 2 | 15 |
| 9 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| 10 | 7 | 9 | 0 | 16 |
| Promedio | 7 | 4 | 3 | 14 |
| Totalls: Total de Interacciones sociales | | | | |

4. Discusión

Con AISAC se hace posible la obtención e interpretación de las interacciones sociales e individuales de la actividad colaborativa de un videojuego integrando tecnología multi-agente, éste se adapta a la dinámica de la actividad y recupera la frecuencia de ejecución de las interacciones realizadas por los participantes para su posterior análisis. Se planea que esta información ayude en la creación de mecanismos novedosos que ayuden a los usuarios en sus actividades grupales, como, por ejemplo, adaptación al contexto de uso, medición de rendimiento de desempeño, adaptación de interfaces, entre otros.

El reconocimiento y análisis de las interacciones tanto individuales como sociales, nos permite identificar cómo podrían mejorarse dentro del videojuego colaborativo. Se han identificado situaciones, como la ejecución de la interacción li1 consultar la tabla de puntos y la li8 dañar abanderado en donde el usuario requiere involucrar

ciertas funcionalidades del videojuego para poder ejecutarlas. Estas funcionalidades, al ejecutarlas, conlleva a distraer al usuario en relación a la ejecución de la actividad colaborativa, lo cual puede retrasar sus objetivos. Ante esto, se ve necesaria la implementación de mecanismos que se adapten al comportamiento que tienen los usuarios en el desarrollo de la actividad colaborativa, así como también modificar la manera en la que la información es presentada a los usuarios, que apoyen particularmente en este caso de estudio, donde la dinámica de trabajo es muy rápida. El uso de la tecnología Multi-agente, por sus características, permitió soportar a la dinámica del desarrollo de la actividad colaborativa para identificar y recolectar la información deseada.

Por otro lado, la implementación de mecanismos que se adapten al comportamiento de los usuarios y la presentación de la información, son elementos que pueden beneficiar a Sistemas Colaborativos en otros contextos aplicativos, ante esto se ve la oportunidad de integrar técnicas de Inteligencia Artificial, como Sistemas Multi-agentes, minería de Datos, entre otros, que nos permitan:

- Recolectar la información.
- Realizar un análisis de datos para la obtención de patrones y comportamiento de usuarios.
- Crear interfaces inteligentes que permitan automatizar y hacer recomendaciones a los usuarios en busca de mejorar el desarrollo de una actividad colaborativa.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Boissier, O., Hübner, J. F., & Ricci, A. (2016). The JaCaMo Framework. In *Social coordination frameworks for social technical systems* (pp. 125-151). Springer International Publishing.
- [2] Hernandez, Luis, et al., (2016). "JGOMAS 2.0: A Capture-the-Flag Game Using Jason Agents and Human Interaction." *International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*. Springer International Publishing.

- [3] Eddine, Meftah Mohammed Charaf, and Kazar Okba, (2016). "An agent based approach for modeling a groupware." *Multiagent and Grid Systems* 12.3: 199-215.
- [4] Bordini, R. H., Hübner, J. F., & Wooldridge, M. (2007). *Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason* (Vol. 8). John Wiley & Sons.
- [5] Hannoun, M., Boissier, O., Sichman, J., & Sayettat, C. (2000). MOISE: An organizational model for multi-agent systems. *Advances in Artificial Intelligence*, 156-165.
- [6] Jacques, Ferber. "Les Systèmes Multi-agents (1995.) Vers une intelligence collective." InterEditions, Paris 322.
- [7] Montane, L. G., Benitez, E. I., Mezura, M. D. C., & Martinez, E. (2015). Studying Social Interactions in Groupware Systems. *IEEE Latin America Transactions*, 13(10), 3488-3497.
- [8] Montané Jiménez, L. G. (2016). *Presencia social en sistemas Groupware*. (Tesis Doctoral), Universidad Veracruzana, Xalapa, México.
- [9] Martínez, E., Mezura, M. D. C. & Benitez, E. I. (2015). Aspectos sociales en herramientas colaborativas con tecnología Multi-agente. XXVIII Congreso Nacional y XIV Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI.
- [10] Padilla-Zea, Natalia, et al (2017) "PLAGER-VG: platform for managing educational multiplayer video games." *Multimedia Tools and Applications*: 1-38.
- [11] Ramos, J. X., & Hernández, J. (2015). *Evaluación de Interacciones sociales en videojuegos colaborativos*. (tesis de Licenciatura). Universidad Veracruzana, Xalapa, México.
- [12] Ricci, A., Viroli, M., & Omicini, A. (2006). CArtAgO: A framework for prototyping artifact-based environments in MAS. *E4MAS*, 6, 67-86.
- [13] Sarrió, Guillem Aguado (2016). *Aplicación de técnicas de aprendizaje automático sobre juegos*. Tesis Doctoral.

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE CONTROL DIFUSO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS EN MICRO-REDES DE CD

Juan José Martínez Nolasco

Tecnológico Nacional de México en Celaya

juan.martinez@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Padilla Medina

Tecnológico Nacional de México en Celaya

alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx

Elías José Juan Rodríguez Segura

Tecnológico Nacional de México en Celaya

elias.rodriguez@itcelaya.edu.mx

Resumen

El uso de sistemas de inteligencia artificial como redes neuronales artificiales, lógica difusa y algoritmos evolutivos han demostrado con el paso del tiempo una mejora significativa contra los sistemas clásicos al utilizarse como sistemas de predicción, aproximación de modelos, regresión, optimización y control de sistemas complejos en diversos ámbitos. Esto debido a características como la no linealidad y la no necesidad de modelos matemáticos complejos. En esta investigación se presenta una propuesta de aplicación de lógica difusa en algoritmos de control para sistemas de generación eléctrica fotovoltaica utilizados en una micro-red de CD (μ R-CD). La μ R-CD maneja una potencia máxima de 1 kW con un bus de CD de 190 V, esta μ R-CD cuenta con dos Paneles Fotovoltaicos (PFs) de 0.6 kW cada uno, un convertidor CD-CA para interconectar la μ R-CD con la Red Eléctrica Principal (REP) de 1 kW, y un banco de baterías de 115 Ah a 120 V. Los algoritmos de control difuso propuestos cuentan con dos modos de operación, el primero es el modo de control de voltaje, el cual se

encarga de mantener estable el voltaje de salida de los sistemas fotovoltaicos; mientras que el segundo se encarga de extraer la potencia máxima de los mismos. La implementación de los controladores difusos se realizó utilizando el software LabVIEW, realizando pruebas experimentales con la tarjeta de desarrollo NI-myRIO. Por último, se presentan pruebas experimentales donde se demuestra que los algoritmos de control difuso propuestos presentan mejorías al compararlos con los algoritmos clásicos.

Palabra(s) Clave: LabVIEW, Micro-Redes de CD, Sistemas de control difuso, Sistemas fotovoltaicos.

Abstract

The use of artificial intelligence such as neuronal networks, fuzzy logic and evolving algorithms have demonstrated through the years a significant improvement in comparison with the classic systems when are used as prediction systems, model approximation, regression, optimization and complex system control in different topics, mainly due to features such as non-linearity and the lack need for complex mathematic models. This research presents an application proposal for a fuzzy control in algorithms for photovoltaic electric generation applied to a DC microgrid (μ G-DC) capable of managing a 1 kW and a DC bus of 190 V. This μ G-DC has two 0.6 kW photovoltaic panels each, a DC-AC for interconnect the μ G-DC and the electric main grid. Also, it has a 115 Ah, 120 V battery bank. The proposed fuzzy control algorithms have two operation modes. The first one is the voltage control mode, which is in charge of keeping the output voltage level stable prevenient from the panels. The second one extracts the maximum possible power from the panels. The fuzzy control implementation was made using the software LabVIEW, making experimental tests with the NI myRIO. Finally, experimental results are shown, where is demonstrated an improvement of the functioning of the proposed fuzzy control algorithms in comparison witch classic algorithms.

Keywords: Diffuse control systems, LabVIEW, Micro-Networks CD, Photovoltaic systems.

1. Introducción

Las μ R-CDs se están convirtiendo en uno de los principales temas de investigación hoy en día, esto debido a que podrían resolver el problema de escasez de energía que enfrentamos en la actualidad [Yu et al., 2014]. Usualmente, una μ R-CD se compone de: Fuentes generadoras de energía que alimentan la μ R-CD, Convertidores Electrónicos de Potencia (CEPs), así como de fuentes de almacenamiento como banco de baterías y bancos de supercapacitores, además de las cargas conectadas al bus. Todos los componentes antes mencionados requieren de un sistema de administración y control cuya función es monitorear la μ R-CD, tomar decisiones con base en los datos obtenidos y conmutar entre las distintas formas de operación con el objeto de proporcionar estabilidad al bus de CD que usualmente presenta variaciones de voltaje del $\pm 5\%$ del voltaje de operación establecido [Bae and Kwasinski, 2012], [Jin et al., 2014], [Shadmand & Balog, 2014], [Dizqah et al., 2015] y [Morstyn et al., 2016]. Al aplicar teorías de control en μ R-CDs se tienen modelos matemáticos no-lineales, desconocidos o complejos, lo cual ha generado la búsqueda de aplicaciones de técnicas de control inteligente que facilitan el control y la administración de las μ R-CDs. Los sistemas difusos son muy útiles para trabajar con procesos no lineales, multi-variables, y con modelos matemáticos difíciles de definir. Además, esta teoría de control es bastante sencilla en comparación con las teorías de control moderno que utilizan la representación en el espacio de estados [Kakigano et al., 2013]. Por tales motivos, la finalidad de este trabajo es presentar el diseño de dos algoritmos de control difuso que operan sobre un convertidor CD-CD elevador utilizado para interconectar los PFs con el bus de CD de una μ R-CD.

2. Metodología

Descripción General de la Micro-Red

La μ R-CD fue diseñada para manejar una potencia máxima de 1 kW, con un bus de CD de 190 V. En figura 1 se presenta el diagrama a bloques de la μ R-CD propuesta, en la cual se representa el flujo de la energía entre los diferentes elementos que conforman el sistema.

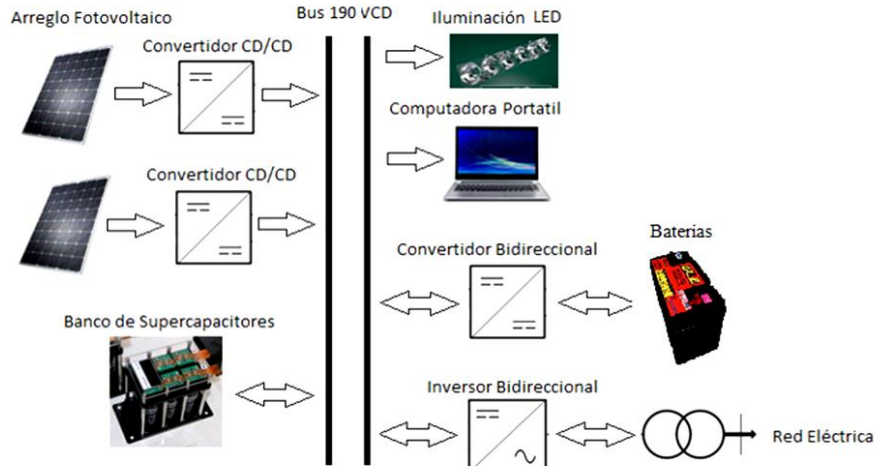


Figura 1 Estructura de una Micro-red de CD.

La fuente principal de energía de la μ R-CD son los PFs, los cuales alimentan cada uno a un convertidor CD-CD elevador con una capacidad de 0.6 kW. Para emular el comportamiento de los PFs se emplearon dos Simuladores de Paneles Fotovoltaicos (SPFs) de la marca Agilent modelo E4360A. El segundo elemento que forma parte de la μ R-CD es el convertidor CD-CA bidireccional, el cual permite interconectar la μ R-CD con la REP, encargándose de transferir a la REP la energía generada por los SPFs que no es utilizada por las cargas locales o por el sistema de almacenamiento de energía.

Convertidor CD-CD Elevador

Cada SPF alimenta a un convertidor CD-CD en topología elevadora. En la figura 2 se presenta el diagrama esquemático de este CEP, el cual fue diseñado para establecer una ganancia de 1.5. Esta ganancia permite asegurar un voltaje de salida del convertidor de 190 V cuando el SPF se encuentra en el punto de potencia máxima.

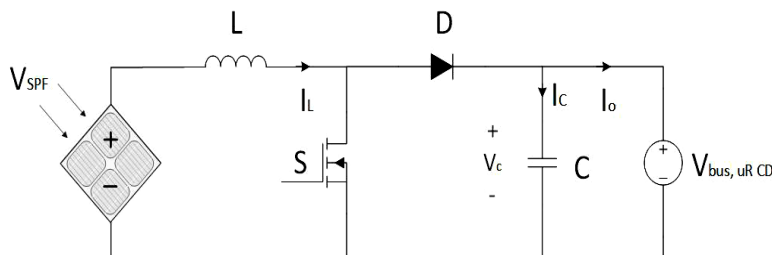


Figura 2 Diagrama esquemático del convertidor CD-CD elevador.

Controladores Lógicos Difusos

La lógica de los conjuntos difusos se introdujo por primera vez por Zadeh, quien introdujo el concepto de la teoría de sistemas y luego se extendió como una técnica de inferencia para el diseño de sistemas expertos difusos. Estos sistemas se han aplicado con éxito en numerosas ocasiones con fines comerciales y de investigación. Su popularidad se debe a la capacidad de modelar la incertidumbre y al uso de mecanismos de inferencia eficientes. Los Sistemas de Control Difusos (SCD) ofrecen un enfoque sistemático para generar algoritmos de control automático utilizando variables lingüísticas considerando el conocimiento de los expertos. Estos controladores presentan ventajas cuando se trabajan con información imprecisa cuyo modelo matemático resultaría demasiado complejo. En la figura 3 se presenta la estructura general de un SCD.

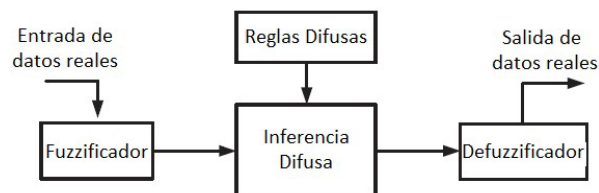


Figura 3 Estructura básica de un SCD.

En la estructura general de un SCD se consideran cuatro componentes generales:

- El fuzzificador, realiza un procedimiento matemático en el que convierte los valores de entrada en un valor en cada función de membresía a las cuales pertenece.
- Conjunto de reglas, las cuales definen el comportamiento del controlador mediante el uso de un conjunto de sentencias SI-ENTONCES.
- La máquina de inferencia, la cual mapea conjuntos difusos de entrada en conjuntos difusos de salida mediante la aplicación de las reglas.
- El defuzzificador, que asigna valores difusos de salida en valores reales.

Las reglas que describen la operación del SCD son expresadas como variables lingüísticas representadas por conjuntos difusos. La salida del SCD se obtiene mediante la aplicación de un sistema de inferencia, el cual define:

- El tipo de funciones de membresía.
- Las conexiones utilizadas para vincular las reglas.
- La función de implicación elegida y 4) el operador de agregación de regla.

Sistemas de Control Locales

La μ R-CD cuenta con dos convertidores CD-CD elevadores conectados con los dos SPFs. Cada uno de estos convertidores tiene un sistema de control local encargado de mantener estable el bus de CD. A continuación, se describen los controladores utilizados en cada convertidor.

Controlador de Voltaje para los Convertidores CD-CD Elevadores

Los convertidores CD-CD elevadores conectados con los SPFs pueden operar en modo Control de Voltaje (CV), en este modo de operación el control se realiza con un controlador PD+I difuso encargado de mantener el voltaje de salida del convertidor CD-CD (voltaje del bus de CD) en un nivel de 190 V. En la figura 4 se ilustra el diagrama del convertidor con el controlador difuso, este controlador monitorea el nivel de voltaje de salida del convertidor y en base a los cambios realiza acciones correctivas para eliminar los efectos generados por las perturbaciones del sistema.

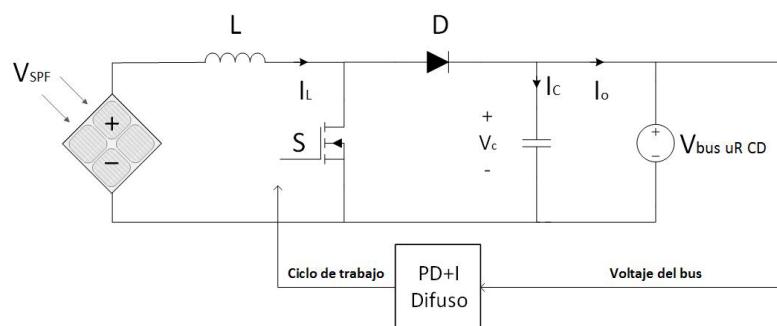


Figura 4 Control en modo voltaje para el convertidor CD-CD elevador.

El controlador difuso PD+I cuenta con dos entradas, la primera entrada (Error) se obtiene al calcular la diferencia entre el valor deseado (SP) del nivel de voltaje de salida del convertidor y el voltaje medido a la salida del mismo (VP), mientras que

la segunda entrada (DSalida) se obtiene de las variaciones que sufre el voltaje de salida del convertidor. La señal de salida del controlador difuso (Duty) proporciona los cambios necesarios en el ciclo de trabajo (D) del interruptor de potencia del convertidor.

Los conjuntos difusos para las variables de entrada y la salida del controlador difuso son Very Negative (VN), Negative (N), Zero (Z), Positive (P) y Very Positive (VP). Las funciones de membresía triangular y trapezoidal son las funciones más populares debido a la fácil representación y a que requieren menor gasto computacional proporcionando resultados satisfactorios. Para el controlador difuso propuesto, las variables de entrada y salida cuentan con dos funciones de membresía trapezoidales y tres funciones de membresía triangulares, como puede apreciarse en la figura 5.

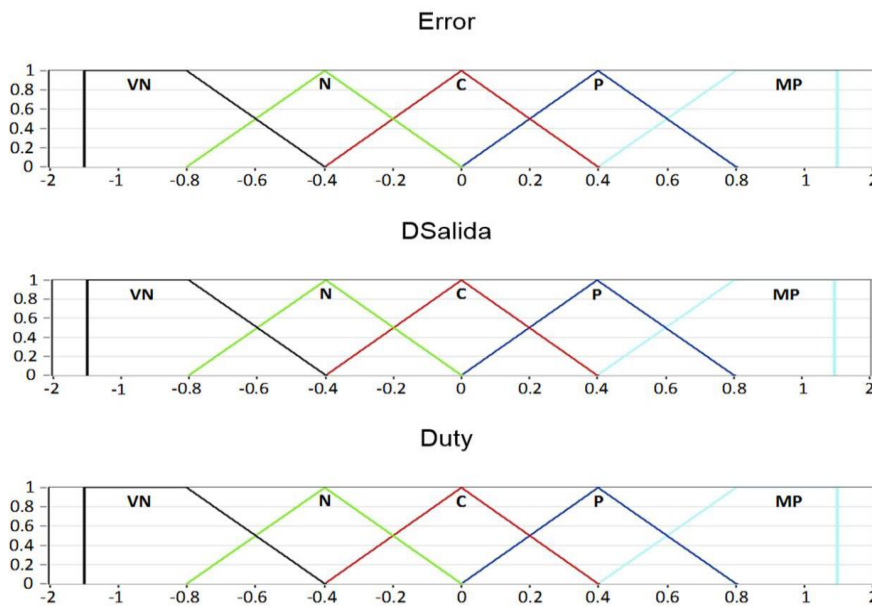


Figura 5 Funciones de membresía para variables de entrada y salida.

El conjunto de reglas difusas se diseñó considerando el principio de funcionamiento de un controlador PD+I difuso, el cual elimina el error que existe entre la variable medida y el valor deseado por el punto de referencia (Set-Point), considerando las variaciones en la variable medida. Por ejemplo, si la entrada "Error" es Very Negative AND la entrada "DSalida" es Very Positive THEN la salida

"Duty" es Negative. En la tabla 1 se ilustran las 21 reglas consideradas para el diseño del controlador difuso. En el proceso de defuzzificación se utiliza el sistema de inferencia difuso tipo Mamdani, en el cual se emplea el método del centroide para obtener la variación del ciclo de trabajo (Duty) en forma de un valor numérico a partir de una salida difusa.

Tabla 1 Reglas difusas tipo AND.

| | | Error | | | | |
|---------|----|-------|----|----|----|----|
| | | VN | N | Z | P | VP |
| DSalida | VN | VN | N | VP | VP | VP |
| | N | VN | N | P | P | |
| | Z | N | N | Z | P | |
| | P | N | VN | N | P | |
| | VP | N | VN | VN | P | |

La gráfica que relaciona las variables de entrada con la variable de salida se muestra en la figura 6.

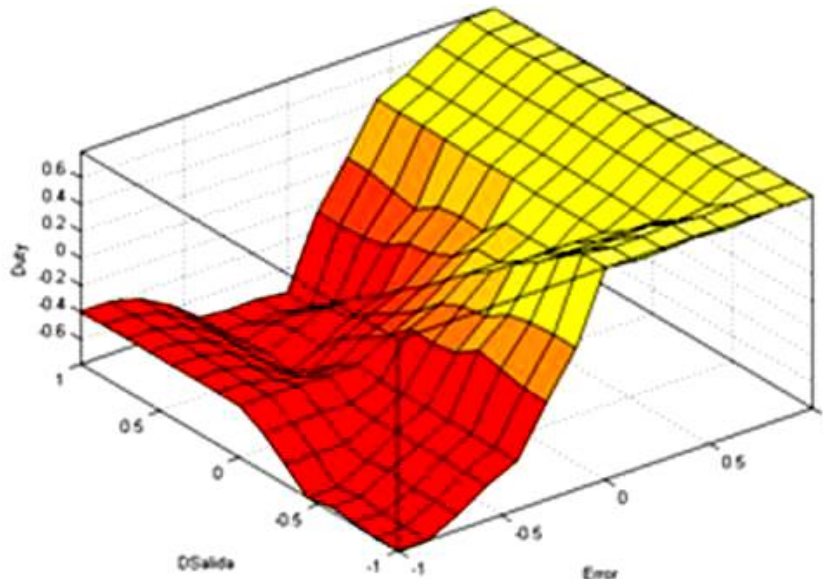


Figura 6 Relación de las variables de entrada y salida del SCD.

Controlador Difuso para el Seguimiento del Punto de Potencia Máxima (SPPM)

El segundo modo de operación de los dos convertidores CD-CD elevadores conectados a los SPF se encarga de extraer la potencia máxima de los SPF utilizando un controlador difuso que basa su funcionamiento en el algoritmo clásico para el SPPM Perturbar y Observar (P&O) que se ilustra en la figura 7.

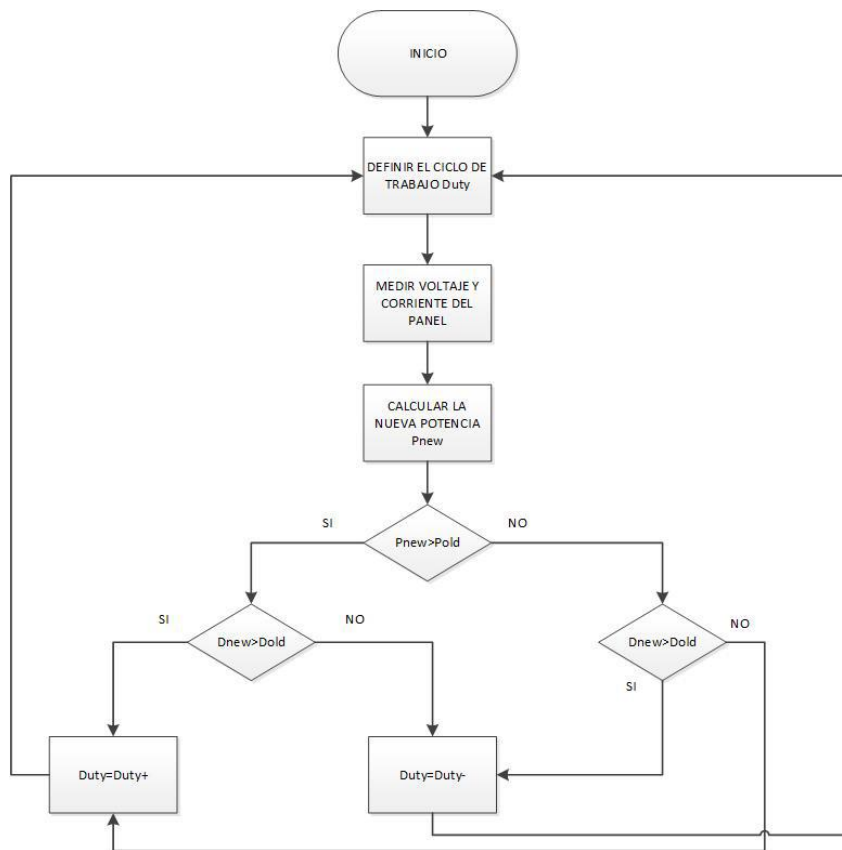


Figura 7 Algoritmo del control Perturbar y Observar.

El principio de funcionamiento de este algoritmo implica perturbar la salida del SPF, esta perturbación genera cambios en la potencia de salida del SPF, estos cambios son juzgados con el principio de generar un aumento en la potencia del SPF. Si la perturbación genera un aumento en la potencia del sistema, la perturbación se sigue generando en esa dirección; de lo contrario, si la perturbación genera una disminución en la potencia, la perturbación se realizará en sentido opuesto.

En la figura 8 se presenta el diagrama del convertidor con el controlador SPPM. Este controlador modifica el ciclo de trabajo del interruptor de potencia y monitorea los cambios en la potencia de los SPF.

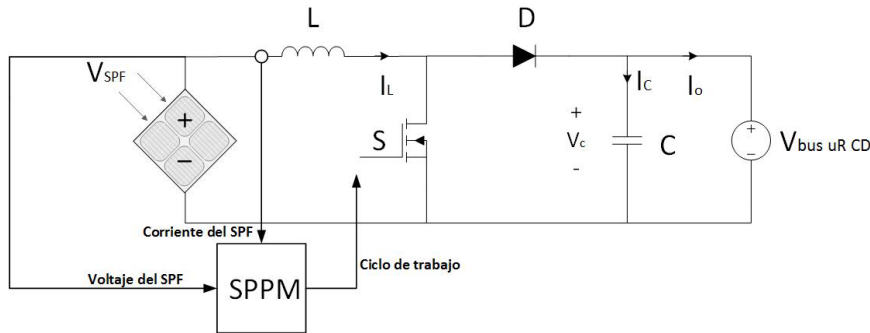


Figura 8 Diagrama del sistema de control SPPM.

El controlador difuso para el SPPM cuenta con las mismas entradas que el algoritmo P&O, en estas entradas se monitorean las variaciones en la potencia del SPF (V_{pot}) y las variaciones en el ciclo de trabajo (V_{duty}). Cada una de estas variables de entrada cuenta con tres funciones de membresía triangulares y dos funciones de membresía trapezoidales que operan en un rango de -1 a 1. La variable de salida define el cambio en el ciclo de trabajo para perturbar el sistema (I_{dut}), esta variable cuenta con las mismas funciones de membresía que las variables de entrada y opera en el mismo rango. El rango de operación de las entradas y salidas del sistema difuso se definieron entre -1 y 1 con la intención de realizar ajustes en los rangos de las señales de entrada y salida, consiguiendo con esto manejar diferentes niveles de potencia.

En la figura 9 se presenta el diagrama del controlador difuso con las ganancias empleadas para manejar una potencia de 500 W en cada SPF.

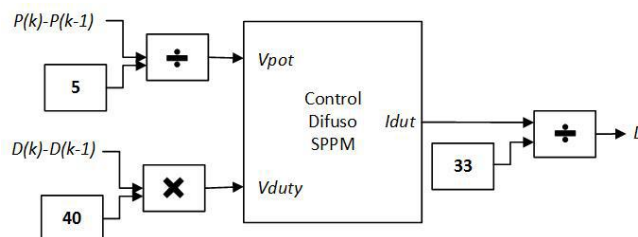


Figura 9 Acondicionamiento para una potencia de 500 W en cada SPF.

En la figura 10 se muestran las variables de entrada y salida, así como las funciones de membresía que las componen. En la tabla 2 se presentan las reglas empleadas para el diseño del controlador difuso. La grafica que relaciona las entradas con la salida y describe el comportamiento del sistema difuso se muestra en la figura 11.

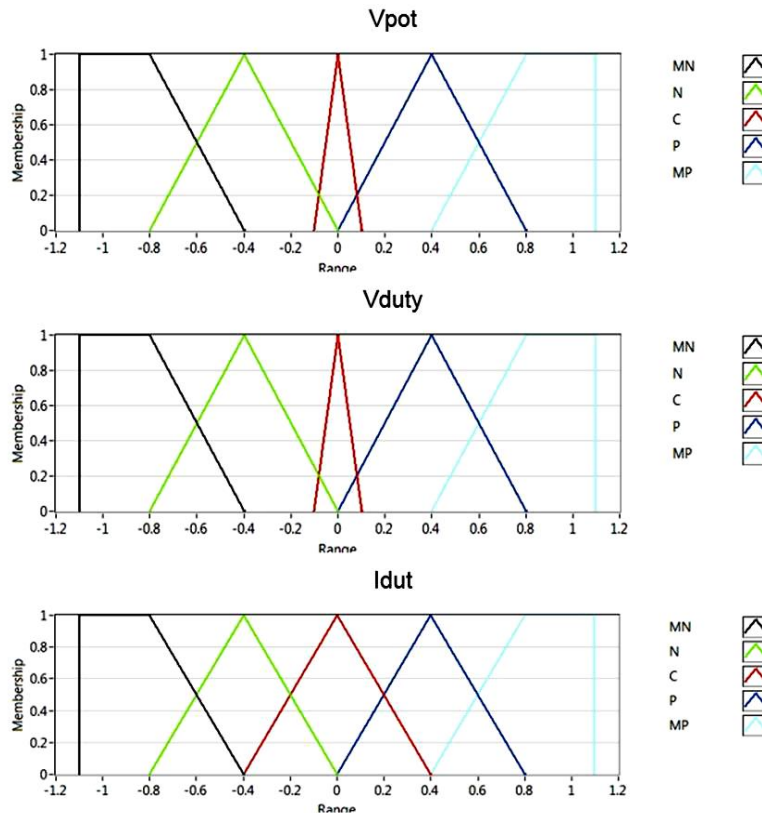


Figura 10 Variables de entrada, salida y funciones de membresía.

Tabla 2 Reglas difusas tipo AND.

| | | <u>Vpot</u> | | | | | |
|--------------|----|-------------|----|---|----|----|--|
| | | MN | N | C | P | MP | |
| <u>Vduty</u> | MN | MP | MP | | N | MN | |
| | N | MP | MP | | MN | MN | |
| | C | P | | P | P | | |
| | P | MN | MN | | MP | MP | |
| | MP | MN | MN | | P | MP | |

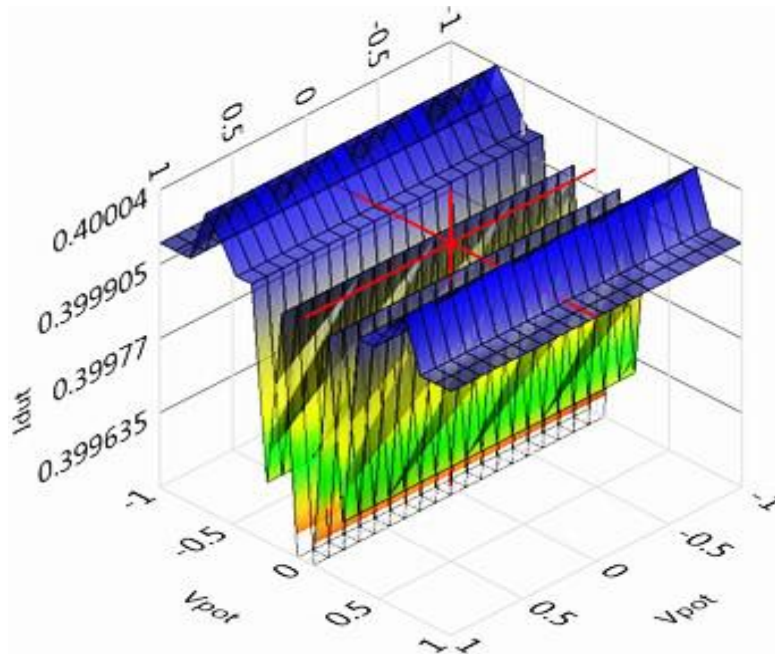


Figura 11 Representación del comportamiento del sistema difuso.

3. Resultados

Comparación de Algoritmos de Control para el SPPM

Dentro de la literatura se ha demostrado que los SCDs presentan ventajas sobre los sistemas de control clásico. A continuación, se comprueba esta teoría al comparar un algoritmo de control para el SPPM clásico P&O contra un algoritmo de control difuso basado en la misma lógica aplicados en sistemas fotovoltaicos. Los resultados del algoritmo de control clásico se muestran en la figura 12, el controlador tarda 17 segundos en alcanzar la potencia máxima del PF, cuando se encuentra en estado estable oscila entre el 97.6% y el 100% de la potencia máxima. Si se desea agilizar la respuesta transitoria del controlador se tendría que aumentar el porcentaje de perturbación, lo que generaría oscilaciones mayores en estado estable. De lo contrario, si se desean disminuir las oscilaciones en estado estable se tendría que disminuir el porcentaje de perturbación, disminuyendo la velocidad en la respuesta transitoria.

En la figura 13 se presenta el comportamiento de la potencia en el PF utilizando el SCD. El tiempo de la respuesta transitoria de este controlador es de 8 segundos, mientras que las oscilaciones en estado estable se mantienen entre el 97.5% y el

100%. Si se quiere disminuir el valor de esta oscilación se perdería la idea de perturbar el sistema para el SPPM.

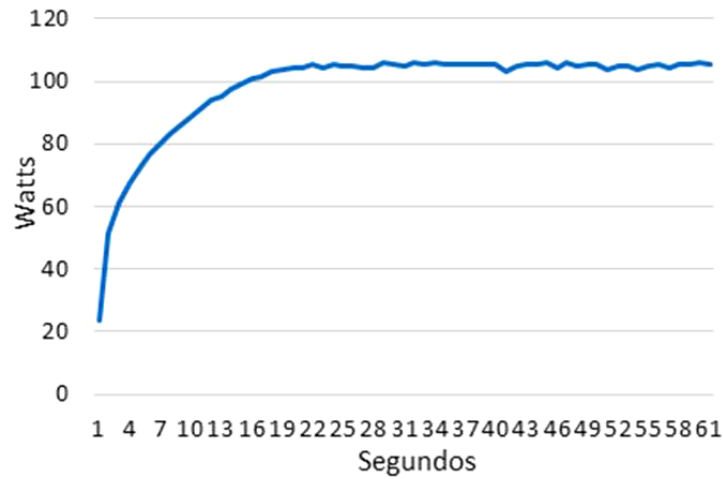


Figura 12 Comportamiento del algoritmo de control P&O.

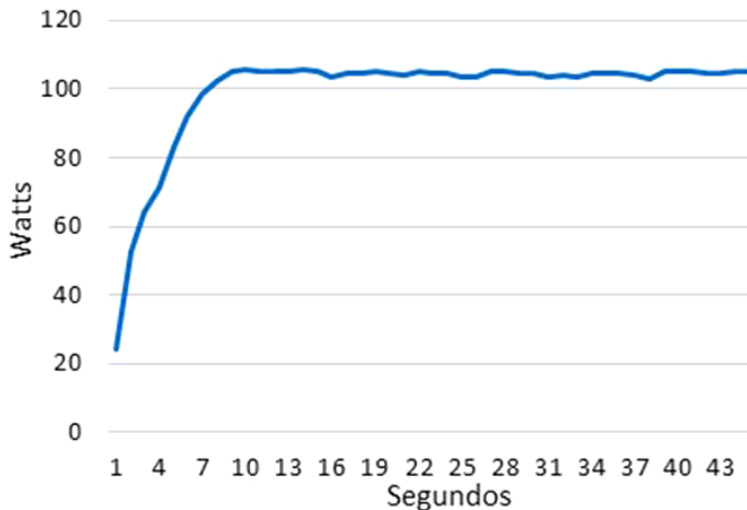


Figura 13 Comportamiento del controlador difuso para el SPPM.

Comparación de Algoritmos de Control de Voltaje

Antes de realizar las pruebas de operación en modo control de voltaje se enciende el SPF, al arranque, el convertidor CD-CD elevador tiene conectada una carga resistiva de 116 W. En la figura 14 se presenta el comportamiento del bus de CD al arranque, el tiempo de la respuesta transitoria es de 6.4 segundos y

alcanza un nivel de voltaje de 128 V generado solo por el encendido del SPF. Después del arranque del SPF se enciende el control clásico PI en modo CV. En la figura 15 se presenta el comportamiento del bus de CD, el nivel deseado del bus es de 190 V y le toma un tiempo de 20 segundos alcanzarlo.

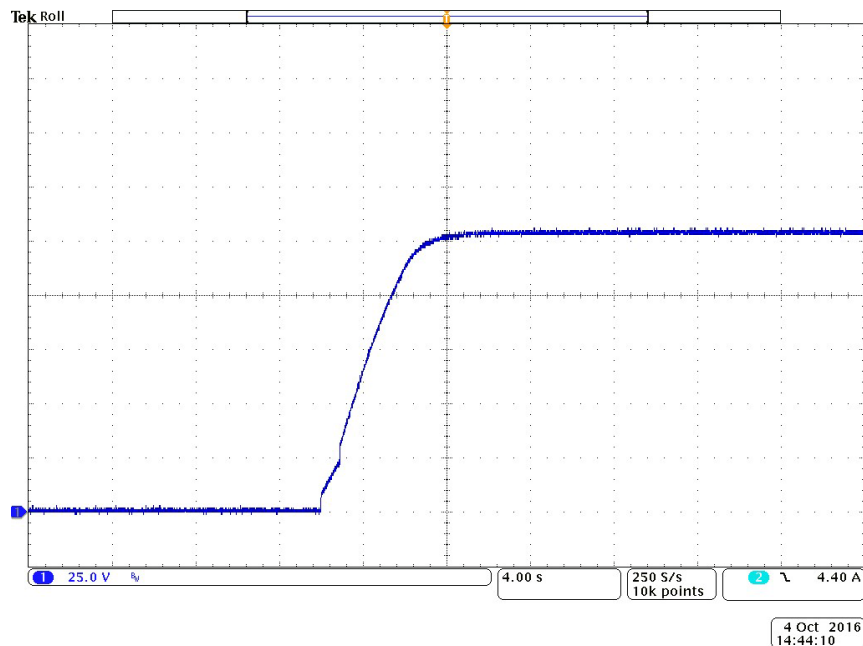


Figura 14 Encendido del SPF.

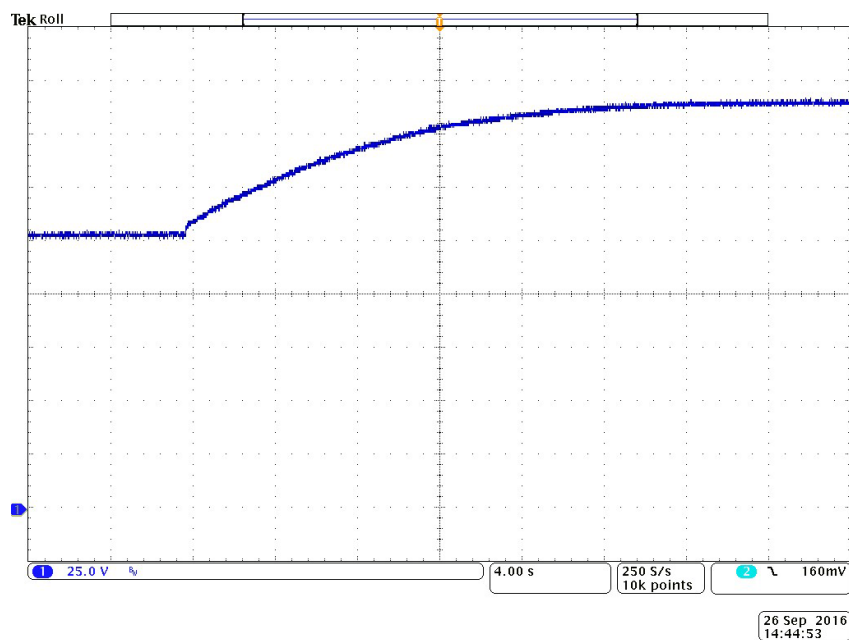


Figura 15 Arranque con acción de control PI.

En la figura 16 se presenta el comportamiento del bus de CD utilizando el controlador difuso, la respuesta transitoria con este sistema de control es de 10 segundos.

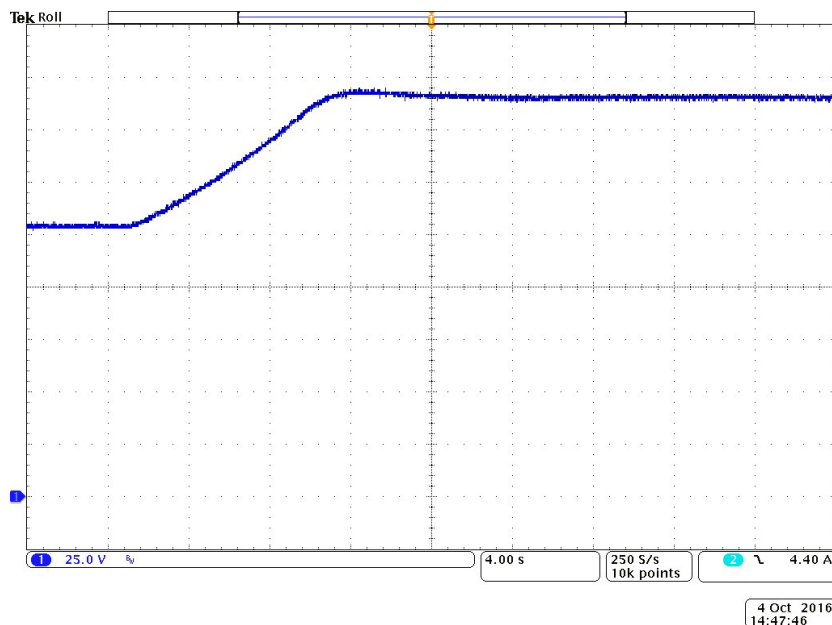


Figura 16 Arranque con controlador difuso.

4. Discusión

En el presente trabajo se describe el comportamiento de los algoritmos de control aplicados en sistemas fotovoltaicos utilizados como fuente generadora de energía renovable en una micro-red de CD. La μ R-CD donde se emplean los sistemas fotovoltaicos se diseñó para manejar una potencia máxima de 1kW con un bus de CD de 190 V, la cual puede operar aislada o interconectada con la REP. Para la administración y control de la energía en la micro-red se implementó un SAC sobre la plataforma NI myRIO-1900 utilizado para el diseño del SAC el software de programación virtual LabVIEW.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Bae, S., & Kwasinski, A. (2012). Dynamic modeling and operation strategy for a microgrid with wind and photovoltaic resources. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, 3(4), 1867-1876.

- [2] Dizqah, A. M., Maheri, A., Busawon, K., & Kamjoo, A. (2015). A multivariable optimal energy management strategy for standalone DC microgrids. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 30(5), 2278-2287.
- [3] Jin, C., Wang, P., Xiao, J., Tang, Y., & Choo, F. H. (2014). Implementation of hierarchical control in DC microgrids. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 61(8), 4032-4042.
- [4] Kakigano, H., Miura, Y., & Ise, T. (2013). Distribution voltage control for dc microgrids using fuzzy control and gain-scheduling technique. *IEEE transactions on power electronics*, 28(5), 2246-2258.
- [5] Morstyn, T., Hredzak, B., Demetriades, G. D., & Agelidis, V. G. (2016). Unified distributed control for dc microgrid operating modes. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 31(1), 802-812.
- [6] Shadmand, M. B., & Balog, R. S. (2014). Multi-objective optimization and design of photovoltaic-wind hybrid system for community smart DC microgrid. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, 5(5), 2635-2643.
- [7] Yu, X., She, X., Zhou, X., & Huang, A. Q. (2014). Power management for DC microgrid enabled by solid-state transformer. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(2), 954-965.

SISTEMA EXPERTO COMO APOYO PARA LA DETECCIÓN DE CIBERBULLYING

Magally Martínez Reyes

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

liabelso@hotmail.com

Anabelem Soberanes Martín

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

asoberanesm2016@gmail.com

Noemí Danae Reyes Razo

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

mmreyes@hotmail.com

Cristina Juárez Landín

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

cjlandin@gmail.com

Resumen

La aparición de relaciones en línea ha ido acompañada de conductas marcadas por el abuso y la violencia; es el caso del ciberbullying que consiste en ser cruel con otra persona mediante el envío o publicación de material dañino; se ha convertido en una actividad común entre los adolescentes, provocando deserción escolar, bajo rendimiento académico, trastornos físicos y psicológicos en las víctimas. El uso de tecnología en psicología posibilita la obtención de pre-diagnósticos de forma ágil y sencilla, el Sistema Experto (SE) para detección de ciberbullying brinda herramientas para identificar cuál es el rol que desempeña un usuario dentro del acoso, conocer las consecuencias de esta actividad, la forma de proteger su información e instancias a las que pueden dirigirse. El SE consta

de un test de identificación inicial, tres test especializados, cuatro lecciones con sus evaluaciones, retroalimentación y monitoreo constante del desempeño del usuario. Para el desarrollo del software se utilizó el modelo en espiral, partiendo de un prototipo hasta generar versiones cada vez más complejas. Está constituido por los módulos: Estudiante, Tutor y Dominio, que mantienen una comunicación constante por medio de una interface amigable al usuario. Se almacenan las preferencias de estilo de aprendizaje del alumno para brindar una alternativa de tutoría personalizada.

Palabra(s) Clave: Adolescente, Red informática, Sistema experto, Test diagnóstico, Violencia.

Abstract

The emergence of online relationships has been accompanied by behaviors marked by abuse and violence; is the case of cyberbullying that consists of being cruel to another person by sending or publishing harmful material; has become a common activity among adolescents, causing school dropout, poor academic performance, physical and psychological distress in the victims. The use of technology in psychology makes it possible to obtain pre-diagnoses in an agile and simple way, the Expert System (SE) for detection of cyberbullying provides tools to identify the role played by a user within the harassment, to know the consequences of this activity, how to protect their information and instances to which they can address. The SE consists of an initial identification test, three specialized test, four lessons with their assessments, feedback and constant monitoring of user performance. For the development of the software, the spiral model was used, starting from a prototype to generating increasingly complex versions. It consists of the modules: Student, Tutor and Domain, which maintain a constant communication through a friendly user interface. The student's learning style preferences are stored to provide a personalized tutoring alternative.

Keywords: Computer network, Diagnostic test, Expert system, Teenager, Violence.

1. Introducción

El presente trabajo pertenece al área de Tecnología Educativa, corresponde a la rama de Sistemas de Aprendizaje Asistidos por Computadora que hacen uso de técnicas de Inteligencia Artificial. Actualmente, se hace uso de los avances de software para desarrollar utilidades en diversas áreas del conocimiento, en particular las relacionadas con la práctica de la Psicología, para facilitar y agilizar la obtención de diagnósticos en poco tiempo, así como el análisis de datos estadísticos derivadas de seguimiento a pacientes.

Durante el periodo estudiantil, algunos alumnos sufren de acoso escolar, el problema adquiere una nueva dimensión de manera paralela al gran desarrollo de las TIC, en particular Internet y la telefonía móvil; las agresiones son realizadas en redes sociales, blogs, mensajes de todo tipo y a través de teléfonos móviles. Que los alumnos peleen y suban los enfrentamientos a Facebook se ha convertido ya en una costumbre, a causa de este hostigamiento, algunos llegan a abandonar la escuela [Fernández, 2015].

Un estudio realizado en Canadá asegura que la intimidación durante la adolescencia está vinculada a problemas de salud que siguen en la edad adulta, los investigadores llegaron a la conclusión de que el acoso físico y emocional está vinculado con dificultades en el futuro, tales como dolor de cabeza, mareos, dolor de espalda, insomnio, dolor abdominal y mala imagen corporal [Hager, 2016].

A su vez, Vivas [2000] indica los calificadores cognitivos de la conducta agresiva en la adolescencia, los resultados reflejaron que los adolescentes agresivos presentan déficits cognitivos en el procesamiento de la información social, tanto en situaciones hipotéticas, como en situaciones reales vividas.

Debido a los resultados obtenidos en investigaciones recientes de García y López [2014] en relación con los diferentes riesgos a los que se ven sometidos los adolescentes en Internet, se requiere de una vigilancia constante, además de dotar de instrumentos que permitan a los mismos protegerse en la red.

Actualmente existen programas que ofrecen apoyo psicológico por medio de terapias por computadora. Dr. Abuse es un programa basado en inteligencia artificial, utiliza técnicas de análisis del léxico, de palabras clave y análisis

sintáctico. Su base de conocimientos consta de frases de respuesta y datos sobre el usuario [Aguar y Farray, 2002]. Otro Sistema Experto Difuso para determinar perfiles criminológicos basados en variables socio-criminológicas, diagnostica según ciertas respuestas, las inclinaciones de un individuo para cometer tres tipos de delitos relacionados con la familia, el individuo o la propiedad [Cardona, 2007]. Una de las reacciones ante el acoso excesivo por Internet es la tendencia suicida, por lo que el instrumento IRSA (Instrumento de Riesgo Suicida Adolescente), fue desarrollado por parte de profesionales en el área de la Psiquiatría Infanto-Juvenil, con el objetivo de identificar y registrar factores de riesgo suicida en la población adolescente [Páramo, 2011].

Un estudio del Gabinete de Comunicación Estratégica (GCE), donde entrevistaron mediante 600 llamadas a hogares en distintas regiones del territorio nacional, preguntando si sabían de las amenazas que representan las redes sociales para su seguridad, a lo que 87.8% afirmaron saber de ellas. Los entrevistadores mencionaron a la gente algunos de los principales peligros que existen al utilizar las redes sociales y preguntaron ¿qué tan común cree que pueda ser víctima? El sentimiento de temor prevalece en 76% de los mexicanos, quienes consideran que la seguridad en las redes sociales es nula o débil, de acuerdo con el GCE. En cuanto a la información que los usuarios comparten en las redes sociales, el 45.2% considera nada seguro confiar datos, mientras que para el 31% la seguridad es poca. Dicha entrevista fue realizada a personas adultas entre 18 y 55 años; sin embargo, es cierto que los adolescentes ocupan el segundo lugar en ser usuarios de redes sociales, aunque se cree que dicho grupo sabe cuidar su información personal, ciertamente su falta de madurez los compromete como una víctima potencial [GCE, 2017].

Los esfuerzos por parte de padres y personal docente por limitar el tiempo que los adolescentes invierten en la red y el contenido que consultan son muchos; sin embargo, ellos presentan una adicción a las redes sociales, más aún si son víctimas de ciberbullying, porque tienen miedo de lo que puedan estar publicando los demás en cualquier momento con respecto a ellos.

Existen instituciones como “Mucho ojo”, de Fundación Televisa, que muestra información sobre ciberbullying, sexting y grooming; sin embargo, este portal es visitado cuando el problema ya se ha hecho presente [Civismo Digital, 2017]; lo mismo ocurre con otras páginas cuyo contenido es muy interesante porque presentan videos, historias de vida, información general, etc., pero con la misma tendencia de canalización más que de prevención; por ejemplo: CORA (Centro de Orientación para Adolescentes) se enfoca a orientación psicológica, comunicación padres e hijos y rendimiento escolar; MEXFAM (Fundación Mexicana para la Planificación Familiar), está encargada de consejería sobre estilos de vida sana e información sobre salud en general y salud sexual; Planificatel (Consejo Nacional de la Población), proporciona información y orientación sobre planificación familiar y autocuidado, incluye situaciones de acoso; SAPTEL (Sistema Nacional de Apoyo, Consejo Psicológico y de Intervención de Crisis por teléfono), trata conflictos sobre relaciones familiares para adolescentes; Pantallas Amigas es una iniciativa española que tiene como misión la promoción del uso seguro y saludable de las nuevas tecnologías y el fomento de la ciudadanía digital responsable en la infancia y la adolescencia; entre otras.

La ventaja de un Sistema Experto (SE) es que permite acceso de forma grupal desde las aulas como una medida preventiva, con la opción de seguimiento individual o grupal, los test dentro del sistema permitirán identificar el rol que juega el usuario en el acoso y las lecciones pretenden brindar herramientas al usuario, así como persuadir hacia una actitud empática, para crear conciencia en ellos sin juzgarlos.

La tecnología ofrece la posibilidad de proporcionar una solución al mal uso que se ha dado a las relaciones online por medio del desarrollo del SE, es una aplicación capaz de solucionar problemas imitando el razonamiento de un experto en un dominio concreto y limitado, resuelve problemas utilizando los conocimientos y reglas analíticas definidas por los expertos [Montiel y Riveros, 2014].

El SE representa un gran apoyo para el personal docente y para los psicólogos de diversas instituciones, como las secundarias pertenecientes al Estado de México, debido a que de forma masiva podrán obtener un pre-diagnóstico de los alumnos,

y dependerá de los adultos a cargo tomar las líneas de acción necesarias para proteger a los alumnos, ya sea por medio de pláticas con los padres de familia o bien canalizándolos a alguna institución gubernamental en donde puedan recibir la ayuda pertinente.

2. Metodología

El Sistema Experto se realizó utilizando el modelo para desarrollo de software en espiral el cual consiste en desarrollar una serie de versiones incrementales cada vez más complejas [Reyes, 2016]. Se divide en actividades estructuradas llamadas tareas: Comunicación con el cliente, Planificación de actividades, Análisis de riesgos, Ingeniería o codificación y Fase de pruebas e implementación.

Comunicación con el Cliente

En esta fase se establecen las tareas requeridas para una comunicación constante entre el desarrollador del sistema y el cliente. Esta tarea determina cuáles son las necesidades del cliente desde su punto de vista, es nuestro primer acercamiento a sus requerimientos, es recomendable conocer las herramientas con las que actualmente cuenta el cliente para inferir necesidades futuras que podrían ser solicitadas. Por medio del análisis de requerimientos se determinó que la necesidad del cliente radica en obtener las herramientas de seguridad necesarias para navegar en la red y la detección de factores de riesgo en adolescentes ante el tema del ciberbullying.

Planificación

Una vez identificadas las necesidades, se procede a la investigación documental, para poder elegir el contenido que les será mostrado a los usuarios y la forma en la que será presentado. Se realizó un análisis de factibilidad técnica para determinar las tareas requeridas y el tiempo que les será dedicado; así como el papel que desempeña cada módulo del SE, la retroalimentación entre módulos y la comunicación con el usuario. La estructura del SE requiere de información del usuario, su identificador, contraseña, escuela de procedencia, grado, grupo, edad,

género y una clave de grupo para poder registrarse en el sistema, una vez registrado podrá acceder y se le solicitará la elección de un color para almacenar su estado anímico y personalizar los marcos de contenido en las lecciones (figura 1).



Figura 1 Elección del estado anímico para personalizar el sistema.

Posteriormente, se visualizará una pantalla con la opción de elegir sus actividades favoritas para determinar su estilo de aprendizaje que será almacenado en una base de datos, al igual que los datos anteriores y el resultado de cada uno de los test y evaluaciones realizadas. Por tal motivo se tiene la necesidad de generar una base de datos para el almacenamiento de información referente a: registro del usuario, los resultados del diagnóstico de conocimientos, el estado anímico, el estilo de aprendizaje, las lecciones, el monitoreo del seguimiento del usuario y el banco de errores que permite la retroalimentación del sistema.

Análisis de riesgos

El análisis de riesgos del SE contempló los aspectos de factibilidad económica y operacional. Con el objetivo de minimizar la probabilidad de que el SE no sea aceptado por los usuarios y que la infraestructura de las instituciones académicas no sea un obstáculo para utilizarlo. Por ello se tomó la determinación de alojarlo

en la red, para que pueda ser accedido desde cualquier plataforma (<http://www.ab-xi.com.mx/>), sin importar las características de las computadoras con las que cuenta un laboratorio de cómputo de cualquier institución educativa. En aspectos de diseño y contenido, se elaboró con características agradables al usuario en la interface y se agregó un avatar con apariencia de adolescente, sin especificar el género; con vestimenta casual (playera y jeans) y tono de piel medio, que es el encargado de acompañar al usuario mientras realiza su examen diagnóstico, proporciona instrucciones y sugerencias, y muestra los mensajes de retroalimentación de manera amigable (figura 2).

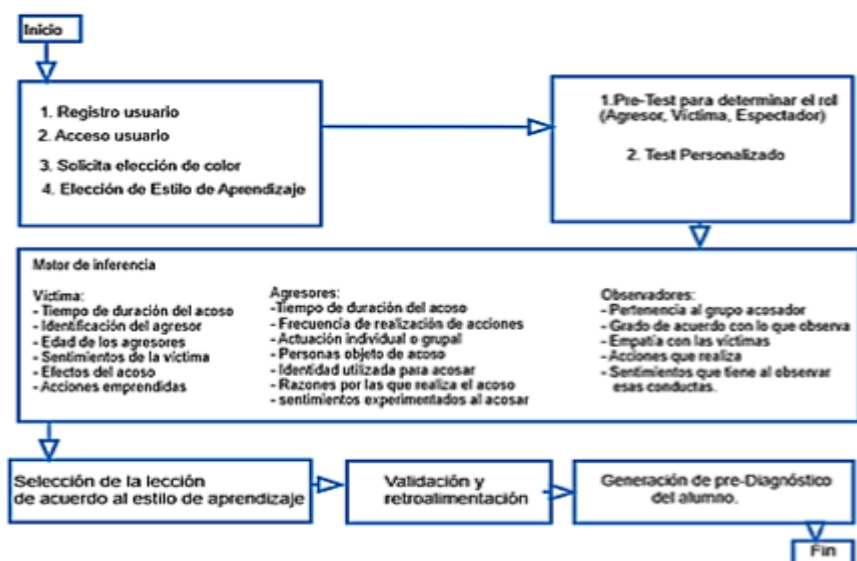


Figura 2 Funcionalidad del sistema.

Ingeniería o codificación

El desarrollo del software contempla las tareas requeridas para construir la aplicación; se realiza la codificación de los módulos que integran el SE: Tutor, Experto y Usuario, se parte de la estructura tradicional y se le incorporan los elementos del estilo de aprendizaje y del estado anímico; así como la base de conocimientos especializada y sus reglas de inferencia mediante redes bayesianas (figura 3); y se integra la funcionalidad a las interfaces. Los lenguajes utilizados para la elaboración del SE son PHP, CSS y Javascript en conjunto con el manejador de base de datos MySQL.

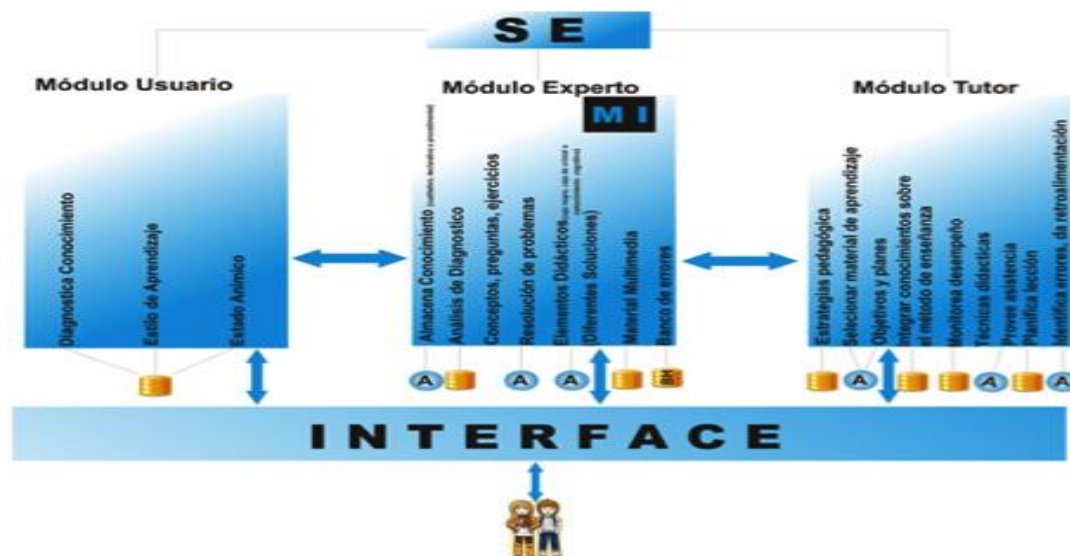


Figura 3 Módulos del Sistema Experto.

La pantalla de bienvenida describe al SE y la página de acceso o registro. Al darse de alta el usuario elige una contraseña que es utilizada como su llave primaria; y su género para definir el avatar de apariencia femenina o masculina, que lo acompaña. Posteriormente, es direccionado a la página de inicio de sesión donde se muestra una imagen de botes de pintura de diferentes colores para elegir su color preferido, la elección es almacenada en la base de datos para determinar su estado anímico. Aquí se requiere determinar el estilo de aprendizaje predominante en el usuario que se realiza de forma visual con imágenes en movimiento de adolescentes bailando, cantando o leyendo libros.

Posteriormente, se le presenta un test con la finalidad de determinar el rol que juega como participante activo en la red (espectador, víctima o agresor). Una vez realizado el test su diagnóstico es almacenado en la base de datos y se vincula al estilo de aprendizaje del usuario para determinar el tipo de lección que le será mostrada, la información contenida en los tres estilos es la misma únicamente es presentada en forma diferente; por ejemplo, si el usuario es kinestésico, la información aparecerá dentro de una slider con imágenes. En caso contrario se presentará como un documento de texto o bien en formato de audio.

Después de que el usuario toma la lección 1 "bullying o acoso escolar", se le presenta una evaluación, de opción múltiple, que será analizada para otorgar al

usuario la retroalimentación necesaria, dependiendo del error cometido en sus respuestas. Luego decide entre volver a revisar la lección en otro formato o continuar a la siguiente lección, hasta concluir (figura 4).

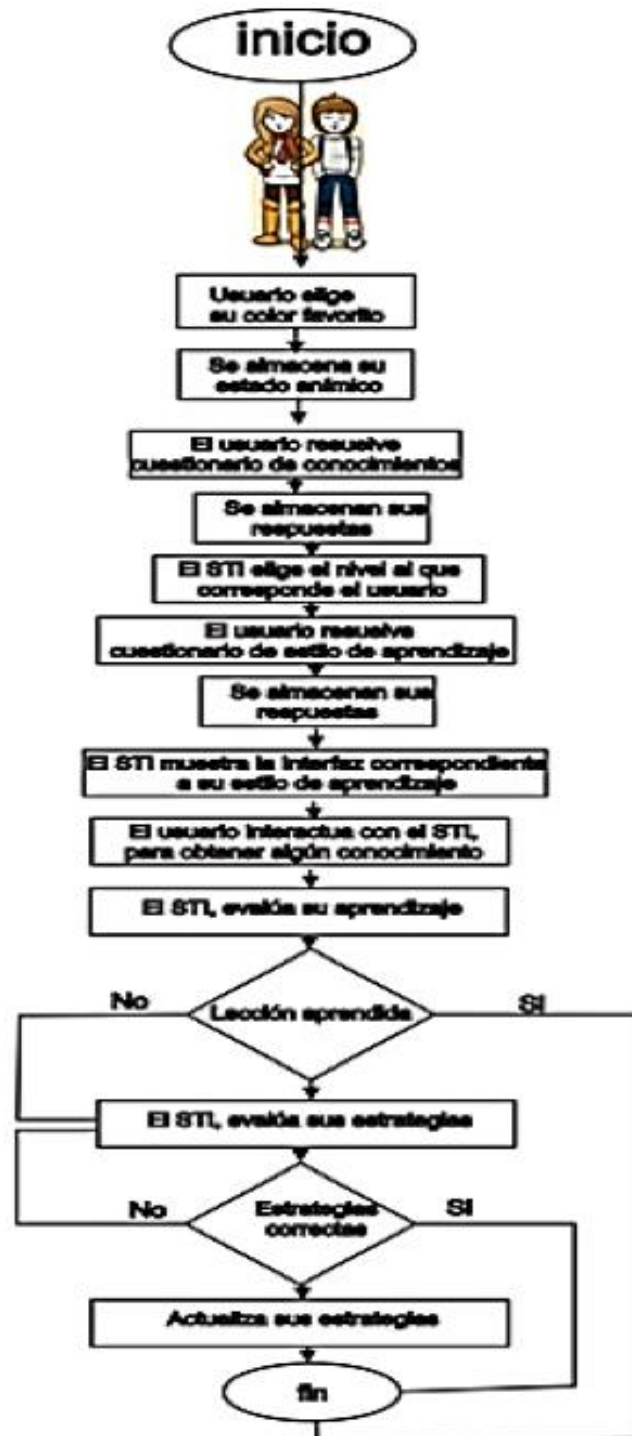


Figura 4 Diagrama de flujo del Sistema Experto.

A sugerencia de los expertos, se muestra al usuario un mensaje donde le indica cuál es el rol que juega y el resultado del cuestionario CCB para ciberbullying [Garaigordobil & Fernández, 2011, que mide la intensidad del problema para cada rol (tabla 1). Finalmente, se genera un reporte para ser consultado por el psicólogo u orientador, el profesor o el padre de familia para que tomen las decisiones pertinentes (tabla 2).

Tabla 1 Determinación del rol del usuario.

| PUNTAJE OBTENIDO | VICTIMA | AGRESOR | ESPECTADOR |
|------------------|--|--|---|
| 0-4 | Insuficiente para ser considerado víctima. | Insuficiente para ser considerado agresor. | Insuficiente para ser considerado observador. |
| 4-8 | El alumno se encuentra en riesgo considerable. | El alumno representa constantemente el rol de agresor. | El alumno ha en constantes eventos de ciberbullying |
| 8-12 | El alumno ocupa el rol de víctima. | El alumno es agresor. | El alumno puede ser identificado como observador. |

Tabla 2 Pre-diagnóstico.

| NL | ID_USUARIO | PRE-DIAGNÓSTICO | FECHA |
|----|------------|--|------------------------|
| 1 | SAMY | El alumno se encuentra ubicado en el rol de agresor, es importante indagar orígenes de esta agresión, es posible que también este siendo agredido, es necesario canalizar el caso ante las instituciones pertinentes. | 2017-02-28 22:32:07 |
| 19 | PANDA | Sin riesgo aparente. | 2017-03-02 14:36:15 |
| 19 | PANDA | El alumno ha presenciado situaciones de ciberbullying, es recomendable ampliar la información sobre las razones por las cuales ha sido participe de dichos eventos, analizar si es el único rol en el que se ha encontrado o si ha pasado a otro en algún momento. | 2017-03-02 14:38:19 |
| 7 | ZAUI | Sin riesgo aparente | 2017-03-07 12:48:05 |
| 1 | DONAL | El alumno ha presenciado situaciones de ciberbullying, es recomendable ampliar la información sobre las razones por las cuales ha sido participe de dichos eventos, analizar si es el único rol en el que se ha encontrado o si ha pasado a otro en algún momento. | 2017-03-15 08:24:31 |
| 1 | ANDY | Sin riesgo aparente | 2017-03-27 12:31:08 |
| 1 | BAUSY | Sin riesgo aparente | 2017-03-27 21:26:13 |
| 1 | MARTHA | Sin riesgo aparente | 2017-03-27 21:37:12 |

Los sentimientos que se repiten en su grupo son:
 Rencor
 Culpabilidad
 Indiferencia

El SE ofrece al docente material adicional relacionado con cada una de las lecciones que puede analizar con su grupo de alumnos, o de manera individual, con la finalidad de provocar en ellos una actitud de empatía con los personajes, los vídeos han sido elegidos de acuerdo con la edad de los usuarios, buscando un contenido y una temática apropiadas, muchos de ellos son dibujos animados, la duración es corta para permitir que sea reproducido más de un vídeo por sesión

(figura 5). También se implementó una página en la que tanto el docente como los alumnos tienen la oportunidad de solicitar ayuda a alguna de las diversas instituciones que pueden contribuir como una guía adecuada para quien lo necesita (figura 6).



Figura 5 Material de apoyo.

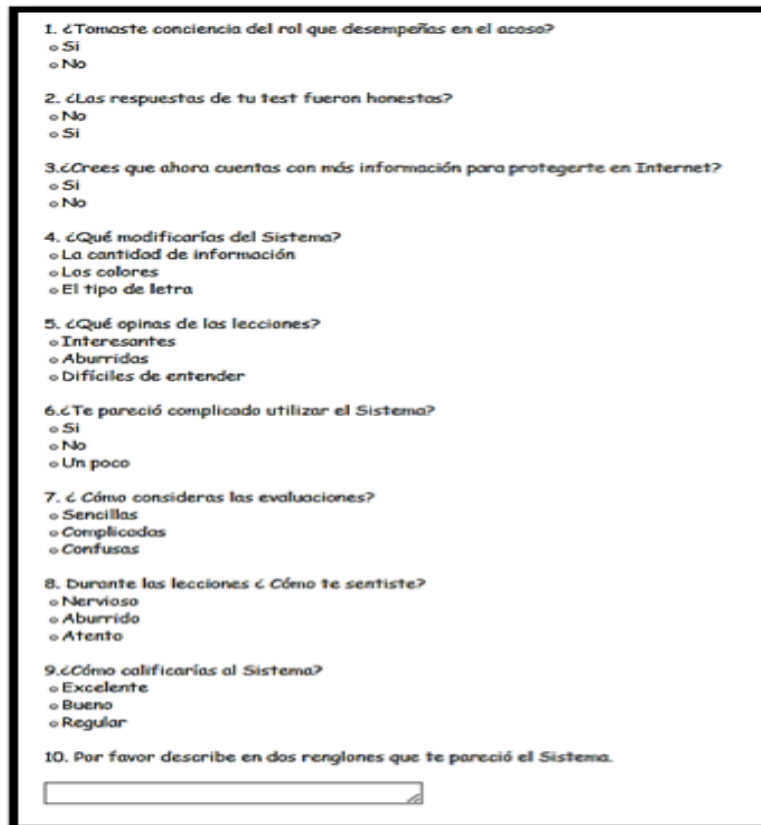


Figura 6 Instituciones de apoyo.

Fase de pruebas e implementación

El Sistema Experto debe ser validado en dos instancias: para los usuarios, en general alumnos/adolescentes de alguna institución educativa; y por los expertos. Para una muestra de 120 alumnos, pertenecientes a las licenciaturas de Enfermería, Informática Administrativa y Contabilidad de la Universidad Autónoma del Estado de México, se aplicó el SE y al finalizar las lecciones contestaron una encuesta de satisfacción que consta de diez elementos (figura 7). Se realizó el

análisis de los datos para determinar si el SE es de utilidad para adquirir información con respecto a los riesgos a los que se ven expuestos los adolescentes en la red, y la facilidad con la que el docente responsable de grupo obtiene un pre-diagnóstico del rol que presenta el alumno con respecto al acoso por Internet.



1. ¿Tomaste conciencia del rol que desempeñas en el acoso?
o Si
o No

2. ¿Las respuestas de tu test fueron honestas?
o No
o Si

3. ¿Crees que ahora cuentas con más información para protegerte en Internet?
o Si
o No

4. ¿Qué modificarías del Sistema?
o La cantidad de información
o Los colores
o El tipo de letra

5. ¿Qué opinas de las lecciones?
o Interesantes
o Aburridas
o Difíciles de entender

6. ¿Te pareció complicado utilizar el Sistema?
o Si
o No
o Un poco

7. ¿Cómo consideras las evaluaciones?
o Sencillas
o Complicadas
o Confusas

8. Durante las lecciones ¿Cómo te sentiste?
o Nervioso
o Aburrido
o Atento

9. ¿Cómo calificarías al Sistema?
o Excelente
o Bueno
o Regular

10. Por favor describe en dos renglones que te pareció el Sistema.

Figura 7 Encuesta a usuarios.

Según los resultados obtenidos, aún a nivel superior, las situaciones de acoso se hacen presentes. El grupo de Contaduría consta de treinta y cinco alumnos, de los cuales uno presentó factores de riesgo como víctima de segundo grado, uno más presentó riesgo como víctima de tercer grado, dos alumnos cubren el rol de espectador en primer grado. El grupo de Enfermería consta de cuarenta integrantes, de los cuales siete presentaron el rol de víctima en segundo grado. De cuarenta y seis alumnos de Informática Administrativa, tres presentaron factores de riesgo como víctima en segundo grado, dos de ellos como agresor en primer

grado y uno como espectador en segundo grado. Estos resultados muestran que es posible ubicar a cada usuario según el rol que potencialmente juegan en el caso del ciberbullying, simulando el pre-diagnóstico de un psicólogo experto, además de que logran acceder a información confiable sobre este tipo de acoso por Internet. Mientras que para el profesor a cargo se generó un reporte grupal y los individuales, dejando en sus manos la decisión sobre la canalización en cada caso.

En cuanto al uso del sistema, la valoración por los usuarios indica que para el 91% les resultó interesante; es decir, cumple con los estándares del análisis de requerimientos de la primera fase de la metodología y se mantiene una buena comunicación con el usuario. En cuanto a una valoración general, el 65% lo considera como un buen sistema de apoyo para el tema de abuso por Internet (figura 8).



Figura 8 Calificación otorgada por los usuarios del Sistema Experto.

En el segundo caso, para la evaluación por expertos, se determinaron dos evaluaciones la de validez del contenido y la de confiabilidad de los reactivos, para analizar que las respuestas corresponden a lo que los expertos esperan en caso de un pre-diagnóstico.

La validez del contenido fue analizada por medio del Índice de Validez de Contenido (IVC) por expertos, se les mostraron las preguntas que integran el test, con el objetivo de que calificarán por grado de importancia cada una de ellas como innecesario, útil y esencial (figura 9). Para el cálculo del IVC: N es el número de

expertos que validaron el instrumento y no es el número de expertos que han valorado el ítem como esencial (tabla 3).

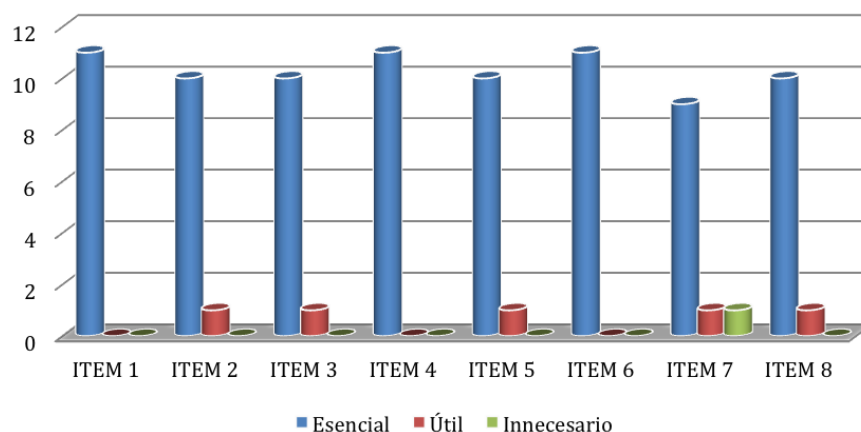


Figura 9 Gráfica de Evaluación por Expertos.

Tabla 3 Resultados del cálculo del IVC.

| ITEMS | N | ne | IVC |
|-------|----|----|-------|
| 1 | 11 | 11 | 1 |
| 2 | 11 | 10 | 0.818 |
| 3 | 11 | 10 | 0.818 |
| 4 | 11 | 11 | 1 |
| 5 | 11 | 10 | 0.818 |
| 6 | 11 | 11 | 1 |
| 7 | 11 | 9 | 0.636 |
| 8 | 11 | 10 | 0.818 |

$$IVC = ((ne - N/2) / (N/2))$$

El IVC oscila entre +1 y -1, siendo las puntuaciones positivas las que indican una mejor validez de contenido, un IVC =0 indica que la mitad de los expertos han evaluado el ítem como esencial. Los ítems con bajo IVC serían eliminados. En este caso el IVC menor es de 0.636, le continúa el de 0.818 y los demás en 1; lo que indica un alto grado de concordancia en lo que los expertos esperan en caso de un pre-diagnóstico.

La otra prueba corresponde a los resultados obtenidos del test aplicado a quince adolescentes para verificar que se obtuviera el tipo de respuestas que se esperaban o bien relacionadas con ello (figura 10), han sido validados por medio del Coeficiente de Alfa de Cronbach.

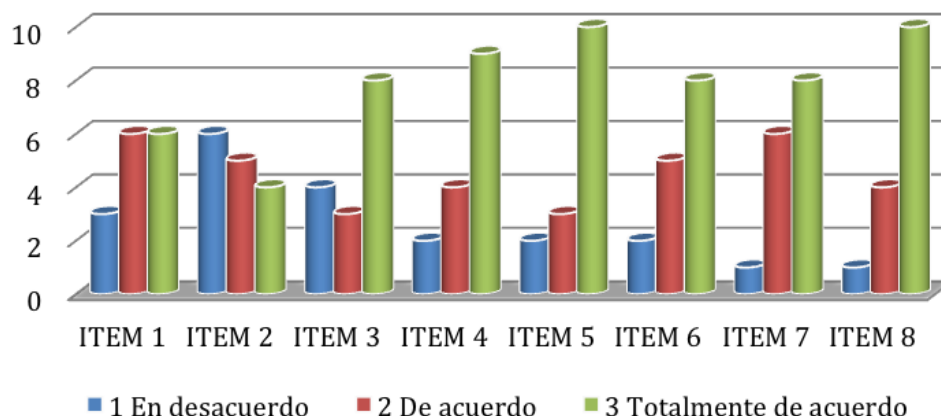


Figura 10 Gráfica de frecuencia para determinar el Coeficiente de Alfa de Cronbach.

La validación del instrumento de recolección de datos (test) por medio del Coeficiente de Alfa de Cronbach arroja un $\alpha=0.82$, lo que indica un grado de confiabilidad alto, por lo que las preguntas y respuestas del test corresponden a lo esperado.

3. Resultados

El uso del Sistema Experto para detección de ciberbullying en adolescentes de instituciones educativas permite a los alumnos reconocer el rol que desempeñan, identificar los riesgos a los que se ven expuestos dentro de las redes sociales, la forma de proteger su información, el daño que se produce en las víctimas y las consecuencias legales que pueden presentarse. De los 120 adolescentes, once presentaron factores de riesgo como víctima de primer grado, doce de segundo, y solo dos de tercer grado; dos usuarios cubren el rol de espectador en primer grado; dos como agresor en primer grado y uno como espectador en segundo grado. Estos resultados muestran que es posible ubicar a cada usuario según el rol que juegan en el caso del ciberbullying, simulando el pre-diagnóstico de un psicólogo experto. La valoración por los usuarios indica que para el 91% les resultó interesante el SE y como valoración general el 65% lo considera un buen sistema.

El SE representa una herramienta útil para profesores, psicólogos, trabajadores sociales y padres de familia preocupados por la situación creciente del

ciberbullying, quienes podrán consultar el pre-diagnóstico de forma individual y grupal, les proporciona material adicional de consulta y un directorio de instituciones gubernamentales y asociaciones civiles que brindan apoyo.

4. Discusión

Son muchos los casos que la literatura reporta sobre deserción escolar, depresión y ansiedad que ha provocado la agresión por medio de las nuevas tecnologías, por ello es importante fomentar una actitud empática en los alumnos para que tengan en cuenta la magnitud de sus actos y proporcionarles información confiable que fomente el uso seguro de Internet y el fomento de esa ciudadanía digital responsable. La implementación del SE muestra resultados satisfactorios en cuanto al nivel de aceptación, una predisposición favorable para su uso y una expectativa en cuanto a los resultados que el usuario espera del SE.

En otro sentido, el SE representa una herramienta que pueden utilizar los adultos responsables de los adolescentes y los profesionales a cargo de su orientación, quienes deben lidiar con las situaciones reiteradas y en aumento de abuso en diferentes esferas sociales. En este trabajo se enfatiza el caso del ciberbullying; sin embargo, la lista de situaciones de acoso es más amplia y se requiere incorporar aquellas que puedan ser diagnosticadas por el SE en forma similar con el apoyo de la información proporcionada por los expertos. Los docentes y especialistas podrán consultar el pre-diagnóstico de los adolescentes con la certeza que el informe corresponde a lo que el psicólogo experto generaría, permitiéndole intervenir en una etapa temprana en el problema, para atención o canalización. En este aspecto, el SE usa redes bayesianas que son capaces de representar tanto la fenomenología cualitativa como cuantitativa de la realidad causal; para un tema como el ciberbullying donde se caracterizan comportamientos, la metodología cualitativa alimenta las premisas y las reglas que fundamentan las inferencias, de ahí la aplicación de cuestionarios abiertos en la fase de análisis de requerimientos tanto a adolescentes como a expertos.

Con respecto a la dimensión cuantitativa, el Teorema de Bayes se encarga de derivar del concepto de probabilidad condicional la intersección de sucesos, los

que corresponden a los tres comportamientos base que caracterizan al acoso: agresor, espectador o víctima. Un trabajo a futuro es modificar este algoritmo para incorporar algún otro de inteligencia artificial que permita ampliar la gama de opciones, ya que la conducta humana es de naturaleza multifacética.

El SE está conformado por cuatro lecciones (acoso escolar, ciberbullying, sexting, grooming), el tema es mostrado al alumno de acuerdo al KAV (kinestésico, auditivo, visual), al finalizar se realiza una pequeña evaluación que consta únicamente de tres reactivos, si el alumno contesta de forma incorrecta le será mostrada la respuesta correcta como retroalimentación para que el usuario identifique su error, si la calificación obtenida no es suficiente se le da la oportunidad al alumno de elegir la forma en la que desea obtener la lección, si desea continuar en ese momento o más tarde; enfatizando la personalización de la presentación de la información y su ritmo de aprendizaje. Al finalizar las cuatro lecciones, se solicita a los alumnos contestar una pequeña encuesta para evaluar el sistema, referente a contenidos, interface, accesibilidad y grado de complejidad. Con el objetivo de realizar los cambios convenientes para su mejora y aceptación por parte de los usuarios. El material adicional que proporciona el SE sobre instituciones gubernamentales y asociaciones civiles que brindan apoyo a los adolescentes fue seleccionado y validado también por los expertos, buscando que cumplan su función orientadora y en segunda instancia de canalización.

El SE cumple con las fases de diseño de la metodología de espiral, continúa realizando ciclos de mejora conforme más usuarios pueden interactuar con él, y busca cumplir su objetivo de constituir una herramienta de apoyo para situaciones de acoso por internet, en particular de ciberbullying.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] García, C., y López de Ayala, M. (2014). "Los riesgos de los adolescentes en Internet". *Revista Latina de Comunicación Social*, 69: 462-485. doi: 10.4185/RLCS-2014-1020.
- [2] Aguiar, M. V., y Farray, J. I. (2002). *Cultura y Educación en la Sociedad de la Información*. España: Netbiblo.

- [3] SAPTEL. (2016). Sistema Nacional de Apoyo, Consejo Psicológico y de Intervención de Crisis por teléfono, para adolescentes y relaciones familiares: <http://www.saptel.org.mx/>.
- [4] Cardona, C. (2007). Sistema Experto Difuso para Determinar Perfiles Criminológicos: <http://www.bdigital.unal.edu.co>.
- [5] Civismo Digital (2017). Mucho Ojo. Fundación Televisa. <https://goo.gl/RvGacL>.
- [6] CORA (2016). Centro de Orientación para Adolescentes: <http://www.cora.org.mx/>.
- [7] Fernández, U. (2015). Congreso Internacional de Innovación Educativa aborda el ciberbullying en México: <https://goo.gl/ABC2MD>.
- [8] GCE. (2017). Temor a las redes sociales en 76 por ciento de los mexicanos. Radio Zócalo: <https://goo.gl/G7N6nF>.
- [9] Hager, A. (2016). El acoso en la adolescencia causa problemas de salud en edad adulta: <https://goo.gl/4N66mQ>.
- [10] MEXFAM. (2016). Fundación Mexicana para la Planificación Familiar: <http://mexfam.org.mx/>.
- [11] Montiel, L. y Riveros, V. (2014). Los sistemas expertos en el ámbito educativo. *Omnia*, 20: 11-28: <https://goo.gl/mD1uWL>.
- [12] Mucho Ojo. (2016). Fundación Televisa: <https://goo.gl/LQhq9G>.
- [13] Pantallas Amigas. (2016). Iniciativa para promover la salud y el uso de las nuevas tecnologías en adolescentes: <https://goo.gl/dkhGqh>
- [14] PLANIFICATEL (2016). Consejo Nacional de la Población: <https://goo.gl/TKRqH7>.
- [15] Reyes, N., Martínez, M., y Soberanes, A. (2016). "Desarrollo de un sistema experto de identificación de situaciones de acoso en adolescentes por Internet bajo la metodología de espiral". *Revista Sociología Contemporánea*.
- [16] Vivas, F. M. (2000). Adolescencia y agresividad. Tesis de Maestría. Universidad Complutense de Madrid, España: <https://goo.gl/r9XjHB>.

SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES INALÁMBRICAS, EN LOCACIONES SIN SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES

Ismael Méndez Trejo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
ing.ismaelmendez@gmail.com

Sergio Elías Pérez Pizano

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
elias.perez.pizano@gmail.com

Rafael Ramírez Rosillo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
ing.ra.rr@gmail.com

Resumen

El acceso a Internet y servicios de Telecomunicaciones, están cada vez más al alcance de todos gracias a la telefonía móvil y a los precios competitivos de estos servicios, aunque todavía hay un considerable porcentaje de comunidades y asentamientos donde no hay acceso a servicios de Internet porque ni siquiera se cuenta con servicios de energía eléctrica. En este artículo, se presenta una alternativa de solución viable diseñada para brindar el servicio de Internet y otros servicios de Telecomunicaciones a todas aquellas comunidades que, por sus condiciones principalmente geográficas, no cuentan con dichos servicios e incluso algunas ni con energía eléctrica, debido a las condiciones del entorno, que además no les permiten contar con una viabilidad para una pronta instalación de servicios. Lo anterior se logra por medio de una Red de antenas alimentadas por celdas solares, las cuales son instaladas en puntos estratégicos, formando una Red de antenas interconectadas, que físicamente tienen las características para soportar las adversidades climáticas además de poder soportar el peso de los

transmisores-receptores y las antenas tipo plato y sectoriales, junto con las celdas y baterías solares que alimentan el sistema, asegurando de esta manera el servicio de Internet en tales lugares. Se aclara que existen otras alternativas para la solución de la problemática presentada en esta publicación, pero que se dan en otras condiciones de factibilidad para las empresas y compañías proveedoras de servicios, dichas condiciones no son las que se presentan en las localidades que han sido estudiadas en este artículo.

Palabra(s) Clave: Fotovoltaico, Inalámbricas, Internet, Red, Telecomunicaciones.

Abstract

Internet access and telecommunications services are increasingly available to everyone thanks to mobile telephony and the competitive prices of these services, although there is still a considerable percentage of communities and settlements where there is no access to Internet services because neither they even have electric power services. In this article, an alternative solution is presented viable designed to provide the Internet service and other telecommunications services to all those communities that, due to their geographic conditions, do not have such services and some or even with electric power, due to the conditions of the environment, which also do not allow them to have a viability for an early installation of services. The above is achieved through a network of antennas powered by solar cells, which are installed at strategic points, forming a network of interconnected antennas, which physically have the characteristics to withstand climatic adversities in addition to being able to support the weight of the transmitters receivers and dish antennas and sectoral, along with the cells and solar batteries that feed the system, thus ensuring the Internet service in such places. It is clarified that there are other alternatives for the solution of the problem presented in this publication, but that are given in other conditions of feasibility for companies and companies that provide services, these conditions are not those that are presented in the localities that have been studied in this article.

Keywords: *Internet, Network, Photovoltaic, Telecommunications, Wireless.*

1. Introducción

Una de las tecnologías de más auge en los últimos tiempos es la de telecomunicaciones mediante tecnología Inalámbrica, de tal modo que el Internet se encuentra cada vez más al alcance de todos. Sin embargo, la falta energía eléctrica ha sido de los factores que siguen siendo una barrera para que las Telecomunicaciones puedan llegar a lugares que no cuentan con este servicio fundamental. Aún hoy en día se pueden encontrar lugares que no cuentan con servicios de Telecomunicaciones y en algunos casos ni red de energía eléctrica, así como tampoco la infraestructura básica de acceso a las Redes telefónicas Inalámbricas. En México existen zonas geográficas donde hay viviendas sin acceso a luz eléctrica y mucho menos a servicios de Internet. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI, 2010], proporcionó datos al 2010 donde el total de las viviendas habitadas particulares en México es de 28,159, 373 de las cuales 513,482 no cuentan con energía eléctrica resultando en un 1.8% de viviendas que no cuentan con este servicio. De esta población la investigación se enfocó a solo una pequeña parte en el estado de Guanajuato, donde cabe mencionar que la aplicación de esta metodología puede adaptarse a diferentes zonas geográficas donde están distribuidas estas viviendas.

Las alternativas de solución existentes para brindar los servicios en cuestión no siempre son viables. Existen lugares donde se tiene acceso a redes de datos por medio de telefonía celular, las cuales son generalmente muy lentas, y las que son más más rápidas como las redes "3G" (tercera generación), son sumamente costosas y por tanto poco accesibles para comunidades de escasos recursos. Hoy en día existen alternativas que pueden solucionar la problemática planteada en este artículo, como es el cableado eléctrico y el cableado de telecomunicaciones, pero estos representan altos costos de instalación que no siempre justifican su tendido hasta áreas rurales o geográficamente inaccesibles. Por parte de las líneas eléctricas, cabe resaltar que estas son en gran parte apoyadas por los tres niveles de gobierno, pero en muchos de los casos para poder llegar a colonias nuevas o áreas rurales que no cuentan con el apoyo, estas tienen que ser pagadas por los habitantes de estos lugares, teniendo costos muy elevados para

estos, como se puede corroborar en el portal de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2017]. En cuanto a las alternativas de telecomunicaciones existentes se puede comentar que el llevar servicios ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) a estas áreas no es costeable para los operadores de telefonía. También sabemos que la tecnología celular, presente y futura, sólo permite la transferencia de archivos con calidad aceptable, pero en muchos de los casos se experimentan interrupciones de servicios y altas latencias. También existe el factor de viabilidad para las compañías de telefonía celulares en lo que respecta a la adquisición de un número costeable de abonados en esas zonas. Las limitaciones tecnológicas y topográficas, en conjunto a la rápida adopción del acceso a Internet, han motivado el desarrollo de una solución inalámbrica proporcionada por este artículo, que se pretende llegue a un mayor número de usuarios y propicie la introducción de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones para estas locaciones. Las Redes Inalámbricas, tienen un propósito: reemplazar o competir directamente con el Internet por Cable y el ADSL. A través de una sola torre de distribución ubicada a kilómetros del usuario final, la cual proporcione acceso a cientos de usuarios en áreas rurales o metropolitanas con alta densidad demográfica. Se puede mencionar que para algunas frecuencias de estas redes inalámbricas, no se requiere línea de vista, y que con las tecnologías actuales se pueden manejar tasas de transmisión de hasta 700 Mbps reales, que cuenta con calidad de servicio, que ofrecen seguridad y que pueden operar en bandas con y sin licencia.

El proyecto es una solución propuesta en el área de Infraestructura Informática, que se desprende de la experiencia probada de una solución ya existente que consiste en proveer servicios de Internet Inalámbrico a comunidades sin servicios de telecomunicaciones por medio de una Red de antenas pero que sí tienen servicios de energía eléctrica, sólo que en este caso serían alimentadas por energía solar. También se cuenta con la experiencia de implementación de fuentes alternas de energía como la solar por medio de celdas y baterías.

El propósito que motivó el desarrollo del planteamiento de este artículo es dar a conocer e impulsar una solución viable para reducir la brecha digital que existe

aún hoy en día en comunidades que no cuentan con este tipo de servicios, proveyéndoles de servicio de Internet, así como todos aquellos que de este se pueden derivar, ya que, en base a la experiencia y el trabajo desarrollado en la zona, se puede ver la necesidad de reducir tal brecha.

La metodología definida para el desarrollo de este proyecto se puede observar en la figura 1, y básicamente consta de los siguientes pasos:

- Hacer una investigación sobre la zona geográfica donde no hay servicios de luz ni de Internet, para seleccionar la infraestructura tecnológica más apropiada.
- Posteriormente se requiere estimar la cantidad de usuarios, así como su posible crecimiento, para el diseño arquitectónico de la Red.

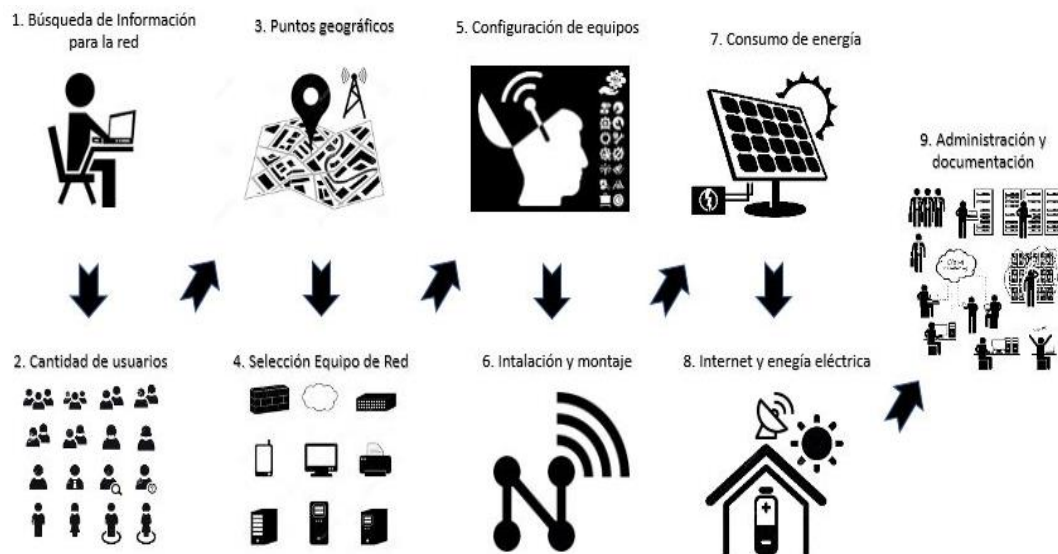


Figura 1 Pasos de la metodología.

- El siguiente paso es buscar y seleccionar los puntos geográficos estratégicos viables, para la colocación de la infraestructura de Telecomunicaciones.
- Después se define el equipo y la infraestructura más adecuados, según las necesidades arquitectónicas, para su adquisición. Posteriormente hay que configurar, instalar y montar la red para comenzar a transmitir la señal Inalámbrica.

- Posteriormente hay que llevar a cabo un análisis de consumo de energía eléctrica para cada torre, según equipos y un estándar de casa habitación, para poder determinar la cantidad de energía requerida en todo el sistema.
- Una vez hecho esto se selecciona un sistema Fotovoltaico capaz de soportar las necesidades identificadas y así poder brindar el servicio Inalámbrico.
- Acto seguido se configura, instala y se monta el equipo de Red y el sistema Fotovoltaico en la casa habitación para que tenga los servicios de Internet y luz eléctrica. Una vez realizado lo anterior, se administra la red para dar mantenimiento, monitorear, prevenir y corregir incidentes que puedan ocurrir con el uso cotidiano, y se brindan los informes correspondientes con los resultados de la implementación de las pruebas y del proceso para poder difundir esta experiencia que impulse este tipo de soluciones.

Como resultado se tiene el diseño de una propuesta de solución de Red y energía eléctrica, al combinar la experiencia de servicios de Internet Inalámbrico por medio de una Red de antenas, con la experiencia de generación de energía eléctrica a partir de celdas solares con un arreglo de baterías para reserva. De todo lo anterior se puede concluir que en la actualidad, la misma tecnología es capaz de vencer las limitantes físicas de un entorno que presenta desafíos para que un servicio tan fundamental que le permite a las tecnologías de información operar: La energía eléctrica.

2. Metodología

El objetivo del proyecto es el de desarrollar una Red de Internet mediante tecnología Inalámbrica para locaciones que no cuente con el servicio de luz eléctrica ni Telecomunicaciones. Para tal efecto se establece la siguiente metodología para la implementación del proyecto:

- Realizar una investigación en lo que se refiere a las zonas geográficas donde no hay servicios de luz ni de internet, así como de toda la infraestructura de telecomunicaciones requerida (redes inalámbricas,

sistemas fotovoltaicos, torres), para seleccionar los equipos más apropiados y pertinentes según las condiciones.

Es necesario tomar en cuenta las publicaciones más importantes y actuales sobre las Redes Inalámbricas, sistemas Fotovoltaicos. Las 6 principales ventajas de la tecnología inalámbrica son: Accesibilidad, Escalabilidad, Seguridad, Costos, Movilidad y Productividad [Cisco, 2012, p.2], dentro de este artículo se hace énfasis a los cuatro primeros puntos, ya que son los que otorgan la viabilidad al proyecto. Otros puntos medulares en la realización de este proyecto son el funcionamiento y la diversidad de configuraciones que existen en los sistemas eléctricos generados por energía solar (Sistemas Fotovoltaicos). Se incluyó la información pertinente sobre torres de Telecomunicaciones las cuales son parte fundamental para el desarrollo de este proyecto ya que hicieron función para soportar las antenas necesarias de transmisión de datos y en el proyecto fue necesario saber qué torre seleccionar, características con las que se debe contar para su montaje, así como los pasos a seguir para su instalación y mantenimiento. Pérez [2001] indica que en general el ingeniero de comunicaciones no tiene que ver directamente con el diseño, construcción y erección de las torres utilizadas para soportar las antenas, es frecuente que tenga necesidad de actuar como director de proyectos que incluyan torres o bien con la utilización de torres ya existentes o con su mantenimiento. Se determinó como área de estudio, las localidades conocidas con las características mencionadas ubicadas en la zona que comprende los municipios de Celaya y Tarimoro. El interés para realizar este trabajo de investigación se da por la identificación de asentamientos sin servicio de energía eléctrica que están cercanos a comunidades donde se ha realizado el trabajo de instalación de servicios de Internet y telefonía, pero en los que sí cuenta con dicho servicio.

- Estimar la cantidad de usuarios, así como su posible crecimiento, para el diseño arquitectónico de la red. Se realizó una encuesta a personas de las comunidades con las características en cuestión, para conocer el interés de

estas en adquirir estos servicios tecnológicos, tomando en cuenta el área enmarcada en un círculo en rojo de la figura 2, en donde se encuentran comunidades como: Arreguín, Santa María del Refugio, El Sauz, Rincón de Tamayo, Juan Martín, Las Canoas, Los Huesos. De este modo se recibió información clave sobre la cantidad de usuarios de la Red y la posible expansión de esta. El muestreo fue dirigido de tal manera que se obtiene una muestra no probabilística ya que es un procedimiento de selección informal de acuerdo a como lo define Hernández [2010].

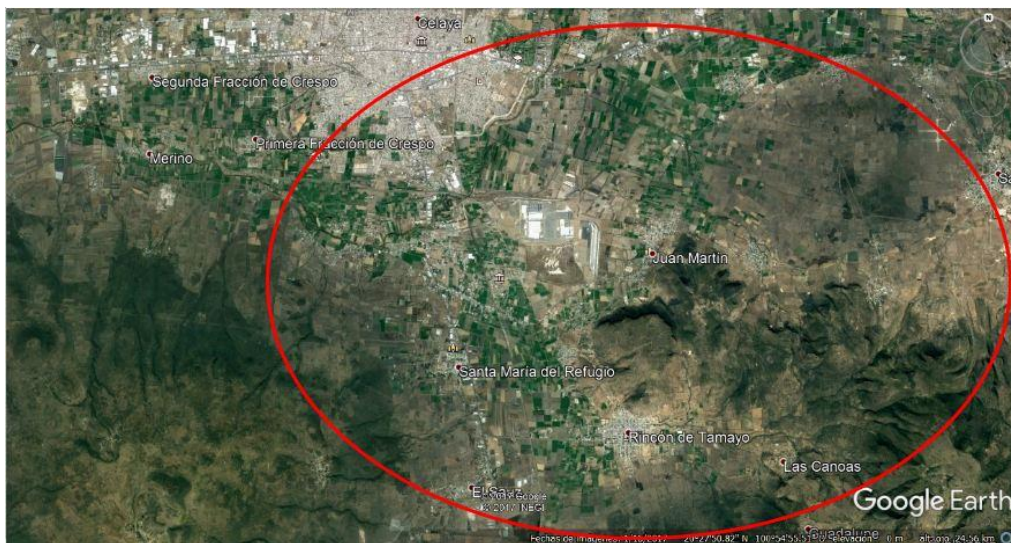


Figura 2 Mapa de las zonas a cubrir por la red inalámbrica.

Una vez que se obtuvo esta información donde fueron encuestados un total de 520 personas de entre 18 a 60 años y que estos pudiesen aceptar la colocación de un arreglo fotovoltaico y/o un sistema de internet en sus viviendas. Una vez habiendo obtenido estos datos, se calculó la posible cantidad de usuarios de la red a desarrollar y se procedió al diseño de la Red en cuestión de usuarios designando la cantidad de nodos a distribuir y enlaces necesarios para ello, a lo cual se generó una Red para 182 nodos, que fue el resultado arrojado por la encuesta y con la posible agregación de 246 más en un futuro, dando un total de 428 nodos. En la tabla 1 se muestran los datos arrojados por la encuesta, así como la distribución de

los nodos por comunidad para usar de referencia a la hora de la asignación de host de las Redes resultantes. Para poder cubrir la cantidad de 428 nodos dentro de la Red se acudió a la generación de subredes mediante la técnica de Máscara de Subred de Longitud Variable o con sus siglas en Inglés VLSM, la cual permite distribuir la Red sin desperdicio de Protocolos de Internet (IPs) y donde se le asigna la cantidad de nodos peticionados por la encuesta y los futuros, para evitar quedarse sin nodos disponibles para cada subred.

Tabla 1 Datos de la encuesta y relación de nodos por comunidad.

| Nombre de la Comunidad | No. Encuestados | Tienen Luz | No tiene Luz | Nodos | Nodos Futuros | Total |
|-------------------------|-----------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|
| Arreguín | 61 | 41 | 12 | 22 | 31 | 53 |
| Santa María del Refugio | 55 | 34 | 8 | 18 | 24 | 42 |
| El Sauz | 97 | 77 | 4 | 34 | 47 | 81 |
| Rincón de Tamayo | 180 | 130 | 23 | 55 | 98 | 153 |
| Juan Martín | 72 | 50 | 8 | 32 | 26 | 58 |
| Las Canoas | 30 | 20 | 4 | 9 | 15 | 24 |
| Los Huesos | 25 | 15 | 2 | 12 | 5 | 17 |
| TOTALES | 520 | 367 | 61 | 182 | 246 | 428 |

Para generar las subredes y agilizar este proceso se acudió a la web: <http://www.vlsm-calc.net/> la cual ayuda a realizar la distribución de IPs para las siete subredes generadas donde se muestra la figura 3 que comprende el ingreso de datos y el resultado de estos datos que indicaron el cómo se configuraron los diferentes dispositivos de Red para la correcta distribución de esta.

The image shows a screenshot of a VLSM calculator application. On the left is the input form, and on the right is the output window.

Input Form:

- Major network: 192.168.0.0/22
- Subnets table:

| Name | Size |
|-------------------------|------|
| Arreguín | |
| Santa María del Refugio | |
| El Sauz | |
| Rincón de Tamayo | |
| Juan Martín | |
| Las Canoas | |
| Los Huesos | |
- Number of subnets: 7
- Sort results by: size
- Submit button

Output Window:

Subnetting Successful

- Major Network: 192.168.0.0/22
- Available IP addresses in major network: 1022
- Number of IP addresses needed: 428
- Available IP addresses in allocated subnets: 626
- About 63% of available major network address space is used
- About 68% of subnetted network address space is used

| Subnet Name | Needed Size/Allocated Size | Address | Mask | Dec Mask | Assignable Range | Broadcast |
|-------------------------|----------------------------|---------------|------|-----------------|-------------------------------|---------------|
| Rincón de Tamayo | 153 / 254 | 192.168.0.0 | /24 | 255.255.255.0 | 192.168.0.1 - 192.168.0.254 | 192.168.0.255 |
| El Sauz | 81 / 126 | 192.168.1.0 | /25 | 255.255.255.128 | 192.168.1.1 - 192.168.1.126 | 192.168.1.127 |
| Juan Martín | 58 / 62 | 192.168.1.128 | /26 | 255.255.255.192 | 192.168.1.129 - 192.168.1.190 | 192.168.1.191 |
| Arreguín | 53 / 62 | 192.168.1.192 | /26 | 255.255.255.192 | 192.168.1.193 - 192.168.1.254 | 192.168.1.255 |
| Santa María del Refugio | 42 / 62 | 192.168.2.0 | /26 | 255.255.255.192 | 192.168.2.1 - 192.168.2.62 | 192.168.2.63 |
| Las Canoas | 24 / 30 | 192.168.2.64 | /27 | 255.255.255.224 | 192.168.2.65 - 192.168.2.94 | 192.168.2.95 |
| Los Huesos | 17 / 30 | 192.168.2.96 | /27 | 255.255.255.224 | 192.168.2.97 - 192.168.2.126 | 192.168.2.127 |

Figura 3 Aplicación y resultado de la MSLV.

- Buscar y seleccionar los puntos geográficos estratégicos viables, para la colocación de torres de telecomunicaciones, equipos de red, transmisión de señales de microondas y absorción de energía solar.

Este punto se logró mediante la selección de un punto estratégico dentro de la zona geográfica delimitada en la imagen de la figura 2 de este artículo. Para poder realizar este análisis, fueron de suma importancia el tomar los siguientes aspectos a la hora de seleccionar el lugar donde se simuló el montaje de las torres, el cual ayuda a soportar las antenas de transmisión de datos evitando problemas a la hora de establecer los enlaces:

- ✓ **Visibilidad:** Esto conlleva que el lugar donde se montará la torre en sus puntos más altos debe ser visible el lugar donde se va a traer la señal de Internet, así como cada una de las viviendas donde se pretende repartir esa misma señal, esto es importante ya que se utilizaron enlaces con frecuencias altas y necesitan de una total visibilidad para evitar caídas de señal.
- ✓ **Altitud:** La altitud ayuda a la visibilidad y evitar obstáculos tales como casas, árboles, edificios, etc. Aquí también es importante revisar la altitud de la torre de Telecomunicaciones, ya que esta deberá evitar estos estorbos en el lugar seleccionado para su montaje.
- ✓ **Accesibilidad:** En el lugar seleccionado se debe acceder con vehículos que transporten el material necesario como tramos, anclas, antenas, cables, paneles, baterías, cemento etc. para el montaje de la torre, antenas y sistema Fotovoltaico de ser necesario.
- ✓ **Viento:** Se tienen que evitar las zonas donde la mayor parte del año existen vientos mayores a 100 km/h ya que tanto para el montaje, mantenimiento y tiempo de vida de la torre y antenas hay que seleccionar un lugar donde la fuerza del viento de baja o que estos no sobre pasen los 200 km/h, que es el tope de fuerza que soporta la mayoría de antenas y torres arriostradas.
- ✓ **Humedad:** Existen muchas zonas geográficas donde hay más humedad que en otras como es el caso de las áreas costeras, zonas

altas o que están al lado de lagos, lagunas y ríos. Es importante saber si hay o no humedad en el lugar donde se va a levantar la torre de Telecomunicaciones para fines de selección del tipo de galvanizado de esta, evitando así una pronta oxidación de los materiales de la torre.

Tomando en cuenta estos cinco aspectos se prosiguió a la revisión del mapa de la zona con la herramienta de Google Earth, utilizando su indicador de altitud del suelo con respecto al nivel de mar, la cual nos proporcionó información importante de los puntos viables para el montaje de la torre en donde se encontraron tres puntos más viables ubicados en las comunidades de Llano Grande, Arreguín y Los Huesos. Al tener los puntos más viables se prosiguió a la revisión en físico de cada uno de estos tres puntos y mediante la votación de los integrantes del proyecto se seleccionó el que está ubicado en la comunidad de Arreguín, tomando en cuenta los cinco aspectos antes mencionados.

La comunidad de Arreguín tuvo la mejor visibilidad hacia la ciudad de Celaya y hacia las comunidades a las que se simuló el brindar el servicio, a lo cual como se muestra en la figura 4, donde se puede observar el trazo de enlaces en el mapa de Google Earth.

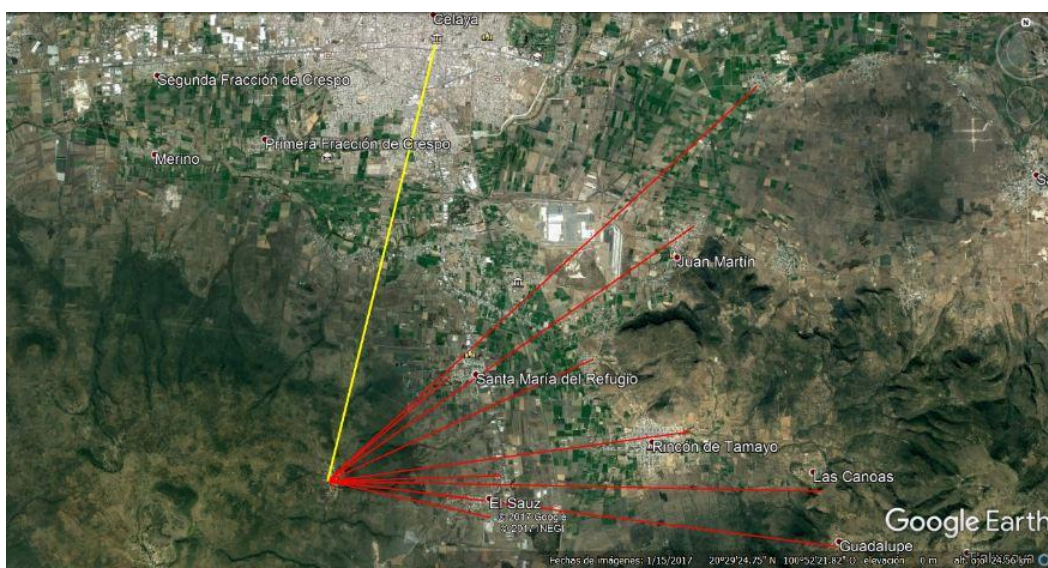


Figura 4 Mapa de enlaces PtP y PtM.

Se aprecia en una línea en amarillo el enlace que se estableció de la ciudad de Celaya hacia la comunidad de Arreguín del tipo Punto a Punto (PtP) y en rojo la simulación de los diversos enlaces para las diferentes viviendas que fueron enlaces Punto a Multipunto (PtM), ubicadas en los poblados mencionados en el punto dos de este artículo. Aquí también se establecieron las distancias en metros para la posterior configuración de los enlaces de Red. El enlace PtP en amarillo de la ciudad Celaya hacia la comunidad de Arreguín es para mandar la señal de Internet desde algún punto de la ciudad que cuente con algún proveedor de servicios de Internet con sus siglas en inglés ISP, con fibra óptica para garantizar un buen ancho de banda a los posibles 428 nodos que se establecieron.

- Seleccionar el mejor equipo e infraestructura, acorde a las necesidades arquitectónicas, para su adquisición e instalación. Cabe recalcar que el manejar una Red de 428 nodos no es tan sencillo como parece ya que se habla de Redes entre pequeñas y medianas las cuales se pueden definir como Redes empresariales, en CISCO (2012), se menciona que las Redes empresariales tienen muchas características en común, entre ellas: Soporte de aplicaciones críticas; Soporte para el tráfico de una Red convergente; Necesidad de control centralizado y Soporte para diversos requisitos comerciales. Una Red empresarial debe admitir el intercambio de diversos tipos de tráfico de Red, entre ellos archivos de datos, correo electrónico, telefonía IP y aplicaciones de video. Todo esto apunta a la adquisición de equipos de mediana y alta gama para estas Redes, pero la gran ventaja es que, en comparación a la infraestructura requerida en las Redes cableadas, se reduce considerablemente la inversión en las Redes Inalámbricas, gracias a que se desiste en gran parte del cableado estructurado, y este cableado solo se aplica a pequeñas escalas. Para la selección del equipo se puntualizó el tipo de equipo y cantidad de cada uno de estos y se describió brevemente la funcionalidad dentro del sistema de Red:

- ✓ Torres de Telecomunicaciones: De estas torres fueron necesarios dos, ya que según la figura 5, estas fueron fundamentales para

elevant las antenas y establecer los enlaces PtP y PtM. Según el catálogo de torres MTTAA (2015), el modelo PT-29 de máximo 30 metros de altura fue el más recomendado.

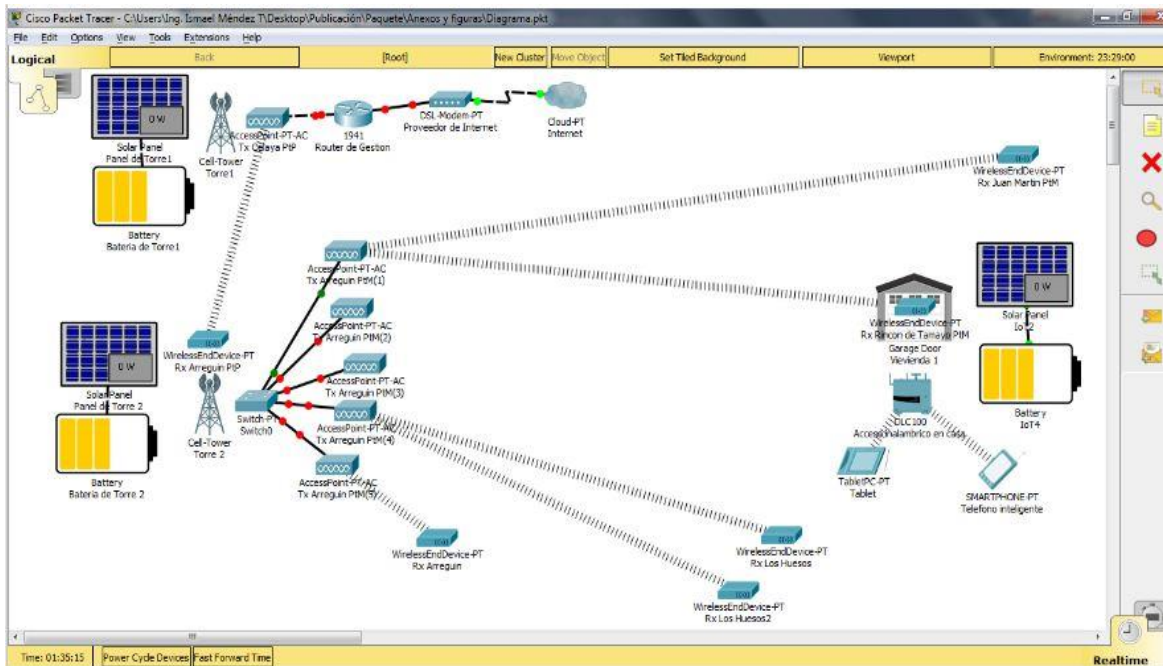


Figura 5 Diagrama de configuración de red CISCO Packet Tracer.

- ✓ Enlace PtP: Para generar este enlace fue necesario la adquisición de 2 equipos de transmisión de microondas de 5Ghz de frecuencia, así como sus antenas tipo plato, para evitar interferencias, las cuales las características fueron acorde a la capacidad de transferencia de datos, y distancias a enlazar. E
- ✓ Enlace PtM: Dentro de este enlace y haciendo referencia a la cantidad de nodos necesarios se adquirieron 5 equipos de transmisión de microondas en conjunto de sus 5 antenas sectoriales, para poder atender a los más de 400 nodos y no sobrecargar cada uno de los equipos. Para cada uno de los nodos es necesario un receptor de la transmisión de la señal de microondas, el cual comprende una antena tipo plato acorde a la distancia que tenga hacia la torre de los enlaces PtM.

- ✓ Manejo y distribución de la Red: En esta sección fue necesaria la adquisición de un router balanceador de carga gigabit, el cual tuvo la función de gestión de la Red, que es el manejo de IPs vistas en la figura 3, así como el control del ancho de banda asignado a cada uno de los nodos, la revisión y buen funcionamiento de la Red, etc. Incluimos un switch de 8 puertos con capacidad gigabit, para la redistribución de la Red localizado en la segunda torre y los router inalámbricos, para cada una de las viviendas.
- ✓ Cableado estructurado: Para esta sección fue necesario contar con cable UTP resistente a la intemperie, ya que este comunicó cada uno de los aparatos transmisores (Tx) y receptores (Rx) para todos los enlaces PtP y PtM, en distancias acordes a la altura de las torres. También se tuvo que contar con conectores tipo rj45, dos gabinetes pequeños RACK para Redes.
- ✓ Energía eléctrica: Para alimentar todo el sistema inalámbrico de Red, así como los nodos de cada una de las viviendas que no cuentan con luz eléctrica, se adquirieron sistemas Fotovoltaicos autónomos, los cuales según las necesidades de energía fueron necesarias 3 configuraciones distintas, una configuración intermedia que es la que va en la torre 1 donde se encuentra la señal Tx y enlaces PtP, desde Celaya; una configuración alta para alimentar varios equipos en la comunidad de Arreguín con Rx, PtP y PTM, que es la torre 2 y por último, las que se instalaron en las viviendas para alimentar las antenas y routers inalámbricos, así como los dispositivos móviles con los que cuentan. En la figura 5 se muestra un esquema de Red mediante el uso del CISCO Packe Tracer, el cual muestra un panorama general del equipamiento necesario para la generación física de la Red, con el equipamiento necesario para la torre 1 y la torre 2, donde también se observa un ejemplo del cómo sería la configuración para una de las viviendas, las cuales cuentan con algún dispositivo móvil para su conexión.

- Configurar, instalar y montar la red para comenzar a transmitir la señal inalámbrica.

En este punto se realizó la simulación con Redes ya existentes para obtener datos precisos de la configuración, instalación y montaje para así dar una descripción más acertada de cada uno de los pasos a seguir que a continuación se mencionan:

- ✓ Montaje de torres: En esta sección se realizó la simulación del montaje de las torres a partir de torres que ya están instaladas, las cuales se asemejan a las que se seleccionaron para este proyecto y se presenta en la figura 6 un compilado de imágenes, las cuales muestran algunas de sus características, así como las vistas que proporcionan para realizar los enlaces con la altura pertinente.



Figura 6 Imágenes del montaje de torres y antenas.

- ✓ Montaje de Antenas y equipos de transmisión y recepción de microondas: Para montar cada uno de los equipos es necesario darles su lugar en la torre la cual debe ser preferentemente en los puntos más altos de esta, pero nunca en los últimos 3 metros, ya que esta sección es primordial colocar el equipo de protección para descargas eléctricas, y a su vez hay que tener una separación

mínima de 1.5 m con relación de una antena a otra, esto para evitar interferencia y estorbo físico entre ellas. Cabe mencionar que el direccionamiento de cada una de estas se debe hacer con referencia al punto donde va enviar o recibir la señal, para establecer el mejor enlace posible, esto puede ser apoyado con los mapas proporcionados por la herramienta de Google Earth y los trazos de direccionamiento, para fijar una dirección cercana para cada antena, en caso de gran lejanía de un punto a otro, o el uso de binoculares que puedan mostrarnos el punto a donde se pretende establecer el enlace. Es indispensable que se revisen los valores de potencia y capacidad de antenas, para que estas puedan establecer los enlaces requeridos. En la figura 7 podemos observar algunas características de las antenas y sus montajes, así como los direccionamientos. Cabe aclarar que la guía para realizar correctamente estos enlaces las podemos encontrar en los manuales de usuario de cada uno de los equipos adquiridos.

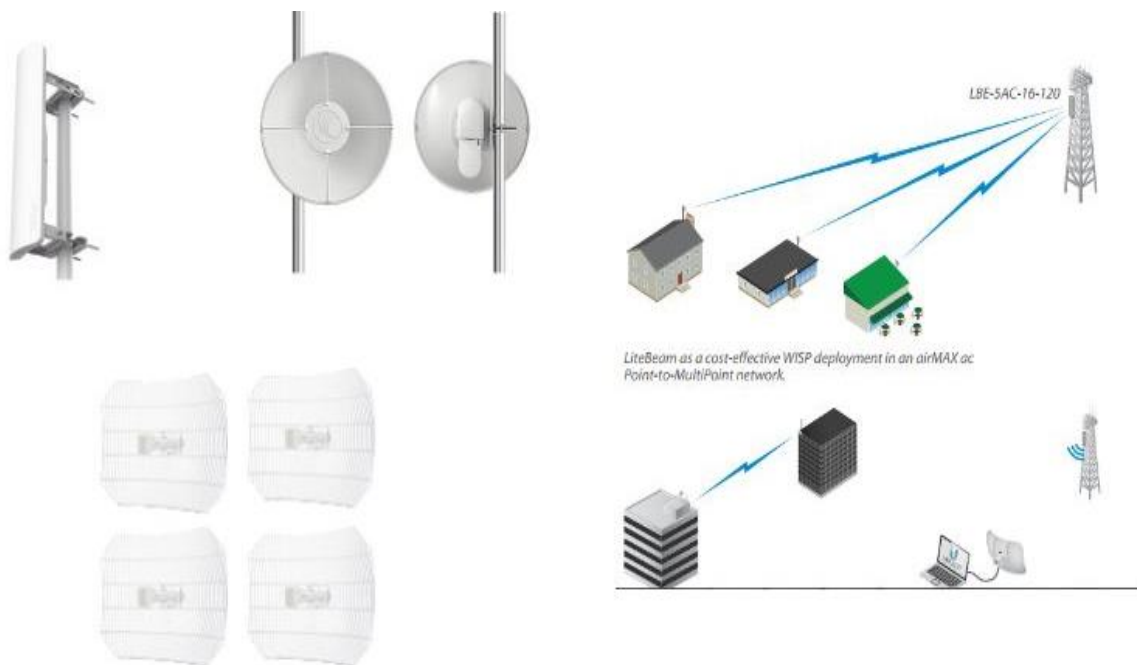


Figura 7 Antenas.

- ✓ Cableado de datos y alimentación eléctrica de los equipos: Como se había mencionado anteriormente en el punto 4 para energizar cada uno de los equipos tanto router, switches, equipos de transmisión y recepción de datos, es necesario saber cuánta energía utilizan y por qué periodo de tiempo van a estar alimentados, para esto se obtuvo apoyo de una tabla creada en Microsoft Excel, para el cálculo de Kilo Watts hora (kWh) de la suma de equipos necesarios tanto para la torre 1, torre 2 y viviendas. A lo cual se muestran los resultados en la figura 8, donde se observa la diferencia requerida para energizar cada sección, también se muestra la cantidad y nombre del aparato de consumo, así como el cálculo total de watts por torre y vivienda.

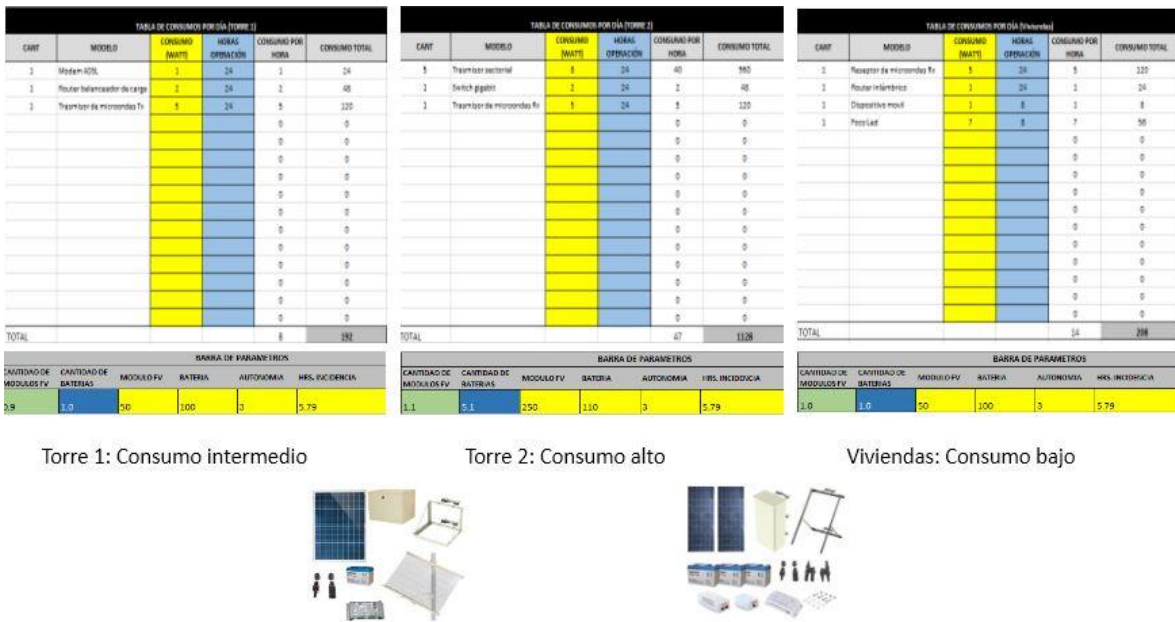


Figura 8 Datos de energía solar requeridos para energizar cada sección.

Esto es necesario saber para seleccionar el tipo de configuración del sistema Fotovoltaico que se requiere para cada torre y las viviendas, y por consiguiente es mostrado en la sección inferior de la tabla en la "Barra de Parámetros", estos datos indican la cantidad de módulos Fotovoltaicos necesarios para cada sección y su potencia en watts, así como la cantidad de baterías necesarias para que pueda

funcionar hasta por tres días sin luz solar. Una vez que se establecieron estos indicadores, se comenzó con el cableado eléctrico como el de datos, con las longitudes, configuraciones y conectores necesarios, asignando el número de cables suficientes para cada uno de los dispositivos de Red.

- ✓ Configuración de equipos: Una vez ya montada toda la infraestructura física, es importante tener cuidado al realizar las configuraciones de Red pertinentes para cada dispositivo de Red, donde a continuación se puntualiza los equipos a configurar:
 - Router balanceador de carga: Con base a la figura 3 donde se obtuvieron los parámetros de Red necesarios para cubrir los más de 400 nodos, se recurrió a esto, para poder administrar la Red en conjunto de las subredes para cada localidad, así como la seguridad y autenticación de usuarios, admiración y seguimiento a incidentes. Este router fungió como gestor de la Red y es al que se debe estar monitoreando principalmente.
 - Enlaces PtP y PtM: Se abarca lo que es desde el enlace punto a punto, los sectoriales, hasta los que van a estar situados en las viviendas. A estos enlaces se les carga la configuración Inalámbrica, para poder tener acceso a toda la Red, es decir es como el cableado en las Redes comunes y de los cuales los aspectos más importantes a configurar son: Potencias de salida y entrada; frecuencias a utilizar evitando estar en las mismas frecuencias que otros dispositivos ajenos o propios de la Red; nivel de seguridad alto y robusto, esto es necesario para evitar que estas Redes sean infiltradas, apoyado de un buen anclaje de los dispositivos desde de Red, mediante la MAC de estos.
 - Router de vivienda: Este dispositivo se le configura la Red de área amplia (WAN), que van a ser tomadas de la figura 3 y

una Red local (LAN) y/o Red local Inalámbrica (WLAN), la cual conlleva el manejo de distinta localidad de Red a las marcadas en la WAN y un nivel de seguridad inalámbrico para la conexión de los dispositivos móviles para cada vivienda.

- Administrar la red para dar mantenimiento, monitorear, prevenir y corregir incidentes que puedan ocurrir con el uso cotidiano, así como proporcionar estabilidad y calidad de servicio. Para este punto se siguieron las bases de la Guía de Administración de Redes con Linux de la obra de Kirch & Dawson [2000], las cuales mencionan los puntos medulares en la gestión de una Red, siendo estos de gran apoyo en la administración de la Red implementada. Es sabido que la administración de una Red conlleva tanto a los servidores, routers, swiches, equipos transmisores y receptoras, estación del cliente, el hardware y software de la Red, los servicios de res, las cuentas de usuario, las relaciones de la Red con el exterior, etc. De entre muchas funciones que se pueden asignar a la administración de Red se destacan algunas de ella por la gran importancia que tienen:
 - ✓ Instalación y mantenimiento de la Red, esta debe ser realizada por el administrador de Red, puesto que no sólo hay que instalar y configurar los equipos, sino que también debe de garantizar el funcionamiento con el paso del tiempo. Para ello es necesario contar con las herramientas adecuadas y el equipo necesario para efectuar esta función. En ocasiones estos conocimientos sólo se pueden adquirir en los departamentos de formación de las compañías suministradoras de hardware y software de las Redes o entidades a fines. El trabajo propio del mantenimiento puede ser realizado por los miembros que implementaron la Red, o bien contratar estos servicios con empresas dedicadas a ello.
 - ✓ Se deben determinar las necesidades y el grado de utilización de los distintos servicios de la Red, así como los accesos de los usuarios a la Red.

- ✓ Diagnosticar los problemas y evaluar las posibles mejoras para incrementar la calidad del servicio y aprender de ellos.
- ✓ Es muy importante toda la documentación del sistema de Red, así como sus características, ya que, al manejar mucha información, esta puede ser corrompida una vez que se realice el cambio de administradores de Red y/o con el paso del tiempo es relativamente fácil la pérdida de esta, teniendo desconocimiento de incidencias y configuraciones.
- ✓ Por último, la constante comunicación con los usuarios de Red y el vínculo seguro para ello es parte fundamental para el conocimiento y seguimiento a situaciones de comportamiento y mal funcionamiento de la Red e incluso notificar a los usuarios sobre aspectos o noticias importantes como puede ser el cambio de anchos de banda, mantenimiento de esta, etc.

3. Resultados

Una de las aportaciones de este artículo es dar a conocer una solución totalmente viable para brindar servicios de internet por medio de redes inalámbricas, en locaciones sin servicios de energía eléctrica y telecomunicaciones, conjuntando la experiencia en redes de antenas para servicio de Internet Inalámbrico, así como la experiencia con alimentación por medio de paneles de celdas solares.

Con la implementación de la infraestructura tecnológica propuesta en este proyecto, se buscan tres objetivos principales, número uno, que por medio de celdas solares las casas habitación de comunidades sin servicios básicos puedan contar con energía eléctrica, incentivando el uso de energías limpias; número dos, brindar el acceso a Internet a dichas comunidades para que este sea un factor que mitigue el rezago impulsando el desarrollo comunitario y conectando estas comunidades con el desarrollo del país, fortaleciendo aspectos como la cobertura educativa en tales zonas, así como otros factores de desarrollo social; y número tres, el brindar la información acerca de inversión de tiempo, recurso económico y

esfuerzo para que se puedan promover programas gubernamentales y de ONG impulsando acciones dirigidas al acceso a Internet y energías limpias, para que se realicen las inversiones correspondientes orientadas a estos fines.

4. Discusión

Cabe destacar que ya existen redes inalámbricas que llegan a lugares donde las compañías de telecomunicaciones que usan una infraestructura cableada no han llegado, pero estas están sujetas a la existencia de una red eléctrica, la cual en muchos de los casos es un factor limitante para las locaciones geográficas ideales donde deben ser montadas las torres de telecomunicaciones, y estas torres son base estratégica para el alcance a lugares más lejanos que no cuentan con servicios de energía eléctrica y mucho menos de Internet.

Ya que el servicio de Internet provisto por antenas es una solución probada, lo que se requiere verificar en la propuesta de solución es la cantidad de tiempo que se puede mantener la operación del servicio ante situaciones climatológicas no favorables, las cuales no solo repercuten en una posible pérdida de energía para los dispositivos sino aun en la pérdida de calidad en la señal debido a la naturaleza de esta tecnología, otra de las posibles desventajas que tendría la comercialización de esta solución por parte de los proveedores de servicios ya sean privados o públicos es el aspecto de seguridad, ya que se presenta el riesgo latente de que los dispositivos foto voltaicos puedan ser robados al encontrarse en zonas sin vigilancia.

Los costos para desarrollar esta propuesta no son nada comparados con la inversión necesaria que involucraría la aplicación de tecnologías convencionales y comerciales. Por ejemplo, instalar un sólo transformador con un poste para llevar el servicio de energía eléctrica a un sólo punto puede costar de \$80,000.00 a \$200,000.00 (considerar el monto por el número de postes y cableado requerido), a esto habría que agregar lo correspondiente a la inversión de infraestructura para los servicios de comunicación; en la solución propuesta el costo estimado a la fecha para montar la infraestructura y brindar el servicio a una comunidad en promedio es de \$300,000.00 mil pesos, entregando un ancho de banda que en

promedio oscile entre los 2 y 4 Mbps (debe de considerarse que, por tratarse de infraestructura de Tecnología de Información, los precios base se calculan en dólares y por tanto es muy variable el costo final). Hacer una inversión así es muy viable por medio de programas gubernamentales de apoyo al desarrollo social. Es de reconocerse que hay aspectos que restan viabilidad al proyecto, como el riesgo de robo de la infraestructura instalada, las zonas que tienen un alto porcentaje de cielos nublados y protocolos de seguridad de redes Inalámbricas. Aun así, optar por una solución de tecnologías de Redes Inalámbricas y sistemas Fotovoltaicos para resolver la problemática planteada en este artículo, tiene amplios y sustanciales beneficios.

De cualquier manera, esta es una solución altamente viable para lugares en los que, debido a las características del entorno geográfico, no hay un asentamiento regular y no hay las condiciones para que los servicios públicos o privados consideren factible implantar una infraestructura de telecomunicaciones.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ampliantena. (2005). Manual torres triangulares arriostradas series 180-250-360-460.
- [2] Biomass Users Network. (2002). Manuales sobre energía renovable solar fotovoltaica. San José, Costa Rica: BUN-CA.
- [3] Cisco Systems, Inc. (2012). Lo que usted necesita saber sobre redes inalámbricas. CISCO.
- [4] CFE (2017, 5 de abril) Contacto [Portal de la CFE`]: goo.gl/z8b5oo.
- [5] Consejería de Industria, Comercio y Nuevas Tecnologías. (2014). Guía Técnica de Aplicación para Instalaciones de Energías Renovables Instalaciones Fotovoltaicas. Canarias: Autor.
- [6] Google Earth (30/octubre/2016): <https://www.google.com.mx/intl/es/earth/>.
- [7] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5a. ed.). Perú: McGraw-Hill
- [8] INEGI. (2017, 8 de Septiembre). Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/>: Autor

- [9] Kirch, O., & Dawson, T. (2000). *Guía de Administración de Redes con Linux*. Varsovia: O`Reilly.
- [10] Perpiñán Lamigueiro, O. (2015, marzo). Creative Commons: <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- [11] Pérez, C. (2001). *Torres para antenas*. Santander, Cantabria, España: Departamento de Ingeniería de Comunicaciones.
- [12] VLSM [CIDR] (2016, 30 de octubre). Subnet Calculator: <http://www.vlsm-calc.net/>.

APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ROBÓTICA

Marco Alberto Mendoza Pérez

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

marco_alberto83@hotmail.com

René Guadalupe Cruz Flores

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

rgcruzf@uaemex.mx

Alan Antonio Villalba Hernández

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

alanvilher@hotmail.com

José Alfredo Calderón Rodríguez

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

j_acr@live.com.mx

Erika Arreola Patiño

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

akirearreola@hotmail.com

Resumen

En este documento se presentan los avances de diseño y desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la robótica móvil, empleando la metodología de desarrollo de prototipo de software y las herramientas Aumentaty Author y SketchUp. Esta aplicación le servirá de apoyo al docente en la capacitación de sus estudiantes, en temas relacionados con la identificación de los componentes básicos de un robot humanoide, conexión, configuración, programación y utilización; considerando como caso de estudio el Kit de Robótica "Bioid Premium" de la marca Robotis y las estrategias de enseñanza (videos, e ilustraciones descriptivas y organizativas) del Paradigma

Psicológico Educativo Cognitivo. Con esta aplicación se busca que los estudiantes adquieran en un 100% los conocimientos, procedimientos, habilidades y estrategias suficientes, que les sirvan para programar movimientos y comportamientos para este Kit; los cuales deberán resolver problemas reales planteados por el docente y que tengan relación con los contenidos de la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada, incluida en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco.

Palabra(s) Clave: Estrategias de enseñanza, Realidad aumentada, Robótica.

Abstract

This document presents the advances in the design and development of an augmented reality application for the teaching of mobile robotics, using the software prototype development methodology and the Aumentaty Author and SketchUp tools. This application will support the teacher in the training of their students, in topics related to the identification of the basic components of a humanoid robot, connection, configuration, programming and use; considering as a case study the Robotics Kit "Bioid Premium" of the Robotis brand and the teaching strategies (videos, and descriptive and organizational illustrations) of the Cognitive Educational Psychological Paradigm. With this application students are expected to acquire 100% knowledge, procedures, skills and sufficient strategies, which will help them to program movements and behaviors for this Kit; which must solve real problems posed by the teacher and related to the contents of the Advanced Robotics Learning Unit, included in the curriculum of the Computer Engineering degree at the Centro Universitario UAEM Valle de Chalco.

Keywords: *Augmented reality, Robotics, Teaching strategies.*

1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación son útiles para realizar nuestras tareas en la vida profesional o cotidiana de forma rápida y sencilla. La realidad aumentada, actualmente está siendo utilizada en las siguientes áreas de

aplicación: medicina, entretenimiento, educación, manutención de aparatos, arquitectura, robótica, industria, marketing y publicidad, entre otras. Los robots se utilizan en la educación para enseñar y desarrollar en el estudiante habilidades y destrezas que les sirvan para resolver problemas.

De acuerdo con lo establecido por Díaz Barriga y Shuell [Hernández, 2015] las estrategias de enseñanza o instruccionales se han definido como los procedimientos o recursos que el docente o diseñador de materiales educativos (textos instruccionales, software educativo) puede utilizar para el logro de aprendizajes significativos en los alumnos.

El aprendizaje significativo "es aquel que conduce a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes" [Díaz y Hernández, 2002, p. 39].

Podemos observar cómo la Realidad Aumentada amplía las imágenes de la realidad a partir de su captura a través de la cámara de un equipo de cómputo o dispositivo móvil que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos [Fombona, Pascual, Madeira, 2012].

La definición propuesta para la disciplina de robótica educativa es la siguiente: "actividad de concebir, crear y poner en funcionamiento, con fines pedagógicos, objetos tecnológicos que son reproducciones fieles y significativas de los procesos; y herramientas robóticas que son usadas cotidianamente, sobre todo en el medio industrial" [Candia, 2008, p. 3].

De las definiciones anteriores, podemos subrayar que la robótica educativa es un proceso de aprendizaje que se divide en el aprendizaje de la robótica y en el aprendizaje con la robótica. El primero contempla que el estudiante puede aprender a construir un robot o a utilizar uno de los kits comerciales que existen actualmente para ensamblarlo y en el segundo caso nos ayuda para reforzar el conocimiento de otras áreas como las matemáticas, la física, la química, la biología, la inteligencia artificial, entre otras. El proceso de enseñanza-aprendizaje en robótica implica tres aspectos: interdisciplinaridad, constructivismo y colaboración. Para el caso de la Realidad Aumentada, esta nos permite mezclar

imágenes virtuales con imágenes reales. Le permite al usuario mantener contacto con el mundo real mientras interactúa con objetos virtuales. Para que lo anterior se logre es necesario utilizar un marcador de Realidad Aumentada, que no es más que un código bidimensional como el QR, pero con la particularidad que mezcla lo real y lo virtual ante tus ojos.

La herramienta Aumentaty Author, es un programa que permite la generación de contenidos de realidad aumentada a partir de marcadores o fotografías de los que se despliegan elementos virtuales tridimensionales ya creados previamente con programas de modelado 3D como SketchUp. SketchUp es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras, el objetivo de esta aplicación es que a través de sus diferentes productos los diseñadores de materiales educativos puedan utilizarlos para expresar ideas, descubrir nuevas posibilidades artísticas y fomentar la creatividad; de forma sencilla, potente y capaz de dar resultados excepcionales.

El paradigma psicológico educativo cognitivo determina que aprender, concibe como enseñar a los estudiantes habilidades de aprender a aprender y a pensar en forma eficiente. Considera al estudiante como un procesador activo de información y al docente como un guía interesado en enseñarle de manera efectiva conocimientos (aprendizaje significativo), habilidades cognitivas, metacognitivas y autorregulatorias, siempre a partir del conocimiento previo del estudiante, de sus intereses y con ayuda de estrategias de enseñanza/aprendizaje, como es el caso del desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la robótica, considerando como caso de estudio el Kit de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis y las estrategias de enseñanza (videos, e ilustraciones descriptivas y organizativas) del Paradigma Psicológico Educativo Cognitivo. El robot con el que se va a trabajar está diseñado para el aprendizaje de la robótica y está formado por varios sensores, una batería, el controlador principal llamado CM-510, los componentes para unir las diferentes piezas y servomecanismos o actuadores modulares llamados motores Dynamixel.

Para la parte de la implementación de la aplicación de realidad aumentada, se busca realizar pruebas con al menos 50 estudiantes que estén cursando la Unidad

de Aprendizaje de Robótica Avanzada, de la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco y así comprobar en los resultados que se obtengan, si la aplicación sirvió como apoyo en la capacitación de los estudiantes en el manejo de este tipo de robots.

Al aplicar el aprendizaje por medio de la realidad aumentada, estamos siendo parte de la innovación en los métodos de estudio, además en esta aplicación, se utiliza la metodología de desarrollo de prototipo, que es una representación abstracta de un proceso del software [Sommerville, 2005] y que será de utilidad para seguir un orden en el desarrollo del proyecto "Aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la robótica".

2. Metodología

Se aplicaron entrevistas a los dos docentes que utilizaron con sus estudiantes los dos Kits de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis en las Unidades de Aprendizaje de Robótica Avanzada en el periodo agosto-noviembre 2016, sin la utilización de la aplicación de realidad aumentada. Ambos coincidieron que solo el 50% de sus estudiantes lograron resolver problemas planteados por ellos.

Para iniciar el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada, se basó en la metodología de desarrollo de prototipo de software siguiendo las etapas:

- **Comunicación:** Inicialmente se obtuvo la información necesaria con los docentes que han utilizado el Kit de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis, esto para puntualizar los requerimientos que cumplan con los objetivos del sistema; para ello, se elaboró una lista de tareas específicas que debía desempeñar la aplicación. Los requerimientos fueron: del robot humanoide se deben mostrar todos los componentes con su respectiva descripción; un mapa de ubicación que presente todas las áreas con las que va a contar el sistema y de igual modo, se consideró incluir videos e ilustraciones sobre la conexión, configuración, programación de movimientos básicos y utilización. En la tabla 1 se muestran las secciones en las que se divide la aplicación de realidad aumentada.

Tabla 1 Secciones de la aplicación de realidad aumentada.

| Tema | Objetivos | Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje | Material didáctico |
|--|---|---|---|
| Componentes de un robot humanoide. | Identificar los componentes que se van a utilizar para ensamblar el Kit de Robótica Bioloid Premium. | Por medio de ilustraciones digitales y videos. Los estudiantes deberán realizar un mapa conceptual del tema antes visto. | Videoprojector. Laptop con cámara. Marcadores de realidad aumentada. Bibliografía. |
| Conexión y configuración del robot humanoide con el Software RoboPlus Manager. | Visualizar la conexión del Software RoboPlus Manager con el Kit de Robótica Bioloid Premium. En el software se observaran las características de cada uno de los componentes del robot. | Por medio de ilustraciones digitales y videos. | Videoprojector. Laptop con cámara. Marcadores de realidad aumentada. Bibliografía. |
| Ejecución de ejemplos en el robot humanoide con el Software RoboPlus Motion. | Visualizar la conexión y ejecución de ejemplos de movimientos para el Kit de Robótica Bioloid Premium. | Por medio de ilustraciones digitales y videos. | Videoprojector. Laptop con cámara. Marcadores de realidad aumentada. Bibliografía. |
| Programación de movimientos en el robot humanoide con el Software RoboPlus Motion. | Visualizar la conexión y la programación de movimientos en el Software RoboPlus Motion con el Kit de Robótica Bioloid Premium. | Por medio de ilustraciones digitales y videos. | Videoprojector. Laptop con cámara. Marcadores de realidad aumentada. Bibliografía. |

- Plan rápido: Se realizó un diagrama de flujo de actividades para el desarrollo de la aplicación (figura 1).

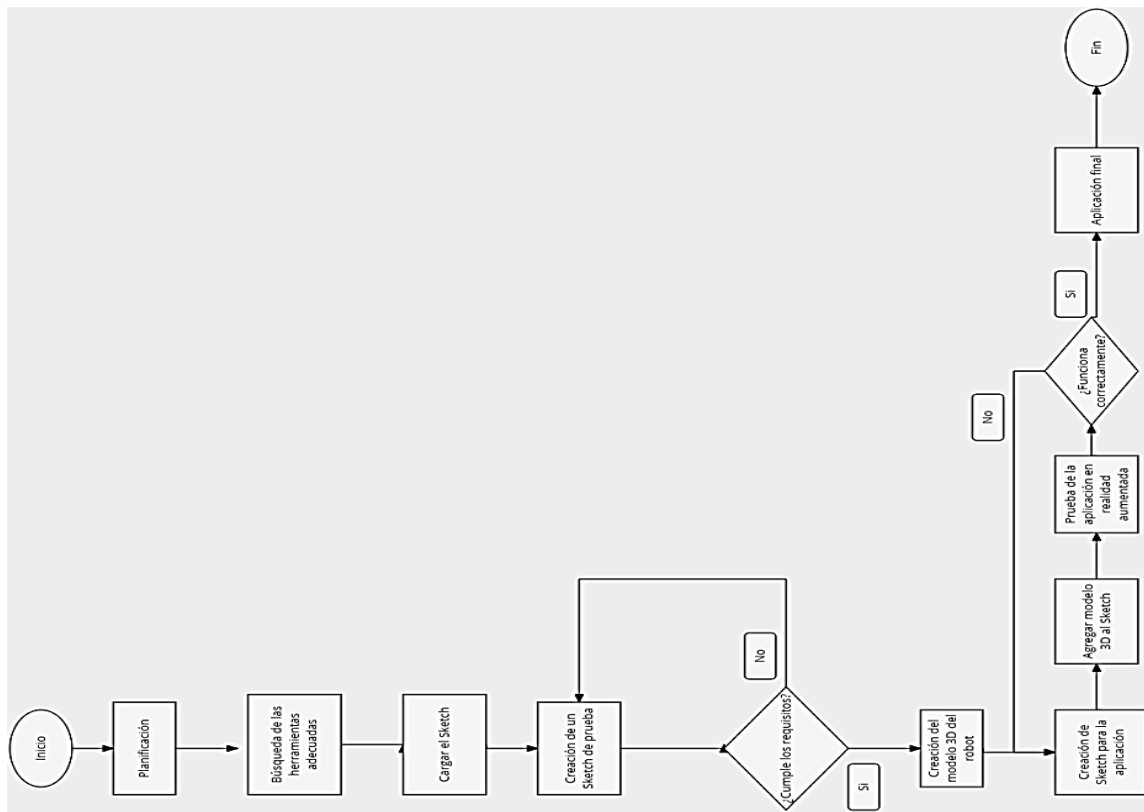


Figura 1 Diagrama de Flujo de actividades del desarrollo de la aplicación.

- Modelado del diseño rápido: Se realizó un bosquejo del diseño de las interfaces y se elaboró el diagrama de casos de uso para comprender el funcionamiento de la aplicación. En las figuras 2 y 3, se visualizan diseños de ilustraciones (modelos 3D) del Robot Bioid Premium, junto con su respectivo marcador de realidad aumentada, estos están contruidos con la herramienta SketchUp. En la figura 4 se visualiza el Diagrama de Casos de uso de la aplicación.

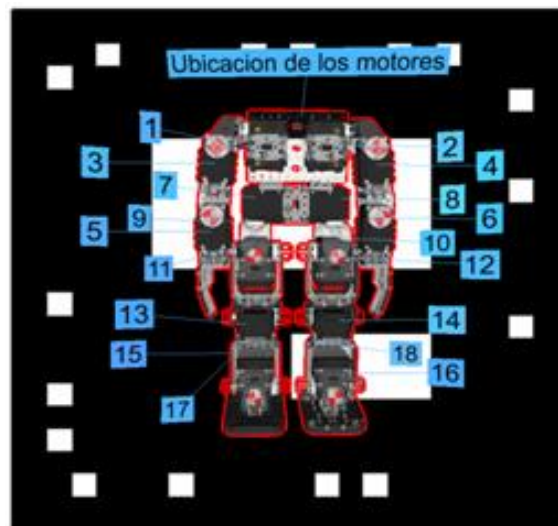


Figura 2 Modelo 3D de la ubicación de los 18 motores del Robot Bioid Premium.

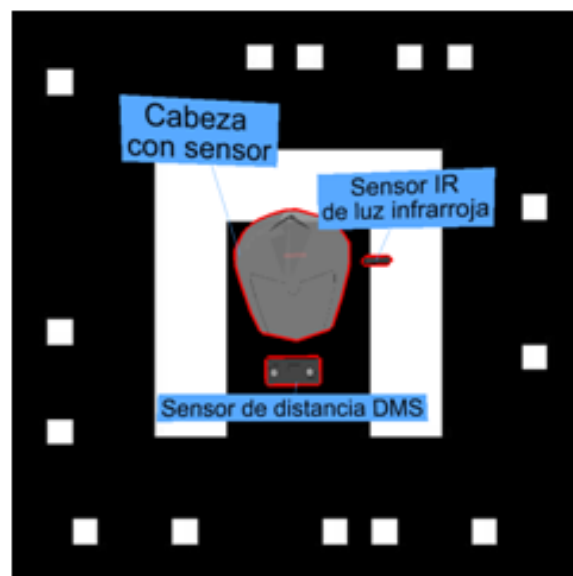


Figura 3 Modelo 3D de los componentes de la parte superior del Robot Bioid Premium.

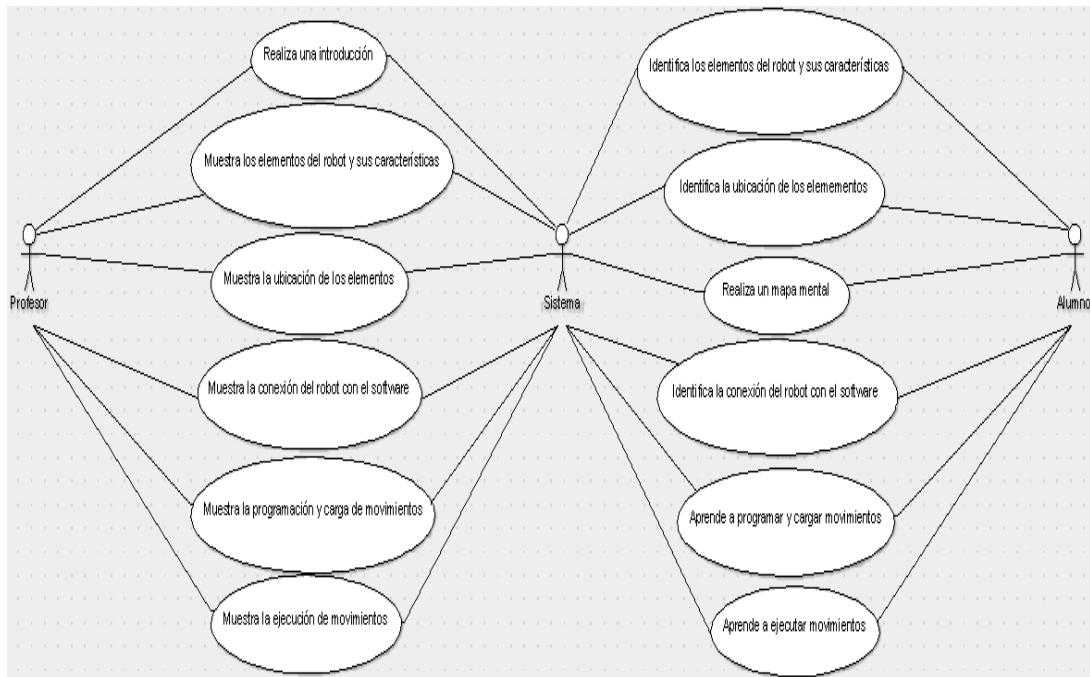


Figura 4 Diagrama de Casos de uso.

- **Construcción del prototipo:** Se investigaron los contenidos de la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada, se elaboraron e implementaron en realidad aumentada las estrategias de enseñanza (videos e ilustraciones descriptivas y organizativas) del Paradigma Psicológico Educativo Cognitivo sobre los temas relacionados con la identificación de los componentes básicos de un robot humanoide, conexión, configuración, programación y utilización; considerando como caso de estudio el Kit de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis. En la figura 5 se visualizan en forma de cubo; las secciones en las que está dividida la aplicación de realidad aumentada, esta aplicación contiene un conjunto de estrategias de enseñanza sobre este tipo de robots, en las que se puede apoyar el docente durante la capacitación de los estudiantes que cursan la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada. Este conjunto de estrategias en realidad aumentada, deben ayudar a los estudiantes a adquirir más fácilmente conocimientos y habilidades sobre el manejo de este tipo de artefactos, los cuales les permitirán resolver problemas o necesidades reales planteadas por el docente.

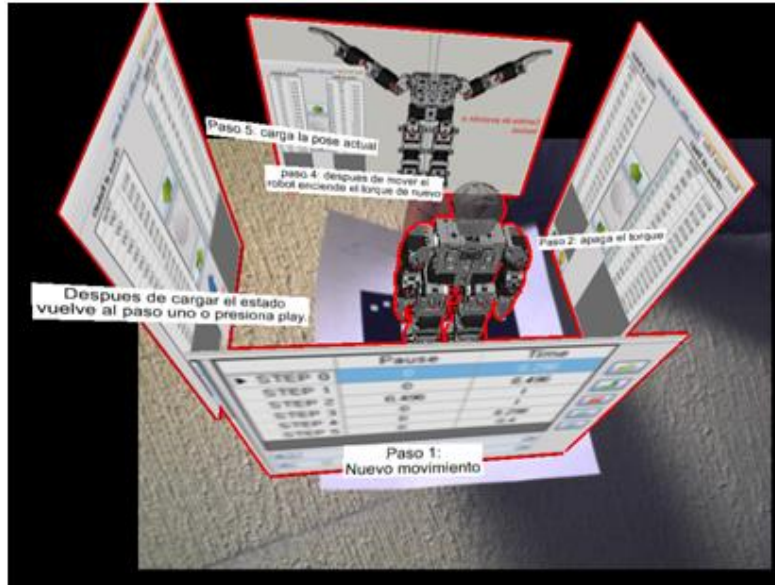


Figura 5 Secciones de la Aplicación de Realidad Aumentada.

- Desarrollo, entrega y retroalimentación: Se realizaron las pruebas del funcionamiento de cada componente de la aplicación, para poder implementarla en dos grupos de 25 estudiantes cada uno, de noveno semestre que cursan la Unidad de Aprendizaje denominada Robótica Avanzada.

3. Resultados

En las siguientes figuras, se visualiza la aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la robótica, considerando como caso de estudio el Kit de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis. Esta aplicación fue desarrollada con la herramienta Aumentaty Author.

En la figura 6 se muestran los componentes del Robot Humanoide junto con su respectiva descripción.

En la figura 7 se visualiza uno de los motores del Robot Humanoide, y en la figura 8 se observan sus 18 motores.

En la figura 9 se muestran los componentes de la parte superior del Robot Bioloid Premium en la pantalla de la computadora; por medio de una cámara web y de un marcador de realidad aumentada.

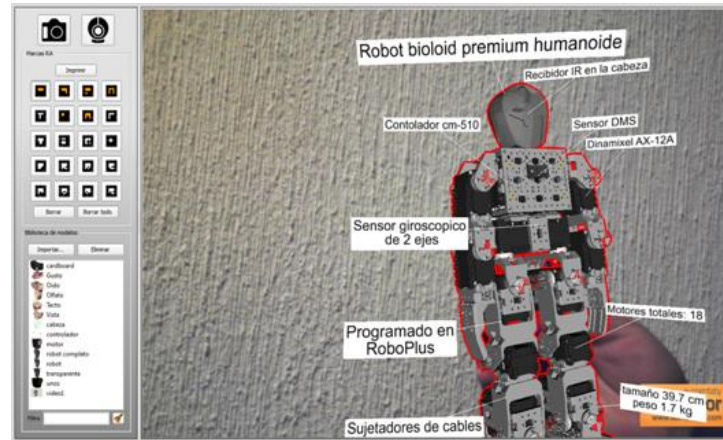


Figura 6 Componentes del Robot Bioloid Premium en realidad aumentada.



Figura 7 Motor del Robot Bioloid Premium con sus características en realidad aumentada.

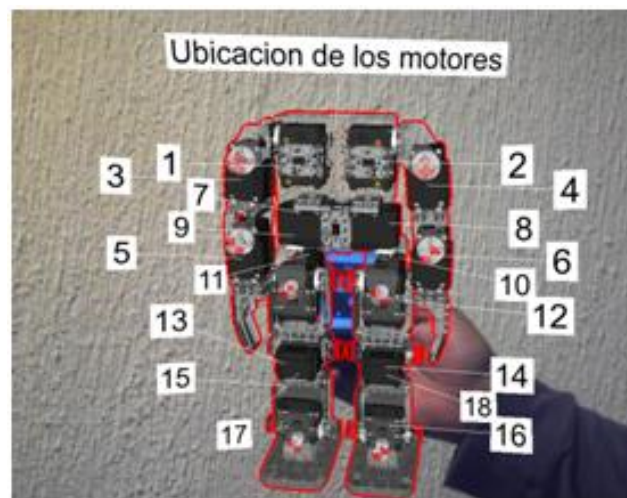


Figura 8 Ubicación de los 18 motores del Robot Bioloid Premium en realidad aumentada.

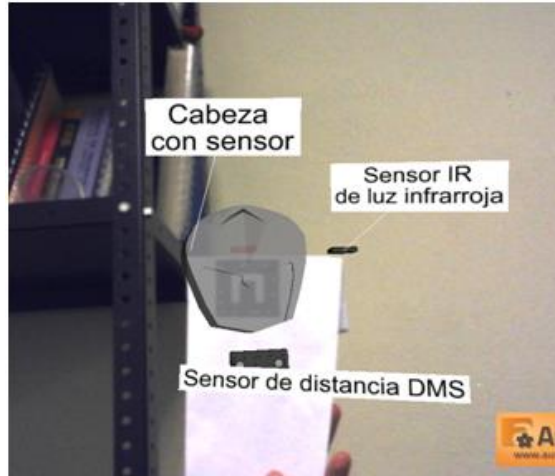


Figura 9 Componentes parte superior del Robot Bioid Premium en realidad aumentada.

En la figura 10 se visualiza en la pantalla de la computadora, por medio de una cámara web y de un marcador de realidad aumentada; un video sobre la administración y configuración de cada uno de los componentes del Robot Bioid Premium.



Figura 10 Imagen de video en realidad aumentada, Software RoboPlus Manager.

En la figura 11 se visualiza en la pantalla de la computadora, por medio de una cámara web y de un marcador de realidad aumentada; un video sobre la ejecución de ejemplos de movimientos del Robot Bioid Premium.

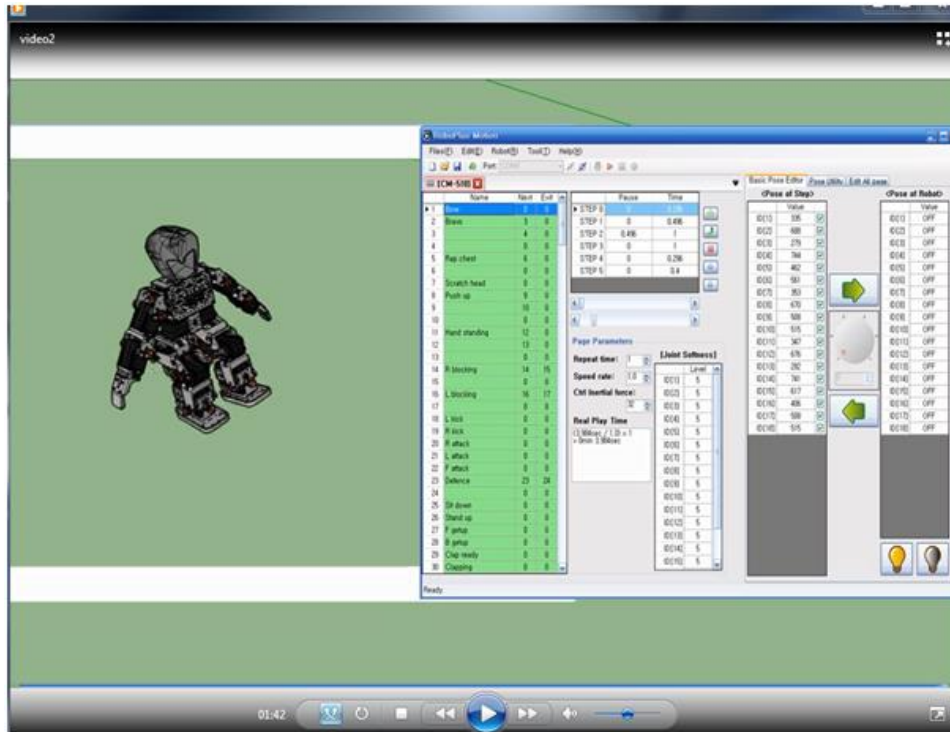


Figura 11 Imagen de video en realidad aumentada, ejemplos de movimientos.

Para conocer el resultado preliminar del uso de la aplicación de realidad aumentada como apoyo al docente en la capacitación de sus estudiantes en el manejo del Robot Bioid Premium, ésta se implementó en una computadora con cámara web y se visualizó en un proyector con marcadores de realidad aumentada; en dos grupos de 25 estudiantes cada uno, que cursan la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada de la carrera de Ingeniería en Computación del Centro de Universitario UAEM Valle de Chalco.

Después de implementar la aplicación de realidad aumentada, se aplicaron de nuevo entrevistas a los dos docentes que utilizaron con sus estudiantes los dos Kits de Robótica "Bioid Premium" de la marca Robotis, en las Unidades de Aprendizaje de Robótica Avanzada, en el periodo agosto-noviembre 2017. Ambos coincidieron que el 100% de sus estudiantes al tener los conocimientos,

procedimientos, habilidades y estrategias con apoyo de la aplicación; identificaron de forma rápida y sencilla los componentes del robot, lo manejaron de forma correcta y finalmente lograron resolver los problemas planteados por ellos.

4. Discusión

Para el diseño y desarrollo de la aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la robótica basada en la clasificación de la robótica educativa "aprendizaje de la robótica", se utilizó la metodología de desarrollo de prototipo de software. Ya que esta metodología permite hacer una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para los usuarios finales (docente y estudiantes). Esta aplicación le será de gran utilidad, tanto al docente como a sus estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, asimismo les ayudará a estimular sus dimensiones cognitivas (atención, percepción, memoria, inteligencia, lenguaje y pensamiento), obteniendo el estudiante un aprendizaje significativo, en temas relacionados con la identificación de los componentes básicos de un robot humanoide, su conexión, configuración, programación de movimientos básicos y utilización. Con ayuda de las estrategias de enseñanza que se implementaron en dicha aplicación, se busca que los estudiantes codifiquen correctamente la información nueva por aprender; permitiéndoles adquirir conocimientos, procedimientos, habilidades y estrategias necesarias que les sirvan para construir aplicaciones, las cuales deberán resolver problemas reales planteados por el docente y que tengan relación con los contenidos de la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada.

Esta investigación cumplió con el objetivo propuesto y se logró implementar el proyecto como una buena herramienta para los estudiantes que cursan la Unidad de Aprendizaje de Robótica Avanzada de la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, ya que a los 50 estudiantes, se les aplicó una encuesta de satisfacción al terminar de hacer uso de la aplicación de realidad aumentada, en la primera pregunta el 95% de los aspirantes indicaron que les pareció muy útil, en la segunda pregunta el 95% la calificaron como muy buena y en la tercer pregunta el 100% recomienda el uso de la aplicación,

finalmente a los estudiantes les pareció muy creativa, dinámica e interactiva la aplicación, ya que sirve como apoyo al docente para capacitar a sus estudiantes en los temas relacionados con el manejo y programación del Kit de Robótica "Bioloid Premium" de la marca Robotis.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Candia, F. (2008). La robótica pedagógica, una experiencia de la enseñanza-aprendizaje basada en proyectos: <https://goo.gl/BdHtLs>.
- [2] Díaz B., A. F. y Hernández R., G. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una nueva interpretación constructivista. México. Editorial McGraw Hill Editores.
- [3] Hernández Rojas, Gerardo (2015). Descripción del paradigma cognitivo y sus aplicaciones e implicaciones educativas. Paradigmas en psicología de la educación (pp. 117-167). México: Paidós Educador.
- [4] Fombona, J., Pascual, M. A. y Madeira, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. Revista de Medios y Educación Píxel-Bit, núm. 41: <http://www.redalyc.org/pdf/368/36828247015.pdf>
- [5] Mendoza P., M. A., Arreola P., E., Juárez L., C. y Sánchez R., J. L. (2016). Robótica humanoide con realidad aumentada, considerando el paradigma cognitivo. Investigaciones en Docencia y Formación Docente, Vol. 1. Memorias en Extenso del 1er Congreso Internacional de Investigación, Docencia y Formación Docente: <http://www.congresoensm.org/es/memorias2016.html>
- [6] ROBOTIS e-Manual (2012). Página e-Manual de los productos de la empresa Robotis: <http://support.robotis.com/en/>.
- [7] Sommerville, I. (2005). Ingeniería de Software (pp. 7-60-63-68-376). Madrid, España: Pearson Educación.

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA EL MONITOREO DE TRAMAS CAN POR MEDIO DE UN SOC CYCLONE V

Salvador Morales Caro

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
salva_673@hotmail.com

Josefina Castañeda Camacho

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
josefinacastaneda@yahoo.com.mx

Gerardo Mino Aguilar

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
gmino44@ieee.com

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una Interfaz Gráfica de Usuario para el monitoreo y generación de tramas de datos CAN, desarrollada en el IDE Qt Creator. Además, se presenta la metodología utilizada para realizar la configuración de un controlador FCAN el cual permite la generación de tramas de datos CAN personalizadas, las cuales fueron utilizadas para validar el funcionamiento de la interfaz gráfica desarrollada. Como medio de visualización y control se utilizó una pantalla táctil, la cual a su vez es controlada por una tarjeta de desarrollo que tiene como elemento central un SoC Cyclone V, en el cual se ejecuta un sistema Operativo Linux embebido el cual incluye librerías Qt, lo cual hizo posible la ejecución de la aplicación desarrollada. El SoC Cyclone V se divide en dos partes, una parte conformada por el denominado Hard Processor System y la otra compuesta por el FPGA, se hizo uso del HPS debido a que cuenta con periféricos dedicados a los cuales puede acceder directamente, de entre ellos se encuentran dos controladores FCAN, de modo que se hizo uso de uno configurado en modo combinado para la generación y lectura de tramas de datos CAN.

Palabra(s) Clave: Controlador CAN, GUI, HPS, LINUX Embebido, Monitoreo de tramas, Qt Creator.

Abstract

This paper presents the design of a graphical user interface for monitoring and generating CAN data frames, it was developed in the QT Creator IDE. Also it is presented the methodology used to make the configuration of an FCAN controller which lets the generation of custom CAN data frames that were used to validate the operation of the developed graphical user interface. As a medium of visualization and controlling it was used a touch panel which in turn is controlled by a development board that has as central element a SoC Cyclone V in which is executed an embedded LINUX Operating System and through Qt libraries it was possible to execute the application developed. The SoC Cyclone V is divided into two parts, one part conformed by the denominated Hard Processor System and the another one by an FPGA, it was used the HPS due to it has dedicated peripherals that can be accessed directly, among them there are two FCAN controllers, one of them was configured in combined mode to generate and read CAN data frames.

Keywords: CAN Controller, Embedded LINUX, Frame monitoring, GUI, HPS, Qt Creator.

1. Introducción

En los inicios de la electrónica en los automóviles, cada función era implementada en una "Unidad de Control Electrónico" (ECU), de tal modo que si una ECU necesitaba información de otra ECU esta se comunicaba por medio de cableado punto a punto, pero al ir aumentando las funciones electrónicas presentes en los automóviles el número de cables que pasaban por el chasis de estos creció a tal grado que ya no era factible manejar el mismo esquema de comunicación. Debido a dicha situación surgió la "Red Controladora de Área" (CAN), la cual está basada en una topología de red tipo bus. En la topología de red tipo bus, también conocida como bus lineal, el elemento central es un cable al cual todos los nodos (por ejemplo, las ECUs) están conectados mediante cables.

La información es transmitida por los nodos en forma de mensajes y se distribuyen por todo el bus, haciendo posible la comunicación entre todos los nodos.

El bus CAN tiene una estructura multi-maestro donde cada nodo conectado puede enviar o recibir datos siempre y cuando el bus esta libre, pero únicamente un nodo puede enviar datos a la vez mientras todos los demás escuchan. Si dos o más dispositivos intentan enviar datos al mismo tiempo, al que tiene la prioridad más alta se le permite enviar sus datos mientras los otros escuchan o dicho de otro modo regresan a modo recepción, esto debido a que el protocolo nunca interrumpe las transmisiones en curso, pero asigna prioridades a los mensajes para prevenir conflictos y asegurar que los mensajes urgentes sean entregados primero. Cada nodo selecciona aquellos mensajes que son relevantes y los demás los ignora.

Un nodo CAN esencialmente está compuesto de los elementos que se muestran en la figura 1. El microcontrolador se encarga de la gestión de los datos recopilados por sensores, y de la activación de actuadores, cuando se requiere enviar información de un nodo a otro esta pasa al controlador CAN y se generan las tramas seriales de bits propias del protocolo CAN. El bus maneja niveles de voltaje diferenciales, por lo cual antes de que se pueda transmitir una trama esta tiene que ser ajustada a los niveles de voltaje que maneja la red CAN, esto se logra a través del transceptor CAN.

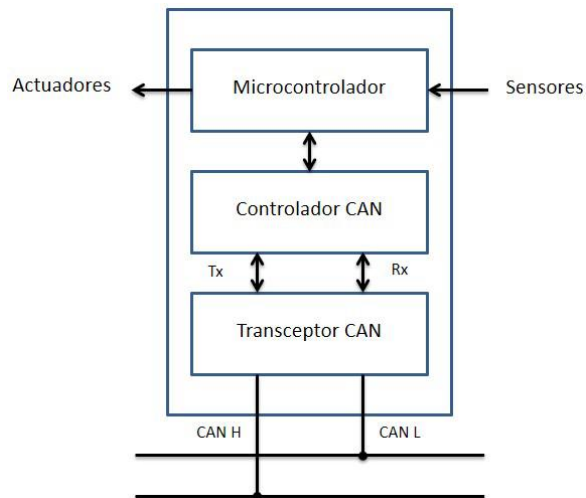


Figura 1 Ejemplo de los componentes típicos de un nodo CAN.

El protocolo CAN utiliza cuatro tipos de tramas de bits para la transmisión de mensajes; trama de datos, trama remota, trama de sobrecarga y trama de error. Ya que el protocolo CAN es del tipo serial, cuando se habla de tramas CAN se entiende que es una cadena de bits transmitida en formato serial, es decir, se envía bit a bit uno tras otro hasta completar la totalidad de la trama.

Lo importante a destacar de estas cadenas de bits es el hecho de que están divididas en segmentos bien definidos, dependiendo del tipo de trama que se transmita. De los cuatro tipos de tramas que maneja el protocolo CAN la más importante es la trama de datos, ya que a través de ella se realiza el envío de la información que se desea difundir a uno o varios nodos dependiendo de los requerimientos de la red. Existen dos tipos de tramas de datos, la 2.0 A también llamada estándar, y la 2.0 B también llamada extendida. En la figura 2 se muestran los campos que conforman una trama de datos estándar.

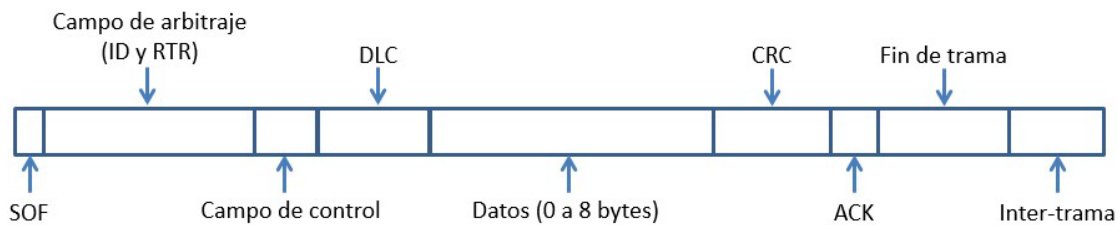


Figura 2 Ejemplo de los campos de la trama de datos CAN estándar.

De los campos que se muestran en la figura 2 los de mayor relevancia son el de identificador (ID), el de longitud de datos (DLC) y el de datos. Como se mencionó anteriormente el protocolo CAN asigna prioridades a los mensajes salientes, y esto se logra por medio del ID. El campo de DLC es de importancia ya que por medio de este se indica la longitud que tendrá el campo de datos siendo este de un máximo de 8 bytes. Hablando de tramas de datos solo resta decir que la diferencia entre la 2.0 A y la 2.0 B es el tamaño del identificador, siendo de 11 bits para la estándar y de 29 para la extendida. Las tramas remotas son de utilidad para solicitar información de un nodo en particular. Para ello hace uso del ID, y como respuesta el nodo que contenga un ID de mensaje coincidente con la trama remota responderá con una trama de datos.

Las tramas de error y sobrecarga son generadas automáticamente cuando se detecta un error y cuando un nodo aún no está listo para enviar información respectivamente. Durante el diseño y depuración de redes CAN es importante verificar que el intercambio de información entre nodos se realice según las especificaciones realizadas. Para ello se utilizan analizadores de protocolos, los cuales monitorean y analizan el tráfico de datos generado por algún protocolo de comunicación en específico, en este caso el protocolo CAN.

En el mercado existen varios analizadores de tramas CAN, generalmente estos consisten de un software que corre bajo una PC e interactúa con hardware diseñado por separado para brindar retroalimentación desde el medio físico al software.

En este artículo se plantea el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario para el monitoreo de tramas CAN utilizando una tarjeta de desarrollo SoCKit de la empresa Arrow Development Tools®, la cual contiene como elemento central un SoC Cyclone V, en conjunto con una pantalla táctil que sirve como medio de visualización y control del sistema de monitoreo. En la figura 3 se presenta el diagrama a bloques de lo que sería el sistema de monitoreo si se implementara en una red CAN.

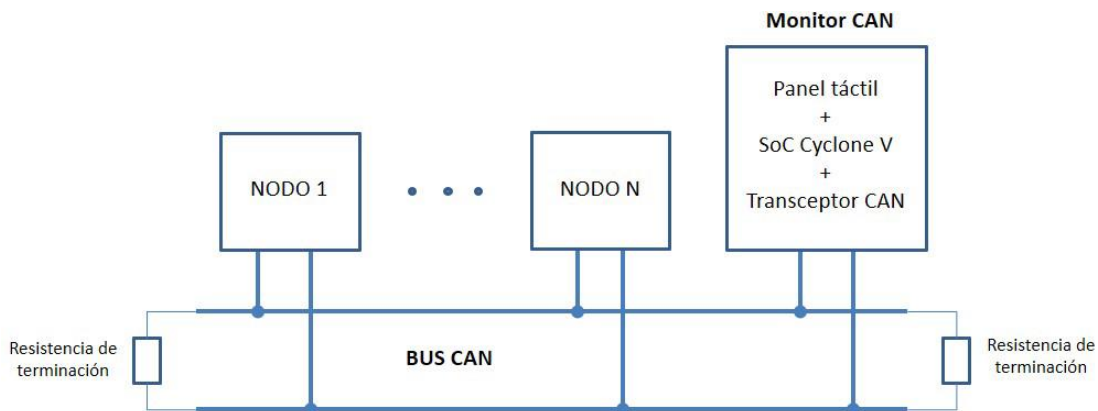
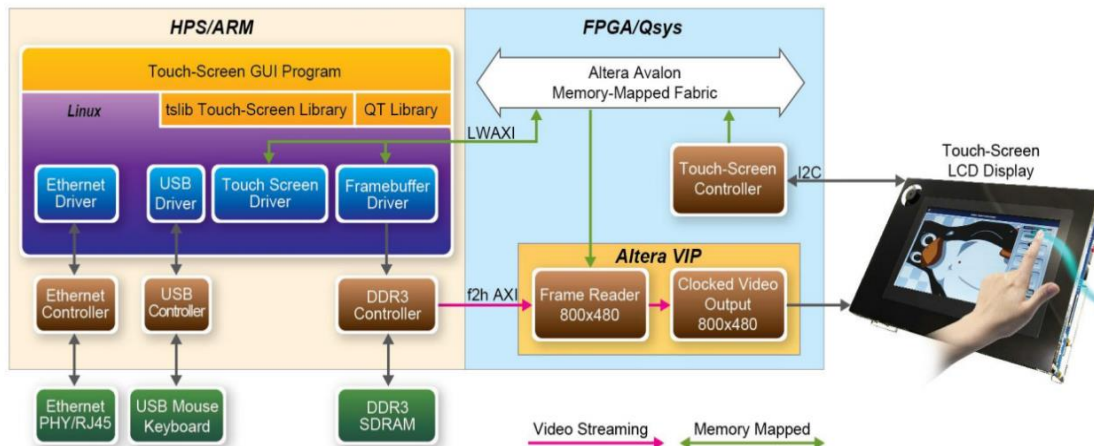


Figura 3 Ejemplo del sistema de monitoreo en una red CAN.

El SoC Cyclone V, es un dispositivo que está dividido en dos partes; una parte llamada "Hard Processor System" (HPS), y una parte "Field Programable Gate Array" (FPGA). El HPS contiene un microprocesador ARM Cortex-A9, y periféricos

de propósito específico, entre los cuales se encuentran; controladores i2C, UART, CAN y SPI.

Ya que el HPS posee un microprocesador ARM, es posible correr una distribución de Linux en el dispositivo. Se utilizó un archivo de imagen provisto por Terasic®, el cual contiene todos lo necesario para correr Linux en la tarjeta de desarrollo en conjunto con el panel táctil. En la figura 4 se muestra el diagrama a bloques del "Board Support Package" (BSP) provisto por Terasic.



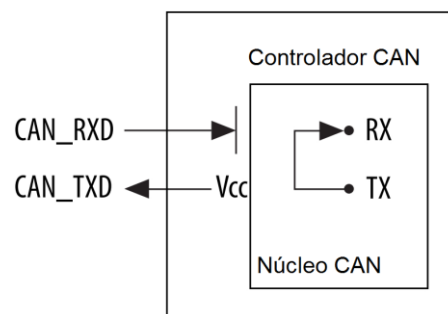
Fuente: Terasic Technologies Inc. [2014]

Figura 4 Ejemplo de TERASIC Linux BPS for Touch-Screen LCD Display Module.

Como se puede ver en la figura 4 el BSP incorpora una librería de Qt, la cual permite correr en el SoC interfaces gráficas desarrolladas bajo el "Entorno de Desarrollo Integrado" (IDE) Qt Creator.

El controlador CAN presente en el HPS, es compatible con el protocolo CAN 2.0A y 2.0B, maneja una velocidad de hasta 1 Mbs, puede mantener hasta 128 mensajes. Toda la actividad de transmisión y recepción de mensajes, es realizada a través de objetos de mensaje, los cuales son almacenados en una memoria RAM de mensaje, que tiene capacidad para almacenar hasta 128 objetos de mensaje. Es posible configurar dos tipos de objetos de mensaje; para recepción y para transmisión. En los objetos de transmisión se configuran los campos de ID, DLC y datos que se desean enviar en una trama de datos. Los objetos de recepción admiten cualquier trama de datos que coincida con el ID configurado.

Es importante destacar que cada objeto de mensaje configurado, posee un número de objeto desde el 1 hasta el 128. De tal modo que es posible utilizar, por ejemplo, un cierto número de objetos de mensaje para toda la actividad de transmisión y los restantes para recepción. Una característica importante que posee este controlador es su modo de funcionamiento, ya que puede ser configurado para funcionar en uno de cuatro modos; normal, silencioso, retroalimentación y modo combinado. En modo silencioso el controlador es capaz de recibir tramas sin participar en el envío de estas, poniendo su pin de transmisión en alto. En modo retroalimentación el controlador trata sus propios mensajes transmitidos como mensajes recibidos y los guarda en el buffer de recepción. El modo combinado, el cual es de especial importancia para este trabajo, se logra al poner el controlador en modo silencioso y modo retroalimentación al mismo tiempo. A través de este modo de operación, es posible probar el controlador CAN sin necesidad de hardware extra. En la figura 5 se muestra el controlador CAN en modo combinado.



Fuente: Altera Coporation. [2016]

Figura 5 Ejemplo del CAN Core in Combined Mode.

En modo combinado, los pines físicos de envío y recepción son desconectados del núcleo CAN, en consecuencia, las tramas generadas por el controlador no afectan la actividad del bus CAN y del mismo modo el controlador no toma cuenta de ninguna de las tramas presentes en el bus. Sin embargo, como se ve en la figura 5, las tramas generadas por el controlador, son directamente recibidas por él mismo. Con lo cual se puede realizar la generación y recepción de tramas de datos, emulando el comportamiento del controlador en un bus CAN.

2. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario cubrir dos aspectos importantes; la configuración del controlador CAN y el diseño y programación de la interfaz gráfica de usuario. El primer aspecto que se cubrió fue el de la configuración del controlador, pero para ello fue necesario conocer los principios de funcionamiento del protocolo CAN por medio de la consulta de literatura referente al tema, una vez hecho esto se procedió a hacer un estudio detallado de cómo utilizar el SoC Cyclone V y finalmente se estudió como desarrollar interfaces graficas con el IDE Qt Creator. En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo de los pasos generales que se siguieron para el desarrollo de este trabajo.

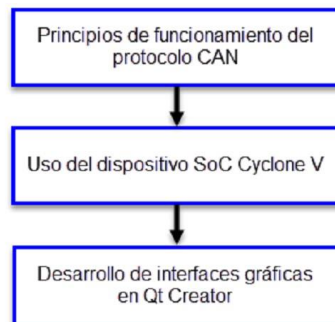


Figura 6 Ejemplo del diagrama de flujo de la metodología seguida para este trabajo.

A continuación, se detalla el proceso que se siguió para realizar la configuración del controlador y posteriormente se trata lo referente a la interfaz gráfica. Antes de poder utilizar el controlador CAN es necesario inicializarlo. En la figura 7 se muestra el diagrama de flujo de la inicialización.

El primer paso es inicializar la RAM de mensaje para eliminar las configuraciones de objetos de mensaje existentes. Se ajusta el modo de funcionamiento del controlador, en este caso como se ve en la figura 7, se pone el controlador en modo combinado. Por último, se ajusta el tiempo de bit de acuerdo a la tasa de transferencia deseada y se da por terminada la inicialización.

Una vez concluido el proceso de inicialización, se procede a configurar los objetos de mensaje. En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo del ajuste de un objeto de mensaje para transmisión.

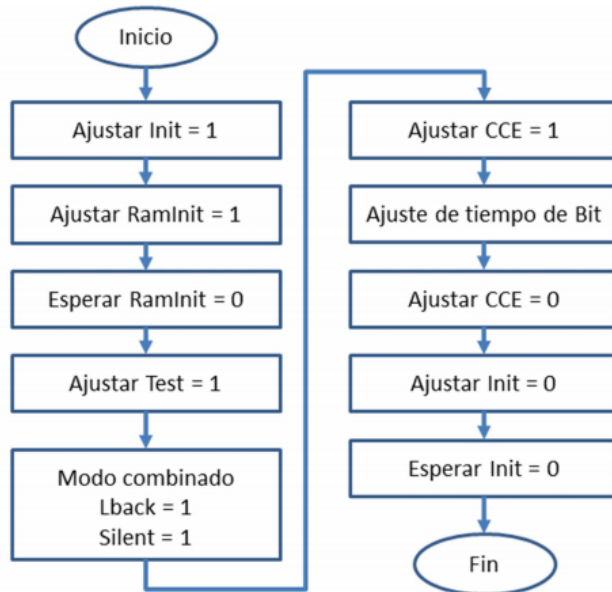


Figura 7 ejemplo del diagrama de flujo de inicialización del controlador CAN.

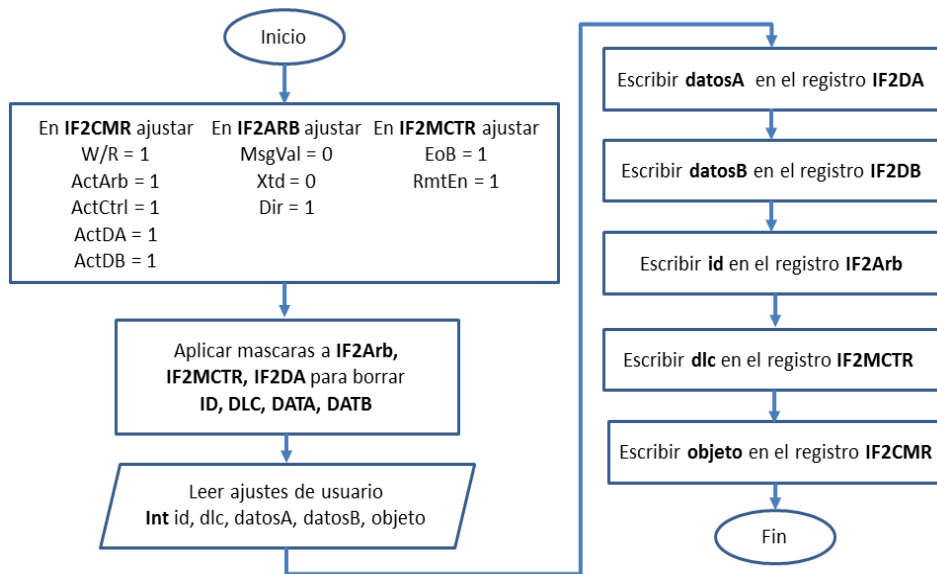


Figura 8 Diagrama de flujo para la inicialización de objetos de mensaje de transmisión.

En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo del ajuste de un objeto de mensaje para recepción, concluyendo lo referente a la configuración del controlador CAN. Cuando se corre una aplicación bajo Linux, no es posible acceder directamente a los registros de configuración de los periféricos del HPS, si se desea acceder de manera directa, es necesario el desarrollo de un driver específico para cada

periférico. Por lo cual, se utilizó el método de mapeo de memoria, utilizando este método se gana acceso al espacio de memoria de los registros de configuración del periférico que se desea utilizar, o de todos ellos. La interfaz gráfica desarrollada consiste de dos ventanas. La primera con un botón simple el cual al ser presionado realiza una rutina de inicialización. En la figura 10 se muestra el diseño de la ventana principal.

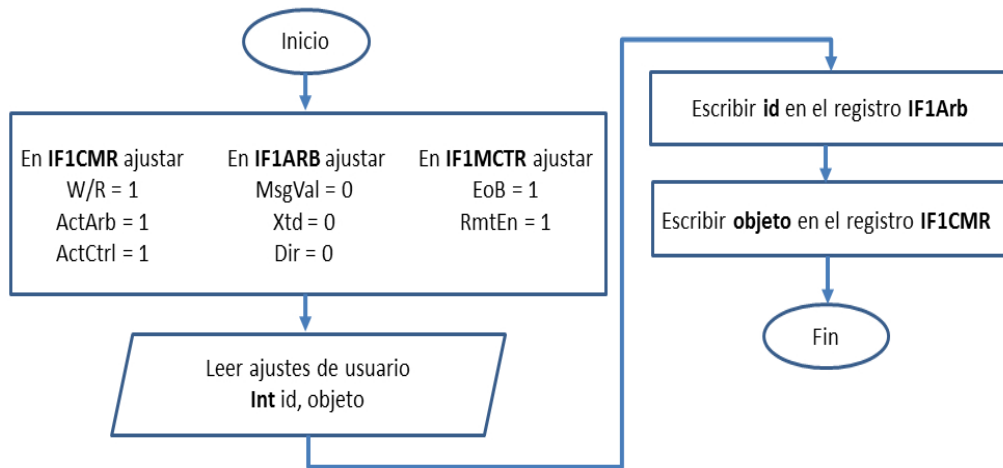


Figura 9 Diagrama de flujo para la inicialización de objetos de mensaje de recepción.



Figura 10 Ejemplo de la ventana de inicio.

Al presionar el botón de inicialización se emite una señal, la cual ejecuta un slot que contiene la llamada a las funciones para abrir la memoria física del dispositivo, mapear los periféricos del HPS e inicializar el controlador CAN. En la figura 11 se muestra el slot que se ejecuta.

```

void MainWindow::on_inicializacion_clicked()
{
    funciones objeto1;
    objeto1.abrir_memoria_fisica();
    objeto1.mmap_periféricos_hps();
    objeto1.inicializacion();
    hide();
    segundaVentana = new MainWindow2(this);
    segundaVentana->show();
}
    
```

Figura 11 Ejemplo del Slot ejecutado al inicializar.

Como se puede ver en la figura 11, dentro del slot se crea un objeto de la clase llamada "funciones". En la clase funciones se incorporaron todas las funciones relacionadas con la configuración y manipulación del controlador CAN. En la tabla 1 se muestran las funciones miembro contenidas en la clase funciones.

Tabla 1 Ejemplo de las funciones miembro de la clase funciones.

| Funciones | Descripción |
|--|---|
| void abrir_memoria_fisica() | Abre el archivo descriptor de dispositivos "/dev/mem". |
| void cerrar_memoria_fisica() | Cierra el archivo descriptor de dispositivos "/dev/mem". |
| void mmap_periféricos_hps() | Mapea la región de periféricos del HPS |
| u_int32_t monitoreo_bin(u_int32_t registro, char nombre[]) | Realiza monitoreo binario de los registros, imprime en pantalla el contenido y regresa el valor. |
| u_int32_t monitoreo(u_int32_t registro) | Monitorea y regresa del registro. |
| void inicializacion() | Inicializa los periféricos del HPS |
| void config_Tx(int ID, int DLC, int DatosA, int DatosB, int objeto) | Configura un objeto de mensaje de Tx. |
| void config_Rx(int ID, int objeto) | Configura un objeto de mensaje de Rx. |
| void iniTx() | Inicializa los objetos de mensaje de |
| void iniRx() | Inicializa los objetos de mensaje de |
| void enviarTrama(int obj) | Envía la trama de datos que se encuentre configurada en el objeto. |
| void solicitar(int obj) | Envía una trama remota. |
| void leerRx(int obj) | Realiza la configuración necesaria para poder leer la trama recibida. |
| int leerDA() | Devuelve el valor de los primeros 4 bytes de la trama de datos recibida. |
| int leerDB() | Devuelve el valor de los bytes 4-7 de la trama de datos recibida. |
| int leerDLC() | Devuelve el valor del DLC de la trama de datos recibida. |
| void valoresRx(int &dlc0, int &b7, ..., int &b0) | Esta función es utilizada para obtener los valores de una trama de datos recibida, y convertirlos en cadenas de caracteres. |

Al terminar la rutina de inicialización, se despliega una segunda ventana la cual contiene dos pestañas que son utilizadas para el envío de tramas personalizadas y la recepción de las mismas. En la figura 12 se muestra la apariencia de la pestaña de envío de tramas de datos CAN.

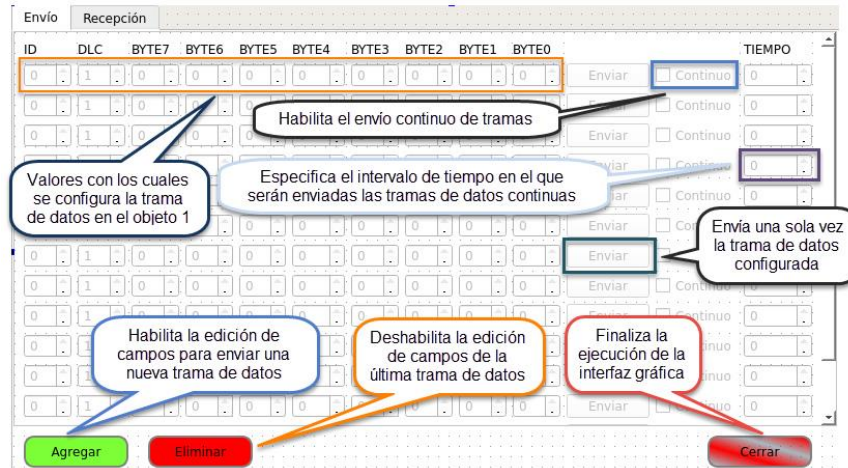


Figura 12 Ejemplo de la pestaña de envío de tramas.

La pestaña de envío de tramas consiste de los siguientes elementos:

- Campo de ID. En este se define el ID del mensaje a enviar.
- Campo de DLC. En este se define la longitud de datos. Si en este campo se ingresan valores menores a 8, no se deshabilitan los campos de bytes no utilizados. Sin embargo, el objeto de mensaje solo tomará en cuenta el número de bytes configurados de acuerdo al DLC. El hecho de que no se deshabiliten los campos de bytes no utilizados fue solo cuestión de diseño, pero fácilmente se podría cambiar esta cuestión si se deseara.
- Campos de bytes de datos. En estos se definen los datos a ser enviados. Debido a que cada byte consiste de 8 bits, el número máximo permitido en decimal para cada uno de estos campos está acotado a 255.
- Botón enviar. Por medio de este botón se envía la trama que se encuentre configurada en los campos, al momento de ser presionado.
- Envío continuo y Tiempo. El checkbox correspondiente al envío continuo actúa de manera conjunta con el campo de tiempo. Una vez que se activa

el checkbox de envío continuo se deshabilita el botón enviar y a continuación el parámetro configurado en el campo de tiempo es tomado para enviar la trama cada x milisegundos, donde x es el valor configurado en el campo de tiempo. Por comodidad este parámetro se ajustó para solo ser configurado en intervalos de 500 milisegundos.

- Botón agregar. Cada que se pulsa este botón, se habilitan los campos de edición de un nuevo mensaje.
- Botón eliminar. Este botón deshabilita los campos de edición del último mensaje agregado.

En la pestaña de recepción se configuran los objetos de mensaje que recibirán las tramas de datos CAN. Como se ve en la figura 13, en la pestaña de recepción, el usuario sólo necesita configurar el campo de ID, el cual sirve como filtro de aceptación para recibir tramas de datos que contengan el mismo ID. Además, esta pestaña contiene un botón de solicitud de trama de datos y un checkbox de monitoreo.

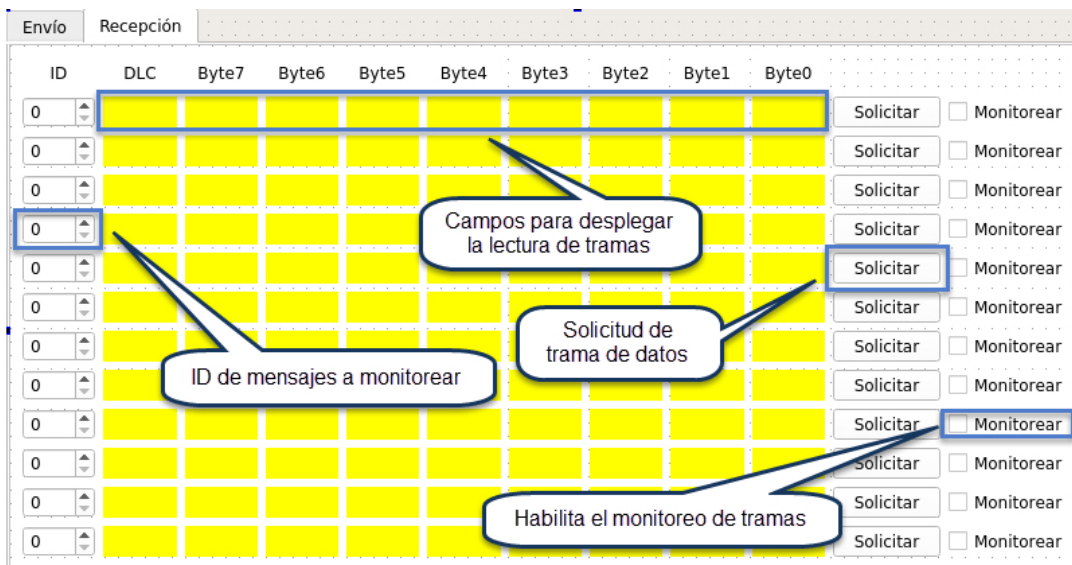


Figura 13 Ejemplo de la pestaña de recepción de tramas.

Al pulsar el botón de solicitar, se genera una trama remota, que por medio de la cual como ya se había mencionado, el nodo que tenga configurado el mismo ID

responderá con una trama de datos. El checkbox de monitoreo habilita cada cierto tiempo la lectura del objeto en busca de nuevos datos. Una vez que se han recibido datos, estos son desplegados en los campos de DLC y Bytes 7-0.

El proceso de monitoreo es similar al de envío continuo de tramas, salvo que en este caso el usuario no define cada cuanto se genera la señal proveniente del temporizador. Primero se inicializan los registros para la configuración de objetos de recepción, una vez hecho, se obtiene el valor presente en el campo de ID para utilizarlo en la configuración del objeto de mensaje de recepción. Después de concluir la configuración del objeto de recepción, se ejecuta la rutina de recepción de datos la cual sigue el diagrama de flujo mostrado en la figura 14.

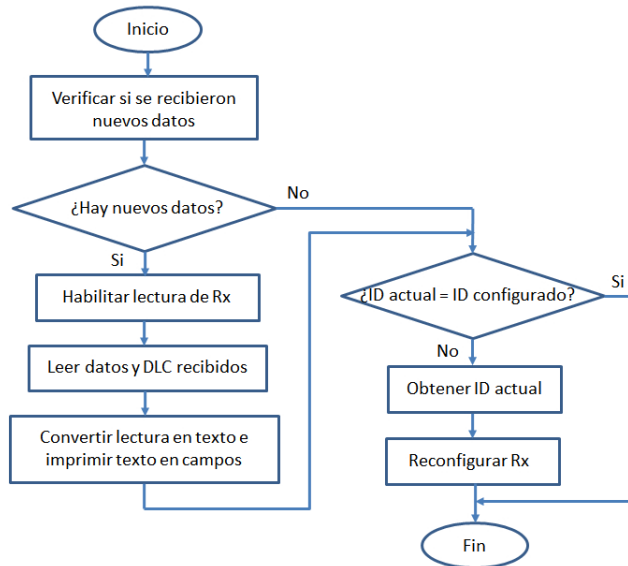


Figura 14 Ejemplo del diagrama de flujo para la recepción y lectura de tramas de datos.

Primero se verifica si se recibieron nuevos datos. En caso de que existan nuevos datos sin leer se habilita la lectura del objeto de mensaje correspondiente. El valor del DLC y los datos recibidos se convierten a texto por medio de funciones propias de Qt. El texto resultante se coloca en los espacios dedicados al despliegue de la información de trama. Una vez que se ha completado el proceso de lectura, se verifica si el ID configurado por el usuario ha cambiado, de ser así, se reconfigura el objeto de mensaje para que coincida con el ID actual. Los campos de recepción siempre reflejan la última lectura de mensaje del ID actual.

La solicitud de trama actúa en conjunto con el monitoreo de tramas debido a que no se necesita un objeto de mensaje de transmisión para el envío de tramas remotas, y por ello basta con utilizar un objeto de recepción y generar la trama remota desde él mismo.

3. Resultados

Una vez desarrollada la interfaz gráfica se procedió a ejecutarla en la tarjeta de desarrollo. Para propósitos de prueba se realizó una modificación a esta, en la pestaña de envío se agregó un campo de recepción, para poder visualizar de manera más ágil los cambios en este al recibir tramas de datos. En la figura 15 se muestra la apariencia de la ventana principal ejecutándose en la pantalla táctil. Al presionar el botón de inicialización, como ya se había mencionado se ejecuta una rutina que inicializa los parámetros generales del controlador, además de abrir la memoria física del dispositivo y mapear los periféricos del HPS.

En la figura 16 se muestra el monitoreo de los registros involucrados en el proceso de inicialización, mientras que en la figura 17 se muestra la apariencia de la pestaña de envío modificada.



Figura 15 Ejemplo de la ventana principal.

```
Registros
CCTRL 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 Inic = 1
CFR 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 RamInit = 1
CFR 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 Verificar el estado de RAMinit
CCTRL 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1000 0001 Test = 1
CTR 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1001 0000 Lback = 1, y Silent = 1
CCTRL 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1100 0001 CCE = 1
CBT 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1101 0000 0110 Ajuste del tiempo de bit en CBT
CCTRL 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1000 0001 CCE = 0
CCTRL 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1000 0000 Fin de inicializacion Inic = 0
```

Figura 16 Ejemplo del monitoreo de la rutina de inicialización.



Figura 17 Ejemplo de la pestaña de envío modificada.

Se realizaron pruebas de envío de tramas continuas, y se verificó que efectivamente se recibieran los datos y se reflejaran en los campos de recepción. En la figura 18 se muestra el envío y recepción de una trama continua con ID igual a seis. Como se puede ver, en los campos de monitoreo se reflejan los datos correspondientes a la trama configurada, además del DLC asignado. Para comprobar que efectivamente se estuvieran generando las tramas de datos y que estas fueran recibidas se monitoreó el comportamiento de los registros del controlador. En la figura 19 se muestra el monitoreo de los registros involucrados en la recepción de la trama de datos que se mostró en la figura 18.

Cuando se configuran los objetos de mensaje es posible habilitar banderas de interrupción, que son puestas a uno cuando se transmite o se recibe satisfactoriamente una trama de datos. Para el caso que se muestra en la figura 18, se habilitó la interrupción por transmisión y la interrupción por recepción. Con ayuda de las banderas que se habilitaron, se pudo verificar que efectivamente se generaron tramas de datos y que estas fueron recibidas satisfactoriamente como se puede ver en la figura 19. El caso de la solicitud de tramas de datos no es presentado, debido a que por medio de imágenes no es muy evidente la diferencia entre la solicitud de una trama de datos y el monitoreo de tramas generadas continuamente o de manera única.

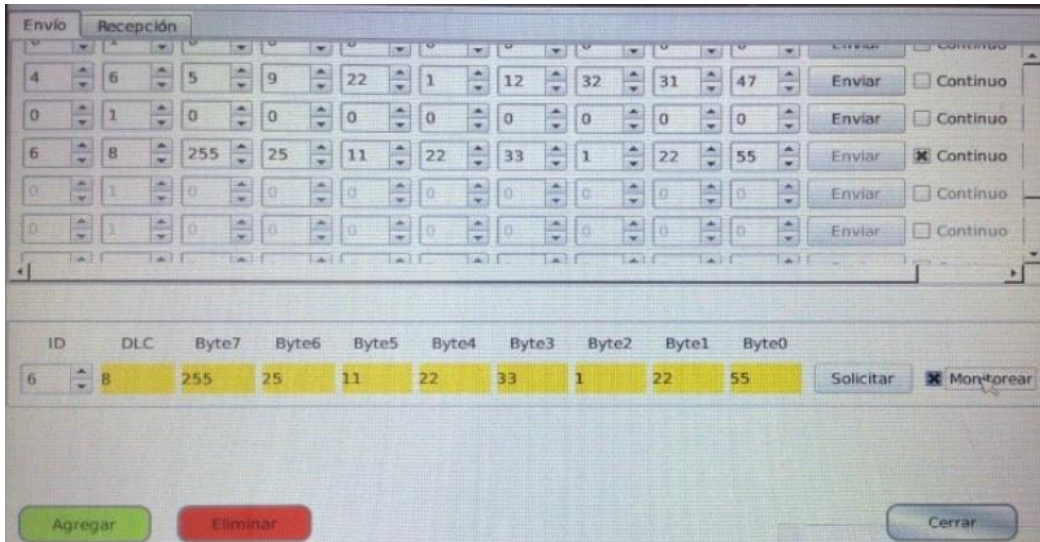


Figura 18 Ejemplo del envío y recepción de una trama de datos continua.

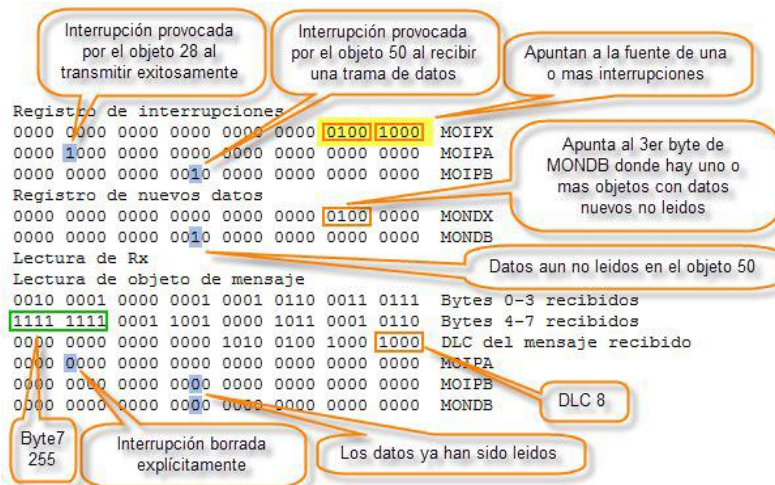


Figura 19 Ejemplo del monitoreo de registros en la recepción de una trama de datos.

4. Discusión

Gracias al modo de operación combinado del controlador CAN, y por medio de la verificación del estado de los registros del controlador, se logró probar con éxito la funcionalidad de la interfaz gráfica desarrollada. Por lo cual se pudo confirmar que se generaron tramas de datos, y es posible su monitoreo.

Si bien se logró probar la funcionalidad de la interfaz gráfica desarrollada, sería importante habilitar los pines del controlador CAN para conectarlos a un transceptor y hacer que el sistema de monitoreo interactúe con un bus real.

Para este artículo sólo se analizó la posibilidad de tener un sistema de monitoreo de tramas CAN, pero como se mencionó, además de controladores CAN el SoC utilizado posee controladores SPI, I2C y UART. Esto abre muchas posibilidades para el crecimiento del proyecto, ya que podría pensarse no sólo en un sistema de monitoreo para un protocolo, sino un sistema de monitoreo multiprotocolo. Sería necesario estudiar cada protocolo en particular, para agregar nuevos apartados a la interfaz gráfica dedicados a cada uno. La configuración de cada módulo en específico, representaría el aprender a utilizar los registros de configuración de cada módulo, pero con la ventaja de que ya se conoce el procedimiento que se debe seguir para ganar acceso a los registros de cualquier periférico del HPS.

El sistema propuesto podría ser de gran ayuda en el ámbito académico para el aprendizaje de protocolos de comunicación, ya que si lo comparamos con cualquier analizador comercial tiene la ventaja de que se puede monitorear el comportamiento de registros de configuración, un hecho que no es importante para un usuario normal, pero que es de vital importancia para el estudiante que desea comprender a fondo el funcionamiento de los dispositivos encargados de generar algún protocolo de comunicación.

En conclusión, es posible crecer el proyecto ya que el dispositivo elegido cuenta con los recursos necesarios para permitirlo, y aunado al hecho de que se adquirió experiencia en la configuración de periféricos del HPS y desarrollo de interfaces gráficas en Qt facilitaría la posibilidad de llevarlo a cabo.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Altera Coporation. (2016). Cyclone V Hard Processor System Technical Reference Manual: <https://goo.gl/SY1Wip>.
- [2] Lawrenz, W. (1997, 2013). CAN System Engineering: From theory to Practical Aplications. London: Springer-Verlag.
- [3] Ledesma, T., Coya, L. (2012). Herramientas de monitorización y análisis del tráfico de redes de datos. *Revista telem@tica*. Vol. 11. No. 2, p. 46-55.
- [4] Navet, N., Simonot-Lion, F. (2009). Automotive Embedded Systems Handbook. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

- [5] Di Natale, M., Zeng, H., Guisto, P., & Ghosal, A. (2012). *Understanding and Using the Controller Area Network Communication Protocol*. New York, USA: Springer.
- [6] Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadores*. Madrid, España: Pearson Educación, SA.
- [7] Terasic Technologies Inc. (2014). *Software Development Guide for touch-screen display*: <https://goo.gl/PKWuCD>.
- [8] Terasic Technologies Inc (2015). *SoCkit User Manual*: <https://goo.gl/Ccd7r2>.
- [9] Zhi, L. (2016). *Qt5 C++ GUI Programming Cookbook*. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd.

APLICACIÓN CLIENTE-SERVIDOR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE DETECCIÓN DE FRENTES TÉRMICOS EN IMÁGENES SUPERFICIAL DEL MAR

Cristian Horacio Moreno Chávez

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

cristian.moreno.chavez@gmail.com

Guillermo Martínez Flores

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

gmflores@ieee.org

Jesús Antonio Castro

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Paz

jcastro@itlp.edu.mx

Resumen

Los frentes térmicos constituyen una importante área de estudio en los ambientes marinos, ya sea desde el punto de vista de los procesos físicos que los originan o de las implicaciones que tienen para los organismos marinos. Estos frentes representan fronteras entre masas de agua con distintas características de temperatura o salinidad. Las condiciones que propician los frentes térmicos pueden ser importantes para generar regiones con alta productividad biológica. Por lo tanto, el estudio de su variabilidad espacial y temporal es importante para la caracterización de regiones marinas. El desarrollo de una plataforma web que implemente los algoritmos de detección de frentes facilitará a los usuarios la obtención de regiones de interés. Esto mediante la especificación del periodo y coordenadas de la región de interés, utilizando el protocolo y repositorio de OPeNDAP. Los datos obtenidos de esta forma son procesados con los algoritmos de Canny, Cayula-Cornillon y Crecimiento de Regiones. Como resultado se

generan los archivos tipo imagen (GeoTIFF) de la temperatura superficial del mar para la región y periodo de interés, así como matrices binarias 3D en las que se ubican los píxeles-frente en espacio y tiempo (coordenadas x,y,z). Es a partir de éstas últimas que se estima la persistencia en el tiempo de los frentes térmicos.

Palabra(s) Clave: Desarrollo web, Frente térmico, OPeNDAP, Temperatura superficial del mar.

Abstract

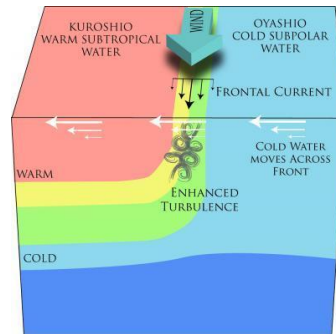
The Oceanic fronts are an important research topic in marine environments, from the point of view of the physics process that origin them or implications for marine organisms. Thermal fronts represent limits between water masses with different characteristics, such as temperature or salinity. The conditions that give rise thermal fronts can be important to generate regions with high biological productivity. Therefore, a study of their temporal and spatial variability is important for marine regions classification. The objective is to develop a web platform that implements fronts detection algorithms in order to facilitate the characterization of interest region for users. This through the specification of period and coordinates of interest, using the protocol and repository OPeNDAP. The data obtained of this form are processed with the Canny, Cayula and Region Growing algorithms. As result, a sequence of image files (GeoTIFF) is generated. These represent the sea surface temperature for the region and period of interest, as 3D array (x, y, z coordinates). Using this array, the thermal front persistence (in time) is computed.

Keywords: OPeNDAP, Sea surface temperature, Thermal fronts, Web platform.

1. Introducción

Los frentes térmicos se delimitan regiones estrechas, donde confluyen masas de agua con fuertes gradientes de temperatura y salinidad, como se muestra en la figura 1. Estos frentes pueden concentrar nutrientes en la zona fótica (región que capta mayor cantidad de luz para realizar la fotosíntesis), lo cual promueve la productividad primaria. Esto incide directamente en los organismos (desde plancton hasta grandes especies filtradoras) que concurren en estas regiones.

Ubicar los frentes térmicos es importante para la caracterización del ambiente marino, ya sea para establecer áreas de conservación o aprovechamiento, como una pesca dirigida.



Fuente: *phys.org*

Figura 1 Formación de un frente térmico.

Actualmente se encuentran disponibles herramientas informáticas que facilitan el acceso en línea a grandes volúmenes de datos en servidores dispuestos para tales fines. El servidor OPeNDAP proporciona acceso a archivos globales diarios de temperatura superficial del mar en formato NetCDF. Estos son el insumo para detectar y analizar los patrones de distribución de los frentes térmicos que presentan en este trabajo.

Los algoritmos utilizados en este trabajo tienen la función de detectar bordes en imágenes digitales. El funcionamiento consiste básicamente en comparar píxeles vecinos para evaluar la similitud entre estos (con base en un valor umbral definido por el usuario). La posición inicial del pixel a evaluar es designada aleatoriamente y dependiendo de la similitud entre píxeles, se determina el crecimiento de la región. Si la diferencia es menor o igual al umbral, los píxeles se asocian a una región común, y el proceso se repite hasta que no haya más píxeles similares que agregar, en cuyo caso se inicia el proceso en otra ubicación aleatoria. El proceso termina cuando no hay más píxeles que evaluar.

Se utilizaron los algoritmos de crecimiento de regiones [Olaya, 2016], así como los de Canny [Canny, 1986] y Cayula-Cornillon [Cayula, 1991]. Estos algoritmos se implementaron en una plataforma Web que un futuro pueda ser referencia como las ya conocidas Giovanni y ERDDAP.

Los algoritmos son implementados en lenguajes de programación de alto nivel: PHP y Javascript. Con ello se identifican la formación de los frentes térmicos, así como su duración (persistencia). Los procedimientos desarrollados pueden ser aplicados a cualquier región de interés delimitada por el usuario del sistema con un cuadrante en coordenadas geográficas (la cobertura de los datos es global).

2. Metodología

El sistema desarrollado se basa en el algoritmo de Crecimiento de Regiones [Olaya, 2016]. El proceso para obtener los datos en el citado trabajo es manual, por lo que consideramos conveniente automatizar el proceso de selección y obtención de las regiones de interés. De esta manera, el desarrollo de una plataforma que integre algoritmos de detección de borde automatizará la obtención de datos y su análisis.

La metodología del desarrollo de software está basada en el método de prototipo (actualmente se encuentra en la fase de verificación). La intención es que esta metodología sirva como base para que otros desarrolladores realicen las adaptaciones pertinentes al aplicarla en sus trabajos.

La aplicación de los algoritmos se implementa de manera automatizada en un servidor local. Para ello se utilizan las tecnologías de desarrollo Web tales como: PHP 5.2.1, HTML 5, CSS 3, MYSQL 5.027, Javascript y JQuery. La base de datos se diseña en MYSQL (figura 2). Se utilizan PHP y Javascript para el acceso a los datos en cada uno de los módulos del sistema, el diseño Web se desarrolla en HTML, JQuery y CSS. Con la integración de cada uno de los componentes obtenemos el sistema para la gestión de los frentes oceánicos.

La plataforma Web, como se muestra en la figura 3, se desarrolla con los módulos: usuarios, proyectos, obtención de datos, aplicación de los algoritmos (Cayula-Cornillon, Canny y Crecimiento de Regiones) y administración de la información.

Los módulos desarrollados realizan las siguientes tareas:

- Usuarios. La aplicación cliente- servidor permite crear usuarios, proyectos y obtener áreas de interés. Para poder utilizar el sistema se crea un usuario con un correo electrónico y se establece una contraseña para su acceso.

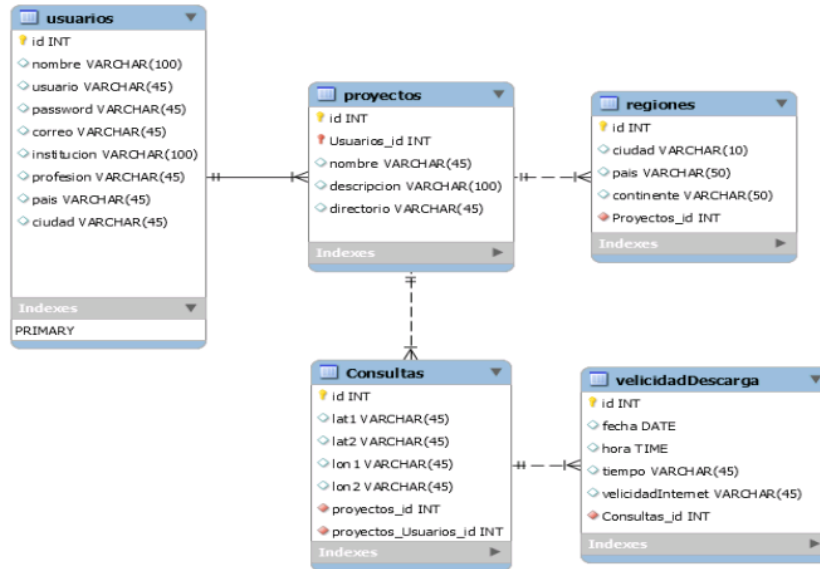


Figura 2 Diseño de la base de datos del sistema.

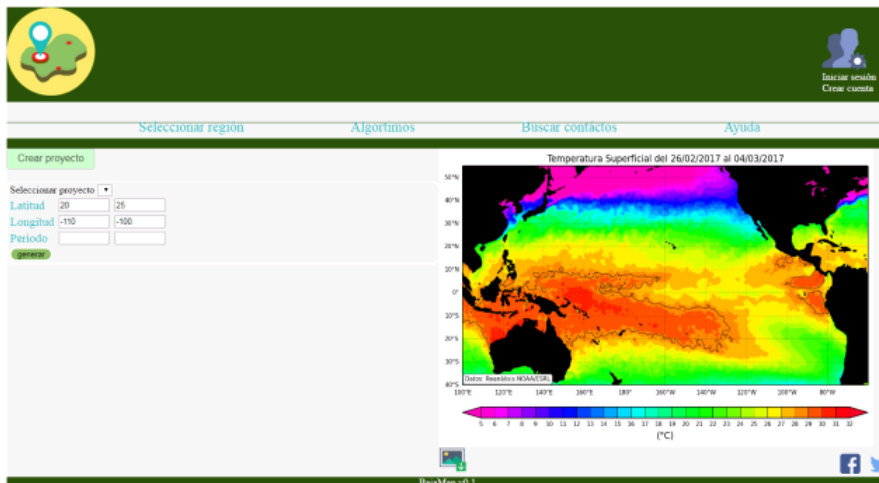
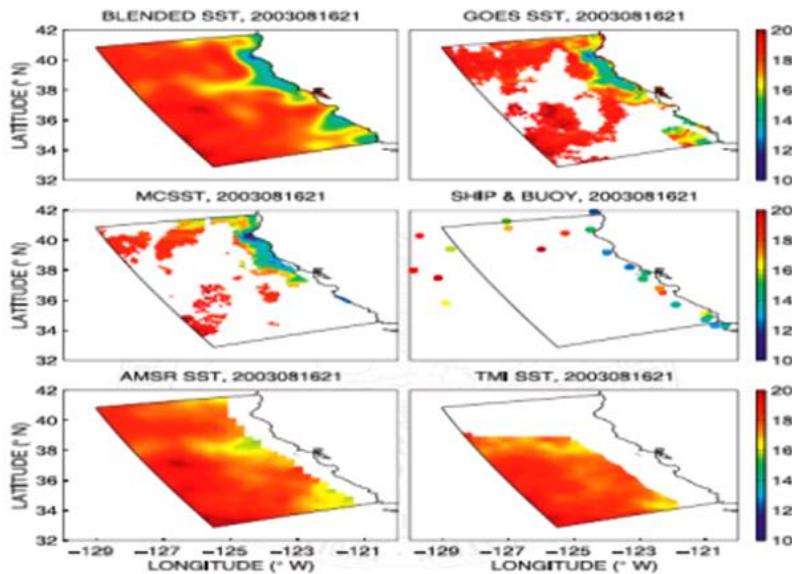


Figura 3 Interfaz de captura de coordenadas.

- Proyectos. El usuario puede crear proyectos y también utilizar proyectos de otros usuarios siempre y cuando estén con acceso público, el permitir el uso del proyecto da acceso a cada uno de los archivos almacenados, procesados y generados.
- Obtención de datos. Los datos se obtienen en el servidor OPeNDAP por medio de MATLAB de la librería NetCDF, la solicitud se realiza utilizando el protocolo HTTP, en la cadena de petición se envían algunos parámetros: fechas (periodo desde-hasta) y las coordenadas geográficas. Los datos

obtenidos son las imágenes de temperatura superficial del mar con su respectiva referencia geográfica (latitud y longitud) que se solicitó del área global. El servidor OPeNDAP permite mediante el protocolo HTTP recibir peticiones para poder obtener los datos de temperatura en un área región específica, evitando así la descarga de datos globales.

Se desarrolló el script que envía la petición al servidor OPeNDAP, por medio de su API se solicitan los archivos del periodo y cobertura (límites de latitud y longitud, así como rango de fechas) de interés. Los archivos descargados son datos de temperatura superficial del mar (G1SST), sin cobertura de nubes de 1 km de resolución espacial [Chao et al., 2009] y están disponibles en el sitio del servidor de OPeNDAP. En la figura 4 se muestra los datos de sensores remotos, boyas y datos in situ utilizados por Chao et al. [2009] para obtener las imágenes G1SST.



Fuente: Chao et al., 2009

Figura 4 Insumos para la generación de imágenes G1SST

Los archivos G1SST están almacenados cronológicamente en formato NetCDF a partir del 9 de junio de 2010. Por ser de cobertura global, la obtención de datos se realiza en áreas de interés (sub-imágenes de la cobertura). La cobertura temporal (número de imágenes diarias

consecutivas) se almacena en la tercera dimensión del arreglo de imágenes, como se muestra en la figura 5.



Figura 5 Proceso para obtener arreglo de datos en tres dimensiones.

- Aplicación de algoritmos. Los datos que inicialmente fueron obtenidos por medio de una petición a OPeNDAP y almacenados en el proyecto del usuario están disponibles para su procesamiento con los algoritmos seleccionados en el presente trabajo. La plataforma web muestra en forma de lista los algoritmos que se aplicarán a los datos obtenidos de la región de interés. La implementación da como salidas los archivos GeoTIFF, donde se observan las formaciones de frentes en cada uno de los días del periodo de datos introducidos. Los datos de salida son binarios, como se muestra en la figura 6. Con la sumatoria de todos los archivos binarios diarios se obtiene la persistencia en el tiempo de los frentes térmicos.

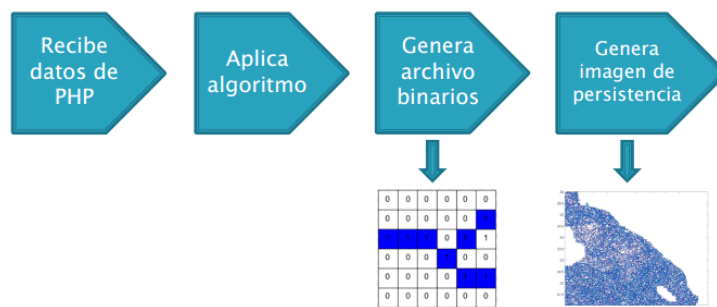


Figura 6 Datos binarios y persistencia de frentes obtenidos con los algoritmos

3. Resultados

Con la solicitud de los datos de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en un periodo y región, mediante una plataforma Web vinculada con Matlab y

OPEnDAP, estos se procesaron con los algoritmos de Cayula-Cornillon, Canny y Crecimiento de Regiones. La plataforma Web se ha desarrollado, como se muestra en la figura 7, con los lenguajes de programación PHP y Javascript, que en conjunto con la estructura de etiquetado HTML, CSS y el framework JQuery han permitido desarrollar cada módulo de la plataforma. Los módulos tienen una tarea específica dentro del sistema, contando con tres importantes: Alta de usuarios, creación de proyectos y administración de la información. El primero nos permite la creación de los usuarios que podrán realizar peticiones dentro de la plataforma y obtener información de otros proyectos, para la creación de un usuario es necesario contar con un correo electrónico y utilizar una contraseña, también, es importante otros datos para el manejo de datos estadísticos de uso.

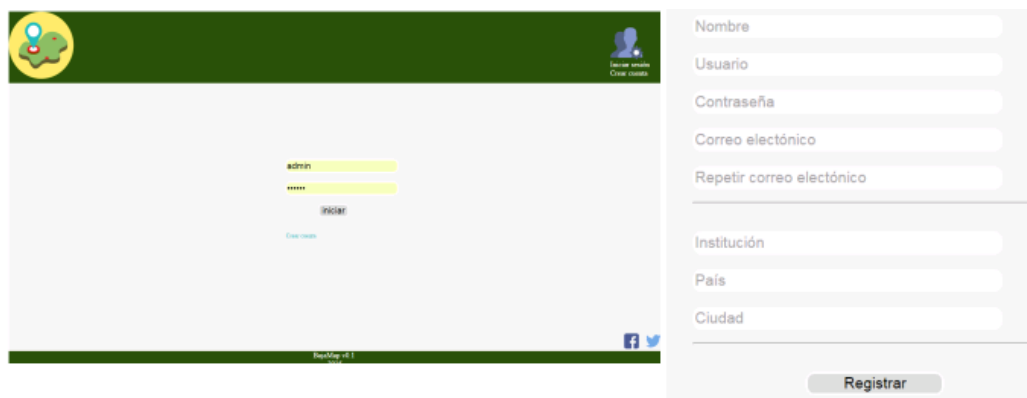


Figura 7 Página de inicio de sesión del sistema.

En el módulo creación de proyectos el usuario indica las coordenadas de las regiones de interés de la cual se solicitan las peticiones al servidor para la descarga de datos de TSM. Los datos se almacenan en el perfil del usuario para la aplicación de los algoritmos de detección de bordes. La ejecución de los algoritmos tiene como salida las imágenes de persistencia (GeoTIFF), como se muestra en la figura 8, así como la secuencia de imágenes 3D (archivos.mat) en los periodos y coordenadas definidos por el usuario.

Por último, el módulo de administración de información permite al usuario acceder a los perfiles de los otros usuarios para la consulta de las áreas de interés y proyectos generados. La intención es restringir la duplicidad de los datos ya

solicitados por otro usuario, lo cual tiene como finalidad propiciar el trabajo colaborativo.

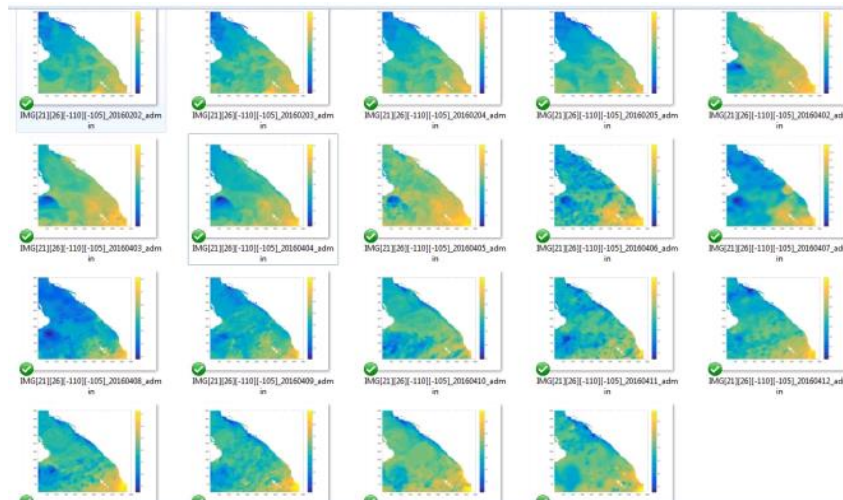


Figura 8 TSM del periodo mayo 2016 del Golfo de California (archivos generados .TIFF).

La plataforma Web desarrollada está en fase final y de momento se encuentra en un servidor local. El sistema se desarrolla para computadoras de escritorio, pero se tiene contemplado en otra versión implementar el diseño responsivo o responsive design para su ejecución en múltiples dispositivos. La adaptación a múltiples dispositivos se desarrollará con la tecnología de CSS.

4. Discusión

Los sistemas de consultas de imágenes satelitales han tenido un auge en los últimos años, los grandes avances tecnológicos han permitido la obtención cada vez más precisa de información, sistemas Web como ERDDAP y GIOVANNI son unas de las principales referencias en los trabajos de escala global. Ambos establecen conexión con repositorios de distintos tipos de imágenes y servidores, por ejemplo, ERDDAP realiza las peticiones con OPEndAP, WCS, SOS, OBIS, entre otros, obteniendo como petición archivos CSV, ESRI, KML, etc. Tales datos pueden ser procesados por Sistemas de Información Geográfica.

La ventaja de contar con una plataforma que permita aplicar algoritmos a diferentes regiones marinas en todo el mundo ofrece ventajas de portabilidad, la

implementación web no limita a los usuarios su uso. También al ser consultada y alimentada por usuarios registrados en el sistema, este va generando un repositorio de datos para cualquier usuario o institución. Se puede mencionar como una gran oportunidad de trabajo futuro que la mayoría de las tecnologías utilizadas son software libre, lo que posibilita añadir otras herramientas con licencia GPL.

El sistema actual busca lograr un desarrollo como las plataformas antes mencionadas, usando en primera instancia el servidor OPeNDAP en la obtención de datos, a los cuales se aplican algoritmos de detección de frentes térmicos. Un punto importante que se tiene en la visión de la plataforma es el acceso por medio de cuenta de usuario, dicha cuenta permitirá la creación de proyectos que tienen la posibilidad de ser públicos, así, las regiones de interés pueden estar a disposición de cualquier usuario.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Chao, Y. & Li, Z. (2009, julio) Blending SST from Multiple Satellites and In Situ Observations for Coastal Oceans. *Journal of atmospheric and oceanic technology*. 26 (1), 1415-1426.
- [2] Cayula, J. F., and Cornillon, P. (1991, junio). Edge detection algorithm for SST images. *Journal of atmospheric and oceanic technology*. 9(1). 67-80.
- [3] Holyer, R and Peckinpaugh, S. (1989, enero) Edge detection applied to satellite imagery of oceans. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*. 27(1). 46-56
- [4] Olaya, F. (2016). Persistencia de frentes oceánicos en el golfo de california mediante percepción remota. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional [IPN]. México: <https://goo.gl/BiEaBx>.
- [5] UW Applied Physics Laboratory (2011). Cold heavy water carried over warm lighter water at the Kurioshi front causes energetic turbulence as the top-heavy water seeks equilibrium: <https://phys.org/news/2011-04-theory-ocean-front-energetic-contributor.html>.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE JUEGOS DIDÁCTICOS DEL CENTRO DE AUTO-APRENDIZAJE DIRIGIDO DE IDIOMAS

Walter Alejandro Moreno Ramírez

Universidad de Guanajuato
wa.morenoramirez@ugto.mx

Alfredo González Gaviña

Universidad de Guanajuato
a.gonzalezgavina@ugto.mx

María Susana Ávila García

Universidad de Guanajuato
susana.avila@ugto.mx

Luis Enrique Pérez Rodríguez

Universidad de Guanajuato
le.perezrodriguez@ugto.mx

María Isabel Vázquez De La Rosa

Universidad de Guanajuato
mi.vazquez@ugto.mx

Resumen

El Departamento de Estudios Multidisciplinarios de la Universidad de Guanajuato en la sede de Yuriria (DEM), cuenta con un Centro de Auto-Aprendizaje Dirigido de Inglés (CAADI) donde el estudiante puede mejorar las habilidades de lectura, escritura y comprensión auditiva de una lengua extranjera, primordialmente inglés, de manera autónoma. El CAADI cuenta con diversos materiales, entre los que se encuentran los juegos didácticos diseñados por

estudiantes de la Licenciatura en la Enseñanza del Inglés (LEI), para desarrollar aspectos específicos de cada una de estas habilidades. Sin embargo, el uso de estos juegos no ha sido tan difundido en las clases de Inglés impartidas en la Sede. En este trabajo, se reporta el proceso de ingeniería de software de un sistema de información capaz de administrar el inventario y préstamo de juegos didácticos. El sistema se ha puesto en operación en el CAADI y se encuentra en evaluación, se espera que este trabajo impacte de manera positiva en la administración de los recursos del CAADI y en promover su uso.

Palabra(s) Clave: CAADI, Enseñanza de idiomas, Juegos educativos, Scrum.

Abstract

The Department of Multidisciplinary Studies at the University of Guanajuato at Yuriria (DEM) has a Self-Access Language Learning Centre (CAADI) where a student can improve autonomously reading, writing, and listening skills in a foreign language, primarily English. CAADI has several materials, including didactic games designed by students of the English Teaching Degree (ETD), to develop specific aspects of each of these skills. However, the use of these games has not been so widespread in English classes taught at the Institution. In this paper, we report the software engineering process of an information system designed for managing the inventory and loan of didactic games. The system has been release to a production stage at CAADI and its evaluation is in progress. It is expected that this work will impact positively into the management activities of CAADI resources and will help to disseminate their use.

Keywords: CAADI, Educational Games, Learning Centre, Scrum.

1. Introducción

"Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para un fin común, para todos los sistemas de información es crucial llevar un manejo de los datos que fluyen a través del mismo, esto con el fin de siempre mantener la información disponible para los objetivos de las organizaciones." [INCAP, s.f.]. Los elementos que forman parte de un sistema de información son

los sistemas de cómputo que sirven como clientes (computadoras que solicitan información al servidor) o servidores (proporcionan la información realizada como solicitudes por parte del cliente), el software para poder hacer la transferencia de información y mostrarla, las telecomunicaciones y, los procedimientos y reglas de operación. El Departamento de Estudios Multidisciplinario de Yuriria (DEM Yuriria) cuenta con un Centro de Auto-Aprendizaje Dirigido de Idiomas (CAADI), el cual ofrece una gran cantidad de material para practicar y mejorar el idioma inglés como un segundo idioma el cual incluye: hojas de trabajo, audios, vídeos, sala de conversación, libros revistas y juegos. Este servicio está disponible para todos los alumnos del DEM Yuriria, además de ser uno de los elementos en los criterios de evaluación para algunos profesores. El centro cuenta con un Sistema de Registro de Asistencia al centro desarrollado en MeteorJS y con un manejador de base de datos en MongoDB como se reporta en [Ramírez *et al.*, 2016].

El CAADI en colaboración con los alumnos de LEI han elaborado material didáctico, entre los que se encuentran una serie de juegos didácticos con distintas dinámicas y con potencial para ayudar a los alumnos a mejorar sus habilidades en el idioma inglés, sin embargo, a este material no se le ha dado la tanta difusión por lo que su uso es limitado.

El objetivo de este proyecto es crear un sistema de información que apoye en la administración del material de juegos didácticos de tal manera que la información de los mismos se encuentre disponible para los usuarios del CAADI. Además de difundir y promover, en la medida de lo posible, el uso de juegos didácticos para el aprendizaje y mejoramiento de las habilidades en el idioma inglés como apoyo para las clases.

2. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se realizaron una serie de etapas que a continuación se explican a detalle:

- a) Investigación y documentación del contexto del problema.** Para comprender mejor la problemática que se presentaba acerca del uso de material didáctico presente dentro del CAADI, se realizó un análisis del

proceso de trabajo en el CAADI y en la creación de este material como parte de las clases de LEI. Además, se aplicaron entrevistas y encuestas dirigidas tanto a profesores como a estudiantes, con la finalidad de recabar datos acerca de la aceptación y la efectividad que supondría el uso de juegos didácticos dentro de las clases normales de inglés:

- ✓ **Análisis de la administración de juegos en el CAADI.** En la actualidad, los juegos disponibles en el CAADI del DEM Yuriria se encuentran almacenados en un cuarto dentro del mismo CAADI. Al permanecer en este sitio es difícil que puedan ser visualizados por profesores y alumnos, lo que conlleva a que su difusión no sea de la manera más eficiente posible. Con anterioridad se había hecho un pequeño inventario de todos los juegos creados hasta ese momento, el objetivo del inventario era de tener un registro de todos los juegos creados, sus características y para que habilidades habían sido desarrollados. Lamentablemente este inventario está almacenado con los juegos sin que los profesores de inglés lo tengan a su disposición. En el caso que un profesor necesite un juego para su clase, el mismo profesor debe ir a CAADI y buscar un juego que se adapte al tema y vocabularios que usará, de no existir un juego con esas características puede tomar uno y adaptarlo o no usarlo en su clase. Este proceso de búsqueda y selección es poco eficiente, debido al tiempo que el profesor debe invertir para buscar un juego y, de ser necesario, adecuarlo a su clase.
- ✓ **Creación de juegos didácticos en el DEM Yuriria.** La creación de los juegos didácticos es una colaboración entre los alumnos de la Licenciatura de LEI y el CAADI. Los alumnos de LEI, como parte de su formación académica, cursan una materia de nombre "Creación de material didáctico" en la cual su profesor, como parte de la rúbrica de evaluación de la materia, les asigna una actividad de una habilidad en específico y con unos lineamientos establecidos para que los mismos alumnos desarrollen el material de apoyo. El material

que se elabora en dicha clase, el cual incluye hojas de trabajo y juegos didácticos, es donado al CAADI al final del ciclo escolar para su uso por los alumnos y para los profesores como complemento de sus clases. Debido a que el material creado es parte de la calificación de los alumnos de LEI, el administrador del centro no lleva estadística sobre cuál material y de qué tipo es el que más se utiliza, por lo que este trabajo tiene como propuesta el asistir en esta tarea.

- ✓ **Juegos didácticos como material de soporte en clases en el DEM Yuriria.** La recolección de datos sobre este tema fue realizada por medio de encuestas a los estudiantes y entrevistas a los profesores.
- ✓ **Encuestas a estudiantes.** Las encuestas se realizaron utilizando la plataforma Google Forms, donde se plantearon un total de 12 preguntas como se lista a continuación:
 - ¿Actualmente cursas inglés?
 - ¿Cuál es tu horario de inglés?
 - ¿Cuál es tu nivel de inglés?
 - ¿Has usado algún tipo de juego didáctico para mejorar tu nivel de inglés?
 - ¿Cuáles?
 - ¿Crees que usar juegos didácticos puede mejorar tu nivel de inglés?
 - ¿Por qué?
 - ¿Qué tipo de juegos didácticos te gustaría jugar?
 - ¿Has usado algún tipo de juego didáctico con algún profesor de inglés?
 - ¿Cuáles?
 - ¿Qué crees que puedes aprender o mejorar usando los juegos didácticos?

- ¿En qué habilidades o temas de inglés crees que te podría ayudar un juego didáctico?

Las preguntas realizadas fueron enfocadas al uso de diferentes materiales para complementar su aprendizaje en clase, más específicamente juegos didácticos; en particular se hizo énfasis en la disponibilidad del estudiante para aceptar estos juegos como complemento de su clase y en cuáles habilidades o temas de inglés podría apoyararlos con un material de este tipo. Además, con la finalidad de obtener una estimación del número de estudiantes que cursaron, en ese momento, algún nivel de inglés, qué nivel y los horarios.

La encuesta fue respondida por 35 estudiantes. La figura 1 muestra el resultado de algunas de las preguntas más significativas de la encuesta realizada a estudiantes donde se puede observar que un 88.2% de los encuestados cursaron un nivel de inglés en horarios de 2:00 pm a 4:00 pm, esto es importante ya que la hora en que se imparte las clases de inglés afecta mucho en el desempeño del alumno ya que es posible que se encuentre cansado, estresado o desanimado por las otras clases que tuvo a lo largo del día.

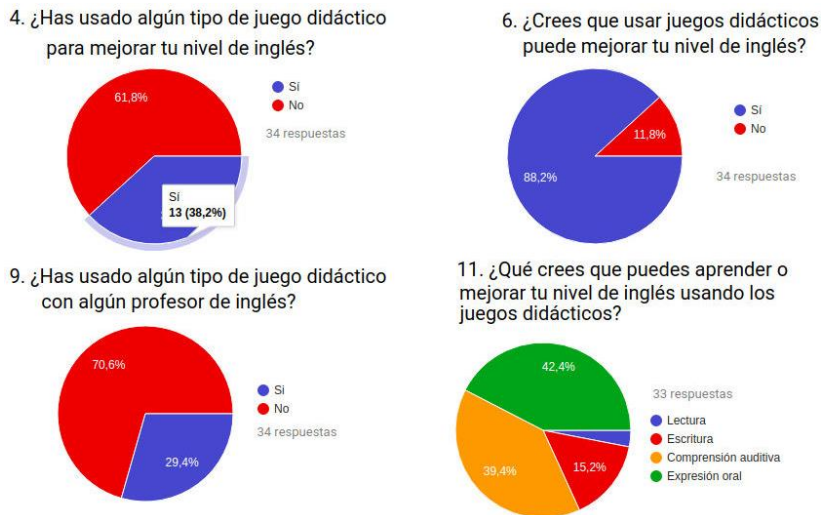


Figura 1 Estadísticas de las preguntas relevantes del levantamiento inicial.

✓ **Entrevistas a profesores.** Entrevistas estructuradas fueron realizadas a los profesores que imparten los diferentes niveles de inglés, así como a la coordinadora de la Licenciatura en Enseñanza del Inglés. Las preguntas realizadas a los profesores fueron:

- ¿Qué juegos usan?
- ¿Con qué grupos utilizan los juegos de CAADI (nivel de inglés)?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que, con su experiencia, podría mencionar sobre usar los juegos de CAADI en sus clases?
- ¿Con qué frecuencia utilizan los juegos de CAADI?
- Desde su punto de vista, utilizar juegos como apoyo didáctico ¿puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes?
- ¿Conoce todos los juegos que están en existencia dentro de CAADI?
- ¿Por qué podría no utilizarlos en su mayoría?
- Cuando pide prestado un juego, aproximadamente ¿cuánto tiempo le dedica en su clase?
- ¿Utiliza algún otro juego que no pertenezca al CAADI?

Se entrevistaron dos profesores y los resultados obtenidos indican que los juegos que se utilizan como material de apoyo son: memoramas y loterías, que en su mayoría son utilizados en los niveles iniciales como son 1A, 1B y 2A, se utilizan poco en niveles intermedios como 2B, 3A y no se utilizan en los niveles avanzados debido a que no existen materiales que contengan el vocabulario necesario para estos niveles. Pero este uso es frecuente y sólo se utilizan por un promedio de 20 minutos, ya que los profesores deben preparar con anterioridad sus clases y poder buscar los juegos que se adapten para utilizarlos, además de que el tiempo debe ser

limitado para que no se pierda el orden de la clase ni el objetivo del juego.

Otro punto importante es que una gran mayoría de los profesores no conocen cuáles juegos están disponibles en CAADI.

Con los resultados de las encuestas y entrevistas se pudo concluir de manera positiva que el desarrollo del proyecto es viable, ya que se le debe dar difusión al material creado por y para los alumnos, además los beneficios que tienen los alumnos con el uso de estos juegos didácticos.

b) Desarrollo de proyecto de software (métodos y herramientas). Para el desarrollo de este trabajo se siguió la metodología ágil Scrum. Esta metodología nos permitió tener un mejor acercamiento con el cliente, además de darnos una mayor facilidad de adaptación y aceptación de los nuevos requerimientos por parte del mismo y de poder desarrollar de manera incremental el sistema.

La definición de herramientas fue realizada considerando dos aspectos fundamentales: 1) la experiencia del equipo de desarrollo y 2) garantizar un desarrollo sustentable. El conjunto de herramientas de desarrollo seleccionadas fueron:

- ✓ Java Enterprise Edition (Java EE), HTML, JavaScript, y CSS.
- ✓ MySQL como manejador de base de datos ya que ofrece las funcionalidades necesarias para el manejo de los datos de la aplicación y existe un conector para poder utilizarse con Java EE.
- ✓ Git, GitHub, y GitKraken como herramientas en el desarrollo distribuido, control de versiones, repositorio y manejador de ramificación.
- ✓ Meister Task, para la administración del proyecto y adaptándola para seguir la metodología Scrum y todo el desarrollo del proyecto.

El desarrollo siguió los lineamientos que establece el patrón de desarrollo Modelo Vista Controlador (MVC) permitiendo así la división y asignación de

tareas para los integrantes del equipo de desarrollo. Con esto, cada integrante pudo dedicarse solamente a una capa del modelo MVC, lo que dio agilidad al desarrollo y autonomía para cada desarrollador.

c) Análisis y diseño. Durante la etapa de diseño del sistema, se analizó la interacción de todas las personas involucradas en el funcionamiento del CAADI. Se desarrollaron diagramas de casos de uso, estos diagramas ilustran esta interacción y que pueden modelar cada una de las posibles acciones que los involucrados en el CAADI pudieran realizar con el sistema, mostrando la relación entre el "Actor" (usuario involucrado) y el sistema de información. La figura 2 muestra los diagramas obtenidos.

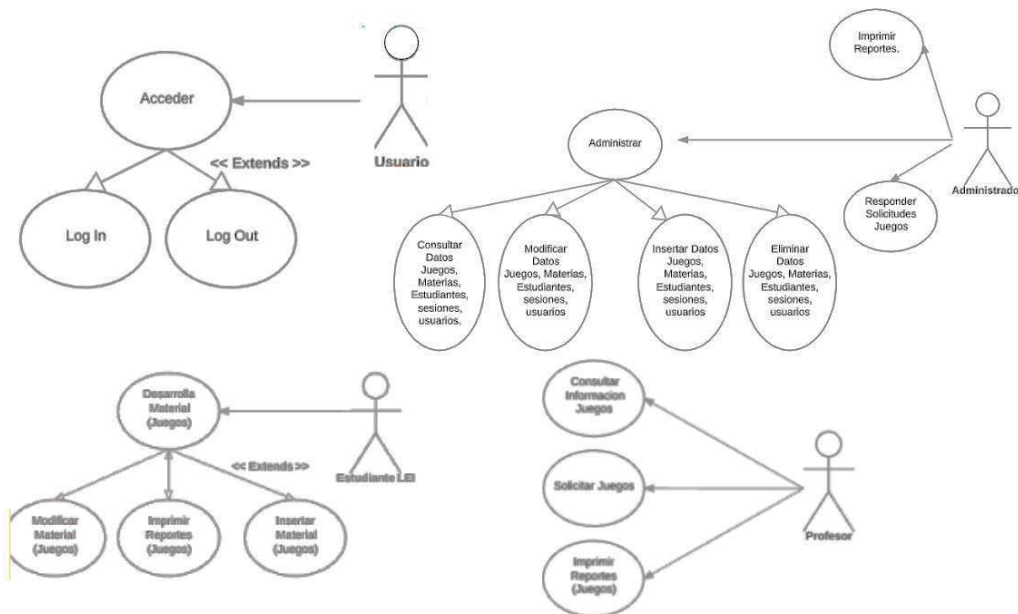


Figura 2 Diagramas de casos de uso, para los distintos Roles.

Se definieron tres actores principales, cada actor representa uno de los posibles roles que pueden llegar a tener los involucrados en el CAADI. Se debe notar que los tres actores principales descienden de un actor superior o abstracto. Esto indica que todos los actores tendrán algunas interacciones en común. A continuación, se explica cada uno de los actores:

- ✓ Administrador. El actor con más interacciones. Es el encargado de administrar los datos del sistema de información, tiene la facultad

para eliminar, insertar o modificar datos, así como para aceptar o rechazar solicitudes de préstamos de juegos. Puede existir una cantidad indefinida de administradores.

- ✓ Estudiantes de LEI. El segundo más importante actor del sistema. Representa a los estudiantes de LEI quienes se encargan de crear algunos de los contenidos (juegos) del CAADI. Estos actores únicamente pueden agregar, consultar o modificar los datos que agregan al sistema de información, en ningún momento puede eliminar ningún registro de la base de datos. Su privilegio es inferior al de los administradores.
- ✓ Profesores. El segundo actor con menos privilegios e interacciones el sistema. Representan tanto a los profesores de inglés como a los profesores de LEI. Estos actores únicamente pueden realizar peticiones de préstamos de juegos y consultar las estadísticas de uso de los mismos para realizar evaluaciones de los alumnos de LEI. Únicamente pueden consultar la información generada por el sistema y sus peticiones de juegos deben ser revisadas por un administrador.

El siguiente paso en el diseño era definir métodos para almacenar los datos antiguos, actuales y nuevos, en este paso se definieron herramientas y modelos lógicos que permitieran acceder a estos datos almacenados y que pudieran garantizar su seguridad e integridad a lo largo del tiempo. Se decidió emplear una base de datos relacional para satisfacer estas necesidades y basándonos en los resultados de las encuestas aplicadas, así como de varias sesiones de trabajo se creó el Diagrama Entidad-Relación de la figura 3.

- d) Sesiones de desarrollo y codificación "Sprints".** La metodología para desarrollar la aplicación fue Scrum, esta metodología está diseñada para proyectos ágiles que se aplica de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. En Scrum se realizan entregas parciales y

regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Por eso, Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados de manera relativamente rápida, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

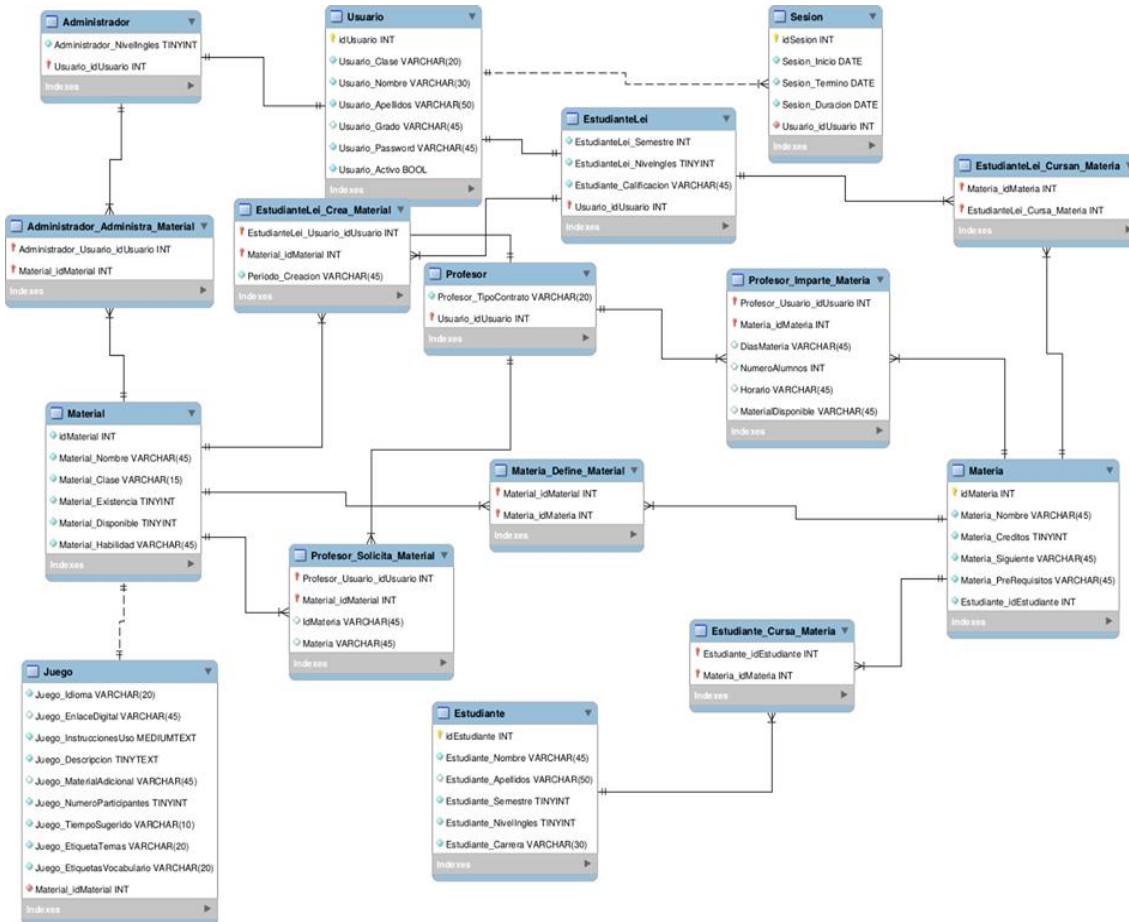


Figura 3 Diagrama Entidad-Relación del sistema.

"Cuando se desarrolla bajo la metodología Scrum, un proyecto se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (iteraciones o Sprint que normalmente son de dos semanas, aunque en algunos equipos son de tres y hasta cuatro semanas, límite máximo de feedback y reflexión). Cada iteración, denominada Sprint, tiene que proporcionar un resultado completo, un

incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite" [Proyectos Ágiles, s.f.].

Durante cada Sprint se realizan reuniones diarias de 15 minutos denominadas Scrum Daily Meeting, las cuales sirven para resolver dudas y, en general, para conocer el estado de desarrollo del proyecto, figura 4.

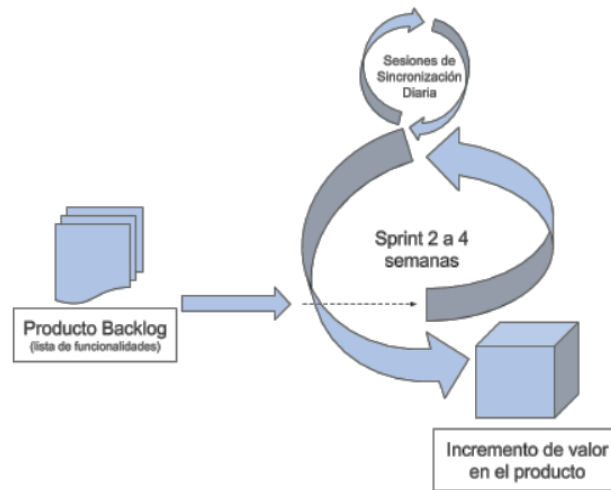


Figura 4 Modelo de trabajo de la metodología Scrum.

Los roles que propone la metodología Scrum son [Proyectos Ágiles, s.f.]:

- ✓ Scrum Master: Persona que guía al equipo para que cumpla las reglas y procesos de la metodología. Gestiona la reducción de impedimentos del proyecto y trabaja con el Product Owner para maximizar el ROI.
- ✓ Product owner (PO): Representante de los accionistas y clientes que usan el software. Se localiza en la parte de negocio y es el responsable de entregar un valor superior al dinero invertido. Traslada la visión del proyecto equipo, formaliza las prestaciones en historias a incorporar en el Product Backlog y las re-prioriza de forma regular.
- ✓ Team: Grupo de profesionales con los conocimientos técnicos necesarios y que desarrollan el proyecto de manera conjunta llevando a cabo las historias a las que se comprometen al inicio de cada Sprint.

Estos roles fueron asignados a los integrantes del equipo de desarrollo de manera rotativa, esto quiere decir que todos los integrantes del equipo tomaron, al menos una vez, cada uno de los roles de la metodología Scrum. Además, en el desarrollo del proyecto se tuvo el rol de Administrador de Proyecto el cual no tuvo cambios durante la ejecución del mismo.

El desarrollo de este proyecto se realizó como parte de las actividades de la materia de Ingeniería de Software por alumnos de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. Por lo que no se contó con un desarrollo dedicado de tiempo completo al mismo y no se contó con un espacio fijo de desarrollo. Los medios de comunicación para la realización de cada Scrum Meeting fueron alternando comunicación por chat y reuniones presenciales, en momentos libres del equipo de desarrollo y se realizaron en aulas disponibles del DEM Yuriria.

Cada Sprint que se programó se proporcionó al cliente una versión funcional del sistema, para ello, se realizaron un total de cinco Sprints para terminar el desarrollo de la aplicación que a continuación se detallan:

- ✓ Sprint 1. Se desarrolló del 27 al 31 de Marzo y los objetivos fueron:
 - Definición, instalación y configuración del entorno de desarrollo (repositorios, lenguajes SGBD)
 - Creación de la vista de "Log In" usando HTML/CSS y JSP.
 - Definir la primer versión de la base de datos del proyecto, a partir de los diagramas Entidad-Relación

Este Sprint sirvió como base para permitir a los miembros del equipo de desarrollo familiarizarse con el entorno de desarrollo, ya que algunos miembros no contaban con la experiencia previa en el uso de Java EE. El resultado se muestra en la figura 5.

- ✓ Sprint 2. Se desarrolló del 3 al 7 de abril y los objetivos fueron:
 - Generación de diseños para la interfaz web usando los diagramas de uso.

- Creación de roles de usuario en la base de datos, a partir de los diagramas de casos de uso.

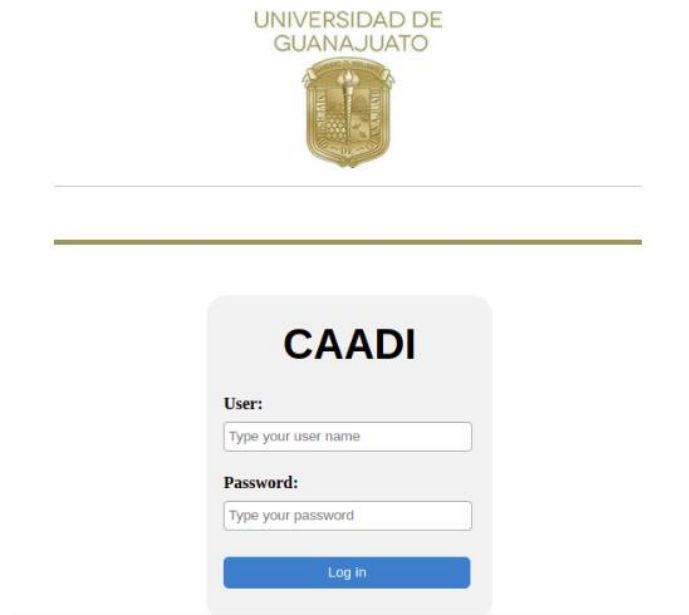


Figura 5 Funcionalidad más significativa del Sprint 1.

- Creación de interfaz web en HTML/CSS a partir de los diseños generados anteriormente.
- Identificación de elementos comunes en las páginas web creadas. Guardar elementos comunes en páginas JSP/HTML.
- Reportar actividad a través de MeisterTask
- Explicación, uso e implementación del concepto de "templating" por inclusión de archivos.

Este sprint permitió al equipo de desarrollo conocer más a detalle el entorno de desarrollo de Java EE. Fue el primer Sprint donde se integró MesterTask como administrador de proyecto. El resultado se muestra en la figura 6.

- ✓ Sprint 3. Se desarrolló del 28 de Abril al 10 de Mayo y los objetivos fueron:
 - Crear las funciones CRUD para el administrador.

- Aplicar el patrón MVC para las funcionalidades CRUD en administrador.

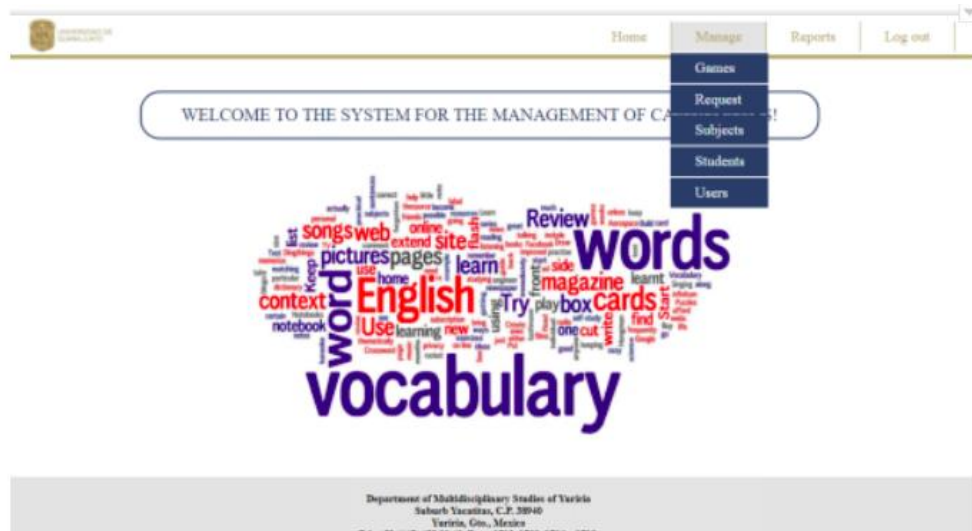


Figura 6 Funcionalidad más significativa del Sprint 2.

- Crear el controlador y objetos para manejar cada estructura de datos. Se revisa la estructura del proyecto y se renombran archivos para seguir la convención establecida.
- Generación de un estándar para la documentación del código, con las características de más importancia.
- Crear vistas para insertar, editar y eliminar.

En este sprint se agregaron funcionalidades más enfocadas al usuario estudiantes, así como agregar funcionalidades al administrador. El resultado se muestra en la figura 7.

- ✓ Sprint 4. Se desarrolló del 10 al 23 de Mayo y los objetivos fueron:
 - Creación de las funcionalidades que permiten al usuario estudiante agregar y modificar un juego.
 - Modificar la base de datos para agregar una columna donde se pueda identificar el alumno que creó y agregó el juego.
 - Agregar un estilo al listado de juegos.

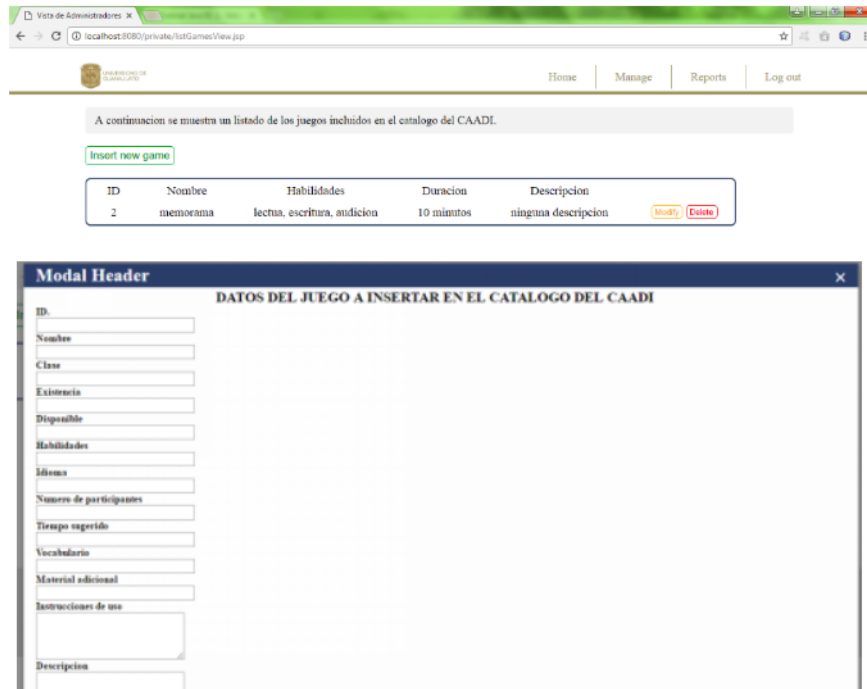


Figura 7 Funcionalidad más significativa del Sprint 3.

Se agregaron funcionalidades más enfocadas al usuario estudiantes. El resultado se muestra en la figura 8.

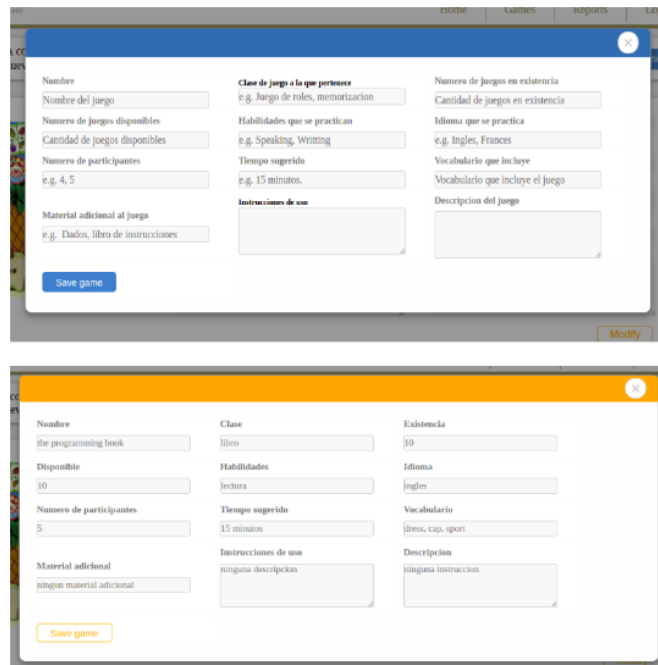


Figura 8 Funcionalidad más significativa del Sprint 4.

✓ Sprint 5. Se desarrolló del 29 de Mayo al 7 de Junio y los objetivos fueron:

- Creación de la funcionalidad que permita a un profesor solicitar el préstamo de juegos en la base de datos del sistema.
- Creación de la funcionalidad que permita a un usuario (administrador) aceptar o rechazar una solicitud de préstamos de juegos.
- Definición de flujo para solicitar y responder a una petición de uso de juego didáctico.
- Modificación de la base de datos para dar soporte a las solicitudes de juegos. Implementación de pruebas de unidad usando JUnit.
- Realizar documentación del proyecto.

El resultado se muestra en la figura 9.

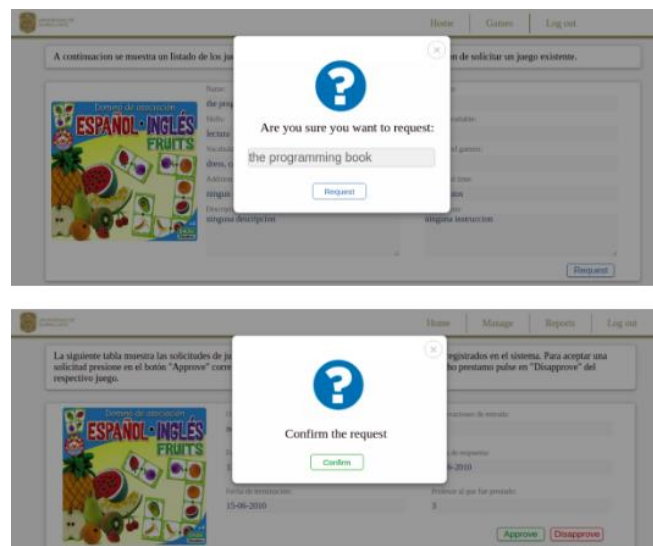


Figura 9 Funcionalidad más significativa del Sprint 5.

3. Resultados

En este trabajo se presentó el proceso de desarrollo de software de un sistema de información para asistir la administración de juegos didácticos en el CAADI. Se

hizo un análisis inicial de la viabilidad del sistema y su posible impacto para la institución, los estudiantes, profesores y administradores, usando diferentes instrumentos como encuestas, entrevistas, etc.

El sistema fue diseñado para asistir a usuarios con tres roles diferentes:

- Los estudiantes de LEI, que son los creadores y editores de los juegos.
- Los profesores de inglés en el DEM, que son los usuarios que pueden solicitar el préstamo de los juegos.
- El administrador, quien es el encargado de autorizar los préstamos y administrar el material.

El tiempo de desarrollo de este proyecto fue de 10 semanas, con disponibilidad restringida por parte de los desarrolladores debido a compromisos con otros cursos. El desarrollo del proyecto concluyó de manera satisfactoria y, una vez terminado se procedió a instalarlo en CAADI el cual se mantiene en un estado de evaluación en cuanto a su funcionalidad y la usabilidad que le den los usuarios. Se tiene un product log con requerimientos e historias de usuario que no se han implementado, y que quedarán como trabajo futuro para otros proyectos.

4. Discusión

En este trabajo se reporta el desarrollo un sistema de información multiusuario capaz de agregar, modificar y eliminar un juego, además de poder visualizar el catálogo completo de los mismos. También tiene la opción para que un profesor pueda hacer una solicitud de un juego, utilizarlos y marcar en el sistema como devuelto. Además, se proporciona una retroalimentación con respecto al proceso de ingeniería de software y la metodología implementada. El sistema se encuentra en funcionamiento y evaluación en el CAADI. El uso del sistema de información a largo plazo asistirá a la creación de estadísticas de uso lo que permitirá mejorar el sistema, dar una mejor funcionalidad a los usuarios finales y el premiar a los creadores de los juegos que más se usan, generando un reconocimiento al trabajo de los creadores y una motivación para la realización de los mismos. Como trabajo futuro, se ha planeado expandir el sistema a otros materiales didácticos presentes

en el CAADI y la interfaz con otros sistemas de información como el de registro de asistencias que se encuentra actualmente en funcionamiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes y profesores que proporcionaron información para la realización de este proyecto. Se agradece a la LEI. Marcelina Pantoja Flores por su disponibilidad y apoyo al proporcionar información sobre los juegos didácticos disponibles en el CAADI.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [INCAP] (s.f.). Sistema de Información: <https://goo.gl/MFtBA6>.
- [2] Ramírez R., J. B., Contreras C., I., Ávila G., M. S., & Vázquez de la R., M. I. (2016). Desarrollo de un sistema de registro de asistencias para mejorar las prácticas de trabajo del CAADI Yuriria. *Pistas Educativas*, volumen 38 (número 122). CITEC 2016. México: TecNM en Celaya: <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/657/636>.
- [3] Proyectos Ágiles. (s.f.). Qué es Scrum: <https://proyectosagiles.org/que-es-Scrum/>.

SISTEMA EXPERTO EN APOYO A TOMA DE DECISIONES PARA APROBACIÓN DE LÍNEAS DE CRÉDITO

Jimmy Josue Peña Koo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
jimjpk@hotmail.com

Orlando Adrian Chan May

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
oacmay@hotmail.com

Cinthia del Carmen Balam Almeida

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
cinthia_220880@hotmail.com

Resumen

El presente estudio aborda el preproceso y análisis de la información obtenida de una base de datos de un banco de Japón, en el cual profesionales expertos han tomado decisiones para aprobación o rechazo de líneas de crédito para 690 usuarios; para el análisis de la información se emplearon herramientas de minería de datos hasta obtener reglas de producción con base al algoritmo de clasificación J48; a partir de las reglas obtenidas se empleó una técnica de inteligencia artificial, sistemas expertos, para modelar el comportamiento en la aprobación o rechazo de líneas de crédito, obteniendo una herramienta confiable al 91 por ciento para emular la resolución de expertos humanos en la toma de decisiones, dirigida a profesionales no expertos en el área, cuyos resultados pueden ser empleados en otras áreas que requieran de esta metodología para su implementación.

Palabra(s) Clave: Inteligencia artificial, Minería de datos, Sistema experto.

Abstract

The present investigation deals with the pre-processing and analysis of information obtained from a database of a bank in Japan, in which expert

professionals have made decisions for approval or rejection of credit lines for 690 users; data mining tool are used for the analysis of the information to obtain production rules based on the classification algorithm J48; from the obtained rules was used an artificial intelligence technique, expert systems, to model the behavior in credit approval or rejection, obtaining a reliable tool at 91 percent to emulate the resolution of human experts in decision making, aimed at professionals who are not experts in the area, whose results can be used in other areas that require this methodology for its implementation.

Keywords: *Artificial intelligence, Data mining, Expert system.*

1. Introducción

Han sido muchos los avances realizados para obtener máquinas con las capacidades cognitivas del ser humano. La inteligencia artificial, es el área encargada de dirigir los desarrollos realizados; pretende construir sistemas y máquinas inteligentes que presenten un comportamiento como si fuera llevado a cabo por una persona.

Los sistemas expertos, siendo una técnica de la inteligencia artificial, enlazan reglas de razonamiento, obtenidas de un preproceso y análisis de datos, con el objetivo de llegar a una conclusión. Estos surgen de la necesidad de automatizar sistemas de diagnóstico y toma de decisiones, basados en la información aportada por profesionales expertos, todo ello enmarcado en diferentes elementos tecnológicos integrados de tal manera que permitan evaluar, relacionar y determinar resultados con un alto grado de calidad.

En este contexto de aplicación de los sistemas expertos, empleados para la toma de decisiones basada en información de profesionales expertos, se obtuvo como fuente de información una base de datos libre de un banco de Japón relacionada con la aprobación o rechazo de las líneas de crédito; cuyo preproceso, análisis y modelado del comportamiento para el apoyo en la toma de decisiones con un 91% de precisión por medio de un sistema experto, lo cual fue el motivo del presente estudio.

2. Metodología

De acuerdo con la clasificación publicada por Hernández en 2010, la investigación por su propósito se denomina aplicada, por su enfoque cuantitativa, se basó en un diseño de tipo preexperimental, en el cual se manipula intencionalmente la variable independiente (el proceso de decisión), para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente (aprobación del crédito).

Para el diseño y programación del sistema experto se empleó la metodología Buchanan, basada en el ciclo de vida en cascada, el cual indica que el proceso de construcción de un sistema se plantea como un proceso de revisión constante e implica la redefinición de los conceptos, de las representaciones o el refinamiento del sistema implementado [Delgado *et al.*, 2015]. La metodología Buchanan define que la adquisición del conocimiento de un sistema inteligente, y por extensión la construcción de todo el sistema se divide en cinco fases: identificación, conceptualización, formalización, implementación y prueba, tal como se puede observar en la figura 1.

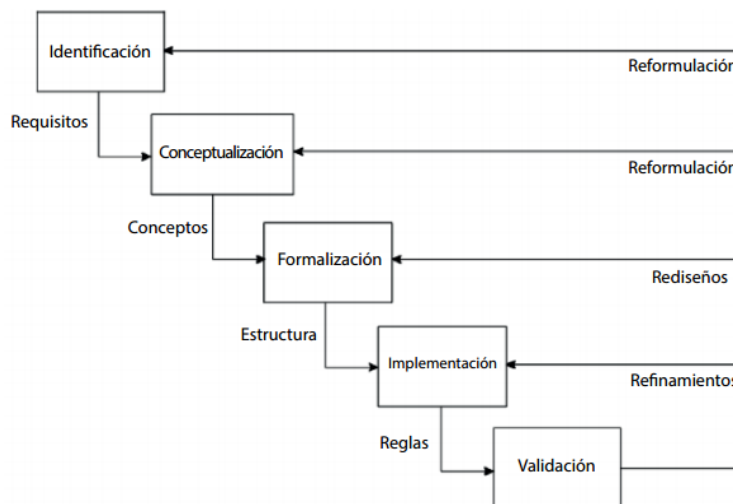


Figura 1 Ciclo de vida de la Metodología Buchanan.

Esta metodología fue creada por Bruce G. Buchanan. La característica más importante es la constante relación que debe existir entre el ingeniero de conocimiento y el experto humano, pues la metodología se enfoca en la adquisición del conocimiento [Miranda, 2011]:

- Identificación. Se obtuvo la base de datos de 690 personas que fueron sujetos a evaluación para su aprobación de tarjetas de crédito, de los cuales a 307 personas (44.5%) se les aprobó el crédito, mientras que a 383 personas (55.5%) se les rechazó el crédito. La información obtenida es relacionada con el género, estado civil, sueldo, nivel de crédito, entre otros, sin embargo, la descripción de cada uno de los quince atributos obtenidos fue confidencial por política de la fuente de información.
- Conceptualización. En esta fase se procedió a la adquisición del conocimiento del sistema experto; se recopiló la información cualitativa y cuantitativa del modelo probabilístico a partir de la fuente de información obtenida de un archivo en formato CSV para su estudio, análisis y procesamiento.

En la etapa de conceptualización se empleó la herramienta de minería de datos Weka, la cual permitió realizar el preproceso de las 690 instancias, observable en la figura 2.

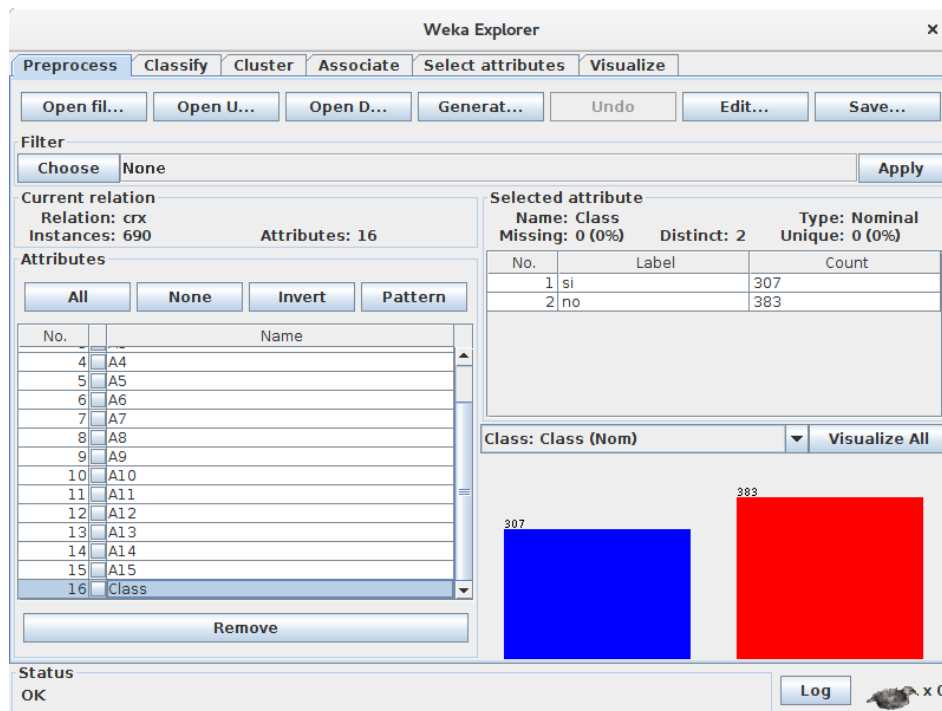


Figura 2 Preproceso de información.

- Formalización. Se construyó el modelo gráfico probabilístico basado en la clasificación por medio del algoritmo J48 de árboles. Del resumen del resultado de esta salida, se observa de acuerdo con la figura 3, que 626 instancias fueron clasificadas de forma correcta, representando un 90.7 % de la población, lo cual se refleja con una alta precisión para la toma de decisiones de aprobación (89%) o rechazo (92%) de la línea de crédito.

```
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      626           90.7246 %
Incorrectly Classified Instances    64            9.2754 %
Kappa statistic                    0.8125
Mean absolute error                 0.1564
Root mean squared error             0.2781
Relative absolute error              31.6573 %
Root relative squared error         55.9554 %
Total Number of Instances          690

=== Detailed Accuracy By Class ===
                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
                0.902   0.089   0.891     0.902   0.896     0.937   si
                0.911   0.098   0.921     0.911   0.916     0.937   no
Weighted Avg.   0.907   0.094   0.907     0.907   0.907     0.937

=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
277 30 |  a = si
 34 349 |  b = no
```

Figura 3 Salida del algoritmo de clasificación J48.

La ejecución del algoritmo permitió generar el árbol de la figura 4. Los nodos representan las variables (características del sujeto de estudio) y los arcos sus dependencias (factores de cumplimiento para la aprobación o rechazo del crédito).

- Implementación. Tomando como entrada para esta etapa el resultado de la formalización, se construyó el núcleo del sistema en el lenguaje de programación Prolog, a partir de la definición de las reglas para las inferencias que apoyen a las decisiones. Este código se puede observar en la figura 5.

El desarrollo de la interfaz de usuario se realizó en el lenguaje de programación C, para pedir datos al usuario, enviarlos a Prolog y posterior

visualizar la respuesta recibida desde el núcleo del sistema. La rutina principal de este procesamiento se puede observar en la figura 6.

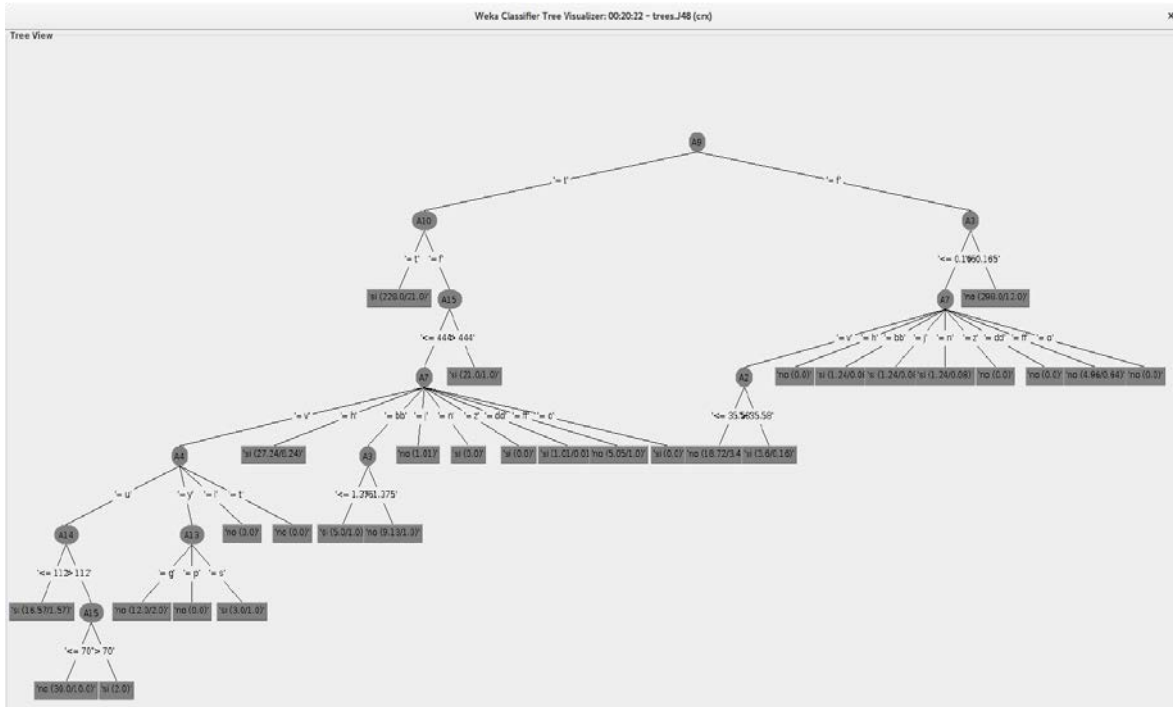


Figura 4 Árbol de clasificación.

```
es_cierto(X) :- =(X,t).
es_igual(X,Y) :- =(X,Y).
es_mayor(X,Y) :- >(X,Y).
```

```
ruta(A9,A10) :- es_cierto(A9),es_cierto(A10).
ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A14) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,v),es_igual(A4,u),es_mayor(A14,112).
ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A14,A15) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,v),es_igual(A4,u),\+es_mayor(A14,112),es_mayor(A15,70).
ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A13) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,v),es_igual(A4,t),es_igual(A13,g).
ruta(A9,A10,A15,A7) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,h).
ruta(A9,A10,A15,A7,A3) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,bb),\+es_mayor(A3,1.375).
ruta(A9,A10,A15,A7) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,n).
ruta(A9,A10,A15,A7) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,z).
ruta(A9,A10,A15,A7) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,dd).
ruta(A9,A10,A15,A7) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),\+es_mayor(A15,444),es_igual(A7,o).
ruta(A9,A10,A15) :- es_cierto(A9),\+es_cierto(A10),es_mayor(A15,444).
ruta(A9,A3,A7,A2) :- \+es_cierto(A9),\+es_mayor(A3,0.165),es_igual(A7,v),es_mayor(A2,35.58).
ruta(A9,A3,A7) :- \+es_cierto(A9),\+es_mayor(A3,0.165),es_igual(A7,bb).
ruta(A9,A3,A7) :- \+es_cierto(A9),\+es_mayor(A3,0.165),es_igual(A7,j).
ruta(A9,A3,A7) :- \+es_cierto(A9),\+es_mayor(A3,0.165),es_igual(A7,n).
```

```
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15,A7).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A14).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A14,A15).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15,A7,A4,A13).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15,A7,A3).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A10,A15).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A3,A7).
aprobado(A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A13,A14,A15) :- ruta(A9,A3,A7,A2).
```

Figura 5 Código en Prolog del sistema experto.

```

Start_Prolog(argc, argv);
func = Find_Atom("aprobado");
for (;;)
{
    printf("\nA1 {valores: a,b} (o 'fin' para terminar): ");    scanf("%s", A1);
    if (strcmp(A1, "fin") == 0)
        break;

    printf("\nA2 {flotante: referencia 35.58}: ");    scanf("%lf", &A2);
    printf("\nA3 {flotante: referencia 0.165}: ");    scanf("%lf", &A3);
    printf("\nA4 {valores: u, y, l, t}: ");    scanf("%s", A4);
    printf("\nA7 {valores: v, h, bb, j, n, z, dd, ff, o}: ");    scanf("%s", A7);
    printf("\nA9 {valores: t, f}: ");    scanf("%s", A9);
    printf("\nA10 {valores: t, f}: ");    scanf("%s", A10);
    printf("\nA13 {valores: g, p, s}: ");    scanf("%s", A13);
    printf("\nA14 {entero: referencia 112}: ");    scanf("%d", &A14);
    printf("\nA15 {entero: referencias 70, 444}: ");    scanf("%d", &A15);

    PL_Query_Begin(TRUE);
    arg[0] = Mk_String(A1);    arg[1] = Mk_Float(A2);    arg[2] = Mk_Float(A3);
    arg[3] = Mk_String(A4);    arg[4] = Mk_String(A5);    arg[5] = Mk_String(A6);
    arg[6] = Mk_String(A7);    arg[7] = Mk_String(A8);    arg[8] = Mk_String(A9);
    arg[9] = Mk_String(A10);    arg[10] = Mk_String(A11);    arg[11] = Mk_String(A12);
    arg[12] = Mk_String(A13);    arg[13] = Mk_Integer(A14);    arg[14] = Mk_Integer(A15);
    result = PL_Query_Call(func, 15, arg);
    PL_Query_End(PL_KEEP_FOR_PROLOG);

    if(result) printf("\n*** Crédito Aprobado ***\n");
    else printf("\n*** Crédito No Aprobado ***\n");
}
Stop_Prolog();

```

Figura 6 Código en C del Sistema Experto.

- Prueba. Para realizar las pruebas de funcionalidad del sistema experto se emplearon algunas instancias de la base de datos original, verificando el cumplimiento de la aprobación o rechazo del crédito según corresponda con la información original. Uno de las instancias evaluadas con resolución afirmativa fue (b,30.83,0,u,g,w,v,1.25,t,t,01,f,g,00202,0, sí), cuyo resultado se puede observar en la figura 7.

```

jimmy@headquarter:~/Documentos/doctorado/Seminario18-SistemaExperto$ ./crx
A1 {valores: a,b} (o 'fin' para terminar): b
A2 {flotante: referencia 35.58}: 30.83
A3 {flotante: referencia 0.165}: 0
A4 {valores: u, y, l, t}: u
A7 {valores: v, h, bb, j, n, z, dd, ff, o}: v
A9 {valores: t, f}: t
A10 {valores: t, f}: t
A13 {valores: g, p, s}: g
A14 {entero: referencia 112}: 202
A15 {entero: referencias 70, 444}: 0
*** Crédito Aprobado ***
A1 {valores: a,b} (o 'fin' para terminar): fin
jimmy@headquarter:~/Documentos/doctorado/Seminario18-SistemaExperto$ _

```

Figura 7 Prueba de ejecución del Sistema Experto.

3. Resultados

A partir de la base de datos obtenida para el estudio de la aprobación o rechazo de créditos se aplicó el preproceso de información. Esta fase fue interesante por la variedad de tipos de atributos.

Las quince variables almacenadas fueron continuas y nominales con pocos y múltiples valores, las cuales permitieron la identificación de los 307 casos favorables y los 383 casos para los cuales se negó el servicio.

Los quince atributos se estudiaron por medio del modelo de clasificación generado a partir de la aplicación del algoritmo J48; de ese proceso resultaron 626 instancias clasificadas de manera correcta que representa un 91%.

Por otra parte resultaron 64 instancias clasificadas de forma incorrecta lo cual representa un 9%, de esos 64 casos clasificados incorrectamente: 30 resultaron ser falsos positivos, mientras que 34 resultaron ser falsos negativos.

Se observó una mayor correlación entre las variables A9 de tipo nominal dicotómica, la variable A3 de tipo continua y la variable A7 de tipo nominal con múltiples valores, las cuales permitieron la identificación de las principales reglas definidas en programación lógica para el proceso de resolución.

Con la aceptación del 91% como nivel de confiabilidad del modelo de clasificación obtenido a partir del entrenamiento del conjunto completo de instancias, se empleó como fundamento para la programación de la base de conocimiento del sistema experto en el lenguaje de programación Prolog, con interfaz en C para la interacción con el tomador de decisiones, con la finalidad de apoyar en el proceso de aceptación o rechazo de créditos.

El uso de la aplicación desarrollada favorece proporcionalmente en el nivel de confianza del modelo de clasificación en apoyo a la toma de decisiones, sin embargo, es de interés comentar que del 9% de error el 4% corresponde a falsos positivos, esto quiere decir, que se asignan créditos a personas que no cumplen el perfil para dicha aceptación, lo cual puede reducirse con el posterior entrenamiento del sistema experto con la información obtenida de las nuevas instancias almacenadas.

4. Discusión

A partir de la implementación de la metodología Buchanan se puede trabajar de forma organizada para la construcción de sistemas expertos que apoyen en la toma de decisiones en diferentes áreas empresariales, tal como comenta Delgado al hacer mención de un proceso de refinación constante, de manera similar como se ha de comportar el sistema experto a medida que continúa aprendiendo.

La herramienta de minería de datos Weka, por medio de los algoritmos de clasificación tal como emplea Azoumana para realizar un análisis de deserción de alumnos, aporta entradas válidas para la construcción de reglas que apoyen a la construcción de sistemas expertos, para los cuales se desconoce el contenido de la información inicial obtenida para su estudio y análisis. Por medio del algoritmo J48, el cual es una implementación de árboles de decisión, se generaron las reglas del sistema experto; de la matriz de confusión obtenida se observó una mejora con un 91% de precisión la toma de decisiones en la aprobación o rechazo de líneas de crédito, por lo que puede ser empleado para apoyo en las decisiones por personas no expertas en el área.

Se propone como extensión a este proyecto integrador el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario por medio de la integración de la librería Boost para el paso de parámetros y el lenguaje de programación Python para el diseño de la interfaz, permitiendo un desarrollo libre y portable.

El software desarrollado es un ejemplo de la forma de aplicar los sistemas expertos para la toma de decisiones, pudiendo ser aprovechado en cualquier disciplina que requiera de un experto humano.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Azoumana, K. (2013, febrero 28). Analysis of Student desertion at Universidad Simón Bolívar, Faculty of Systems Engineering, with data mining techniques. *Pensamiento Americano*, Vol. 6, pp. 41-51.
- [2] Badaro, S., Ibañez, L. & Agüero, M. (2013, octubre). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. *Ciencia y Tecnología*, Vol. 13, pp. 349-364.

- [3] Delgado, L, Cortez, A. & Ibáñez, E. (2015, enero 31). Aplicación de metodología Buchanan para la construcción de un sistema experto con redes bayesianas para apoyo al diagnóstico de la Tetralogía de Fallot en el Perú. *Industrial Data*, Vol. 18, pp. 135-148.
- [4] Gutiérrez, M., Barroso, Y. & Bedoya, J. (2011, Septiembre 29). Expert System for medical diagnosis of genetic diseases with dysmorphic. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, No. 9, Vol. 4.
- [5] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- [6] Kushmerick, N. (2002). *Machine Learning Repository. Credit Approval Data Set*. Octubre 20, 2016, de University of California, Irvine, School of Information and Computer Sciences: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html>.
- [7] Miranda, N. (2011). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema experto de información turística*. Tesis de Ingeniería. Universidad Austral de Chile.

SOFTWARE AEROESPACIAL PARA EL PROCESO DE PRUEBA ELÉCTRICA EN TIEMPO REAL

Verónica Quintero Rosas

Tecnológico Nacional de México/ITMexicali
veronicaquintero@itmexicali.edu.mx

Francisco Ibañez Salas

Tecnológico Nacional de México/ITMexicali
ibanezsalsaf@itmexicali.edu.mx

Gilberto García Gómez

Tecnológico Nacional de México/ITMexicali
GilGG@itmexicali.edu.mx

Mario Camarillo Ramos

Tecnológico Nacional de México/ITMexicali
camarillomario@itmexicali.edu.mx

Heber Samuel Hernández Tabares

Tecnológico Nacional de México/ITMexicali
hsamuel@itmexicali.edu.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar las condiciones de combustible y oxígeno en un sistema aeronáutico simulado, utilizando software aeroespacial en relación a prueba eléctrica que se desarrolla en una *test-bed*, con funciones de modelado, diseño y análisis. Esta investigación se basa en la certificación DO-178B para evidenciar el cumplimiento de requisitos de seguridad para los sistemas que resguardan todo lo referente a combustible y oxígeno en una aeronave. Esta investigación simula mediante la tarjeta HC11 los planes de seguridad de software respecto a prueba eléctrica, definiendo tareas secuenciales analizando requisitos,

análisis de nivel de código, análisis de pruebas y análisis de cambios de procesos respecto a acciones en la aeronave. Cualquier software que ordene, controle y monitoree las funciones críticas de seguridad en un módulo aviónico debe estar certificado bajo la norma DO-178B por lo cual, se utilizaron parámetros definidos en el manual de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos. La prueba eléctrica está basada en el proceso de recertificación de información, respecto a sensores dedicados, instrumentos de control y análisis de base de datos. Para ello se diseñó código en MISRA C, para la interfaz de control correlacionando las acciones con los programas de simulación hechos en la tarjeta HC11. Esto es para definir la integración de la prueba eléctrica de cada instrucción lo cual hace una redundancia de operación del software, lo que permite mayor seguridad de acción en un caso de emergencia en la aeronave.

Palabra(s) Clave: Análisis de código, Prueba eléctrica, Software aeroespacial.

Abstract

The objective of this work is to analyze the fuel and oxygen conditions in a simulated aeronautical system, using aerospace software in relation to electrical test that is developed in a test-bed, with modeling, design and analysis functions. This research is based on the DO-178B certification to demonstrate the fulfillment of safety requirements for systems that protect everything related to fuel and oxygen in an aircraft. This research simulates through the HC11 the software security plans regarding electrical test, defining sequential tasks analyzing requirements, code level analysis, analysis of tests and analysis of changes of processes with respect to actions in the aircraft. Any software that orders, monitors and monitors critical safety functions in an avionics module must be certified under DO-178B, using parameters defined in the US Federal Aviation Administration manual. The electrical test is based on the process of recertification of information, regarding dedicated sensors, control instruments and database analysis. For this, the code was designed in MISRA C, for the control interface correlating the actions with the simulation programs made in the HC11 card. This defines the integration of the electrical test of each instruction which makes a

redundancy of operation of the software, which allows greater security of action in an emergency case in the aircraft.

Keywords: *Aerospace software, Code analysis, Electrical test.*

1. Introducción

El intercambio de información entre aplicaciones en un sistema aeronáutico [Kritzing, 2009], utiliza una interfaz de software que sincroniza, enlaza y da seguridad a una aplicación para interactuar con otras aplicaciones incluyendo hardware y diferentes tipos de sistemas operativos; en esta investigación se utilizan por separados las aplicaciones para emergencias en combustible y otra para oxígeno. Sin embargo, en el momento de ocurrir dicha emergencia estas dos aplicaciones deberán sincronizarse para jerarquizar los recursos y minimizar el fallo en la aeronave utilizando un sistema de verificación de prueba eléctrica para asegurar las tramas de envío de señales (oxígeno - combustible) a cada uno de los sensores, mecanismos que se desee comunicar y/o activar.

El intercambio de información entre aplicaciones ayuda en la complejidad de la comunicación en sistemas distribuidos y heterogéneos. Aún se encuentra en desarrollo, ya que los proveedores en la línea de software espacial han visualizado que el desarrollo de código abierto es muy eficaz en la portabilidad y la lógica del intercambio de información entre las aplicaciones. Las investigaciones financiadas por el Departamento de Defensa de Estados Unidos [FAA, 2012], han detectado la importancia de la lógica de intercambio de información con los sistemas en tiempo real para simplificar el desarrollo de aplicaciones; ya que a medida que las redes de sistemas aeroespaciales crecen, la diversidad de la funcionalidad integrada también aumenta.

Este intercambio de información fue analizado en una *test-bed* donde se tiene un ambiente de desarrollo controlado para verificar si las señales del software eran correlacionadas respecto a las señales eléctricas. Los módulos de combustible y oxígeno trabajan de manera independiente pero relacionados, jerarquizados y estructurados en un mismo sistema. En caso de una emergencia el sistema debe ser capaz de reorganizar funciones, priorizar y administrar caída de máscaras de

oxígeno, cantidad de flujo de aire por presión, eliminar flujo de aire en asientos donde no existan personas, anular zonas de electrificación innecesarias (focos de lecturas en los asientos etc.), verificar el correcto funcionamiento de los instrumentos en cabina, turbinas, etc (figura 1).

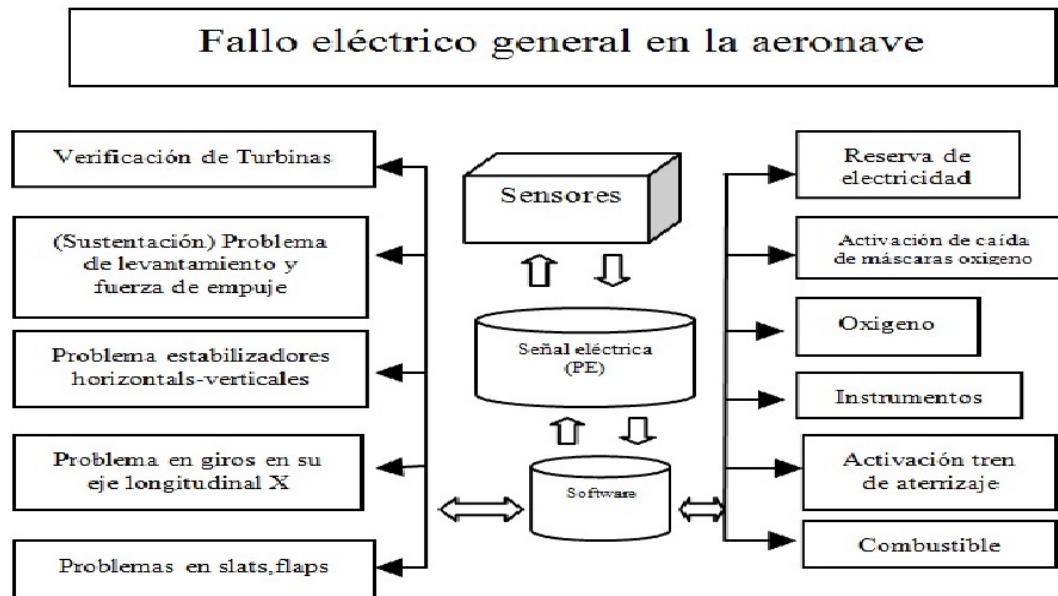


Figura 1 Correlación de la señal eléctrica respecto a software en una emergencia.

Todo lo referente a prueba eléctrica [Lindeburg, 2012] requiere de seguridad y fiabilidad ya que correlacionar software implica señales de entrada y salida que deben ser atendidas en un tiempo determinado y de manera correcta o puntual.

La certificación DO-178B define en sus diferentes postulados la forma correcta de enviar y recibir parámetros de comunicación respecto a software haciendo una redundancia o recertificando cada parámetro antes, durante y después de la acción que se definió. Esta recertificación se hizo mediante credenciales de autenticación de variables, funciones, punteros, parámetros generales y métodos específicos de código.

En el área aeroespacial, donde se desarrolló esta investigación se tienen una serie de niveles de pruebas experimentales en un desarrollo de software distinto, y cada nivel de desarrollo tiene un nivel de prueba correspondiente; donde el código y la prueba están en un estado de ciclo repetido. Pero para los problemas de

rendimiento u optimización de software respecto a prueba eléctrica, estos niveles se unifican para hacer una prueba maestra donde se involucran señales como la utilización de piloto automático, señales de navegación, comunicación, respecto a niveles de turbosina (C) y oxígeno (O) para racionar y prevenir fallos que puedan afectar (O, C) debido a otros fallos en la aeronave. Es muy importante recordar que la seguridad en software está definida por la arquitectura de redundancia en hardware y software. Cuando existe una emergencia y una aplicación derivada de esta, trata de tomar la señal para ser ejecutada, esta se jerarquiza en un intercambio de aplicaciones para dar prioridad a los protocolos establecidos en aviación dependiendo del tipo de fallo de la aeronave. Este intercambio entre aplicaciones ya está regulado mediante la Comisión Radiotécnica para la Aeronáutica [RTCA, 2015]; la cual realiza recomendaciones y son base en la FAA (Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos de América). Dichas recomendaciones certifican el software para aeronaves. A pesar de la utilización digital, actualmente se conserva en los sistemas aeronáuticos una copia de seguridad análoga en los sistemas críticos, por lo que la redundancia tanto en hardware como en software sigue permaneciendo.

Cada línea o ruta redundante se denomina canal. Estos canales incluyen sensores, cableado y convertidores tanto análogo a digital, como digital a analógico. Se utilizan algoritmos de gestión para determinar si una entrada o respuesta es redundante, o si ya está siendo procesada. De tal forma que existen múltiples canales procesando información simultáneamente, y estos deben tener una sincronización para dar respuesta. No se debe olvidar que toda reconfiguración de software debe estar presente en casos de fallo ya que esto preserva, aísla y da seguridad. Los sistemas aeronáuticos integran miles de componentes y conexiones, lo cual aumenta la complejidad de configuración y esto a su vez aumenta la posibilidad de fallos. Otra técnica para resguardar el intercambio de información entre aplicaciones o sistema en general es mediante el guardado periódico del estado de la aplicación; haciendo recuperaciones de la información constantemente.

2. Metodología

Pruebas de división de software vs prueba eléctrica

Está basado en pruebas de integración, donde se hacen pruebas aisladas primeramente de software; al cual se analiza y verifica: estructura, proceso, gramática, revisión de código, métricas de calidad de código etc. En esta investigación se utilizó un análisis de software mediante MISRA C (The Motor Industry Software Reliability Association) [Ashford *et al*, 2007] el cual denomina un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de software; dando seguridad y portabilidad al código. La lista de verificación que MISRA C da a la industria aeroespacial, es para estandarizar las pruebas de software; respecto a las pruebas eléctricas que puedan ser examinadas. Actualmente MISRA C es utilizado en la industria automotriz y médica, ya que es una herramienta de análisis de códigos complejos y muy grandes. MISRA C puede analizar desde punteros no válidos, variables no inicializadas hasta problemas en temporizadores y almacenamiento en memoria. Se utilizan pruebas unitarias, las cuales son métodos que prueban una unidad de código o requerimiento. Básicamente las pruebas unitarias aseguran el correcto funcionamiento de las interfaces, o flujo de datos entre componentes, además de ser repetibles y predecibles. Las pruebas unitarias [Marcano, 2008] en el sector aeroespacial generalmente se utilizan para casos de prueba de diseño o desarrollar scripts de prueba de unidades automatizadas. También se generan pruebas de integración las cuales comprueban unidades o componentes de software, módulos, configuraciones etc. Estas pruebas, verifican si el software y el hardware controlado por el software pueden interactuar correctamente; y es en esta fase donde se mide el rendimiento funcional. Estas pruebas se desarrollan de la siguiente manera:

- **Físicamente:** Prueba de simulación física, se establece una conexión de todo el sistema; es decir software y hardware junto con los dispositivos físicos como sensores, transductores especiales etc. Se hace mediante un control cerrado de retroalimentación, donde se puede garantizar la autenticidad de que las pruebas en tiempo real son más reales.

- **Semifísico:** Integra algunos módulos de hardware y el resto son simulados; es económico y seguro, además de responder con un factor tolerante a los resultados de pruebas.
- **Simulación digital:** Sistema de software que simula el hardware del sistema, su entorno externo; a través de la combinación de control, interrupciones, reloj, emulador, etc. Es débil respecto a la interfaz ya que la autenticidad en tiempo real es limitada.

Definir la prueba eléctrica para cada módulo o tarea de software es muy importante, debido a que será el diagnóstico del sistema o síntomas que puedan detectarse de algún instrumento, software, sensor, sistema operativo, aplicación etc. Ya que, a pesar de tener autonomía al hacer pruebas aisladas, cada módulo de software y prueba eléctrica se valida así mismo, al interconectarse y encontrar un error se auto validará para posteriormente volver a analizar el error y verificar que el error no lo genera el propio módulo de prueba eléctrica. En una aplicación embebida ubicua [Molloy, 2011] en el cual se comparte hardware, software, sensores, electrónica para comunicar, diagnosticar, almacenar e interconectar multifactorialmente todo el proceso de manera sistemática se trabaja de manera modular e independiente todo el sistema aéreo; pero definido en una arquitectura que analiza todo el sistema como un ecosistema complejo. También es importante no perder de vista las normas para pruebas como lo son las normas Federales de Procesamiento de Información [NIST, 2015], normas desarrolladas por el gobierno federal de los Estados Unidos, para el uso de sistemas informáticos de agencias gubernamentales no militares y contratistas. Estas normas establecen requisitos para garantizar la seguridad informática.

Las consideraciones de seguridad de los sistemas de software aeroespacial [Anderson, 2010] radican en la compatibilidad de: hardware-software, software-software, aeronave-software. Dando lugar a técnicas para detección de daños, efectos de carga, errores de software etc. Actualmente existen métodos de encriptado [Rierson, 2013] que permiten aumentar la seguridad en la comunicación del software y de hardware. Además de la norma O-178B [Klamert,

2014] que certifica software en sistemas y equipos aeroespaciales. Básicamente es una guía de la seguridad del software y es un estándar para el desarrollo de sistemas de software de aviónica. De esta se deriva la DO-178B [Hilderman, 2013] que certifica y evidencia el cumplimiento de requisitos de seguridad. Asigna planes de seguridad de software y define tareas de análisis de seguridad de software en pasos secuenciales (análisis de requisitos, análisis de diseño de nivel superior, análisis de diseño detallado, análisis de nivel de código, análisis de pruebas y análisis de cambios). Cualquier software que ordene, controle y monitoree las funciones críticas de seguridad debe estar certificado bajo esta norma.

También se debe tomar en consideración la norma IDAL que determina el nivel de garantía del software, es decir determina a partir de procesos de evaluación y análisis de peligros en caso de fallo en el sistema. Todas estas normas están en la biblia de normas de la FAA aplica DO-178B como guía para determinar si el software funcionará confiablemente en un entorno aeroespacial. En los Estados Unidos, el DO-178B se establece en el título 14: Aeronáutica y Espacio del Código de Reglamentos Federales.

Desarrollo

El modelo propuesto para la verificación de prueba eléctrica respecto a software de los módulos de oxígeno y combustible en una aeronave, está dado por placas con configuración ya especificados por la empresa Honeywell aerospace, donde se hicieron los experimentos; en este caso de estudio después de auto validar cada segmento de software y hardware por sí mismo el siguiente paso es detectar pistas abiertas, cortos, componentes faltantes, verificar valores de componentes como resistencias, capacitores, bobinas, detectar pines sin soldar etc.

Este proceso de prueba eléctrica se hace mediante "fixtures" [Lindeburg, 2012] el cual es un mecanismo de interfaz entre éste y el equipo de prueba. Contiene pines de interfaz que hacen contacto con los puntos de prueba de la placa, para su medición (sistema de control de oxígeno, sistema de control de combustible). Este a su vez será energizado con una fuente programable con voltaje de corriente directa, durante las pruebas y mediante las puntas de prueba se verifica

continuidad entre los pines de la interfaz del fixture y los pines de las tarjetas de pines; incluyendo amplificadores y relevadores, además de multiplexear la señal generando un estímulo con una impedancia específica. La respuesta es tomada por un receptor y medida lógicamente, como lo muestra la figura 2.

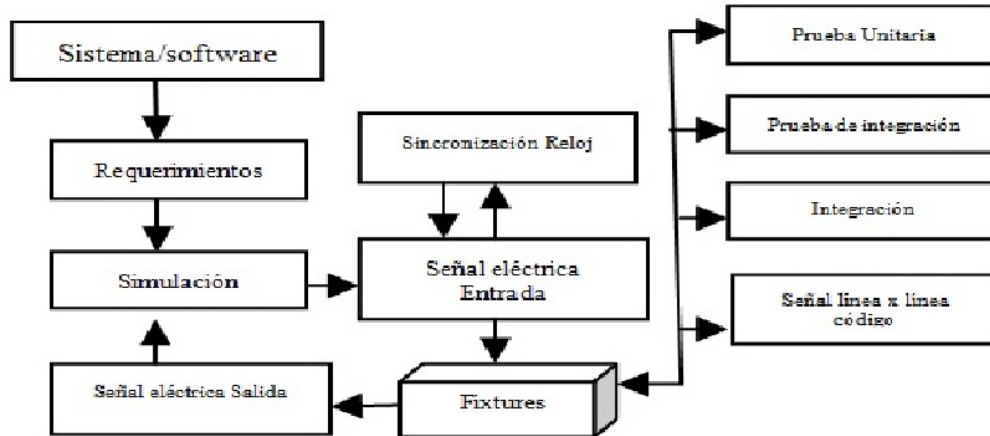


Figura 2 Modelo de verificación de prueba.

La test bed utilizada fue mediante la tarjeta Motorola HC11 [Fox, 2012] la cual administra y aísla módulos desde un bajo nivel de código, el cual permite configurar la activación de la señal de alerta generalizada de la aeronave (W), sincronizar las aplicaciones (WPORTD) mediante estampilla de tiempo de la test bed, señal de caída de mascarillas de oxígeno (SPE), verificación de sensor en asientos ocupados (RST), niveles de combustible (MSTR), apagado de luces, excepto línea de pasillo central (DS). Sin olvidar el recalcule de la trayectoria para aterrizaje más cercano respecto al combustible (Tr).

$$\begin{bmatrix} RST\ 1 \\ RST\ 2 \\ RST\ x \end{bmatrix} = \sum WPORTD\ (SPE)^W\ DS_{RST} / \sum Tr\ (MSTR) \leq W \geq vie \quad (1)$$

Aplicando el algoritmo (1) experimental, los resultados de sobrevivir a un fallo eléctrico generalizado en la aeronave (vie) es de alrededor del 25% ya que los resultados que arroja la prueba eléctrica es muy bajo; como lo muestra la figura 5, debido a que el sistema colapsa a la falta de señal mediante falsos verdaderos y si este error ocurre cuando la aeronave se encuentra en los 10,000 metros a una

velocidad de 800 kilómetros/hora el algoritmo de alerta empezará el mecanismo de emergencia pero a pesar que todas las mascarillas de oxígeno caen y se respeta los asientos vacíos y se reduce el gasto eléctrico, se verifica el nivel de combustible este no está preparado para los cortos que se puedan producir en la aeronave por el propio fallo generalizado (figura 3).

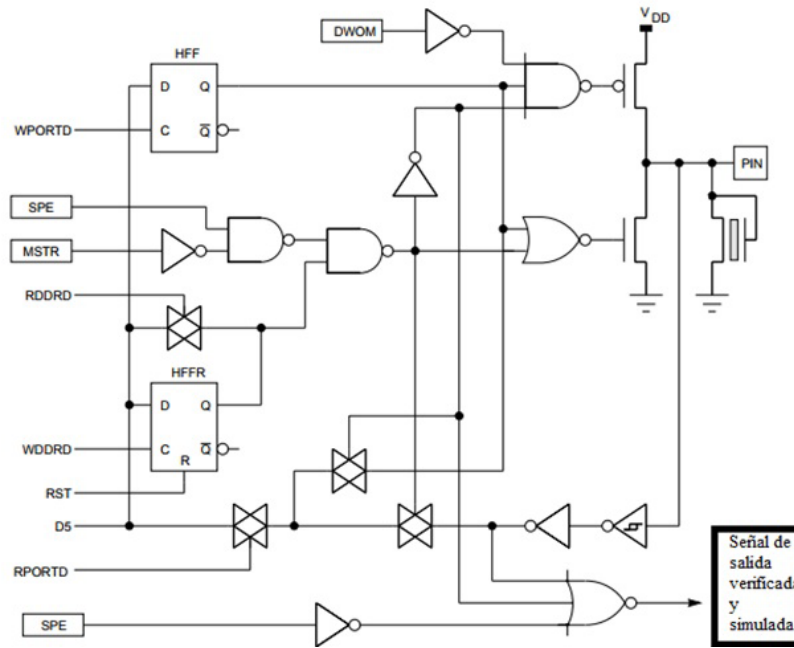


Figura 3 Circuito de prueba para señales de activación de alerta en oxígeno y combustible en *test-bed* HC11 con fallo eléctrico generalizado.

La codificación como se muestra en la figura 4 se realizó simulando en la tarjeta HC11 los módulos de formas aisladas, (se aísla para asegurar si un módulo falla este no afecte el sistema) se utilizó tarjetas Galileo Arduino, los cuales contenían las aplicaciones de control de oxígeno y combustible pero comunicados y verificados con MISRA C.

3. Resultados

Esta investigación está basada en el análisis experimental de los módulos de oxígeno y combustible en una aeronave mediante pruebas eléctricas durante la comunicación en una señal de emergencia. La simulación arroja resultados moderados de casi el 80% de buena comunicación, caída de mascarillas de

oxígeno del 100%, análisis de combustible correcto. Pero, al aplicar un fallo eléctrico generalizado a la aeronave estas pruebas caen hasta en un 25% (figura 5) de eficiencia lo que da como resultado catastrófico.

| | |
|---|---|
| <pre> CLR IC1DUN; Señal de inicio de prueba BCLR TFLG1; Señal de oxígeno "O" BCLR TFLG2; Señal de combustible "C" FFDA-DB Entrada de reloj (sincronización) BSET TMSK1; Activación O BSET TMSK2; Activación C FFDC-DD Sobre flujo (estampilla de tiempo) PSHY PSHA FFDE-DF Reloj final de sobre flujo BSR REFORM; Re-formato de prueba última LDX #SPI1; Envió de inicio de trama BCLR PORTD; Puerto de O STAA SPDR; Escritura del registro WAIT1 LDAA; Espera respuesta eléctrica BPL WAIT1 CPY #DA1-1; No caída de máscaras en asientos vacíos LSRA #SPI2; Envió de señal test bed </pre> | <pre> BCLR PORTD NXTBIT BSET PORTD; Bit de recolección BITA 0; Prueba del bit enviado BSET PORTD ZBIT BCLR PORTD BRA ENDBIT ENDBIT BCLR PORTD verificación de señal mascarar de Oxígeno BNE NXTBIT; Respuesta STAA \$OOEE //carga dirección en test bed LDD #IRQ STD \$ODEF STAB \$1009 IRQ: LDAA #S20 </pre> |
|---|---|

Figura 4 Pseudocódigo del proceso de oxígeno para señales de software respecto a la prueba eléctrica en un fallo generalizado de la aeronave.

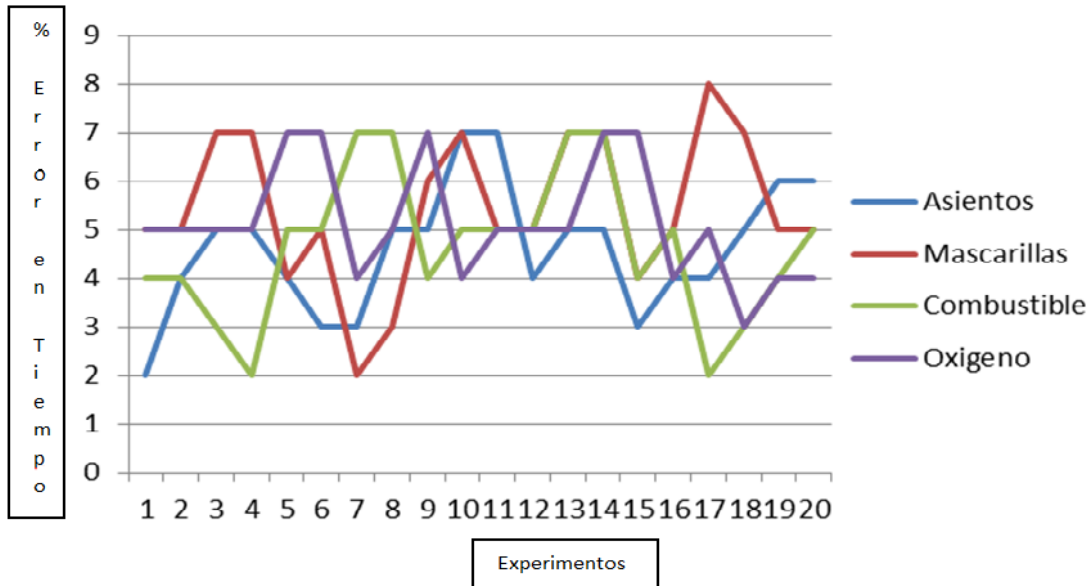


Figura 5 Resultados del experimento por orden de acción.

Debido a que un fallo eléctrico generalizado arroja falsos positivos lo cual interfiere en el correcto funcionamiento digital de nuestro sistema. Esto implica que a pesar del correcto funcionamiento de nuestro sistema la aeronave y sus pasajeros morirían. Es necesario hacer más análisis y pruebas por ejemplo adherir una fuente eléctrica de emergencia, externa a la fuente principal de la aeronave; de acuerdo con la *International Civil Aviation Organization* (ICAO), los fallos principales de accidentes aéreos son por fallos humanos, fallas mecánicas y fallos electrónicos.

Esta investigación necesita resolver dichos fallos eléctricos generalizados, actualmente se analiza utilizando osciloscopios por frecuencias de comportamientos en las diferentes señales, al producirse un fallo de esta índole. Actualmente el algoritmo está en una fase de entrenamiento simulando y resolviendo fallos en un ambiente controlado respecto al oxígeno y combustible, pero sabemos que no es suficiente ya que en la vida real una aeronave no viaja en un ambiente controlado teniendo posibles movimientos por bolsas de aire, turbulencias, radiación solar, problemas climáticos, fallos humanos etc.

4. Discusión

La utilización de sistemas basados en tiempo real con módulos aislados en su diseño de aplicación es una forma de garantizar el buen funcionamiento en un sistema aeroespacial, sin embargo en la experimentación de esta investigación se pudo constatar que un fallo eléctrico generalizado en una aeronave no garantiza el buen funcionamiento de las aplicaciones en la aeronave ya que al forzar mediante prueba eléctrica una señal se verifica su envío y llegada pero al haber un fallo eléctrico general esto no garantiza el correcto envío y recepción de señales,. En programación se corrompe el código debido a los falsos positivos eléctricos. Investigaciones anteriores aseguran el buen funcionamiento de aplicaciones, pero no se garantiza en un fallo eléctrico generalizado. Se pudo constatar que según estadísticas la principal causa de accidentes fatales en aeronaves son errores humanos, fallas mecánicas y un fallo eléctrico generalizado en la aeronave.

La forma como este experimento se apegó a las normas aeronáuticas fue mediante el respeto a los lineamientos de comunicación y protocolos de codificación de redundancia en la programación. Se tomó en consideración el cálculo multivariable en el módulo aviónico de interpretación de programas, según la normativa de la FAA. Además de cumplir con las metodologías de revisión de la certificación DO-178B. Es importante destacar que cada función, método y módulos de programación se estipuló según la revisión de revocación de licencias o permisos para los diseños aeronáuticos expuestos en la IO-A638 concernientes a el postulado 86 de la DO-178B. También se estableció una bitácora de vuelo en la simulación de acuerdo con la dirección general de aeronáutica civil de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), respetando los lineamientos de operación de cada acción en la aeronave.

Esta investigación funciona en un ambiente controlado donde no existirán errores humanos, fallas mecánicas y mucho menos un fallo eléctrico generalizado. Por lo cual estamos en una etapa de experimentación analógica, ya que mediante software los registros se corrompen y es necesaria la redundancia analógica de todas las aplicaciones y programas puestos en una aeronave. Falta hacer mucha más experimentación en esta área.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ashford, L. & Sanjit, A. S. (2007). Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach. ISBN-13: 978-0557708574
- [2] Anderson D. (2010). Aerospace Software Engineering: A Collection of Concepts. ISBN-13: 978-1563470059
- [3] FAA. (2012). Administración Federal de Aviación: <https://www.faa.gov/>.
- [4] Fox T. (2012). Programming and Customizing the HC11 Microcontroller. ISBN-13: 978-0071344067
- [5] Hilderman V. (2013). Avionics Certification: A Complete Guide to DO-178 (Software), DO-254 (Hardware). ISBN-13: 978-1885544254 .
- [6] Kritzinge Duan, (2009). Aircraft System Safety: Military and Civil Aeronautical Applications". ASIN: B00M3Z1I9C

- [7] Klamert M. (2014). *Services Liberalization in the EU and the WTO: Concepts, Standards and Regulatory Approaches*. ISBN-13: 978-1107034594
- [8] Lindeburg, M. (2012). *FE Electrical and Computer Review Manual*. ISBN-13: 978-1591264491.
- [9] Marcano, A. (2008). *Testing: Pruebas Automatizadas con Visual Estudio.Net*. ISBN-13: 978-1530299690
- [10] Molloy, D. (2011). *Exploring BeagleBone: Tools and Techniques for Building with Embedded Linux*. ISBN-13: 978-1118935125
- [11] National Institute of Standards and Technology [NIST] (2015). *Federal Information Processing Standards Publications*. ISBN-13: 978-1547148240
- [12] Rierson L. (2013). *Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance*. ISBN-13: 978-1439813683
- [13] RTCA. (2015). *Comisión Radiotécnica para la Aeronáutica*: <https://www.rtca.org/>.

DISEÑO DE MAPA INTERACTIVO Y MULTITÁCTIL DE SUPERVIVENCIA DE ÁRBOLES

Bernardo Quintino Guzmán

Universidad de Guanajuato

b.quintinoguzman@ugto.mx

María Susana Ávila García

Universidad de Guanajuato

susana.avila@ugto.mx

Francisco Antonio Ávila García

Universidad Tecnológica de Salamanca

fco.avila@live.com

Marco Bianchetti

Universidad de Guanajuato

mb@ugto.mx

Erick Franco Gaona

Universidad de Guanajuato

e.francogaona@ugto.mx

Resumen

El Departamento de Estudios Multidisciplinarios sede Yuriria de la Universidad de Guanajuato realiza actividades para la certificación de buenas prácticas ambientales de la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial. Como parte de estas actividades surgió la necesidad de contar con un sistema para el inventario y la supervivencia de los árboles de dicha institución. En este proyecto se reporta la creación de un mapa interactivo y multitáctil, desarrollado con la herramienta Intuiface, con el objetivo de llevar un inventario de los árboles e informar sobre la supervivencia de los mismos, proporcionando información

enriquecida sobre su ubicación y su clasificación, identificando las especies protegidas, y eliminando la necesidad de generar un registro en papel, lo que puede resultar tedioso y poco eficiente. El mapa fue instalado en la recepción de la institución para su evaluación, y presentado en una mesa multitáctil para permitir múltiples usuarios de manera simultánea. En general, la aplicación tuvo una buena aceptación.

Palabra(s) Clave: Diseño interactivo, Interacción humano-computadora, Mapa, ambiental.

Abstract

The Department of Multidisciplinary Studies of the University of Guanajuato in Yuriria carries out activities for the certification of good environmental practices of the Environmental and Territorial Planning Office. During the implementation of these activities the need to have a system for managing the inventory and the survival of the trees of this institution arose. This project reports the design of an interactive and multi-touch map using the Intuiface tool. The aim of this application is to manage an inventory of trees and their survival, providing enriched information about their location and classification, identifying protected species, and eliminating the need to create a paper-based inventory, which can be tedious and inefficient. The interactive map was installed and presented on a multi-touch table to allow simultaneous multi-user access and tested by the user community at the reception of the institution. The application was well received and evaluated in a positive way.

Keywords: *Environmental map, Human-computer interaction, Interactive design.*

1. Introducción

El Plan de Desarrollo de Institucional 2010-2020 [PLADI] [Universidad de Guanajuato, 2010] de la Universidad de Guanajuato establece como política dentro del Programa de Medio Ambiente y Sustentabilidad que: "P.12.2. Las entidades universitarias se orientarán hacia el distintivo de buenas prácticas ambientales o la certificación por una entidad reguladora en esa área."

Como resultado, el Departamento de Estudios Multidisciplinarios de la Sede de Yuriria comenzó un plan de acción para obtener el Distintivo Buenas Prácticas Ambientales que la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial (PAOT) (<http://paotgto.gob.mx/>). El Distintivo tiene como objetivo la autoevaluación de la institución que la busca en varios aspectos con el objetivo de mejorar el medio ambiente, la figura 1 muestra el logotipo de buenas prácticas ambientales de la Universidad de Guanajuato. Este trabajo se enfoca en apoyar uno de los ejes temáticos prioritarios que se refiere al cuidado y generación de áreas verdes, específicamente, en el conteo de sobrevivencia de árboles reforestados, frutales, y especies protegidas, con el desarrollo de una aplicación de software para el monitoreo de árboles del DEM Yuriria por medio de un mapa usando herramientas que permitieran el desarrollo de experiencias de usuario más interactivas.



Figura 1 Logotipo de la certificación de Buenas Prácticas Ambientales.

Mapas Interactivos

Los mapas interactivos que se encuentran disponibles en Internet incluyen: los geográficos, desarrollados por Google (<https://www.google.com.mx/maps>) y Microsoft (<https://www.bing.com/maps>), los cuales proveen la funcionalidad de definir puntos de localización de puntos de interés. Sin embargo, estos mapas, en su versión satelital, tienen la limitante de que las imágenes no son actualizadas con regularidad por lo que la localización de nuevos árboles reforestados no se ve reflejada. Por otro lado, plataformas como MapBox y MapMe permiten la creación de mapas interactivos. Mapbox es una plataforma que permite el desarrollo de aplicaciones móviles y aplicaciones web para la creación de mapas que permitan la localización de datos, incluyendo, además de los diseños de mapas satelitales y

de calles, diseños de mapas de terrenos y tráfico [MapBox, s.f.]. MapBox ofrece un plan de costos que varía de acuerdo al número de vistas y solicitudes de información. Mapme, por otro lado, es una plataforma que ofrece la funcionalidad de enriquecer mapas 3D con elementos multimedia como fotos, videos, y audio, los cuales pueden ser utilizados para crear Mapas de Historias [MapMe, s.f.]. Esta plataforma se ofrece también con planes de costo basados en el número de localidades definidas.

Mapas de Árboles

Existen varias propuestas de mapas de árboles. Mapme ofrece, en su sitio web, acceso al mapa del proyecto Beadson Tree Locations Map, cuyo objetivo es el de promover la reforestación de árboles en Australia para alcanzar 40 millones de árboles reforestados para 2040. Los puntos de localización en este mapa muestran la identificación del lugar, el tipo y número de árboles reforestados [Beadson Tree Locations Project, s.f.]. OpenTreeMap es una plataforma desarrollada con la finalidad de crear mapas de árboles y que la información del mapa sea proporcionada por dispositivos móviles [OpenTree, s.f.].

Otras iniciativas hacen uso de la ciencia ciudadana como recurso para recabar información sobre árboles. Algunos ejemplos incluyen: Urban Forest Map, Treezilla, etc. Urban Forest Map es un proyecto cuyo objetivo es el de mostrar por medio de un mapa la localización de los árboles de la ciudad de San Francisco en Estados Unidos, además de la localización se proporciona información sobre el perfil del árbol, los beneficios ecológicos que se obtienen con la población de árboles [Map, s.f.]. Treezilla es una plataforma de la ciencia ciudadana que tiene como objetivo el identificar cada árbol en el Reino Unido y, con la información recabada, alcanzar varios objetivos científicos como la evaluación de servicios de ecosistemas proporcionados por lo árboles y estudiar los efectos del cambio climatológico con el cambio de las poblaciones de árboles, entre otros [Treezilla, s.f.].

En este trabajo se presenta un prueba de concepto de un mapa interactivo y multitáctil, desarrollada en la plataforma Intuiface, para una pantalla 3M de 46

pulgadas con la finalidad de apoyar en la creación de un inventario de árboles para el DEM y de explorar el uso de esta tecnología para procurar una experiencia de usuario más interactiva, además de la difusión de la cultura del árbol en la comunidad universitaria.

2. Metodología

En este trabajo se utilizó la plataforma Intuiface para procurar un desarrollo rápido para recabar información sobre los beneficios de este tipo de aplicación. Para la prueba de concepto no fue necesario escribir código, y su diseño y producción siguió la metodología de cascada.

Análisis de Requerimientos

Para cumplir con parte de las buenas prácticas ambientales en el rubro de áreas verdes era necesario proporcionar información sobre el tipo y número de árboles frutales, reforestados, y aquellos considerados como especies protegidas. Además es importante promover la cultura del árbol en la comunidad universitaria. Este trabajo propone un inventario de los árboles en la Sede, y no sólo los árboles frutales, reforestados, y de especies protegidas. Además propone el uso de tecnología multitáctil con la finalidad de explorar la creación de experiencias interactivas para hacerlo atractivo para la comunidad estudiantil. Con un entorno multitáctil se proponer evocar en los usuarios una sensación de curiosidad y satisfacción, proporcionando un entorno en el que los elementos de la aplicación se pueden manipular libremente.

El desarrollo de una aplicación multitáctil tiene un costo en tiempo y recursos considerable por lo que se buscaron alternativas que permitieran desarrollar una prueba de concepto para identificar la viabilidad de un desarrollo formal de la aplicación.

Definición de Herramientas En esta etapa se investigaron las herramientas disponibles para crear el mapa interactivo y multitáctil, estas herramientas incluyen:

- Intuiface, para desarrollar la prueba de concepto, ya que proporciona un entorno visual que soporta componentes multitáctiles [IntuiLab, s.f.].
- Microsoft Excel, para modelar y almacenar datos, ya que Intuiface proporciona una interfaz con esta herramienta.
- Pantalla 3M Multitáctil de 46 pulgadas modelo C4667PW para brindar una mejor experiencia con hasta 52 toques simultáneos. La figura 2 muestra una foto de la pantalla utilizada.



Figura 2 Pantalla 3M Multi-táctil.

Recolección de Datos

En esta etapa se recolectaron los datos necesarios para crear el mapa, se utilizaron diferentes métodos como: búsqueda de información en línea, y fotografías de los árboles. La recolección de datos en la Sede Yuriria consistió en tomar fotos de los árboles e identificar su posición en un mapa croquis. Sin embargo, no se pudo capturar información de todos los árboles ya que no fue posible acceder de manera segura a algunas áreas de la institución, por lo que las áreas de acceso seguro fueron identificadas para simplificar la captura de datos.

Diseño Interactivo

En esta etapa se realizó el diseño interactivo de la aplicación. Se tomaron en cuenta aspectos de interacción humano-computadora, diseño interactivo y diseño para aplicaciones multitáctiles que enriquecen la experiencia de usuario, con la

capacidad de manejar múltiples usuarios al mismo tiempo. La aplicación fue diseñada con una orientación pre-definida, por lo que los usuarios deben acceder a la misma desde solo un lado de la mesa, con elementos de orientación fija y algunos otros libres. La escena de inicio incluye un diseño con elementos visuales interactivos diseñados para llamar la atención de los usuarios que pasen cerca de la mesa. La pantalla de aplicación incluye elementos los siguientes elementos: 1) el mapa en la parte central, 2) paneles de en los costados con información sobre algún árbol o tipo de árbol en específico. La aplicación cuenta con música ambiental para mejorar la experiencia de usuario.

Evaluación

El mapa fue evaluado por la comunidad universitaria del DEM Yuriria, al instalar la pantalla 3M en el pasillo de entrada a la Sede, donde se tiene la circulación de estudiantes, lo que permitió tener la posibilidad de atraer la atención de los mismos. La pantalla se colocó con una orientación horizontal para permitir experiencia multiusuario. La sesión fue grabada en video para analizar los comentarios y la retroalimentación de los usuarios, y para observar las interacciones que los usuarios realizaban o intentaban realizar al usar el mapa. La figura 3 se muestra una foto de la instalación de la mesa con la aplicación.



Figura 3 Foto de la Instalación de la pantalla multitáctil para evaluar el mapa interactivo.

3. Resultados

El mapa interactivo fue diseñado para proporcionar un inventario de árboles del DEM. La pantalla de inicio del programa, como se presenta en la figura 4, se muestra el logotipo de buenas prácticas ambientales con animación de giro que se activa en un tiempo determinado. Se agregaron otras imágenes de abejas animadas que los usuarios pueden manipular, es decir, trasladar, girar y cambiar su tamaño. El acceso al mapa se logra al tocar otras partes de la pantalla que no estén animadas. Esta pantalla entra como protector una vez que no se interactúa con el mapa por un cierto tiempo. Se manejó un tema de colores en verde que fuera acorde al tema ecológico. El sonido de la aplicación también fue de carácter ambiental.



Figura 4 Pantalla de inicio.

La figura 5 muestra una imagen del mapa desarrollado. En el diseño se muestran tres áreas de contenedores de información. A mano izquierda se encuentra un menú del tipo de árboles para poder filtrar las especies, de manera que cuando un usuario seleccione uno de estos tipos de árboles, en el mapa aparecerán solo los árboles que pertenecen a esta categoría. En la parte central se encuentra el mapa y en la parte derecha se encuentra un panel de información sobre el árbol y la especie seleccionada. El mapa es una imagen creada en base a un mapa satelital obtenido de Google. El mapa croquis es un dibujo digital de las instalaciones y el terreno. El mapa contiene pequeños iconos en forma de un árbol, cada uno ellos

indicando la posición de un árbol, al interactuar con ellos, es decir al tocarlo, se despliega una ventana con la foto e información del árbol en esa posición como se muestra en la figura 6.

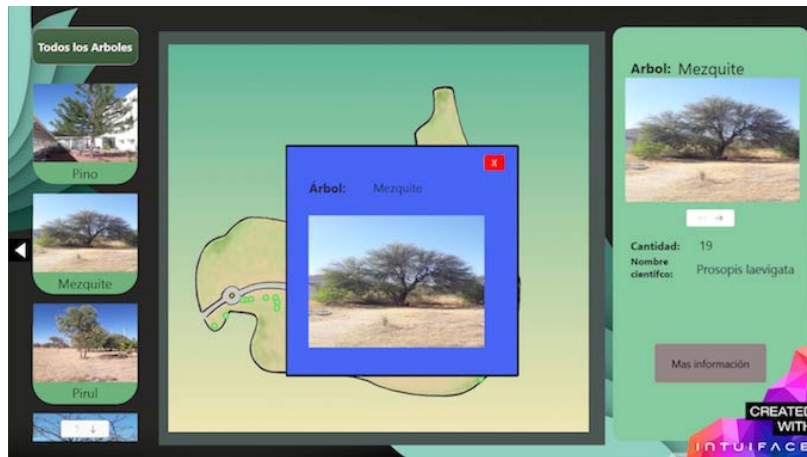


Figura 5 Mapa Interactivo desarrollado en la plataforma Intuiface.



Figura 6 Foto de un árbol seleccionado.

4. Discusión

El mapa interactivo desarrollado cumple con el objetivo de registrar e informar sobre la supervivencia de los árboles, además de ser visual e interactivamente atractivo. Durante la sesión de evaluación, varios usuarios tuvieron la oportunidad de usar el mapa de manera interactiva y pudieron explorar la diversidad de árboles

que tiene la institución, desde especies muy populares hasta especies protegidas en la región. Los comentarios realizados por los usuarios fueron positivos ante la tecnología, el mapa, y la información proporcionada. Algunos de sus comentarios sugerían la implementación de fotografías de diferentes ángulos y la posibilidad de tener una vista 360 grados.

La herramienta Intuíface fue de mucha utilidad para el desarrollo de esta prueba de concepto, dado que la realización de la misma fue rápida, comparada con el tiempo que se hubiera tenido que invertir con otras herramientas de desarrollo de software. Sin embargo, es necesario plantear como trabajo futuro el desarrollo de este mapa con herramientas como Windows Presentation Foundation (WPF) que permitan una mayor flexibilidad al momento de diseñar la interfaz y las interacciones del usuario para el desarrollo de mapas interactivos. Además, el uso de Intuíface a largo plazo necesitaría de pago de licencias para ser usada sin restricciones de tiempo de ejecución, las cuales son impuestas en la versión libre después de cierto número de ejecuciones. Esta prueba de concepto ha dejado en claro que este proyecto puede adaptarse a más sectores y no sólo al ambiental, por lo que se espera que los desarrollos permitan ofrecer soluciones innovadoras en la región en diferentes sectores como turísticos, económicos, etc.

Por otro lado, los datos presentados en el mapa no representan toda la población de árboles, por lo que se necesita terminar la captura de datos de los mismos. Para ello, se tiene contemplado el uso de un dron que nos permita capturar la información de los faltantes en aquellas zonas de difícil acceso, por los terrenos irregulares, vegetación con espinas, y animales venenosos que pueden poner en riesgo la integridad de las personas realizando esta labor.

Una vez registrada toda la población se estará en la posibilidad de realizar cálculos y estadísticas sobre la huella verde de la Sede. La Sede de Yuriria obtuvo el Distintivo de Buenas Prácticas Ambientales por parte de la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial [Universidad de Guanajuato, 2017], y aunque este distintivo fue un proceso exhaustivo que involucra muchos más elementos, el trabajo presentado aquí tuvo una pequeña contribución en el área prioritaria de áreas verdes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes: Elisa Guadalupe Zavala Méndez por su apoyo en el diseño del croquis usado en el mapa, Jannete Montserrat Silva Núñez y Alejandro Espino Aranda por su apoyo en la recolección de fotografías de los árboles, y a Elizabeth Cruz Ramírez por su apoyo en la búsqueda en línea de información de los árboles. Los autores agradecen el apoyo de los Proyectos SEP-PRODEP Apoyo a la Incorporación de Nuevos PTC con los convenios UGTO-PTC-510 y UGTO-PTC-512.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Beadson Tree Locations Project. (s.f.). Beadson Tree Locations Map: <https://goo.gl/UbYrxH>.
- [2] IntuiL (s.f.). System Requirements | IntuiLab: <https://www.intuilab.com/system-requirements>.
- [3] Map, U. F. (s.f.). About-Urban Forest Map: <https://urbanforestmap.org/about/#1441873848705-137dad4-47944c44-3696>.
- [4] MapBox. (s.f.). Our map data–Mapbox: <https://www.mapbox.com/help/how-mapbox-data-works/>.
- [5] MapMe. (s.f.).Mapme - Interactive Map Builder with Photos, Videos and Word: <https://mapme.com/>.
- [6] OpenTree. (s.f.).OpenTreeMap, Create greener communities and explore our urban forests, together: <https://www.opentreemap.org/>.
- [7] Treezilla. (s.f.). Treezilla - The monster map of trees. <http://www.treezilla.org/map/>.
- [8] Universidad de Guanajuato. (2010). Plan de Desarrollo Institucional 2010-2020 - Actualización 2016. Guanajuato: <https://goo.gl/oZQ1Gv>.
- [9] Universidad de Guanajuato. (2017). Reconocen a sedes de la UG por implementar buenas prácticas ambientales: <https://goo.gl/Wi3yFf>.

APOYO PARA LA PREVENCIÓN DEL PLAGIO ACADÉMICO CON LA INTEGRACIÓN DE UN ALGORITMO DE CÓDIGO ABIERTO Y UNA PLATAFORMA EDUCATIVA

Isnardo Reducindo

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

isnardo.reducindo@uaslp.mx

Miguel A. Olvera Martínez

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

miguel.olvera@uaslp.mx

Luis R. Rivera Aguilera

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

rivera@uaslp.mx

Julio C. Rivera Aguilera

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

jrivera@uaslp.mx

Resumen

En el presente trabajo se describe la incorporación de un algoritmo para detección de plagio, distribuido bajo una licencia de código abierto y programado en Python, con una plataforma educativa, desarrollada en PHP y también de código abierto. La integración se realizó partiendo de una arquitectura Modelo-Vista-Controlador sobre un servidor LAMP, que permite al algoritmo de detección de plagio acceder a la base de datos de documentos (tareas, ensayos, reportes, etc.) de la plataforma de e-learning desde la vista de trabajos. De esta manera se puede analizar cada documento con respecto a todos los demás contenidos dentro del servidor y realizar una búsqueda exhaustiva de plagio que arroja un reporte estadístico detallado de los resultados. El propósito de este desarrollo es brindar a los profesores de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, una

herramienta tecnológica gratuita para detectar plagio entre sus estudiantes de nivel superior. Como resultado se podrán tomar medidas preventivas con quienes incurran en esta práctica, así como proponer estrategias didácticas para corregir este problema desde el proceso enseñanza-aprendizaje.

Palabra(s) Clave: Código abierto, Detección de plagio, Didáctica, Plataformas educativas

Abstract

This work describes the integration of an algorithm for plagiarism detection, distributed by an open source license and written in Python language, with an educational platform, developed in PHP language and also distributed with an open source license. The integration process started under a Model-View-Controller architecture and implemented in a LAMP server. This design allows the algorithm to access the documents data base (assignments, reports, reviews, etc.) of the e-learning platform, this from class works view. In this way, it is possible to analyse a new document comparing it with all the documents inside the server, and perform an exhaustive plagiarism search, which obtain a detailed statistical report of the plagiarism analyses. The purpose of the development of this application, is to provide to teachers of the Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a free technological tool in order to detect the plagiarism in their university students. As a result, preventive actions could be taken with those who incur in this practice, also the professors can purpose new didactic techniques to correct this problem during learning-teaching process.

Keywords: Didactics, Learning platforms, Open source, Plagiarism checker

1. Introducción

De acuerdo con diversos autores e instituciones, el plagio se define en el contexto académico como la acción de deshonestidad al momento de copiar en lo sustancial obras ajenas dándolas como si fueran propias, o se refieren también al hecho de extraer, imitar, fusilar o piratear, trozos o ideas de manera fraudulenta sobre obras ajenas de tipo literaria, artística o académicas y no reconocer

expresamente al autor original [Girón, 2008] [Ruipérez y García, 2016]. Así pues, entendemos el plagio académico como el presentar cualquier tipo de información sin dar el crédito correspondiente al autor original y atribuyéndosela como propia quien la presenta.

Las obras que pueden ser sujetas a esta práctica son muy diversas, por ejemplo: tesis, artículos científicos, artículos de divulgación, reportes técnicos, libros, novelas, poemas, composiciones audiovisuales, proyectos, planos, maquetas de obras arquitectónicas o de ingeniería, programas de ordenador, bases de datos, entre otras [Macías, 2016]. Dentro de las obras académicas y científicas, algunas de las acciones más comunes de plagio son, por ejemplo: prácticas académicas deshonestas relativas al desarrollo de exámenes, plagio sobre Internet (ciberplagio), plagio de fuentes impresas, falseamiento de las referencias bibliográficas, falseamiento de datos, entre otras [Comas y Sureda, 2011]. Otra clasificación del plagio académico de acuerdo con Rojas [2012] puede ser: plagio directo, plagio por el uso inadecuado de la paráfrasis, plagio complejo usando referencia, plagio con comillas sueltas, el parafraseo como plagio, el auto-plagio o fraude de reciclaje. Estas formas de plagio engloban algunas de las prácticas más comunes en el ámbito académico, como lo son: omitir la autoría, hacer cambios a escritos originales y presentarlos como propios, no respetar las reglas de la paráfrasis, no indicar con exactitud las páginas de la fuente original, ausencia de comillas y/o reproducir textualmente las ideas del autor, entre otras.

Por otro lado, los factores por los que en el ámbito académico se incurre en plagio pueden ser muy diversos, por lo que no existe una estrategia única para erradicar este problema. Por ejemplo, una encuesta realizada por U.S. News y el World Report Poll [CFP, 2015], encontró que el 90% de los estudiantes creen que los plagiadores nunca pagan por las consecuencias de sus actos ya que nunca serán detectados, lo que genera un clima de "confianza" el cometer el acto ilícito dando como resultado que el 80% de los estudiantes admitan haber plagiado por lo menos en una ocasión. Otra razón que se puede considerar es el desconocimiento de técnicas y metodologías que permiten citar y dar el crédito que se debe al autor de alguna obra intelectual o parte de ella. Además de las razones por las que se

incurrir en plagio, también es preciso señalar la tensión que se genera en dos cuestiones: proteger la propiedad intelectual y promover la libertad de creación. Sin duda alguna, es un reto para las Instituciones de Educación Superior (IES) en Latinoamérica atender con precisión cada uno de estos dos aspectos esenciales en el mundo académico y científico, sobre todo en épocas recientes, donde varios casos de plagio llevados a la luz han puesto en duda el prestigio de instituciones y académicos/investigadores consolidados [Cruz, 2015] [Martínez y Piñón, 2015]. Es un hecho que dentro del contexto académico el plagio es algo común a pesar de ser una práctica poco ética y mal vista dentro del entorno [Acevedo, 2015], y que puede incluso llevar a consecuencias legales a quien lo practica.

De acuerdo a los párrafos anteriores, se vuelve imperante que las IES desarrollen propuestas desde el contexto académico y que, en su papel formador, atiendan la necesidad de fortalecer la enseñanza de la ética y de los métodos adecuados que permitan sensibilizar a docentes y estudiantes sobre la valía de respetar la creación intelectual de obras ajenas y evitar presentarlas como propias [Astudillo, 2006] [Rojas, 2010]. En este sentido, es conveniente señalar que el tratamiento de este tema desde el ámbito académico debe ser preventivo y no correctivo, por lo que los esfuerzos que se hagan deben estar enfocados a generar en los futuros profesionistas y académicos, una cultura de respeto a la creación intelectual. Al respecto, un grupo de académicos pertenecientes a doce IES de México, presentaron un documento titulado "Por una cultura académica distinta: propuestas contra el plagio" [Nexos, 2015]; en el cual enmarcan ocho puntos críticos que deben ser atendidos en las agendas de las instituciones con respecto al problema del plagio, entre lo que podemos resaltar del primer punto el siguiente párrafo:

Incluir un compromiso a corto plazo por parte de todas las instituciones participantes en el Acuerdo para adecuar su normativa interna a fin de establecer instancias y procedimientos disciplinarios para la detección y, en su caso, sanción a los estudiantes de todos los niveles y a los profesores e investigadores que incurran en esta práctica [Nexos, 2015].

Para que las IES puedan encaminarse a atender la propuesta descrita en el párrafo anterior y establecer las políticas, herramientas y acciones para la detección, prevención y castigo, se debe tener claro el contexto específico para cada caso; ya que no se puede juzgar igual a un investigador consolidado que plagia un artículo, que a un estudiante universitario que plagia la tarea de su mejor amigo. Una de las principales razones por las que una gran cantidad de IES en Latinoamérica carecen de alguna herramienta tecnológica que les ayude en la detección de plagio, es por el costo de licencias que esto implica. Es por eso que en este trabajo se presenta el desarrollo de una herramienta gratuita basada en un algoritmo de detección de plagio y una plataforma educativa, ambas de código abierto, con la intención de brindar a las IES de una aplicación que puedan utilizar dentro del proceso formativo de sus estudiantes para la prevención del plagio.

2. Metodología

Contextualización del plagio académico

Este trabajo está enmarcado en el proceso formativo del estudiante universitario, es necesario abordar tanto el tipo de documentos que son comúnmente objeto de plagio, además de algunos de los tipos de plagio que se pueden identificar y los motivos por los cuales los estudiantes incurrir en esta práctica. Como parte del proceso enseñanza-aprendizaje, existen una variedad de instrumentos que toman como evidencia la elaboración de documentos para evaluar competencias de los alumnos, dentro de los cuales podemos destacar los siguientes:

- Tareas (ensayos, reportes, definiciones, etc.): es la primera instancia donde los estudiantes comienzan a practicar el plagio, ya que su elaboración se realiza en un día o dos y a partir de las fuentes consultadas, el estudiante suele aplicar el "copiar y pegar".
- Proyectos: es un medio de evaluación con un enfoque de aprendizaje basado en problemas. Usualmente, los estudiantes socializan este tipo de trabajos que previamente ya han sido realizados, lo que conlleva a plagiar entre compañeros documentos elaborados con anterioridad.

- Tesis: es una de las alternativas para obtener el grado académico por parte del estudiante, lo que convierte al plagio en este tipo de documento en un acto totalmente inaceptable. A pesar de esto, las tesis suelen ser uno de los documentos donde frecuentemente se puede identificar plagio [Bailey, 2016], ya que el riesgo puede ser superado por el beneficio de la obtención del grado.
- Los tipos de plagio se han diversificado gracias a las herramientas tecnológicas, principalmente Internet. Dentro de los tipos de plagio en que los estudiantes universitarios suelen incurrir, podemos clasificarlos como sigue:
 - ✓ Alumno-Alumno: esta modalidad se puede definir como un "reciclaje de trabajos", en el que los alumnos socializan los documentos y seleccionan el que cumple con los criterios solicitados, y a partir de éste generan otras versiones con algunas o nulas modificaciones.
 - ✓ Alumno-Exalumno: en este caso se identifican acciones referentes a la llamada "herencia académica", la cual se presenta por el intercambio de trabajos de una misma asignatura en diferentes generaciones, donde el profesor no modifica con el paso del tiempo los productos solicitados.
 - ✓ Alumno-Autor: este ocurre cuando un alumno plagia un texto de alguna obra protegida con derechos de autor, a la cual pudo haber accedido por medio de la biblioteca o por alguna fuente de Internet [Comas, 2008].
 - ✓ Alumno-Internet: esta modalidad de plagio es la más recurrente en la actualidad y prácticamente imposible de controlar, además en muchas ocasiones provee información falsa debido a que ésta no es verificada en ningún momento por quien la comparte.

Así pues, bajo el contexto descrito se enmarca el presente trabajo, que surge con la intención de proporcionar una herramienta para intervenir dentro del proceso formativo de los estudiantes universitarios, mediante el análisis principalmente de

documentos como tareas y proyectos para poder detectar plagio Alumno-Alumno o Alumno-Exalumno, principalmente.

Análisis de plataformas educativas

La tecnología ha modificado con el paso del tiempo el proceso enseñanza-aprendizaje, donde se pueden destacar las plataformas de gestión del aprendizaje, conocidos por sus siglas en inglés como LMS (Learning Management Systems). Estas se pueden definir como un software montado en un entorno Web que sirve para crear, aprobar, administrar, almacenar, distribuir y gestionar actividades de manera digital dentro de un proceso formativo a distancia o semi-presencial [Arshavskiy, 2013]. Una gran cantidad de IES al rededor del mundo han optado por ofrecer sus cursos de manera remota con ayuda de estas plataformas, o apoyarse en éstas durante algún curso presencial para facilitar las tareas docentes y diversificar las actividades de aprendizaje (*blended learning*) [Colvin y Mayer, 2011].

Existe una gran variedad plataformas que se han desarrollado para tal propósito, por lo que fue necesario comparar dichas aplicaciones para escoger la más apta de acuerdo a las necesidades particulares que se abordaron en este trabajo. Para llevar a cabo la comparación, se tomó como base los resultados obtenidos en el estudio realizado por Clarenc y cols. [2013], en donde se comparan 19 plataformas a partir de ocho características que según Clarenc [2012] deben de cumplir todos los LMS: interactividad, flexibilidad, escalabilidad, estandarización, usabilidad, funcionalidad, ubicuidad y persuasión para captar usuarios. Los datos de las características mencionadas fueron recuperados mediante el análisis por documental de las herramientas, así como de sus interfaces. A partir de los datos recabados se elaboró la gráfica comparativa de plataformas que se muestra en la figura 1. De acuerdo a dicha gráfica, se puede apreciar que la mejor opción para nuestro caso en específico es Chamilo. Además, esta plataforma es distribuida bajo una licencia de software libre GNU/GPLv3, lo que resulta de vital importancia para este trabajo.

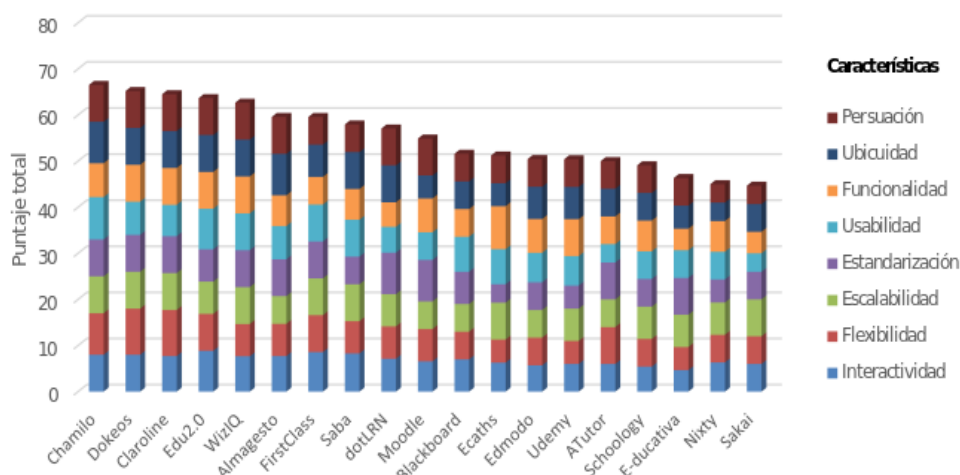


Figura 1 Comparación de plataformas educativas (Autor).

Análisis de herramientas de detección de plagio

Cuando el número de trabajos es elevado y además estos son muy extensos, es difícil para el profesor mantener el ritmo en la calidad de la revisión y detectar casos de plagio. Con el avance de la tecnología se han desarrollado aplicaciones anti-plagio, software diseñado para detectar automáticamente similitudes de texto entre párrafos (análisis intrínseco) o documentos completos (análisis referencial), que se basan en algoritmos desarrollados a través de métodos de extracción/recuperación de información, comparación de caracteres con métodos estadísticos o vectoriales, y análisis de sintaxis, que después son implementados en lenguajes de programación de alto nivel [Introna y Hayes, 2011]. A partir de los resultados presentados por estas aplicaciones, una persona puede entonces determinar si en verdad existe o no plagio.

Existe una gran variedad de aplicaciones que intentan detectar casos de plagio en diversos ámbitos, pero es necesario evaluar dichas aplicaciones para escoger la adecuada de acuerdo con las necesidades específicas de este trabajo. Dentro de los criterios a considerar para la selección de la aplicación se consideraron: escalabilidad, precisión en la detección, idioma, requerimientos técnicos, interfaz de usuario, inclusión en algún LMS, licenciamiento en el código fuente y restricciones de uso. Tomando en cuenta estos criterios se elaboró el cuadro comparativo que se aprecia en la tabla 1, donde se comparan algunas de las herramientas más populares de detección de plagio que hay en el mercado y que

pueden ser utilizadas en el ámbito académico para la revisión de documentos generados por estudiantes.

Se analizaron 32 herramientas de detección de plagio, de las cuales dos son desarrollos desde el ámbito académico y ofrecen el código libre para poder ser modificado y adaptado a nuestras necesidades. La primera de ellas, el Measure Of Software Similarity (MOSS) que es para la detección de plagio dentro de código de lenguajes de programación, por lo que se descarta como opción para usarse en el análisis de texto normal; y la segunda, un algoritmo ganador del Text Alignment Competition on Digital Text Forensic 2014 [PAN, 2014], el Adaptive Algorithm for Plagiarism Detection (AAPD) [Sanchez *et al.*, 2015]. Analizando la tabla 1, la única aplicación de análisis de texto que cuenta con el código libre para poder ser modificado y adaptado a nuestras necesidades es el AAPD, además de asegurar la precisión en la detección al haber ganado el PAN 2014.

Tabla 1 Comparación de herramientas para detección de plagio.

| Herramienta | Tipo licencia | | | | Tipo servicio | | URL |
|---------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------|----------|---|
| | Costo | Gratuito Con restricciones | Gratuito Sin Restricciones | Código Abierto | Web | Software | |
| AntiPlagiarism | ✓ | | | | | ✓ | http://antiplagiarism.net/ |
| AntiPlagiarist | | | | | | ✓ | http://antiplagiarist.softonic.com/ |
| Articlechecker | | | | | ✓ | | http://www.artidechecker.com/ |
| Compilatio | ✓ | | | | ✓ | | https://www.compilatio.net/es/ |
| Copionic | | | | | ✓ | | http://copionic.citilab.eu/ |
| Copy check | | | | | ✓ | | http://www.copycheck.cc/ |
| Copyscape | ✓ | | | | ✓ | | http://www.copyscape.com/ |
| Crosscheck | ✓ | | | | ✓ | | http://www.crossref.org/ |
| Crot software | ✓ | | | | ✓ | ✓ | http://www.crotsoftware.com/ |
| Duplichecker | | | | | ✓ | | http://www.duplichecker.com/ |
| Ephorus | ✓ | | | | ✓ | | http://www.ephorus.com/ |
| Google | | | | | ✓ | | https://www.google.com.mx |
| Grammarly | ✓ | | | | ✓ | | https://www.grammarly.com/ |
| HelioText | ✓ | | | | ✓ | | http://www.heliotext.com/ |
| Ithenticate | ✓ | | | | ✓ | | http://www.ithenticate.com/ |
| Moss | | | | ✓ | ✓ | | http://theory.stanford.edu/~aiken/moss/ |
| Paper Rater | | | | | ✓ | | https://www.paperrater.com/ |
| Plag Aware | ✓ | | | | ✓ | | https://www.plagaware.com/ |
| Plag scan | ✓ | | | | ✓ | | http://www.plagscan.com/es/ |
| Plagiarism checkerX | | | | | | ✓ | http://plagiarismcheckerx.com/es/ |
| Plagiarisma | | | | | ✓ | ✓ | http://plagiarisma.net/es/ |
| Plagium | | | | | ✓ | | http://www.plagium.com/ |
| Plagtracker | | | | | ✓ | | https://www.plagtracker.com |
| Quetext | | | | | ✓ | | http://www.quetext.com/ |
| Small SEO tools | | | | | ✓ | | http://smallseotools.com/plagiarism-checker/ |
| Turnitin | ✓ | | | | ✓ | | http://turnitin.com/es |
| Urkund | ✓ | | | | ✓ | | http://www.urbund.com/en/ |
| Vericite | ✓ | | | | ✓ | | https://www.vericite.com/ |
| Viper | | | | | | ✓ | http://www.scanmysav.com/ |
| Writecheck | ✓ | | | | ✓ | | http://en.writecheck.com/ |
| AAPD | | | | ✓ | | ✓ | http://www.gelbukh.com/plagiarism-detection/PAN-2015 |

Integración

De acuerdo con lo mencionado en las secciones anteriores, la plataforma de aprendizaje seleccionada fue Chamilo y como herramienta de detección de plagio el AAPD. Uno de los principales criterios de selección es que fuesen aplicaciones de código libre, lo que permite modificarlas para integrarlas y adecuarlas a las necesidades específicas que abordamos. Como parte del análisis de las herramientas, sus lenguajes de desarrollo y el gestor de base de datos SQL requerido, se estableció el esquema de integración de ambas bajo un entorno de un servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP-Python), el cual se puede apreciar en la figura 2.

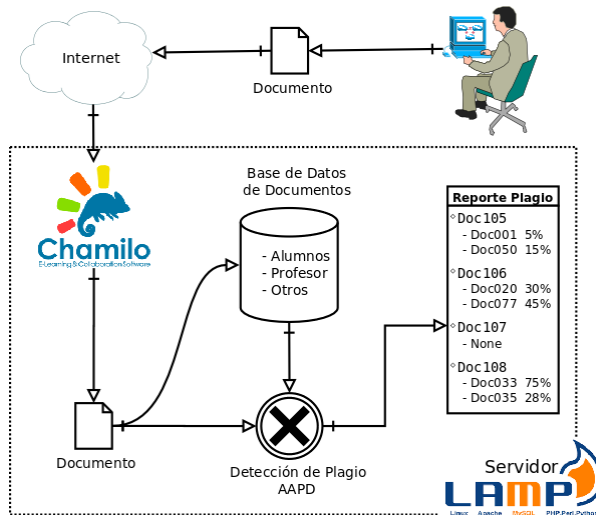


Figura 2 Esquema de integración y flujo documental.

Analizando a detalle el código de Chamilo y su documentación, se encuentra que está desarrollado con Zend Framework bajo PHP 5. Zend Framework es una herramienta que permite manejar el código PHP y HTML, así como las conexiones a la base de datos (en este caso MySQL) siguiendo una arquitectura de desarrollo Modelo-Vista-Controlador (MVC), fundamentado en programación orientada a objetos (POO). Por otro lado, al analizar el código del AAPD implementado en Python, se encuentra que depende de librerías como PyStemmer y NLTK, además de que está contemplado para comparar sólo dos documentos de texto plano a la vez.

Como primer paso para el proceso de integración, se configuró un servidor LAMP sobre el cual se montó la plataforma educativa de Chamilo. Después, se realizó la instalación y configuración de las librerías necesarias para que el AAPD pudiera ser ejecutado por el intérprete de Python, y se procedió a realizar las modificaciones necesarias dentro del código para que pudiese ejecutar una comparación de múltiples documentos al recibir como entrada un documento a comparar y el directorio donde se encuentra la base de datos con el resto de los documentos.

Posteriormente se identificó dentro del controlador del código de Chamilo la clase que permite enlazar los documentos cuando se suben como tareas a la plataforma y presenta la vista del listado de trabajos. Se modificó esta clase y la vista, para que se tuviera la opción de revisar cada documento cuando el profesor así lo decida, donde el controlador responde a la solicitud mandando llamar al algoritmo de plagio para que compare la tarea indicada con el resto de documentos contenidos en el directorio de trabajos similares. Una vez que el algoritmo es ejecutado, se genera un reporte estadístico de la comparación con todos los documentos. Finalmente, se modificó la vista de tareas que permite lanzar el proceso de revisión y se generó una nueva para el informe estadístico generado.

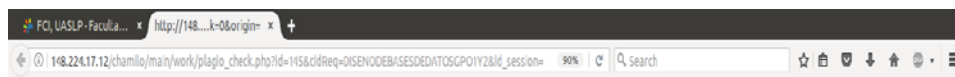
3. Resultados

Como resultado del proceso de integración de las herramientas, se tiene la aplicación para lanzar la detección de plagio dentro de la interfaz de Chamilo (tabla 2), lo que permite la comparación de un documento seleccionado por el profesor con el resto de documentos contenidos dentro de la base de datos, especialmente con los que pertenecen al mismo trabajo, pero de diferentes autores.

El análisis de comparación de documentos realizado mediante el algoritmo arroja como resultado un reporte estadístico que se puede visualizar en una vista generada dentro de Chamilo (figura 3). Este informe puede ser utilizado por el profesor para revisar a detalle cada documento que arroje un alto porcentaje de plagio con el trabajo comparado, para verificar el plagio.

Tabla 2 Tareas con acción para revisión de plagio en la última columna.

| Nombre | Apellidos | Título | Comentarios | Fecha ↑ | Estado | Subir correc | Acciones | Plagio |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|-------------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|--------|
| KARLA ADRIANA | NUEZ CARRERA | torres corzo.pdf | 10/20 | 01 de Diciembre 2016 a las 01:53 PM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| ANDREA | ROCHA REYNA | Proyecto final.pdf | 13/20 | 01 de Diciembre 2016 a las 07:16 PM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| PATRICIA DEL ROCIO RIOS LOPEZ | | PROYECTO WORD.pdf | 16/20 | 01 de Diciembre 2016 a las 10:13 PM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| YADIRA ALEJANDRA | RADA DOMINGUEZ | PROYECTO WORD.pdf | 16/20 | 01 de Diciembre 2016 a las 11:09 PM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| MASSIEL ISABELLA | CERVANTES IRURZO | Art Institute of Chicago - ... | 18/20 | 02 de Diciembre 2016 a las 02:13 AM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| IVAN ANTONIO | FLORES HERNANDEZ | Moreno Cuevas e Flores Hern... | 14/20 | 02 de Diciembre 2016 a las 10:34 AM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |
| ELENA YUDITH | FLORES ARELLANO | final.pdf | 8/20 | 02 de Diciembre 2016 a las 10:36 AM | Revisado | Sueltte un archivo aqui o haga clic | | |



Resultados de Análisis de Plagio

Autor Documento Analizado: [Hernandez Hernandez, Ma. Celia](#)

Documentos Comparados: 37
Plagios Detectados: 19

| Autor Documento Comparado | Porcentaje Plagiado | Offset | Porcentaje de Tarea | Offset |
|--|---------------------|--------|---------------------|--------|
| Alvarado Esparza, Karen Lizeth | 21% | 37 | 41% | 0 |
| TeachTarget.com | 4% | 5118 | 29% | 677 |
| Nuez Carrera, Karla Adriana | 40% | 408 | 19% | 650 |
| Lopez Garcia, Dolores Guadalupe | 18% | 0 | 29% | 0 |
| Olasoaga Morales, Lucio Alberto | 20% | 595 | 35% | 308 |
| Torres Perez, Jessica Guadalupe | 32% | 30 | 29% | 0 |
| Wikipedia | 1% | 0520 | 19% | 650 |
| Ituriz Mota, Maribel Estefania | 25% | 841 | 30% | 670 |
| Castillo Zapata, Maria Fernanda | 33% | 308 | 35% | 308 |
| Beltran Moncada, Hector Adolfo | 51% | 277 | 19% | 650 |
| Cervantes Irurzo, Massiel Isabella | 22% | 670 | 19% | 650 |
| Mota Pina, Guadalupe Rubi | 39% | 200 | 27% | 207 |
| Martinez Barcona, Evelyn Janet | 16% | 805 | 35% | 308 |
| Martinez Barcona, Evelyn Janet | 14% | 1170 | 30% | 670 |
| Peralta Andrea Michelle | 100% | 0 | 100% | 0 |
| Rios Lopez, Patricia del Rocio | 31% | 0 | 29% | 0 |
| woford-ecs.org | 4% | 1705 | 25% | 398 |
| Rocha Revas, Andrea | 18% | 724 | 32% | 650 |
| Flores Hernandez, Ivan Antonio | 14% | 51 | 29% | 0 |

| Estadístico | Plagiado | Tarea |
|-------------|----------------|----------------|
| Mínimo | 1% | 19% |
| Mediana | 21.0% | 29.0% |
| Máximo | 100% | 100% |
| Media | 26.4736842105% | 32.1578947368% |

Figura 3 Reporte estadístico del análisis de un documento.

En general, se obtuvo una herramienta gratuita y de código abierto que permite detectar plagio entre estudiantes de nivel superior, así como de otros documentos que el profesor decida anexar a la base de datos. Dicha implementación puede ser aplicada en cursos a distancia o semipresenciales, e incluso como apoyo para la recolección y análisis de trabajos en cursos presenciales. Los resultados del proceso de revisión de plagio pueden ser visualizados mediante un reporte estadístico que se genera por cada documento que se decida analizar, y a partir del cual el profesor puede establecer la pertinencia del trabajo, el grado de plagio y las acciones formativas a emplear con quien incurre en dicha práctica.

4. Discusión

En el presente trabajo se describió la metodología seguida para integrar una plataforma de educación a distancia y un algoritmo de detección de plagio, ambos distribuidos como software libre, con la intención de generar una herramienta de apoyo a la planeación docente con respecto al uso ético de la información y el respeto a la propiedad intelectual.

Esto permitirá a los profesores de nivel superior, contar con una herramienta que les ayude a revisar las tareas de sus alumnos y revisar que no incurran en plagio, principalmente Alumno-Alumno y Alumno-Exalumno. De ser detectado, el profesor deberá analizar y establecer la pertinencia del trabajo, el grado de plagio y las acciones formativas a emplear con quien incurre en dicha práctica.

Se debe mencionar que el resultado de este desarrollo no es el primero ni el único en su tipo, pero si el único hasta el momento que pretende brindar una herramienta libre sin costo de licencia para poder ser usado por instituciones de educación superior públicas. Además, resaltar que el enfoque que aborda para la detección parte de comparar textos dentro de una base de datos local, y que se pretende extender a un análisis más robusto a partir de la incorporación continua de textos especializados por parte de los profesores como apoyo al desarrollo de dicha herramienta.

Finalmente, se debe resaltar que una de las principales razones por las que una gran cantidad de universidades en Latinoamérica carecen de alguna herramienta

tecnológica que les ayude en la detección de plagio, es por el costo de licencias que esto implica. Con el desarrollo de esta herramienta, se pretende subsanar esa problemática al poder ofrecer a la comunidad una herramienta gratuita y de código abierto, lo que no implicará el pago de licencias por parte de las instituciones.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Acevedo, E. (2015). Scratch: La ética y el plagio. Massachusetts Institute of Technology: <https://goo.gl/AEEBCF>.
- [2] Arshavskiy, M. (2013). Instructional Design for eLearning: Essential guide to creating successful eLearning courses. Createspace Independent Pub.
- [3] Astudillo, F. (2016). El plagio intelectual. Revista propiedad intelectual. 5(8), 242-270.
- [4] Bailey, J. (2016). Mexico`s President Faces Plagiarism Allegations. iThenticate Plagiarism Blog: <https://goo.gl/hhNopA>.
- [5] CheckForPlagiarism.net (CFP). (2015) Cyber Plagiarism and Statistics: <https://goo.gl/1hyrdR>
- [6] Clarenc, C. A. (2012). Tipos de LMS: Características Requisitos - Procedimientos para seleccionar un LMS: <https://goo.gl/nfcmYx>.
- [7] Clarenc, C. A., Castro, S.M., López, C., Moreno, M.E., Tosco, N.B. (2013). Analizamos 19 plataformas de eLearning, Investigación colaborativa sobre LMS. Grupo GEIPITE, Congreso Virtual Mundial de e-Learning: <https://goo.gl/wo7PCq>
- [8] Colvin, R., Mayer, R. E. (2011). e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. San Francisco, USA: John Wiley and Sons, Inc. (3ra Ed.)
- [9] Comas, R. (2008). El intercambio y compra-venta de trabajos académicos a través de Internet. EDUTECH Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 26, 1-16.
- [10] Sanchez P., M. A., Gelbukh, A., Sidorov, G. (2015). Adaptive algorithm for plagiarism detection: The best-performing approach at PAN 2014 text alignment competition. Lecture Notes in Computer Science, 9283, 402-413.

- [11]Comas, R., Sureda, J. (2011). La integridad académica entre el alumnado universitario español. *Revista Estudios pedagógicos*, 37(1), 207-225.
- [12]Cruz, J. (2015). Denuncian 34 investigadores de Colef plagio académico de dos colegas. *La Jornada Baja california*: <https://goo.gl/LNwo2K>.
- [13]Girón, S. (2008). *Anotaciones sobre el plagio*. Colombia: Universidad Sergio Arboleda: <https://goo.gl/XgzBHH>.
- [14]Introna, L.D., Hayes, N. (2011). On sociomaterial imbrications: What plagiarism detection systems reveal and why it matters. *Information and Organization*, 21(2), 107-122.
- [15]Macías, H. (noviembre, 2016). Consejos para evitar plagio y fraudes escolares: y otras plagas similares: <https://goo.gl/k8tGAW>.
- [16]Martínez, G., Piñón, A. (2015). Nuevo caso de plagio serial en la academia. *El Universal*: <https://goo.gl/78DK2B>.
- [17]Nexos (2015). Por una cultura académica distinta: propuestas contra el plagio: <https://goo.gl/JFQdNp>.
- [18]Rojas, M. A. (2010). Plagio en el ámbito académico. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 38(4), 537-538.
- [19]Rojas, M. (2012). Plagio en textos académicos. *Revista electrónica Educare*, 6(2), mayo-agosto. 55-56. Recuperado de: <https://goo.gl/WEUREy>
- [20]Ruipérez, G., García-Cabrero, J. (2016). Plagiarism and Academic Integrity in Germany. [Plagio e integridad académica en Alemania]. *Comunicar*, 48, 9-17. doi: 10.3916/C48-2016-01.

SISTEMA DE MONITOREO DE GANADO BOVINO

Yareny Rivera García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla
yarenyrivera@hotmail.com

Luis Alberto Espejo Ponce

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla
jcensan@hotmail.com

José Miguel Méndez Alonso

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla
xtrem_jam@hotmail.com

Miriam Narciso Huerta

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla
miriamnarciso@hotmail.com

Resumen

En el presente artículo se propone una herramienta que permite a los ganaderos de la región de Zacapoaxtla visualizar el recorrido y ubicación de su ganado a partir de datos obtenidos por un dispositivo GPS colocado en el animal, mismo que envía de manera constante a una base de datos la latitud, longitud y altitud en donde está posicionada la vaca. Los datos almacenados se utilizan por una aplicación web que fue desarrollada utilizando la tecnología ASP.Net, Google Maps API y mySql. De esta forma el dueño del ganado puede consultar la ubicación de sus animales desde un navegador web utilizando un equipo de cómputo o un dispositivo móvil, especificando la fecha y hora de búsqueda y visualizando, en tiempo real, la posición de su ganado.

Palabra(s) Clave: Aplicación web, ASP.Net, Google maps, GPS, Zacapoaxtla.

Abstract

This article proposes a tool that allows the cattlemen of the Zacapoaxtla region to visualize the route and location of their cattle from data obtained by a GPS device placed on the animal, it sends in a constant way to a database the latitude, longitude and altitude in which the cow is located. The stored data are used by a web application, it was developed using ASP.Net, Google Maps and MySQL technology. In this way the owner of the cattle can consult the location of their animals from a web browser using a computer or a mobile device, specifying the date and time of the search and displaying in real time the position of their cattle.

Keywords: *ASP.Net, Google Maps, GPS, Web applications, Zacapoaxtla.*

1. Introducción

Una de las actividades principales de la región de Zacapoaxtla, según información obtenida del Anuario Estadístico y Geográfico 2015 presentado por el INEGI es la ganadería bovina [INEGI, 2015]. Los ganaderos tienen como responsabilidad principal cuidar de la salud y el bienestar de su ganado, algunos de ellos utilizan el método de pastoreo tradicional que se realiza a campo abierto sin interrupción durante un periodo prolongado. Por tal motivo, ellos deben permanecer con sus animales la mayor parte del tiempo y necesitan percatarse de las rutas que el ganado sigue, conocer su recorrido, así como el lugar en que se encuentran e identificar si alguno está en un área insegura o prohibida para reubicarlo. Con base en lo anterior se origina el presente trabajo que busca ofrecer una herramienta para visualizar, en un mapa y a través de un navegador web, el recorrido realizado por el ganado bovino, así como su actual ubicación, a partir de datos obtenidos por un dispositivo GPS.

2. Metodología

El presente trabajo inició con la generación de un dispositivo GPS que se coloca en el cuello del ganado y mediante el cual se obtienen datos como latitud, altitud y longitud, éstos se almacenan en una base de datos y permiten conocer su ubicación actual. La siguiente actividad consistió en el desarrollo de una aplicación

web para consultar la base de datos, formatear la información y presentarla al usuario [Pressman, 2010], de tal forma que se pudiera observar en un mapa el lugar en donde se encuentran los animales, así como también el recorrido que hayan realizado en un lapso de tiempo. Lo antes mencionado se representa en la figura 1.



Figura 1 Estructura del sistema de monitoreo de ganado.

Dispositivo GPS

El dispositivo GPS se compone de una placa Arduino Uno R3 con un procesador AT mega 320 de 8 bits a 16 Mhz, esta obtiene los datos GPS a través de un módulo GPS neo6m que requiere de una alimentación de 3 a 5 volts. Para la conexión a la red Lan y a la base de datos se utilizó un módulo WiFi basado en SoC (*System on Chip*) que requiere una alimentación de 3.3 V para su funcionamiento y soporta la pila de protocolos de TCP/IP con una potencia de

salida de +19.5 dBm en el estándar 802.11B. Para la alimentación de voltaje se utiliza una placa Lipo Rides v1.2 y una pila LIPO Recargable de 3.7 V y 2000 mAh. El Dispositivo GPS se muestra en la figura 2.

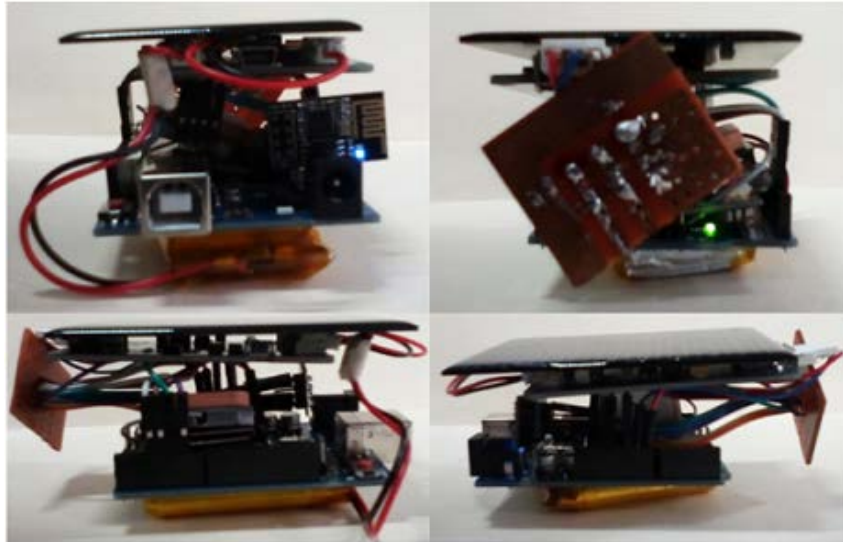


Figura 2 Dispositivo GPS (Fuente_ Elaboración propia)

Aplicación web para monitoreo de ganado bovino

En el desarrollo de la aplicación se utilizó una metodología cuyas fases son:

- Estudio de requisitos y especificaciones. La aplicación debía cumplir con las especificaciones siguientes: utilizar los datos de la base alimentada por el dispositivo GPS, permitir el inicio de sesión del usuario, así como la recuperación de su contraseña, permitir al usuario la consulta de ubicación o recorrido del ganado con base en una fecha y hora establecidas por éste. La estructura de la aplicación se muestra en la figura 3.
- Diseño del sitio. En esta fase se realizó el diseño del sitio web utilizando la herramienta en línea NinjaMock, se inició con el diseño de la página maestra que sería utilizada como plantilla en las páginas de inicio de sesión, ubicación actual y recorrido.
- Desarrollo del sitio. La página principal permite el inicio de sesión del usuario para que pueda visualizar, una vez autenticado, las secciones de ubicación actual y recorrido del ganado. En el inicio de sesión se requiere el

llenado de campos como usuario y contraseña, datos que deberán estar registrados en la base de datos para permitir el ingreso al sistema. También contiene una opción para que el usuario pueda recuperar su contraseña, esto se logró utilizando la clase smtpClient que permite a las aplicaciones enviar correo electrónico mediante SMTP, que es el protocolo Simple de transferencia de correo [Arias, 2015]. Una imagen representativa de esta sección se observa en la figura 4.

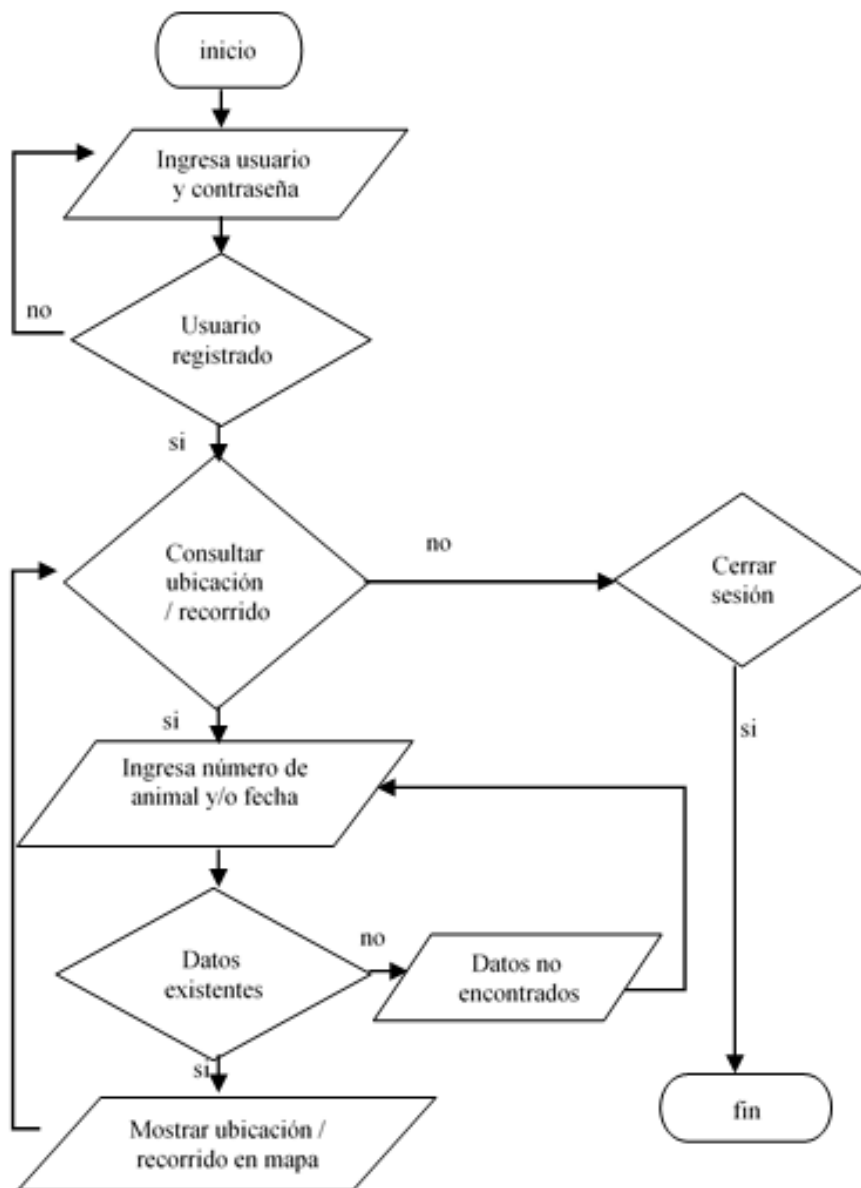
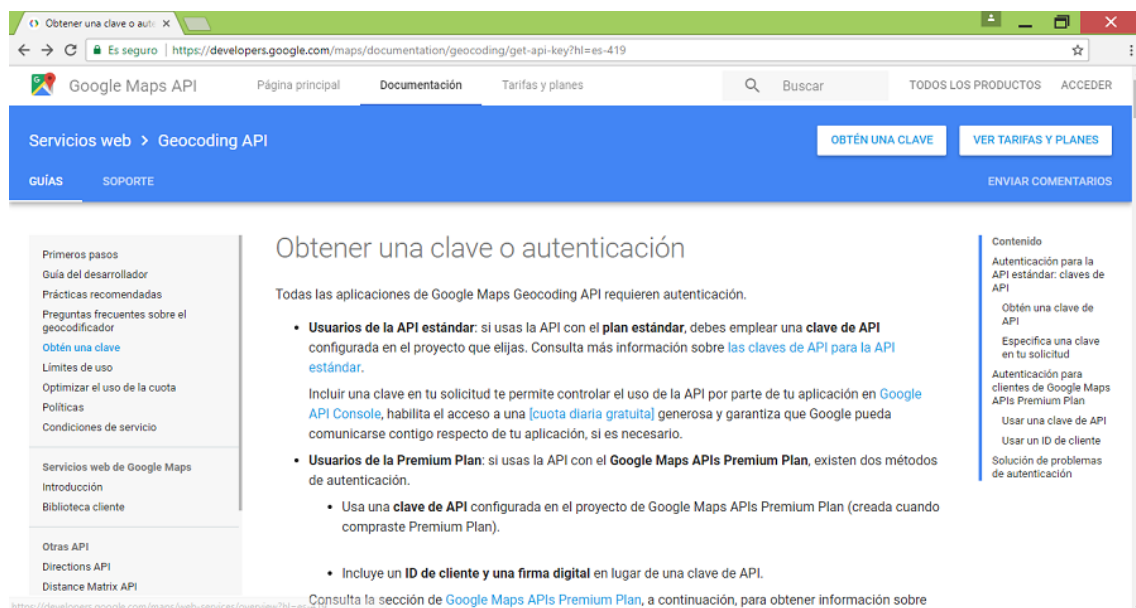


Figura 3 Diagrama de la estructura de la aplicación.



Figura 4 Inicio de sesión del sistema.

Para integrar a la aplicación web la API de Google Maps, que está formada por un conjunto de procedimientos puestos a disposición de los usuarios y mediante los cuales se pueden incrustar mapas de Google en una página web [Google-Maps, 2017], fue necesaria la obtención de una clave que se integró al código del archivo web.config permitiendo que la ubicación y recorrido puedan visualizarse en un mapa, esto se observa en la figura 5.



Fuente: [Google-Maps, 2017]

Figura 5 Obtención de clave del API de Google Maps.

Para conocer la ubicación del ganado se debe ingresar el identificador del animal, a partir de este valor se obtiene la latitud y longitud que correspondan con el identificador ingresado y con la fecha y hora actual, con estas coordenadas se puede mostrar la ubicación del animal en un mapa de Google como se observa en la figura 6.



Figura 6 Ubicación del ganado.

Para visualizar la ruta recorrida por el ganado se debe especificar la fecha de búsqueda, así como el identificador del animal, con estos criterios se obtiene un conjunto de valores latitud - longitud que permiten mostrar el recorrido del animal en un mapa, como se muestra en la figura 7.

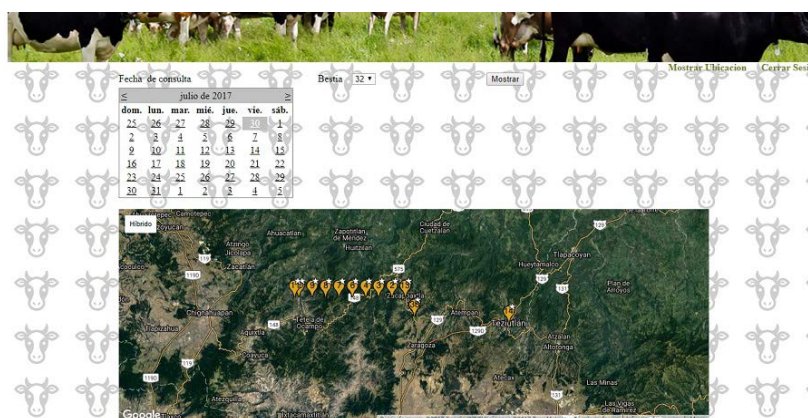


Figura 7 Recorrido del ganado (Fuente_ Elaboración propia).

- Verificación del correcto funcionamiento del sitio. En esta fase se realizaron pruebas de funcionalidad con el fin de validar que el comportamiento

observado en la aplicación cumpliera con las especificaciones establecidas en los requerimientos funcionales, obteniéndose resultados satisfactorios.

- Puesta en marcha. Para que la aplicación pudiera ser consultada, vía web, se alojó en uno de los servidores del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla con las siguientes características: Servidor Intel Xeon®, CPU-S 2420 2.20 GHZ, 8 GB RAM con Windows Server 2012 R2 Estándar. También se realizaron pruebas funcionales del sistema en su ambiente real de operación que permitieron verificar el correcto funcionamiento de las secciones que lo integran.

3. Resultados

Con la realización del presente trabajo de desarrollo tecnológico se obtuvieron los siguientes resultados:

- El dispositivo GPS almacena datos como latitud, altitud, longitud, en una base instalada en uno de los servidores del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.
- La aplicación web está disponible a través de la dirección electrónica <http://187.141.79.54:8081/index.aspx>
- La aplicación web utiliza datos de la base alimentada por el dispositivo GPS.
- Se realizaron pruebas de funcionalidad a la aplicación verificando que cumpliera con los requerimientos establecidos en las secciones de inicio de sesión, recuperación de contraseña, consulta de ubicación de ganado y recorrido realizado por el ganado.
- Se visualizó en un mapa la posición actual del ganado, así como el recorrido realizado por éste con base en parámetros como fecha, hora e identificador del animal.

4. Discusión

En la actualidad los dispositivos GPS son utilizados con diversos fines como localización de autos [Bhattacharjee *et al*, 2017], ubicación de personas con

demencia [Wignall, 2013] o detección de rumiantes en zonas rurales [Benke *et al*, 2014], por mencionar algunos.

Siendo la ganadería una de las principales actividades de la región de Zacapoaxtla se pensó en una solución que permitiera a los ganaderos visualizar en un mapa y a través de un navegador web el recorrido realizado por su ganado, así como su ubicación actual a partir de datos, como latitud, altitud y longitud, obtenidos por un dispositivo GPS.

La aplicación web consulta información de una base que recibe datos del dispositivo GPS encargado de indicar, constantemente, la posición actual del ganado, lo que permite que el usuario pueda observar, en tiempo real, la ubicación o recorrido realizado por sus animales. Esta información se muestra en un mapa y es filtrada de acuerdo al identificador del animal, fecha y hora de consulta.

Podemos concluir que se generó una herramienta de apoyo que podrá ser utilizada para monitorear, de manera optimizada, la ubicación del ganado bovino. Se espera que, a corto plazo, la aplicación sea utilizada en un ambiente real por ganaderos de la región de Zacapoaxtla.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Arias, Á. (2015). Aprende a programar ASP.Net. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [2] Benke, K., Sheth, F., Betteridge, K., Pettit, C. and Aurambout, J. (2014). Application of geovisual analytics to modelling the movements of ruminants in the rural landscape using satellite tracking data. *International Journal of Digital Earth*, 8(7), pp.579-593.
- [3] Bhattacharjee, I., Singh, N., Parveen, S., S, S., Anand, S. and Tiwari, V. (2017). Vehicle Tracking and Locking System Using GPS and GSM. *IARJSET*, 4(2), pp.55-60.
- [4] Delégilise, D. (2013). MySQL. Barcelona: Eni Ediciones.
- [5] Google Developers. (2017). Preguntas frecuentes | Google Maps API | Google Developers: <https://goo.gl/w8YDjJ>.

- [6] INEGI (2015). Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Puebla 2015:
<https://goo.gl/mZ782A>.
- [7] Pressman, R. (2010). Ingeniería del software. México: Mc Graw Hill.
- [8] M Developer Network (2017). Información general sobre ASP.Net:
<https://goo.gl/Ytd0lp>.
- [9] Wignall, B. (2013). Development of an integrated external and internal location system with activity monitoring. *International Journal of Integrated Care*, 13(7).

SISTEMA PARA EL MONITOREO REMOTO DE COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS

Dora Ofelia Rodríguez Martínez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón
dora_ofelia@yahoo.com

José Luis Ibarra Casiano

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón
icanet2006@hotmail.com

María Estela Rodríguez Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón
e_rodriguez1977@hotmail.com

Karina Esquivel Murillo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón
kem_1885@hotmail.com

Francisco Javier Ruiz Ortega

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón
ruiz6812@hotmail.com

Resumen

Las abejas son muy importantes para el equilibrio del ecosistema y sobre todo, para la subsistencia de muchos cultivos, debido a su capacidad para polinizar las flores. Actualmente, las poblaciones de abejas melíferas están disminuyendo debido al desorden del colapso de la colonia, las razones no se conocen completamente, el monitoreo remoto de la colmena es esencial para obtener toda la información posible sobre las condiciones ambientales que la rodean. Por otra

parte, es importante llevar a cabo la recolección de información utilizando las nuevas tecnologías para no perturbar las condiciones de trabajo de las abejas y obtener datos más confiables. Se ha instalado una red de sensores que cumplen con este requisito, a través de un sistema de monitoreo remoto, basado en un modelo jerárquico de dos niveles formado por el nodo inalámbrico y un servidor local. El sistema para el monitoreo de variables físicas dentro y fuera de una colmena es completamente escalable, en cuanto a sensores y colmenas, logrando con ello monitorear diferentes puntos dentro y fuera de ella, almacenando datos de temperatura y humedad relativa. De manera que los investigadores y apicultores pueden acceder al servidor de datos para averiguar la condición de sus colmenas en tiempo real.

Palabra(s) Clave: Apicultura de precisión; Monitoreo de colonias de abejas; Sensor inalámbrico.

Abstract

Bees are very important for the balance of the ecosystem and especially for the subsistence of many crops, due to their ability to pollinate flowers. At present, honey bee populations are declining due to collapse disorder of the colony, reasons are not fully understood, remote monitoring of the hive is essential to obtain all possible information about the surrounding environmental conditions. On the other hand, it is important to carry out the collection of information using the new technologies so as not to disturb the working conditions of the bees and obtain more reliable data. We have installed a network of sensors that meet this requirement, through a remote monitoring system, based on a hierarchical two-level model formed by the wireless node and a local server. The monitoring system is a low-cost, fully scalable, number and types of sensors, number of hives and their geographical distribution. Unlike other systems monitoring at a single point in a hive, the system we present monitors and stores the temperature and relative humidity of the hive at three different points. Researchers and beekeepers can access the data server to find out the condition of their hives in real time.

Keywords: *Monitoring of bee colonies, Precision beekeeping, Wireless sensor.*

1. Introducción

Los insectos polinizadores son esenciales para los ecosistemas y los agricultores. Aseguran el mantenimiento de ciertos procesos ambientales, tales como reproducción. Las abejas son los insectos polinizadores más especializados debido a su capacidad para transportar y almacenar polen eficientemente [Patricio & Campos, 2014]. Así, las abejas no sólo son importantes por su producción de miel sino también para el medio ambiente, porque son esenciales para la polinización de las flores de muchos cultivos [Goulso, Nicholls, Botías & Botheray, 2015].

En los últimos años, las poblaciones de abejas melíferas han experimentado pérdidas significativas debido al colapso de las colonias. Las razones todavía están siendo debatidas. Es de suma importancia obtener información para buscar soluciones a este síndrome [Goulso, Nicholls, Botías & Botheray, 2015] [Newmann & Carreck 2010]. Es importante el monitoreo de colonias de abejas para obtener la mayor cantidad posible de datos, pero evitando los efectos del manejo en colmenas. Los sistemas de monitoreo remoto son una herramienta importante para el monitoreo de las colonias de abejas.

En el Instituto Tecnológico de Torreón, un grupo de investigadores y productores apícolas preocupados por la situación que se vive a nivel mundial sobre el colapso de la colmena, han estado trabajando con investigadores de otras universidades para poder aportar información sustancial a este fenómeno el cual está afectando en los últimos años a la comarca lagunera de Coahuila y Durango.

El uso de la apicultura de precisión nos permite monitorear las colmenas por muchas razones posibles, como la investigación, la información sobre el manejo diario de las abejas por los apicultores y el aprendizaje de cómo reducir los recursos y el tiempo asignados a las tareas sin reducir la producción.

El monitoreo de la colmena nos permite obtener diferentes parámetros, tales como el porcentaje de humedad, temperatura dentro de las colmenas, el peso, los sonidos y los gases producidos, información importante. Por ejemplo, estos datos pueden informarnos si las colmenas están en función de la temperatura, si se requiere alguna acción del apicultor, las abejas se ven afectadas por cualquier

enfermedad, o incluso si las colmenas se están moviendo. Esta última aplicación es muy útil en las zonas donde las colmenas pueden ser robados [Eskov, Toboev, 2011].

El coste y tamaño reducido de los sensores permite la posibilidad de desplegarlos en el campo para extraer información y recoger datos más fácil y eficientemente. Inicialmente, el monitoreo electrónico remoto de colmenas es una aplicación con fines científicos, permitiendo el monitoreo de factores dentro de las colmenas, tales como la temperatura y la humedad, con métodos mínimamente invasivos. Hoy en día, estas innovaciones se han estado adoptando por los apicultores a través de aplicaciones prácticas que pueden proporcionar información remota para la toma de decisiones sin tener que inspeccionar las colmenas físicamente.

Sin embargo, el monitoreo de los procesos biológicos no es una tarea trivial, debido a que el comportamiento del sistema biológico y su reacción a la interacción humana no es predecible. La adquisición de datos en procesos industriales es una cuestión muy común, y hay muchos para estas tareas. Sin embargo, en el ámbito de los procesos biológicos donde la adquisición de datos es una tarea compleja, especialmente en el caso de colmenas de abejas, donde cualquier objeto extraño puede convertirse en una amenaza y ser neutralizado por las abejas.

2. Metodología

La telecomunicación es la transmisión y recepción de señales, normalmente electromagnéticas, que contengan cualquier tipo de información que se desee transmitir a distancia. Las telecomunicaciones se remontan a muchos siglos atrás, pero es a finales del siglo XIX, con la aplicación de las tecnologías emergentes en aquel momento, cuando se inicia su desarrollo acelerado. Ese desarrollo ha pasado por diferentes etapas que se han ligado de forma cada vez más rápida: telegrafía, radio, telegrafía sin hilos, telefonía, televisión, satélites de comunicaciones, telefonía móvil, banda ancha, Internet, fibra óptica, redes de nueva generación, etc [Roca, 2017].

En México la apicultura apoya la generación de empleos en el medio rural, la miel de abeja mexicana es uno de los productos más cotizados en el mundo, especialmente en el mercado estadounidense y europeo. Existen casi 43 mil productores apícolas. Actividad que genera aproximadamente de 100 mil empleos directos, donde la producción anual de miel supera las 57 mil toneladas, siendo el estado de Yucatán el mayor productor. [SAGARPA, 2016].

En el Instituto Tecnológico de Torreón, se instaló una colmena artificial de investigación equipada con sensores preparados para monitorear temperatura y humedad, proyecto financiado por el Tecnológico Nacional de México. Dos variables que abrirán un panorama más amplio de lo que sucede al interior de la colmena recopilando datos. Para intentar determinar distintos momentos y estados de la situación de una colonia de abejas, se colocaron dispositivos diseñados especialmente para el proyecto y enlazados inalámbricamente a un servidor web, como se aprecia en la figura 1. Esta colmena de prueba se hizo para observar el comportamiento de la abeja melífera y lograr evitar la propolización (como reacción natural de las abejas) de estos "objetos extraños". Una vez que se logró la compatibilidad de los aparatos electrónicos en las colmenas, se pasó a esta segunda etapa en la que se incluyeron y probaron los dispositivos que transmiten información de manera remota, con tecnología de transmisión de datos a un servidor web. Finalmente, la prueba resultó favorable, funcionando correctamente.

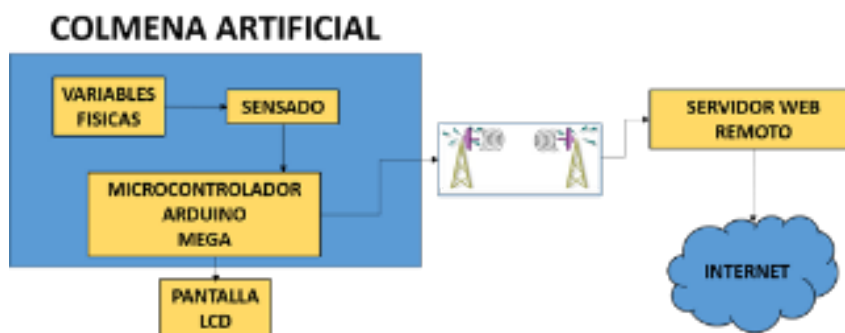


Figura 1 Diagrama del sistema.

Para el desarrollo del prototipo de la colmena se utilizaron los siguientes materiales:

- Sensor de temperatura DB18S20 (figura 2). Este sensor es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres cables: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor maneja un protocolo de comunicación OneWire, que permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requieren dos cables, dentro de sus características se encuentra que cuenta con resolución de 9 y 12 bits Rango de operación de -50 a 125 °C Precisión ± 0.5 °C Protocolo OneWire. Para leer el sensor con un arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a nuestra placa de desarrollo. Las librerías son las siguientes: Dallas Temperature y OneWire.



Figura 2 Sensor de temperatura DB18S20.

- Sensor de temperatura y humedad DHT11 (figura 3). El DHT11 es un sensor que entrega temperaturas y humedad relativa con salida digital. Entre sus ventajas podemos mencionar el bajo costo y la transmisión de datos en forma digital. Esto supone una gran ventaja frente a los sensores del tipo análogo, en los cuales las variaciones en el voltaje alteran la lectura de los datos.

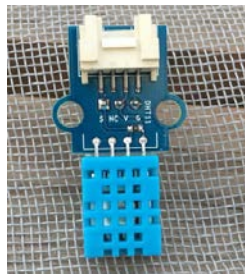


Figura 3 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11.

Entre las desventajas, se tiene que el sensor solo tiene la capacidad de leer números enteros, limitando con ello las lecturas de alta precisión, por lo que se tiene que analizar muy bien si se desea utilizar, ya que estaría limitado a entregar lecturas con números enteros de temperatura y/o humedad, es por ello que se recurrió al sensor DB18S20. Para poder leer datos desde el sensor DHT11 de una forma sencilla necesitamos descargar librerías adecuadas.

- Antena NRF24L01 (figura 4). Este módulo utiliza el nuevo transceiver de Nordic Semiconductor, opera en la banda de 2.4 GHz (Industrial, Científica y Médica) y tiene nuevas características, como su consumo ultra bajo (ULP). El chip Nordic nRF24L01+ integra un completo transceiver de 2.4 GHz, Sintetizador RF, y lógica como el mejorado ShockBurst, que es un acelerador de protocolo por hardware para comunicación por SPI con microcontrolador.



Figura 4 Antena de transmisión.

Especificaciones técnicas de la antena:

- ✓ Fuente de alimentación: 1.9~3.6V
- ✓ Voltaje de funcionamiento del puerto IO: 0~3.3/5 V.
- ✓ Consumo Corriente: 115 mA.
- ✓ Tasa de trasmisión: +20 dBm.
- ✓ Recepción de sensibilidad: -95 dBm a 1 Mbps.
- ✓ El alcance de transmisión: 1000m en zona abierta.
- ✓ Dimensiones: 16.5x45.5 mm.
- ✓ Funcionamiento en la banda ISM de 2,4 GHz, por lo que no necesita licencia y es libre en todo el mundo.

- ✓ 3 velocidades de Datos seleccionables: 250 Kbps, 1 Mbps y 2 Mbps.
- ✓ Acelerador por hardware del protocolo SPI (ShockBurst).
- ✓ Consumo energético ultra bajo, capaz de durar años utilizando una batería.

El modulo posee 8 pines (headers macho) a través de los que se alimenta (3.3 V) y se comunica mediante SPI. Posee un circuito amplificador de potencia (PA), un circuito amplificador de bajo ruido (LNA) además de una antena SMA que le permite lograr un rango de hasta 1000m en campo de vista [SparkFun Electronics Inc, 2017].

- Arduino Mega 2560 R3 (figura 5). Arduino Mega es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. Esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse a un PC a través del puerto serial (conversión con USB) utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación.

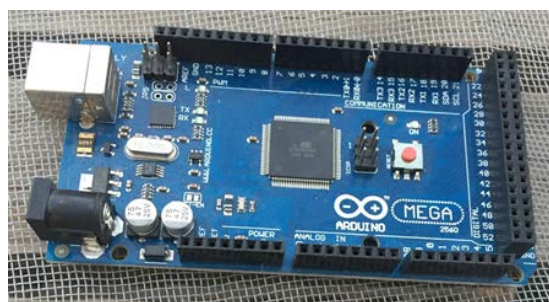


Figura 5 Microcontrolador Arduino Mega 2560.

El Microcontrolador Arduino Mega tiene 54 pines I/O digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, *jack* de alimentación, conector ICSP y botón de *reset*. El

microcontrolador incorpora lo necesario para que actúe; simplemente conectándolo por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC). Es compatible con la mayoría de los *shields* diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.

Arduino Mega 2560, incluye todas las características de su sucesor utiliza un microcontrolador ATmega8U2 en lugar del circuito integrado FTDI. Permitiendo mayor velocidad de transmisión por el puerto USB, no requiere controladores para Linux o MAC (archivo inf es necesario para Windows) además cuenta con la capacidad de ser reconocido por el PC como un teclado, mouse, joystick, etc. [MCI Electronics, s.f.].

3. Resultados

Este sistema se está utilizando en una colmena artificial de abejas *Apis mellifera iberiensis* localizadas en un apiario en el Instituto Tecnológico de Torreón, que se encuentra ubicado en la ciudad de Torreón, Coahuila., uno de los cuatro municipios que conforman la Zona Metropolitana de la Región Laguna, misma que se encuentra ubicada en la Región Norte del país; se instalaron sensores de temperatura y humedad relativa, dentro de la colmena alejados de los panales de cría.

Los sensores fueron situados a 10 cm por debajo de la parte superior de la tapa. Sensores de temperatura y humedad fueron instalados fuera de la colmena para monitorear el exterior. Se instalaron varios sensores porque según los estudios realizados existen variaciones significativas en relación con la regulación térmica que las abejas realizan en diferentes zonas de la colmena [Sánchez *et al.*, 2015]. Así, en el área de cría las temperaturas son estables entre 34-35 °C, que es la temperatura ideal para el desarrollo de las larvas de abejas. Sin embargo, a medida que se aleja del área de cría, las temperaturas son más variables con una tendencia a las que están fuera de la colmena. El monitoreo de se llevó a cabo desde el mes de mayo hasta finales de octubre, tomando como muestra los días de mayor temperatura en la región, siendo estos en los meses junio y julio.

La temperatura y humedad se registraron cada 5 segundos, proporcionando una gran cantidad de datos muy útiles para su análisis. La tabla 1 muestra el promedio de temperatura registradas durante el experimento (30 días de los meses que registraron mayor temperatura junio y julio 2017). Los datos muestran la temperatura al exterior de la colmena (FUERA) y en diferentes puntos en su interior: (CRIA) área de la cría; (MIEL) reservas de miel / polen, en la periferia del peine de cría; y (PANELES) bastidores separados de los bastidores de cría. Se observa que los sensores situados en el centro del área de cría se mantienen estables, mientras que los demás conforme se van alejando del área de cría, su tendencia es más similar a las temperaturas del exterior de la colmena.

Tabla 1 Temperaturas en °C, registradas dentro y fuera de la colmena.

| FECHA | CRIA | MIEL | PANELES | FUERA |
|------------|-------|-------|---------|-------|
| 15/06/2017 | 35.90 | 36.08 | 38.95 | 41.00 |
| 16/06/2017 | 35.80 | 37.84 | 40.85 | 43.00 |
| 17/06/2017 | 35.90 | 37.84 | 40.85 | 43.00 |
| 18/06/2017 | 35.80 | 36.08 | 38.95 | 41.00 |
| 19/06/2017 | 35.80 | 35.90 | 37.05 | 38.00 |
| 20/06/2017 | 35.70 | 36.20 | 36.08 | 37.00 |
| 21/06/2017 | 35.60 | 36.08 | 38.95 | 41.00 |
| 22/06/2017 | 35.50 | 36.96 | 39.90 | 42.00 |
| 23/06/2017 | 35.60 | 37.84 | 40.85 | 43.00 |
| 24/06/2017 | 35.70 | 35.70 | 37.50 | 38.00 |
| 25/06/2017 | 35.50 | 35.70 | 35.90 | 36.00 |
| 26/06/2017 | 35.40 | 35.70 | 35.90 | 36.00 |
| 27/06/2017 | 35.40 | 36.20 | 36.80 | 37.00 |
| 28/06/2017 | 35.20 | 36.00 | 37.50 | 38.00 |
| 29/06/2017 | 35.10 | 36.00 | 37.90 | 39.00 |
| 30/06/2017 | 35.00 | 35.20 | 38.90 | 40.00 |
| 01/07/2017 | 35.20 | 35.20 | 38.00 | 40.00 |
| 02/07/2017 | 35.40 | 35.70 | 37.03 | 38.00 |
| 03/07/2017 | 35.40 | 35.70 | 37.03 | 38.00 |
| 04/07/2017 | 35.60 | 35.20 | 38.00 | 40.00 |
| 05/07/2017 | 35.70 | 35.90 | 37.90 | 39.00 |
| 06/07/2017 | 35.60 | 35.80 | 36.07 | 37.00 |
| 07/07/2017 | 35.50 | 35.80 | 36.06 | 37.00 |
| 08/07/2017 | 35.60 | 35.70 | 35.70 | 36.00 |
| 09/07/2017 | 35.70 | 35.70 | 35.70 | 36.00 |
| 10/07/2017 | 35.80 | 35.90 | 36.60 | 37.00 |
| 11/07/2017 | 35.80 | 36.00 | 36.90 | 38.00 |
| 12/07/2017 | 35.90 | 35.80 | 36.70 | 37.00 |
| 13/07/2017 | 35.80 | 35.90 | 35.90 | 36.00 |
| 14/07/2017 | 35.70 | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| 15/07/2017 | 35.60 | 35.00 | 35.00 | 35.00 |

La tabla 2 muestra el porcentaje de humedad al exterior de la colmena (FUERA) y en diferentes puntos en su interior: (CRIA) área de cría; (MIEL) reservas de miel /

polen, en la periferia del peine de cría; y (PANELES) bastidores separados de los bastidores de cría. La humedad dentro de la colmena permanece más estable que la humedad exterior. El análisis de la información recabada por los sensores en diferentes puntos tanto del exterior e interior de la colmena permite demostrar la capacidad que tienen las abejas para regular la temperatura bajo ciertas condiciones climáticas, logrando con ello la estabilidad de la colonia.

Tabla 2 Porcentaje de humedad registrada dentro y fuera de la colmena.

| FECHA | CRIA | MIEL | PANELES | FUERA |
|------------|------|------|---------|-------|
| 15/06/2017 | 20 | 18 | 19 | 19 |
| 16/06/2017 | 21 | 19 | 20 | 20 |
| 17/06/2017 | 21 | 19 | 20 | 20 |
| 18/06/2017 | 20 | 18 | 19 | 19 |
| 19/06/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 20/06/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 21/06/2017 | 20 | 18 | 19 | 19 |
| 22/06/2017 | 20 | 19 | 19 | 19 |
| 23/06/2017 | 21 | 19 | 20 | 20 |
| 24/06/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 25/06/2017 | 17 | 16 | 17 | 16 |
| 26/06/2017 | 17 | 16 | 17 | 16 |
| 27/06/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 28/06/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 29/06/2017 | 19 | 17 | 18 | 18 |
| 30/06/2017 | 19 | 18 | 19 | 18 |
| 01/07/2017 | 19 | 18 | 19 | 18 |
| 02/07/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 03/07/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 04/07/2017 | 19 | 18 | 19 | 18 |
| 05/07/2017 | 19 | 17 | 18 | 18 |
| 06/07/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 07/07/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 08/07/2017 | 17 | 16 | 17 | 16 |
| 09/07/2017 | 17 | 16 | 17 | 16 |
| 10/07/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 11/07/2017 | 18 | 17 | 18 | 17 |
| 12/07/2017 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| 13/07/2017 | 17 | 16 | 17 | 16 |
| 14/07/2017 | 17 | 15 | 16 | 16 |
| 15/07/2017 | 17 | 15 | 16 | 16 |

4. Discusión

Se diseñó un sistema de monitoreo de colmenas de bajo costo y confiable para medir la temperatura y humedad relativa de las colmenas en tiempo real y no invasivo, el sistema realiza la adquisición sincronizada de datos de una colonia de abejas melíferas.

Este aspecto es fundamental para el análisis futuro de los datos de varias colonias de abejas. También permitirá a los investigadores realizar un análisis sobre los factores climáticos que están afectando las colonias de abejas ocasionando, baja producción o en el peor de los casos el colapso de las colonias de abejas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Eskov, E.K.; Toboev, V.A. (2011). Changes in the structure of sounds generated by bee colonies during sociotomy. *Entomol. Rev.* 2011, 91, 347-353.
- [2] Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347.
- [3] MCI Electronics (s.f.). Arduino Mega 2560 R3. <https://goo.gl/xKCgyF>.
- [4] Neumann, P. & Carreck, N. (2010). Honey bee colony losses.
- [5] Patricio, R., & Campos, M. (2014). Aspects of Landscape and Pollinators, What is Important to Bee Conservation? *Diversity*, 6, 158-175.
- [6] Roca Ch. J. M. (2017). ¿Que son las telecomunicaciones? <https://goo.gl/J3CJVN>.
- [7] SAGARPA (2016). Apicultura un mundo lleno de dulzura: <https://goo.gl/Sscbpi>.
- [8] Sánchez, V., et al. (2015), J.Implementation of an electronic system to monitor the thermoregulatory capacity of honeybee colonies in hives with open-screened bottom boards. *Comput. Electron. Agric.* 2015, 119, 209-216.
- [9] SparkFun Electronics Inc. (2017). Preliminary product Specification v 1.0 of nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver: <https://goo.gl/6a2d0L>.

SISTEMA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FISICAS DENTRO DE UNA COLMENA

Dora Ofelia Rodríguez Martínez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

dora_ofelia@yahoo.com

Francisco Javier Ruiz Ortega

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

ruiz6812@hotmail.com

Karina Esquivel Murillo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

kem_1885@hotmail.com

María Estela Rodríguez Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

e_rodriguez1977@hotmail.com

José Luis Ibarra Casiano

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón

icanet2006@hotmail.com

Resumen

Este documento presenta el desarrollo de un sistema para el monitoreo de variables físicas al interior de una colmena artificial, cuya finalidad es obtener información sobre el estado general la misma, enviarla a un servidor web donde será almacenada. Existen ciertas variables físicas dentro de la colmena y eventos sobre ésta que afectan la salud y productividad de las abejas. En este documento se muestra, la forma de obtener y procesar de forma automática las variables dentro y fuera de la colmena para ser presentada al usuario final, sobre una pantalla de cristal líquido y un entorno gráfico adecuado para su interpretación. El

sistema de monitoreo fue ensamblado y montado sobre una colmena apícola artificial en laboratorio, para realizar las pruebas necesarias, fueron establecidas ciertas condiciones controladas con el fin de evaluar la efectividad del sistema. Las condiciones de temperatura y humedad cerca de los sensores fueron modificadas. También fue simulado el ingreso y partida de abejas a través de los orificios dispuestos en la estructura. Los sistemas desarrollados para la apicultura bajo plataformas tecnológicas embebidas son herramientas eficaces y altamente robustas para realizar tareas específicas de medición de variables físicas y eventos que afectan las colmenas, manejo de información y comunicación para sistemas de monitoreo en campo y remoto a un bajo costo. El Sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena tiene una interfaz fácil de entender y manejar por los productores en campo.

Palabra(s) Clave: Arduino, Colmena, Dispositivo de almacenamiento, Sensor, Software.

Abstract

This document presents the development of a system for the monitoring of physical variables inside an artificial hive, whose purpose is to obtain information about the general state of the hive, send it to a web server where it will be stored in a database. There are certain physical variables within the hive and events on it that affect the health and productivity of bees; the ranges that guarantee the health and stability of the hive for these physical variables were identified. This document shows how this information is obtained and processed to be presented to the end user, on a liquid crystal display and a graphical environment suitable for interpretation.

Keywords: *Arduino, Hive, Sensor, Software, Storage device.*

1. Introducción

La apicultura es el arte de criar abejas para aprovechar sus productos [Espores, 2014], como la miel, polen, propóleos y jalea real. La apicultura en México se encuentra en una situación de crecimiento, la africanización y la varroasis

terminaron con una gran parte de las colmenas existentes, alcanzado hasta dos millones de colmenas para el año 2010. Para ampliar las ventajas que ésta puede ofrecer al sector apícola es necesario difundir conocimiento y aprovechar la tecnología, siempre de la mano con los distintos grupos de interés para contribuir al bienestar, desarrollo y productividad de los apicultores y sus comunidades. México se encuentra enlistado entre los diez principales productores de miel a nivel mundial y es considerado también uno de los principales exportadores; no obstante, durante el 2016, Banxico reportó una reducción del 40 por ciento en las exportaciones, debido principalmente a los efectos del cambio climático en la producción. El propio Banxico señaló en su momento que, a consecuencia de esa contracción, después de 11 años de registros positivos, las ventas del año cerraron en 93.7 millones de dólares. En ese contexto, son de suma importancia los esfuerzos científicos encaminados a la conservación de las abejas y al incremento en la producción de miel. Ejemplo de ello son los hallazgos del investigador Héctor David Jimeno del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica (ITSZ) que dan cuenta de nuevas especies nativas o el trabajo de Marco Antonio Álvarez Medina, director del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Aguascalientes (UPA), quien encabeza un proyecto para elevar la calidad de la apicultura en México [Bonilla, 2017]. Este artículo presenta el desarrollo e implementación de un sistema computacional de lectura y registro de información de variables físicas que afectan la salud y la productividad de la colonia de abejas melíferas.

2. Metodología

Se desarrolló el sistema utilizando la metodología de análisis estructurado de sistemas, el ciclo de vida del software nos permite entablar una serie de procedimientos mediante las cuales se procede para la realización del mismo. De hecho, gracias a este término, es que se han ido creando los métodos del ciclo del software, que no son otra cosa más que metodologías que indican distintos pasos a seguir para el desarrollo de un producto. Para el desarrollo del sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la una colmena artificial se inició con el

proceso básico del desarrollo del ciclo de vida. El primer punto fue realizar un análisis de los requerimientos del sistema global, en este proceso se buscó que el sistema fuera amigable, que tuviera capacidad de recibir información a través de un archivo de texto creado, por una gama de sensores de temperatura y humedad relativa, instalados dentro y fuera de una colmena, estos envían información y esta a su vez es almacenada y procesada por un micro controlador Arduino mega, como se muestra en la figura 1.

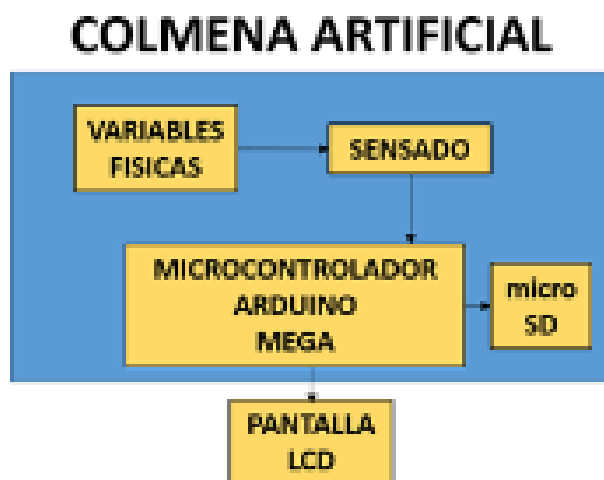


Figura 1 Diagrama para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena.

Con respecto a la información que debe monitorear, esta debe ser de gran importancia para los productores e investigadores. La temperatura es una variable física de gran interés, la colmena debe mantenerse dentro del rango de 34 y 38 °C para una salud y producción estables. Si la temperatura dentro de la colmena aumenta por encima de 35 °C las abejas presentan un comportamiento particular, sacudiendo sus alas para disminuir la temperatura y refrescarse. Si la temperatura dentro de la colmena sigue aumentando, las abejas salen a ventilarla desde afuera. A 45 °C las proteínas de las abejas se coagulan y pierden sus funciones [Valega, 2017]. Con temperaturas inferiores a 12 °C algunas razas de abejas suspenden la puesta de huevos, puesto que las crías requieren de una temperatura mayor y de un ambiente más húmedo (humedad relativa del 80%) que una abeja adulta para sobrevivir; en una situación de frío continuo las abejas

se agrupan en "bolos invernales", con la reina en el centro, para reducir el descenso de la temperatura. El agua es necesaria en la dieta de las abejas para su metabolismo, dilución de miel, usada en la alimentación de las larvas, y para el acondicionamiento del aire al interior de la colmena. El agua es obtenida habitualmente por las abejas de las gotas de rocío en las plantas o encharcamiento, siendo esta última posible fuente de contagio de enfermedades; por ello es aconsejable tener cerca de los apiarios fuentes de agua fresca, un bebedero higiénico bajo sombra y acondicionado de tal forma que permita a las abejas beber sin ahogarse [Portal Apícola, 2014].

Una colonia tiene aproximadamente una población de 60.000 individuos, de los cuales más de la mitad salen diariamente a recolectar néctar y polen [Wikipedia Org., 2017]. Si se identifica de forma efectiva los individuos que salen diariamente de la colmena, se logra aproximar la población dentro de la misma. El conteo de abejas que dejan la colmena puede servir de indicador de ausencia de la reina o presencia de enfermedad. La apertura continua de la colmena genera estrés en la población, afectando las actividades normales al interior. Por ejemplo, cuando la colonia está en proceso de fecundación de una nueva reina, abrir o molestar la colmena podría afectar el proceso [VDocuments, 2017]. Después de investigar los requerimientos del sistema con los productores, se tiene lo que es un análisis de requerimientos, necesidades y funcionalidades, una vez de acuerdo tanto productores como analistas, se procedió al desarrollo del software utilizando el paradigma de desarrollo ágil, ya que hoy en día es uno de los más utilizados. Con la metodología RUP el proceso de ciclo de vida se divide en cuatro fases bien conocidas llamadas Incepción, Elaboración, Construcción y Transición.

Esas fases se dividen en iteraciones, cada una de las cuales produce una pieza de software demostrable. La duración de cada iteración puede extenderse desde dos semanas hasta seis meses. Las fases son: Incepción. Significa "comienzo", pero la palabra original (de origen latino y casi en desuso como sustantivo) es sugestiva y por ello la traducimos así. Se especifican los objetivos del ciclo de vida del proyecto y las necesidades de cada participante. Esto entraña establecer el alcance y las condiciones de límite y los criterios de aceptabilidad. Se identifican

los casos de uso que orientarán la funcionalidad. Se diseñan las arquitecturas candidatas y se estima la agenda y el presupuesto de todo el proyecto, en particular para la siguiente fase de elaboración. Típicamente es una fase breve que puede durar unos pocos días o unas pocas semanas. **Elaboración.** Se analiza el dominio del problema y se define el plan del proyecto. RUP presupone que la fase de elaboración brinda una arquitectura suficientemente sólida junto con requerimientos y planes bastante estables. Se describen en detalle la infraestructura y el ambiente de desarrollo, así como el soporte de herramientas de automatización. Al cabo de esta fase, debe estar identificada la mayoría de los casos de uso y los actores, debe quedar descripta la arquitectura de software y se debe crear un prototipo de ella.

Al final de la fase se realiza un análisis para determinar los riesgos y se evalúan los gastos hechos contra los originalmente planeados. **Construcción.** Se desarrollan, integran y verifican todos los componentes y rasgos de la aplicación. RUP considera que esta fase es un proceso de manufactura, en el que se debe poner énfasis en la administración de los recursos y el control de costos, agenda y calidad. Los resultados de esta fase (las versiones alfa, beta y otras versiones de prueba) se crean tan rápido como sea posible. Se debe compilar también una versión de entrega. Es la fase más prolongada de todas. **Transición.** Comienza cuando el producto está suficientemente maduro para ser entregado. Se corrigen los últimos errores y se agregan los rasgos pospuestos. La fase consiste en prueba beta, piloto, entrenamiento a usuarios y despacho del producto a mercadeo, distribución y ventas. Se produce también la documentación. Se llama transición porque se transfiere a las manos del usuario, pasando del entorno de desarrollo al de producción [Ingenieriadesoftware.mex.tl, s.f.].

Descripción de los requerimientos del sistema

Como primer punto se cuenta con un microcontrolador arduino mega, que permite conectar, programar y administrar los diferentes dispositivos de censado y almacenamiento de datos, temperatura, humedad relativa, medidor de nivel de agua, apertura y cierre de tapa de la colmena, pantalla LCD. Para la adquisición

de la temperatura se optó por el sensor DS18B20. En la figura 2 se muestra un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza un protocolo de comunicación OneWire, el cual permite enviar y recibir datos utilizando un sólo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requieren dos cables. Características del DS18B20 principales son:

- Sensor Digital.
- Resolución de 9 y 12 bits.
- Rango de operación de -50 a 125 °C.
- Precisión ± 0.5 °C.
- Protocolo OneWire.



Figura 2 Sensor de temperatura DB18S20.

Para leer el sensor DS18B20 con un arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a la placa de desarrollo. Las librerías son las siguientes:

- Dallas Temperature.
- OneWire.

El sensor de humedad relativa, DHT11. La figura 3 es un típico sensor de temperatura y humedad ambiente en el mundo Arduino, es completamente digital. No requiere una puerta analógica para su lectura. Maneja las siguientes características: Rango de temperatura: de 0 - 60 °C, Precisión de la medida ± 1 °C, Rango de humedad relativa de 0-60 $\pm 5\%$, Tensión de funcionamiento 5 V.

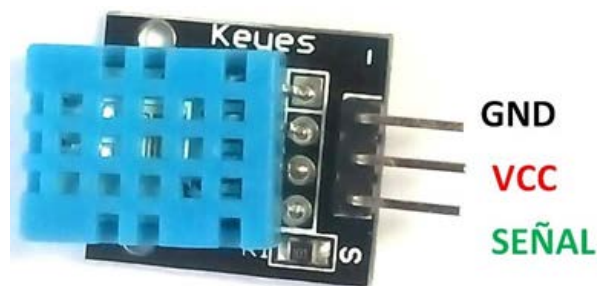


Figura 3 Sensor de humedad relativa DHT11.

Aunque el sensor entrega temperatura y humedad relativa, sólo se utiliza el dato de la humedad relativa porque el rango de operación del sensor de temperatura es muy bajo para las necesidades del proyecto. Para establecer la cantidad aproximada de abejas presentes en la colmena, se implementó un módulo de conteo de población. Usualmente, los apicultores, modifican las colmenas habilitando orificios que únicamente son usados por las abejas como salida. Se instrumentaron dichos orificios de forma que las abejas que pasan por ellos sean registradas. Si el nivel del tanque de suministro de alimento artificial "agua azucarada" en la colmena se encuentra bajo, el módulo ubicado dentro del tanque registrará lo ocurrido y enviará la información al sistema. Al activarse el evento, este dispara una alarma notificando al productor sobre lo que está ocurriendo, tanto en la pantalla LCD como en el servidor. Para tener control de la apertura de la colmena, el sistema registra el momento en que la tapa es retirada y cuando ésta se ubica nuevamente sobre la colmena. Para la interfaz con el usuario, se generó un menú que permite visualizar la información registrada, en forma tabular o gráfica, exportar información en formato JSON, texto, csv, Excel, genera reportes de lecturas, por rangos de fechas, y reporte de alarmas lanzadas en un rango de fechas y el evento que la generó.

Diseño e implementación del sistema.

A partir de los bastidores usados tradicionalmente en la apicultura, donde las abejas forman sus panales de cría y producción de miel, se modificó un bastidor para obtener la información requerida, sin intervenir con el comportamiento habitual de la población. La figura 4 muestra el bastidor y la ubicación de los

sensores. Para el conteo de abejas se creó una estructura, como la que se muestra en la figura 5, que permite calcular la cantidad de abejas que salen de la colmena sin afectar sus actividades. En la figura 6, se ilustra la ubicación general de los sensores en la colmena artificial.



Figura 4 Panel de sensores dentro de la colmena.



Figura 5 Estructura para el conteo de abejas.

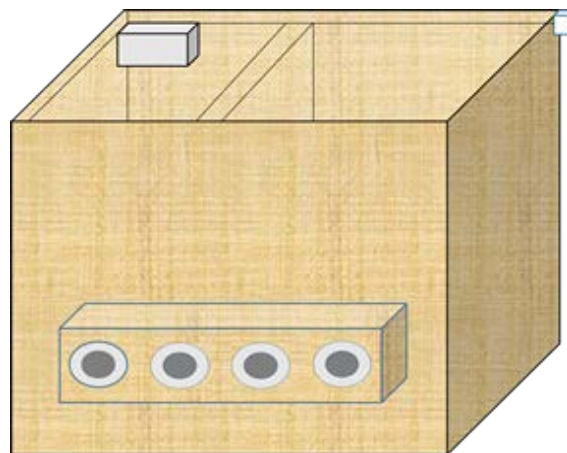


Figura 6 Ubicación de los sensores dentro de la colmena.

3. Resultados

El sistema de monitoreo fue ensamblado y montado sobre una colmena apícola artificial en laboratorio para realizar pruebas, como se puede ver en la figura 6. Para las pruebas de funcionamiento, en laboratorio fueron establecidas ciertas condiciones controladas con el fin de evaluar la efectividad del sistema. Las condiciones de temperatura y humedad cerca de los sensores fueron modificadas, así como el nivel del tanque. También fue simulado el ingreso y partida de abejas a través de los orificios dispuestos en la estructura presentada en la figura 5. Dentro de las pruebas realizadas, se retiró la tapa y, posteriormente fue colocada nuevamente en su lugar. Tras realizar los procedimientos anteriores se verificó, que la información fuese visualizada en la pantalla de cristal líquido y que en la base de datos del servidor existieran los registros correspondientes. La visualización en campo tiene en cuenta la indumentaria usada por los apicultores, dado lo anterior se seleccionó una pantalla con iluminación de fondo y de un tamaño adecuado para su lectura en campo (16x2 caracteres), véase la figura 7. En la Región Lagunera de Coahuila y Durango no existen sistemas de monitoreo automáticos, es por ello que este sistema representa un gran avance para los apicultores e investigadores de la región.



Figura 7 Pantalla LCD de 2x16.

4. Discusión

La información recabada por el sistema de monitoreo, apoyan la investigación apícola en la Región Lagunera, e impulsan el crecimiento económico en el sector agrícola del país. El sistema de monitoreo, al ofrecer información en tiempo real de colmenas apícolas, facilita y optimiza el trabajo de los pequeños y grandes apicultores en la Región Lagunera. Además de reducir la intervención del hombre

sobre las colmenas, evitando daños en su población y optimizando la producción ya que las abejas no serán sometidas al estrés que ocasiona la apertura y cierre de las colmenas. La construcción y adecuación de un sistema de monitoreo es viable para el apicultor, al no demandar mayores recursos humanos o económicos, presentar soluciones óptimas y contribuye al desarrollo de la actividad apícola en México. La propuesta le permite al productor apícola poder, monitorear las colmenas de forma eficiente y así poder detectar cambios significativos que afecten la producción.

Los sistemas desarrollados para la apicultura bajo plataformas tecnológicas embebidas son herramientas eficaces y altamente robustas para realizar tareas específicas de medición de variables físicas y eventos que afectan las colmenas, manejo de información y comunicación para sistemas de monitoreo en campo y remoto a un bajo costo. El Sistema para el monitoreo de variables físicas dentro de la colmena maneja una interfaz fácil de entender y manejar por los productores en campo.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Estrés en Colonias de la Abeja: <https://goo.gl/WBJYbR>.
- [2] Bonilla, A. (2017). Los diez países que más miel producen en el mundo. México, CONACYT: <https://goo.gl/TYD9T1>.
- [3] Espores (2014) El arte de criar las abejas. España: <https://goo.gl/vdCwxR>.
- [4] Metodologías Ágiles RUP: <https://goo.gl/BA3n8i>.
- [5] OK hosting. (2016). El Ciclo de Vida del Software: <https://goo.gl/gGswYc>.
- [6] Portal Apícola (2014). La importancia del agua para las abejas: <https://goo.gl/pMo8EU>.
- [7] Valega, O. (2017). Estrés en las abejas. Apiservices: <https://goo.gl/t2oMzX>.
- [8] VDocumento. (s.f.). Curso de apicultura: <https://goo.gl/rTXrd8>.
- [9] Wikipedia.org (2017). Colmena: <https://goo.gl/uvfXat>.

SINCRONIZACIÓN DE DATOS ENTRE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y ENSAYO

José Jesús Sánchez Farías

Tecnológico Nacional de México en Celaya

jesus.sanchez@itcelaya.edu.mx

Susana Guadalupe Rojas Serrano

Tecnológico Nacional de México en Celaya

susirojas60@gmail.com

Juan Ignacio Cerca Vázquez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

nacho@itcelaya.edu.mx

Luis Alberto López González

Tecnológico Nacional de México en Celaya

luislao@itcelaya.edu.mx

Rubén Torres Frías

Tecnológico Nacional de México en Celaya

ruben.torres@itcelaya.edu.mx

Resumen

En equipos de desarrollo de software profesionales, existes diferentes ambientes en los cuales se pueden probar cambios de código fuente, realizar pruebas de funcionalidad o cambios experimentales, para esto, existen principalmente tres entornos: Desarrollo, Ensayo y Producción. Esta investigación se centra en cómo establecer una comunicación y sincronización de información entre los entornos de producción y ensayo, esto debido a la problemática que enfrenta un equipo de desarrollo de software para realizar pruebas de nuevas

funcionalidades con información real y confiable, y no con datos ficticios. Realizar estas pruebas con datos reales utilizados en un sistema en producción sobre un escenario de ensayo, permite a los usuarios y clientes del sistema probar las nuevas funcionalidades en un ambiente lo más real posible y así detectar posibles errores que se puedan presentar cuando éstas se trasladen a producción en un entorno real. Existen muchas técnicas que permiten la comunicación y sincronización de información entre sistemas desde servicios web, restauraciones de base de datos, hasta comunicación directa entre base de datos. La investigación se centra en la comunicación de dos bases de datos por dblink, un paquete que pertenece al popular gestor de base de datos libre llamado PostgreSQL, utilizado actualmente por empresas, instituciones públicas y privadas para sus sistemas en entornos de producción, además de estudiantes durante el aprendizaje.

Palabra(s) Clave: Dblink, Ensayo, Postgresql, Producción, Sincronización.

Abstract

In professional software development teams, there are different environments in which you can test source code changes, perform functionality tests or experimental changes, for this, there are mainly three environments: Development, Staging and Production. This research focuses on how to establish communication and synchronization of information between production and staging environments, due to the problems faced by a software development team to test new functionalities with real and reliable information, and not with fictitious data. Carrying out these tests with real data used in a production system on a staging scenario allows the users and clients of the system to test the new functionalities in an environment as real as possible and to detect possible errors that may occur when they are transferred to production in a real environment. There are many techniques that allow the communication and synchronization of information between systems as web services, database restorations and direct communication between databases. The research focuses on the communication of two databases by "dblink", a package belonging to the popular free database

manager PostgreSQL, currently used by companies, public and private institutions for their production systems, as well as students in learning environments.

Keywords: *Dblink, Postgresql, Production system, Stage system, Synchronization.*

1. Introducción

En empresas pequeñas y medianas especializadas en desarrollo de software es muy común que manejen tres ambientes que por los cuales pasa un software antes de llegar a las manos del usuario final, estos son:

- Desarrollo. En el ambiente de desarrollo (*development*) se maneja una copia del código del proyecto, los cambios que hacen los desarrolladores día a día son desplegados en éste para que nuevas características sean probadas y se vayan integrando en el producto a generar. Este ambiente se actualiza rápidamente y contiene la versión más reciente de una aplicación, normalmente el usuario final no tiene acceso a este.
- Ensayo. En el ambiente de ensayo (*staging*) se pone en marcha y despliega la aplicación previa a su liberación final, corresponde la versión candidata a liberar. Contiene la siguiente versión de una aplicación en la cual se harán las pruebas de estrés final. Es común que en este ambiente accedan usuarios finales y administradores para su aprobación antes de liberarse en el entorno de producción.
- Producción. En el ambiente de producción (*production*) se despliega la versión actual y más reciente de una aplicación. Es la aplicación que utilizan los usuarios finales en un entorno real donde se llevan a cabo las actividades del día a día del proceso automatizado. En esta versión preferentemente no se permiten cambios del código fuente excepto en fecha programada para liberación de una nueva versión:
 - ✓ Debian. Es una distribución del popular sistema operativo GNU/Linux, por lo tanto, se considera un sistema operativo completo que contiene software y sistemas basados en el kernel de Linux o FreeBSD. Permite la instalación de software libre normalmente proveniente del proyecto GNU. Debian es gratuito y de libre

descarga e instalación, se usa tanto en ambientes de desarrollo, ensayo y producción; incluso llega a usarse por programadores y administradores como sistema operativo de uso cotidiano en computadoras personales.

- ✓ Apt. Es un administrador de paquetes que permite la gestión del software que se instala en el sistema operativo Debian. Los paquetes pueden descargarse desde los discos de instalación o de servidores espejo distribuidos en diferentes países por todo el mundo. Al instalar un paquete de software por apt, este normalmente administra todas las dependencias del software a instalar, ahorrando este trabajo al usuario. Los comandos utilizados para la gestión de los paquetes son: apt-get para distribuciones Debian 8 o menores y simplemente apt para distribuciones Debian 9.
- ✓ PostgreSQL. Es un sistema gestor de base de datos objeto-relacional basado en POSTGRES. Este último fue desarrollado en el departamento de ciencias computacionales de la Universidad de California en Berkeley; PostgreSQL es de código abierto y soporta la mayor parte del estándar SQL ofreciendo características importantes y modernas como: consultas complejas, llaves foráneas, triggers, vistas, transacciones y control de concurrencia. PostgreSQL puede ser utilizado, modificado y distribuido por cualquier persona libre de cargos para cualquier propósito como puede ser en industrias privadas, entornos comerciales o académicos. Al igual que Debian este motor de base de datos es utilizado en ambientes de desarrollo, ensayo y producción.
- ✓ DBLink. Es un módulo que soporta conexiones a otras bases de datos PostgreSQL dentro de una sesión de base de datos en un servidor. Las bases de datos con quien se conecta pueden ser locales o incluso remotas hospedadas en otros servidores con diferente ubicación geográfica. Para realizar la conexión se utiliza un usuario y contraseña previamente creados en el motor PostgreSQL a

conectar, así como los permisos necesarios sobre los objetos a acceder desde el servidor origen. Se puede acceder a tablas, vistas, funciones y en general cualquier objeto definido previamente. El uso más común de DBLink es la compartición de información entre sistemas de información, se ofrece a través de un medio fácil, rápido, eficiente y seguro para la transferencia de los datos.

- ✓ PL/PGSQL. Es un lenguaje procedural para el gestor de base de datos PostgreSQL. Puede ser utilizado para crear funciones y procedimientos desencadenadores, agrega estructuras de control al lenguaje SQL y se pueden ejecutar procedimientos que impliquen cálculos complejos. Con pl/pgsql se pueden agrupar bloques de instrucciones y consultas SQL dentro del servidor de base de datos para su posterior ejecución desde otros procedimientos, clientes de base de datos o aplicaciones externas al gestor. En PostgreSQL 9.0 o superior pl/pgsql está instalado por default, aunque aún se puede utilizar cómo un módulo cargable.

2. Metodología

La comunicación y sincronización de información entre dos bases de datos que se encuentran en entornos diferentes como producción y ensayo implica la instalación y configuración de una serie de paquetes y herramientas que permitirán dicha función. Para cumplir el objetivo, también se necesitan el hardware adecuado que permita la simulación de ambos entornos, para esto se utilizaron dos computadoras como servidores con características y arquitecturas adecuadas para las pruebas. En la figura 1 se muestra un diagrama que representa el esquema de trabajo de los servidores utilizados para realizar las pruebas de sincronización de información.

Los pasos que se realizaron para llevar a cabo la comunicación y sincronización entre las bases de datos, así como puesta en marcha de los servidores:

- Instalación y configuración del motor de bases de datos. En esta etapa se describe el procedimiento que permite la instalación y puesta en marcha del

motor de base de datos PostgreSQL dentro de un sistema operativo Linux Debian 9. El método utilizado para este proceso es a través de paquetes binarios instalados a través de la herramienta apt. Los siguientes comandos se ejecutan tanto en el servidor de producción como de ensayo:

- ✓ Instalación de motor de bases de datos y herramientas cliente:

```
apt install postgresql postgresql-client
```

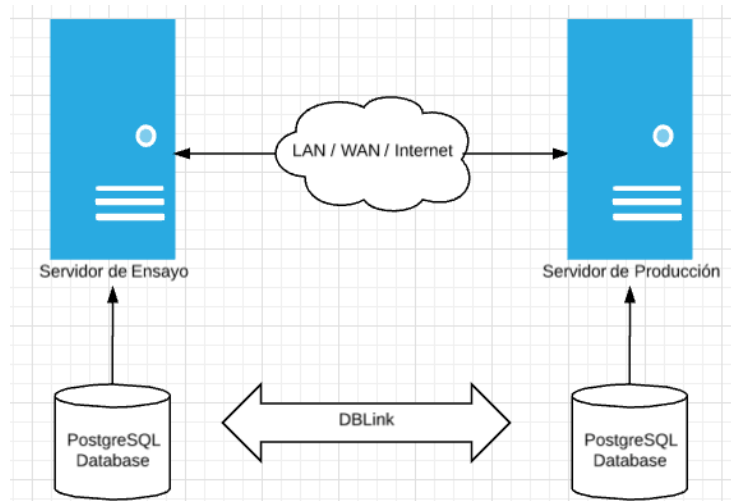


Figura 1 Diagrama servidores de ensayo y producción.

Una vez instalado PostgreSQL se realiza una prueba de funcionamiento con los siguientes comandos:

- ❖ Verificación de puerto. Mediante el comando telnet se verifica si el puerto 5432 de PostgreSQL está escuchando:

```
$ telnet localhost 5432
```
- ❖ Verifica Proceso en ejecución. Mediante el comando ps se verifica que el proceso del servicio de PostgreSQL está en ejecución y funcionando correctamente:

```
$ ps -aux | grep postgres
```
- ✓ Conexión y listado de bases de datos. Mediante el comando psql se realiza una conexión al servicio y se muestra el listado de bases de datos existentes por default:

```
# su - postgres
```

`$ psql -l`

- ✓ Creación de usuario. Se crea un usuario administrador para realizar la sincronización de información:

`$ createuser -s -d -P syncadmin`

- ✓ Habilitar conexiones remotas:

`# joe/etc/postgresql/9.6/main/postgresql.conf`

- ✓ Retirar los comentarios de las siguientes líneas y modificar:

`listen_ad = '*'`

- ✓ Habilitar conexiones remotas para el usuario syncadmin y base de datos Adventureworks:

`# joe /etc/postgresql/9.6/main/pg_hba.conf`

- ✓ Agregar la siguiente línea:

`host Adventureworks syncadmin 172.20.11.0/24 md5`

- Montaje de base de datos en entornos de producción y ensayo. Para realizar pruebas reales de sincronización de información, es necesario tener las bases de datos correspondientes con los diferentes objetos que la representan. Para esto, se hará uso de una base de datos robusta con miles de registros para simular el entorno lo más real posible.

La base de datos a utilizar tiene como nombre "Adventureworks", la cual es pública y disponible para su descarga [Adventureworks Database, 2017]. Esta base de datos maneja información de diferentes áreas de una empresa como pueden ser: recursos humanos, producción, personas, compras y ventas de productos. Para el ejemplo demostrativo y documentación de esta investigación nos enfocamos en el área de clientes y órdenes de compra de los clientes. El diagrama correspondiente se muestra en la figura 2.

Dado que la base de datos en el servidor de producción simula un ambiente real de un sistema de información, está contendrá la base de datos completa, es decir, se monta tanto el esquema como la información misma. Para el caso del servidor de ensayo, contiene una base de datos con el

mismo esquema de base de datos, pero sin información, esto para realizar la sincronización de información entre ambos.

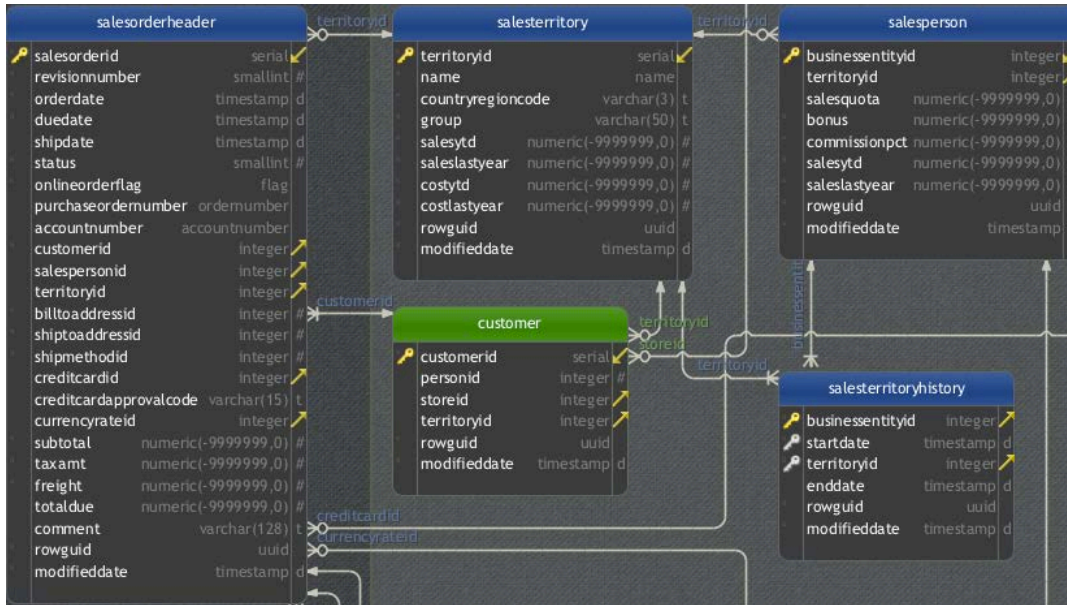


Figura 2 Diagrama relacional de base de datos.

El montaje del esquema de base de datos e información se realiza de la siguiente manera:

- ✓ Descargar base de datos y scripts de Adventureworks, colocar en un directorio en particular, ejemplo:
`/home/syncadmin/Downloads.`
- ✓ Descomprimir con:
`unzip Adventureworks.zip`
- ✓ Modificar archivos CSV para trabajarlos con PostgreSQL:
`ruby update_csvs.rb Crear base de datos e importar información:`
`psql -c "CREATE DATABASE "Adventureworks";"`
`psql -d Adventureworks < install.sql`

Para el caso del servidor de ensayo contiene exactamente el mismo esquema e información excepto los catálogos a sincronizar.

- Instalación del paquete de comunicación. Una vez instalado el motor de base datos, se prosigue a la instalación y configuración del paquete de

comunicación dblink, dicho paquete no está habilitado por default, por lo tanto, se tendrá que seguir un procedimiento preciso para ponerlo en marcha. Este paso se puede realizar en un solo servidor y depende de la dirección de sincronización, para el ejercicio se instala en el servidor de ensayo ya que este será quien realice la sincronización de información con el servidor de producción.

Dentro de la carpeta `/usr/share/postgresql/9.6/extension` se encuentra el script que permite agregar la extensión dblink a la base de datos Adventureworks de PostgreSQL, para esto, se ejecutan los siguientes comandos:

```
$ psql Adventureworks &lt; /usr/share/postgresql/9.6/extension/dblink--1.2.sql
&a psql Adventureworks
Adventureworks=> create extension dblink;
Adventureworks=> dx
```

En la figura 3 se muestra la salida una vez habilitada la extensión dblink.

```
Adventureworks=# \dx
                                List of installed extensions
  Name | Version | Schema | Description
-----+-----+-----+-----
 dblink | 1.2     | public | connect to other PostgreSQL databases from within a database
 plpgsql | 1.0    | pg_catalog | PL/pgSQL procedural language
 tablefunc | 1.0   | public | functions that manipulate whole tables, including crosstab
 uuid-oss | 1.1   | public | generate universally unique identifiers (UUIDs)
(4 rows)
Adventureworks=#
```

Figura 3 Listado de extensiones instaladas en PostgreSQL.

- Conexiones para la comunicación entre servidores. Antes de proseguir con la sincronización de información, se deben establecer las comunicaciones entre los servidores que hospedan las bases de datos a sincronizar. Se establecerá un esquema seguro y confiable para lograr una comunicación estable y precisa. Ambos servidores deben ser visibles por la red a la cual

se hayan conectado, puede ser una red LAN, WAN o una comunicación por Internet.

Una vez creadas las bases de datos y agregada la extensión para dblink, se procede a establecer conexiones que prueben la comunicación entre servidores y bases de datos. Dentro de un cliente de base de datos conectado al servidor de ensayo, se genera la consulta de la figura 4, la cual permite probar la conexión de bases de datos.

```
1 SELECT cust.customerid, cust.personid, cust.storeid
2 FROM
3     dblink(
4     'dbname=Adventureworks host=192.168.1.70 user=syncadmin password=nopasswd',
5     'select customerid, personid, storeid from sales.customer') as cust(customerid integer,
    personid integer, storeid integer)
```

Figura 4 Consulta para la conexión entre bases de datos.

- Técnica de sincronización de información. Se definen una serie de scripts en un lenguaje procedural pl/pgsql propio de PostgreSQL donde se codifican las diferentes consultas que particularmente sincronizan la información entre tablas dentro de las bases de datos. Con esto logrando la transferencia de información entre ambos entornos de producción y ensayo. Esta sección se divide principalmente en dos partes. La primera de ellas corresponde a creación de un script que permita la sincronización de la tabla *customer*, esto es, se enviarán los datos de los clientes ubicados en la base de datos de producción hacia la tabla de clientes ubicada en la base de datos de ensayo. En la segunda parte se realizan las mismas acciones, pero ahora enfocado a la sincronización de la tabla que corresponde a las órdenes de compra de los clientes, tabla *salesorderheader*. El procedimiento general para la sincronización de la tabla "customer" consiste en lo siguiente:
 - ✓ Crear una función de nombre `sync_customer` dentro del esquema `sales`.

- ✓ Realizar la conexión a la base de datos Adventureworks ubicada en el servidor de producción.
- ✓ Seleccionar todos los registros de la tabla sales.customer ubicada en el servidor de producción.
- ✓ Se sincronizan las siguientes columnas: customerid, personid, storeid, territoryid y modificationdate.
- ✓ Recorrer los registros uno por uno e insertarlos en la tabla del mismo nombre, pero ahora en el servidor de ensayo.
- ✓ Llevar un contador de registros para proporcionarlo como valor de regreso al ejecutar la función de sincronización.
- ✓ Ejecutar la función con la siguiente instrucción:

```
select sales.sync_customers();
```

El script correspondiente se puede visualizar en la figura 5.

```
1 CREATE OR REPLACE FUNCTION sales.sync_customers ()
2 RETURNS smallint AS
3 $body$
4 /* New function body */
5
6 declare
7   row record;
8   cont smallint;
9
10 Begin
11   cont:=1;
12   for row in
13     select cust.customerid, cust.personid, cust.storeid, cust.territoryid, cust.modificationdate
14     from
15       custlink(
16         'obscure@Adventureworks host=17.20.11.60 user=apocadmln password=apocadmln',
17         'select customerid, personid, storeid, territoryid, modificationdate from sales.customer') as cust(customerid integer, personid integer, storeid integer, territoryid integer, modificationdate timestamp)
18   loop
19
20     insert into sales.customer (customerid, personid, storeid, territoryid, modificationdate)
21     values (row.customerid, row.personid, row.storeid, row.territoryid, row.modificationdate);
22     RAISE NOTICE 'INSERT Registro: % % % % %', cont, row.customerid, row.personid, row.storeid, row.territoryid, row.modificationdate;
23     cont = cont + 1;
24
25   end loop;
26   return cont;
27 end
28 $body$
29 LANGUAGE 'plpgsql';
```

Figura 5 Script para la sincronización de la tabla customer.

El procedimiento general para la sincronización de la tabla "salesorderheader" consiste en lo siguiente:

- ✓ Crear una función de nombre sync_ salesorderheader dentro del esquema sales.

- ✓ Realizar la conexión a la base de datos Adventureworks ubicada en el servidor de producción.
- ✓ Seleccionar todos los registros de la tabla sales.salesorderheader ubicada en el servidor de producción.
- ✓ Se sincronizan las siguientes columnas: *salesorderid, revisionnumber, orderdate, duedate, shipdate, status, onlineorderflag, purchaseordernumber, accountnumber, customerid, salespersonid, territoryid, billtoaddressid, shiptoaddressid, shipmethodid, creditcardid, creditcardapprovalcode, currencyrateid, subtotal, taxamt, freight, totaldue, comment, modifieddate.*
- ✓ Recorrer los registros uno por uno e insertarlos en la tabla del mismo nombre, pero ahora en el servidor de ensayo.
- ✓ Llevar un contador de registros para proporcionarlo como valor de regreso al ejecutar la función de sincronización.
- ✓ Ejecutar la función con la siguiente instrucción:
select sales.sync_salesorderheader();

El script correspondiente se puede visualizar en la figura 6.

```
34 CREATE OR REPLACE FUNCTION sales.sync_salesorderheader ()
35 RETURNS smallint AS
36 $body$
37 /* New function body */
38
39 declare
40 row record;
41 cont smallint;
42
43 Begin
44 cont=1;
45 for row in
46 select custord.salesorderid, custord.revisionnumber, custord.orderdate, custord.duedate, custord.shipdate, custord.status, custord.onlineorderflag, custord.purchaseordernumber, custord.accountnumber, custord.customerid, cus
47 from
48 dblink(
49 @dbname='Adventureworks host='12.20.11.60 user='syncadmin password='opassw0rd',
50 select salesorderid, revisionnumber, orderdate, duedate, shipdate, status, onlineorderflag, purchaseordernumber, accountnumber, customerid, salespersonid, territoryid, billtoaddressid, shiptoaddressid, shipmethodid, credit
51 as custord(salesorderid integer, revisionnumber smallint, orderdate timestamp, duedate timestamp, shipdate timestamp, status smallint, onlineorderflag boolean, purchaseordernumber varchar, accountnumber varchar, customerid
52 )
53 Loop
54 insert into sales.salesorderheader (salesorderid, revisionnumber, orderdate, duedate, shipdate, status, onlineorderflag, purchaseordernumber, accountnumber, customerid, salespersonid, territoryid, billtoaddressid, shiptoaddressid, shipmethodid, creditcardid, creditcardapprovalcode, currencyrateid, subtotal, taxamt, freight, totaldue, comment, modifieddate)
55 values (row.salesorderid, row.revisionnumber, row.orderdate, row.duedate, row.shipdate, row.status, row.onlineorderflag, row.purchaseordernumber, row.accountnumber, row.customerid, row.salespersonid, row.territoryid, row.billtoaddressid, row.shiptoaddressid, row.shipmethodid, row.creditcardid, row.creditcardapprovalcode, row.currencyrateid, row.subtotal, row.taxamt, row.freight, row.totaldue, row.comment, row.modifieddate);
56 RAISE NOTICE 'INSERT Registro % % % % % %', cont, row.salesorderid, row.orderdate, row.duedate, row.shipdate;
57 cont = cont + 1;
58
59 end loop;
60 return cont;
61 end
62 $body$
63 LANGUAGE 'plpgsql';
64
```

Figura 6 Script para la sincronización de la tabla salesorderheader.

3. Resultados

Los resultados obtenidos como parte de esta investigación fueron lograr realizar pruebas de nuevas características y funcionalidades de un software en un ambiente lo más real posible, con información que se utiliza en un sistema en producción. De esta manera, los clientes potenciales del software en desarrollo tienen la posibilidad de probarlo no con información aleatoria o ficticia, sino con información utilizada por otros clientes o utilizada por ellos mismos, pero en el entorno real, donde actualmente funciona el software día a día.

Así también se obtuvieron estadísticos de volúmenes de información migrada y sincronizada entre bases de datos como pueden ser: cantidad de tablas, totales de registros por tabla y tamaño de la información. En las tablas 1 y 2 se muestra datos estadísticos de sincronización entre las bases de datos.

Tabla 1 Resultados globales de migración.

| Total esquemas sincronizados | Total tablas sincronizadas | Total registros migrados | Tamaño de la información |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5 | 23 | 307760 | 88.9 MB |

Como consecuencia también se generaron scripts con códigos que permiten adaptarse a diferentes esquemas y arquitecturas de desarrollo de software para que puedan ser reutilizados y aprovechados de la mejor manera. En total se generaron 23 scripts, uno por cada tabla de la base de datos. Si bien estos scripts se pueden optimizar haciendo las llamadas por esquema, lo cual correspondería a generar cinco scripts más en los cuales se manden llamar los correspondientes a las tablas contenidas.

4. Discusión

Realizar pruebas de nuevas funcionalidades en un software que se está desarrollado es parte vital para el éxito de éste, se necesita garantizar el buen funcionamiento y que cumple con los requerimientos establecidos por el cliente. Existen varias formas de llevar a cabo esta actividad, en esta investigación se expuso una de ellas a través del uso del módulo dblink para lograr comunicar dos

bases de datos que a la postre utilizará el software que se esté desarrollando y así lograr el objetivo.

Tabla 2 Resultados con total de registros migrados por esquema de base de datos.

| Esquema | Tablas/Registros | |
|-----------------------|----------------------------------|---------------|
| humanresources | department | 16 |
| | employee | 290 |
| | <u>employeedepartmenthistory</u> | 296 |
| | <u>employeepayhistory</u> | 316 |
| | Total | 918 |
| person | address | 19614 |
| | person | 19972 |
| | <u>personphone</u> | 19972 |
| | <u>emailaddress</u> | 19972 |
| | Total | 79530 |
| production | product | 504 |
| | <u>productdescription</u> | 762 |
| | <u>productinventory</u> | 1069 |
| | Total | 2335 |
| purchasing | <u>productvendor</u> | 460 |
| | <u>purchaseorderdetail</u> | 8845 |
| | <u>purchaseorderheader</u> | 4012 |
| | vendor | 104 |
| | Total | 13421 |
| sales | <u>creditcard</u> | 19118 |
| | customer | 19820 |
| | <u>personcreditcard</u> | 19118 |
| | <u>salesorderdetail</u> | 121317 |
| | <u>salesorderheader</u> | 31465 |
| | salesperson | 17 |
| | store | 701 |
| | Total | 211556 |

Algunas de las ventajas de utilizar este método es la velocidad de transmisión de datos ya que no existe ningún intermediario durante la comunicación de las bases de datos, otra ventaja es la rapidez con que se instala y configura la infraestructura necesaria, ya que si se hiciera de otra forma, por ejemplo, con el desarrollo de un segundo software especial para la migración de información o tal vez el desarrollo de servicios web, llevaría mucho más tiempo y consumiría otros recursos económicos y humanos.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] GitHub Inc. (2017). Adventure Works-for-Postgres: <https://goo.gl/SrNk4U>.
- [2] Jeffer Ochoa. (2015). Tipos de servidores y entornos: <https://goo.gl/Mec62s>.
- [3] Raphael Hertzog and Roland Mas. (2013). The Debian Administrator's Handbook : Creative Commons Licence, GNU General Public Licence.
- [4] The PostgreSQL Global Development Group. (2010). PostgreSQL 9.6 Documentation. EU A.: University of California.
- [5] PostgreSQL Web Site (2017). Dblink: <https://goo.gl/Cc57qa>.

MATERIAL DIDÁCTICO EN LÍNEA PARA ALUMNOS KINESTÉSICOS, AUDITIVOS Y VISUALES DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

Anabelem Soberanes Martín

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

asoberanesm2016@gmail.com

José Luis Castillo Mendoza

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAMEX

jlcastillom04@gmail.com

Esperanza Coterá Regalado

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

liabelso@hotmail.com

Aideé Peña Martín

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco/UAEMEX

adpm31@yahoo.com.mx

Resumen

En el aprendizaje influyen diversos factores, uno de los más determinantes es el relacionado con la manera en que se selecciona y representa la información, se pueden identificar personas, visuales, auditivas o kinestésicas; en esta investigación se presenta el desarrollo e incorporación de material didáctico en línea, para la materia de metodología de la investigación de la carrera de ingeniería en computación, considerando cada uno de los estilos de aprendizaje. Se procedió a elaborar los materiales a partir de la planeación didáctica, para el desarrollo de los recursos se utilizaron siete herramientas computacionales, para los auditivos: voki y podsnack; visuales en: pixtón y picktochart; visuales- interactivos con: powtoon y spark video; además para la actividad de repaso: educaplay. Una vez elaborados los materiales didácticos, se incorporaron en el

aula, posteriormente, fueron evaluados los aspectos pedagógicos y mediante el desarrollo de dos instrumentos, se aplicó al total de los alumnos de dos grupos de noveno semestre (78 alumnos), al igual que los respectivos docentes. Con los resultados se identificó la importancia de los matices al desarrollar materiales multisensoriales, la aceptación de tener herramientas de apoyo accesibles y motivar a los estudiantes al contar con material de acuerdo a su preferencia.

Palabra(s) Clave: Estrategia de aprendizaje, Medios de enseñanza, Tecnología educativa.

Abstract

Several factors influence learning, one of the most important of which is related to the way in which information is selected and represented; individuals, visual, auditory or kinesthetic can be identified; this research presents the development and incorporation of online didactic material for the subject of research methodology of the computer engineering career, considering each of the learning styles. We proceeded to elaborate the materials from the didactic planning, for the development of the resources we used seven computational tools, for the auditory ones: voki and podsnack; visual in: pixton and picktochart; visual-interactive with: powtoon and spark video; in addition to the feedback activity: educaplay. Once the didactic materials were elaborated, the pedagogical aspects were incorporated in the classroom, and afterwards the pedagogical aspects were evaluated and through the development of two instruments, it was applied to the total of the students of two groups of ninth semester (78 students), as well as the respective teachers. The results identified the importance of the nuances in developing multisensory materials, the acceptance of having accessible support tools and motivating students to have material according to their preference.

Keywords: Educational technology, Learning strategy, Teaching aids.

1. Introducción

De acuerdo a Araoz [2010] la expresión "aprender a aprender" tiene dos significados:

- Aprender no significa sólo adquirir información, sino desarrollar habilidades y destrezas que permitan seleccionar, organizar e interpretar la información para que ésta pueda transformarse en conocimiento.
- La gestión del conocimiento, ser capaces de planear las actividades y estrategias de aprendizaje, organizarlas y evaluar la información adquirida.

De igual manera, Araoz [2010] dice que al profesor le corresponde la tarea de "enseñar a aprender" y al alumno "aprender a aprender". Se convierte el aprender a aprender en el procedimiento personal más adecuado para la adquisición y generación de conocimiento. Se considera que existen tantas maneras de aprender como individuos, estos estilos de aprendizaje tienen indicadores comunes que permiten agruparlos y definir modelos que se aproximan a dichas tendencias [Gutiérrez y cols., 2007].

Se reportan aproximadamente 71 modelos de los estilos de aprendizaje [Vélez, 2009], algunos de los más representativos son: Modelo de Kolb [Ortiz y Canto, 2013] se basa en dos dimensiones: la percepción y el procesamiento; Modelo de Honey y Mumford's define cuatro estilos de aprendizaje: activista, reflexivo, teórico y pragmático [Figuroa, Cataldi, Mendez, Zander, Costa & Lage, 2007]; Modelo de Neil Fleming (VARK) especifica cuatro dimensiones: visual, auditivo, kinestésico, lector/escritor [Duque, Ovalle y Jiménez, 2007]; Modelo de los Hemisferios Cerebrales [Ned Herrmann]: los cuatro cuadrantes (cortical derecho, cortical izquierdo, límbico derecho y límbico izquierdo) representan cuatro formas distintas de operar, de pensar, de crear y de aprender [Loaiza, 2012] y el Modelo de Felder y Silverman [2004] con ocho estilos de aprendizaje que permite categorizar estudiantes de acuerdo a su habilidad para procesar, percibir, recibir, organizar y entender la información y clasifica los estilos de aprendizaje a partir de cuatro dimensiones: Activo-Reflexivo, Sensorial-Intuitivo, Visual-Verbal y Secuencial-Global. Identificarse en alguna predilección y buscar adquirir la información en el estilo de preferencia mejorará la predisposición hacia incentivar el aprendizaje [Vellegal, 2004].

Otro modelo depende del sentido que se utilice para captar la información, se identifica como personas visuales, auditivas o kinestésicas. Los estilos de aprendizaje Araoz [2010] los clasifica de tres formas:

- Por la manera como se selecciona y representa la información.
- Por la forma como se organiza.
- Cómo se trabaja.

Se enfoca la investigación al primer tipo, el cual se describe a continuación:

- Las personas que seleccionan y representan la información de manera visual se caracterizan porque tienen facilidad para captar rápidamente grandes cantidades de información con sólo ver o leer; establecer relaciones entre ideas y conceptos; tienen mayor capacidad de abstracción, piensan en imágenes, visualiza detalladamente y gustan de las descripciones.
- Las estrategias que favorecen y facilitan el aprendizaje de personas auditivas son: discutir la información, realizar debates, grabar lo que se lee y escucharlo con atención, preguntar o explicar a otra persona.
- Las personas kinestésicas son quienes captan la información a partir de sensaciones. Su aprendizaje es lento pero profundo; son inquietas; no aprenden sentadas, escuchando o leyendo, sino que generalmente están en movimiento; gustan de sentir lo aprendido y gesticulan al hablar.

Para que un aprendizaje sea más efectivo y lograr un mejor dominio del tema, es recomendable equilibrar los estilos de selección de la información y utilizar otros canales sensoriales para desarrollar nuevas habilidades.

La manera como definen Figueroa y cols. [2007] los estilos de aprendizaje inciden en el rendimiento académico y son diferentes para todos los alumnos, por lo tanto, si no se conoce cómo aprende el estudiante es complicado diseñar estrategias para adaptar el contenido o tema a su estilo, lo que da como resultado un bajo rendimiento académico; esto es aún más crítico cuando el alumno se encuentra en un sistema educativo centrado en el estudiante y donde se enfatiza el

autoaprendizaje, como es el caso de los alumnos del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, en particular de la Licenciatura en Ingeniería en Computación, disciplina orientada a la parte tecnológica con fuerte peso operativa que busca la elaboración de productos, hardware o software, que solucione alguna necesidad del cliente o usuario para mejorar la funcionalidad de un proceso o servicio; por lo que se enfoca a la programación y el desarrollo de sistemas o el manejo de redes; es una actividad multidisciplinaria e inventiva pero no tan artística. La mayoría de los alumnos ingresan esperando cursar materias con enfoque tecnológico; sin embargo, su plan de estudios comprende las áreas de matemáticas, mercadotecnia, humanidades y tecnología [Castillo, Martínez, Soberanes y Sánchez, 2016]. En este caso se aborda la materia de metodología de la investigación corresponde al área de humanidades, de ahí la importancia de determinar las estrategias de aprendizaje a utilizar y el desarrollo de los materiales didácticos a utilizar.

Estrategia de aprendizaje definida por Araoz [2010] como "... el conjunto de actividades, técnicas y medios que se planifican de acuerdo con las necesidades, los objetivos que perseguimos y la naturaleza de las áreas y cursos que se estudian." (p.33). Las estrategias de aprendizaje tienen como objetivo primordial "enseñar a pensar".

Según López [2013] una estrategia de aprendizaje "... es un procedimiento (conjunto de pasos o habilidades) y al mismo tiempo un instrumento psicológico que un alumno adquiere y emplea intencionalmente como recurso flexible, para aprender significativamente y para solucionar problemas y demandas académicas..." (p. 180).

Díaz-Barriga [2006, citada por López, 2013] expresa que todas las estrategias requieren ser adaptadas y situadas dentro de circunstancias (las demandas, el contexto) de aprendizaje particulares.

Una forma de equilibrar el aprendizaje al captar la información es practicando estrategias que realizan quienes lo hacen de manera diferente a nosotros. Lo importante es tratar de incorporar a las prácticas de estudio aquellas estrategias que no se dominan, para lograr un aprendizaje significativo.

López [2013] expresa que "... lo más relevante no es el diseño del material en sí mismo, sino aquello que garantice que los estudiantes adquieran, comprendan y sean capaces de hacer,..." (p. 98).

De acuerdo a Díaz y cols. [2006] indican "la prioridad de la enseñanza no debería ser crear materiales técnicamente perfectos, sino pedagógicamente adecuados, significativos y útiles para cada grupo de alumnos en general y cada alumno en particular, utilizando para ello cualquier recurso a nuestro alcance".

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han generado nuevos retos educativos, que se apoyan en el desarrollo de nuevos materiales pedagógicos, su función principal se centra en las actividades de aprendizaje asociadas. Landeta [2006, citado por Peñalosa, 2013] los nuevos recursos educativos apoyados en las TIC pueden ser de siete categorías:

- Apuntes y transparencias (Access, Excel, OneNote, Publisher, PowerPoint, Word).
- Herramientas de comunicación (Outlook, mensajeros instantáneos, Voz IP).
- Herramientas virtuales (Buscadores, calculadoras virtuales, correctores ortográficos, libros digitales).
- Herramientas de autoría (páginas web, webquest, weblogs, wikis).
- Plataformas o entornos de aprendizaje (Comerciales: Blackboard, Acceso libre: Moodle).
- Herramientas de colaboración (Google Docs, Google Calendar, Wikispaces, Zoho).
- Redes sociales (Facebook, Hi5, Myspace, Tuenti, Twitter).

Barberá y Rochera [2009] indican que los materiales siempre ofrecen información; en ocasiones permiten la participación de los estudiantes, y otras veces suelen conducirse a la producción o reproducción de elaboraciones relacionadas con la aplicación del conocimiento.

Peñalosa [2013] menciona que entre los materiales de aprendizaje se encuentra una gama de productos, que tiene el potencial de crear ambientes de aprendizaje de alta calidad, si cuentan con ciertos elementos clave, como el uso de medios

múltiples o el control de usuarios sobre la presentación de información; la interactividad y la convergencia de elementos mediáticos pueden programarse para enriquecer el proceso de aprendizaje. Los materiales permiten construir estructuras de conocimiento, en situaciones de mayor o menor posibilidad de participación y retroalimentación. El material didáctico, entendido como conjunto de medios y materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza aprendizaje, que pueden ser tanto virtuales como físicos [Seduca, 2017]; la investigación se enfoca en materiales virtuales.

Los materiales didácticos por sí solo no son suficientes; se realizaron de acuerdo a los componentes esenciales de un plan didáctico, Seduca [2017] considera cuatro elementos:

- Los objetivos o propósitos.
- La organización de los contenidos.
- Las actividades o situaciones de aprendizaje.
- La evaluación de los aprendizajes.

A partir de la planeación didáctica, se desarrollaron los materiales utilizando siete herramientas computacionales, para los auditivos: voki y podsnack; visuales en: pixton y picktochart; visuales-interactivos con: powtoon y spark video; además para la actividad de repaso: educaplay. Posteriormente, los materiales didácticos se incorporaron en el aula y fueron evaluados los aspectos pedagógicos mediante el desarrollo de dos instrumentos, se aplicó a 78 alumnos que son el total de los dos grupos de noveno semestre y a sus respectivos docentes. Los resultados muestran la importancia de los matices al desarrollar materiales multisensoriales, además, se identifica la aceptación de tener herramientas de apoyo accesibles y motivar a los alumnos con material de acuerdo a su estilo de aprendizaje.

2. Metodología

La elaboración de medios y materiales que intervengan en el proceso de enseñanza aprendizaje apoyados en tecnología requieren la intervención de diferentes actores, los materiales fueron hechos por una docente que ha impartido

la unidad de aprendizaje por cinco años, con la supervisión y retroalimentación de una pedagoga (para el diseño instruccional) y una diseñadora gráfica; la experiencia se realizó en el semestre 2017B (agosto-diciembre) en la unidad de aprendizaje de metodología de la investigación del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería en Computación (ICO) del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco de la Universidad Autónoma del Estado de México. Dicha materia se imparte en 9º semestre, el propósito de esta asignatura es "... aportar los elementos técnicos suficientes para elaborar proyectos de investigación, y propiciar el acercamiento de los estudiantes con la investigación científica, sobre todo para aquellos que opten por los trabajos escritos, como la tesis, tesina, ensayo, memoria o artículo," [UAEMex, 2015]. El curso adopta un componente de taller para que el alumno adquiriera los elementos teórico-metodológicos indispensables para elaborar proyectos de investigación en cualquier ámbito de trabajo, y pueda realizar una serie de actividades orientadas a la aplicación significativa del contenido revisado. Para cumplir el objetivo de la investigación, el procedimiento se integró en tres etapas:

- Etapa 1. Se inició con la planeación didáctica, se consideró el objetivo o propósito de aprendizaje, el tema, el medio a utilizar, la selección del recurso (audio, imagen, multimedia u otro), secuencia didáctica (procedimiento: actividad pre-instruccional, presentar contenido o aplicación del conocimiento), Descripción del contenido de la actividad (script) y enlace de la actividad (dirección electrónica de donde se encuentra).
- Etapa 2. Se desarrollaron los materiales didácticos, se utilizaron siete herramientas computacionales, para los auditivos: Voki [Romero, 2017c] y Podsnack [Romero, 2017a]; los visuales fueron elaborados en: Pixton [Benhumea, 2017b] y Picktochart [Seduca, 2017]; los visuales-interactivos con: Powtoon [Romero, 2017b] y Spark video [Benhumea, 2017a] y para la actividad de repaso: Educaplay [Seduca, 2017]. Los participantes que utilizaron los materiales didácticos en el aula fueron 78 alumnos (61 hombres y 17 mujeres) y dos profesoras a cargo de los grupos. Los usuarios

deben tener acceso a internet la primera ocasión; en algunos casos da la posibilidad de descargarlos para ser utilizados sin conexión.

- Etapa 3. Para la aprobación del material didáctico se desarrollaron y validaron dos instrumentos de recolección de información de tipo encuesta, considerada por Igartúa y Humanes [2004] como herramienta para conocer la percepción u opinión; en cuanto a confiabilidad y validez, el primero enfocado en medir la calidad del material el instrumento está integrado por 15 reactivos, que considera los criterios de planeación didáctica y contenido (tabla 1); el segundo instrumento sobre la percepción de usabilidad del material por los estudiantes (conformado por 10 reactivos consideran los aspectos técnicos y de diseño (tabla 2); la validez de los instrumentos (cuestionarios) se realizó con el software SPSS (siglas de Statistical Package for the Social Sciences) aplicando el alfa de Cronbach obteniéndose un coeficiente de fiabilidad de 0.82 para el primer instrumento y 0.81 para el segundo, con lo cual se consideran aceptables; autores como Burns y Grove [2012] indican que coeficiente de 0.80 o superior es lo aceptable, pero modesto para un instrumento en las primeras etapas de desarrollo, pero 0.80 es deseable para un instrumento más desarrollado).

3. Resultados

Los siete materiales didácticos desarrollados están disponibles en la red, para su uso no solo de los alumnos del espacio académico, son recursos de acceso libre en la red. Los materiales didácticos desarrollados se especifican en la tabla 3 (herramienta en que se desarrolló, la dirección electrónica en donde se encuentra alojado y una breve descripción). Los materiales fueron utilizados por los alumnos de acuerdo a sus preferencias, con los siguientes resultados: 13 utilizaron los auditivos, 26 los visuales y 39 los visuales interactivos. A partir de usar los materiales didácticos se aplicaron las encuestas para evaluar la percepción de la parte didáctica y tecnológica. Ejemplos de los productos desarrollados se presentan en las figuras 1 a la 5.

Tabla 1 Ejemplo del Instrumento aplicado a los expertos.

| |
|--|
| 1. ¿Cómo consideras las instrucciones del material didáctico? <input type="radio"/> Precisas <input type="radio"/> Confusas <input type="radio"/> Incompletas |
| 2. ¿Cómo consideras la presentación de los contenidos? <input type="radio"/> En desorden <input type="radio"/> Ordenados |
| 3. Considera adecuado el propósito de aprendizaje <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No se puede identificar |
| 4. Después de revisar los materiales ¿estima que se cumple el objetivo para el cual fueron desarrollados? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No se puede identificar |
| 5. Las fuentes de información empleadas estima son <input type="radio"/> Poco Adecuadas <input type="radio"/> Adecuadas <input type="radio"/> Insuficientes |
| 6. ¿Cómo valora la información que presentan los materiales sobre el tema de ensayo? <input type="radio"/> Poco Adecuada <input type="radio"/> Adecuada <input type="radio"/> Muy adecuada |
| 7. La forma de presentar la información estima que es: <input type="radio"/> Poco apropiada <input type="radio"/> Apropiada <input type="radio"/> Muy apropiada |
| 8. ¿Los materiales didácticos aclaran el tema de ensayo? <input type="radio"/> Muy poco <input type="radio"/> Poco <input type="radio"/> Suficiente <input type="radio"/> Muy suficiente |
| 9. Considera que los materiales didácticos desarrollados en general son: <input type="radio"/> Poco atractivos <input type="radio"/> Atractivos <input type="radio"/> Muy atractivos |
| 10. ¿Los materiales didácticos facilitan el aprendizaje de los alumnos sin importar su estilo de aprendizaje? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No se puede identificar |
| 11. ¿Le pareció complejo utilizar los materiales? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Un poco |
| 12. Considera con la actividad de repaso, se puede identificar la comprensión del tema de ensayo <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No se puede identificar |
| 13. La calidad del recurso (audio, imágenes, texto, entre otros) la valoras: <input type="radio"/> Poco apropiada <input type="radio"/> Apropiada <input type="radio"/> Muy apropiada |
| 14. ¿Considera adecuada la planeación didáctica que se desarrollaron para cada uno de los materiales didácticos? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No la conocí |
| 15. ¿Recomendaría el uso de los materiales didácticos en sus cursos? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Tal vez |

Tabla 2 Ejemplo del Instrumento aplicado a los alumnos.

| |
|---|
| 1. ¿Cómo consideras las instrucciones en el material didáctico? <input type="radio"/> Precisas <input type="radio"/> Confusas o incompletas |
| 2. ¿Cómo consideras la accesibilidad de a los materiales? <input type="radio"/> Inadecuada <input type="radio"/> Adecuada |
| 3. ¿El uso de los materiales didácticos la consideras? <input type="radio"/> Muy complejo <input type="radio"/> Complejo <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Muy fácil |
| 4. La distribución del material en la pantalla te resulta: <input type="radio"/> Desordenada <input type="radio"/> Ordenada <input type="radio"/> Me es indiferente |
| 5. Los materiales en general piensas que son: <input type="radio"/> Tradicionales <input type="radio"/> Innovadores <input type="radio"/> Comunes |
| 6. Los Colores utilizados en el material didáctico consideras que son: <input type="radio"/> Inadecuados <input type="radio"/> Adecuados |
| 7. Velocidad en que cargaron los recursos <input type="radio"/> Lento <input type="radio"/> Rápido <input type="radio"/> Muy Rápido |
| 8. ¿Cómo consideran el material didáctico? <input type="radio"/> Completo <input type="radio"/> Incompleto |
| 9. La experiencia con el material didáctico <input type="radio"/> Poco satisfactoria <input type="radio"/> Satisfactoria <input type="radio"/> Indiferente |
| 10. ¿Cómo consideras la interacción con los materiales? <input type="radio"/> Muy difícil <input type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Muy fácil |

Tabla 3 Ejemplo de las especificaciones de los materiales didácticos.

| Herramienta computacional | Dirección electrónica donde se localiza el material didáctico | Descripción |
|------------------------------|---|--|
| Auditivos | | |
| Voki | http://tinyurl.com/ycqzmy6a | Audio que describe al ensayo (Figura 4). |
| Podsnack | http://www.podsnack.com/AnaSoberanes/alj86faa | Audio que reproduce el audio de un video de YouTube sobre el tema de ensayo (Figura 5). |
| Visuales | | |
| Pixton | https://www.dropbox.com/s/rm8cly6tmhoq4td/Pixon.png?dl=0 | Historieta que presenta mediante comic de dos estudiantes, platicando sobre qué es y las características del ensayo. |
| Picktochart | https://www.dropbox.com/s/kqjsil6bxadykze/Picktochar.png?dl=0 | Imagen que aborda el tema de ensayo, definición, características y ventajas. |
| Visuales-interactivos | | |
| Powtoon | https://www.powtoon.com/online-presentation/f4L3hP3CRPD/?mode=presentation#/ | Presentación interactiva que aborda el tema de ensayo, incluye animación (Figura 6). |
| Spark video | https://spark.adobe.com/video/3daTnPpwDXALK | Presentación interactiva que aborda el tema de ensayo, con musicalización y animación de la información (Figura 7). |
| Retroalimentación | | |
| Educaplay | http://es.educaplay.com/es/recurso_seducativos/3089015/html5/repaso.htm | Para aplicar el conocimiento sobre el tema del ensayo se diseñó un crucigrama el cual aborda los elementos del ensayo: Introducción, Desarrollo y Conclusiones. Así como los diferentes tipos de ensayo, en este caso se tienen diez minutos máximo para resolver (Figura 8). |



Figura 1 Ejemplo de la pantalla de inicio del audio sobre el tema de Ensayo en Voki.



Metodología

June 26, 2017 | By Ana Soberanes

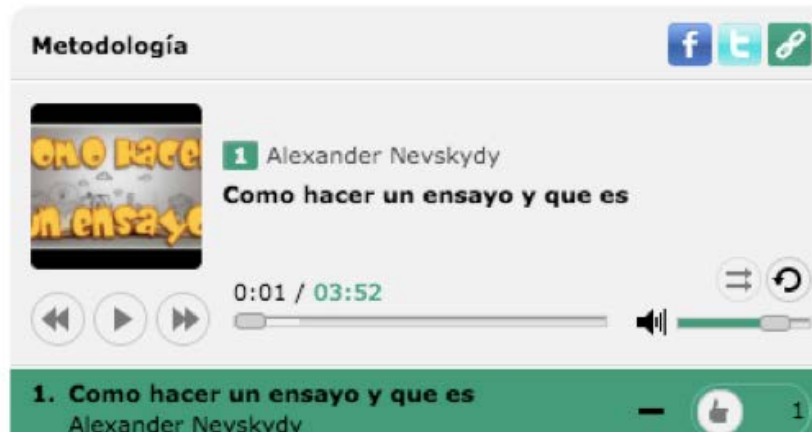


Figura 2 Ejemplo de la pantalla del acceso al audio del tema en Podsnack.



Figura 3 Ejemplo de la pantalla de la presentación realizada en Powtoon.



Figura 4 Ejemplo de la pantalla de inicio de la presentación en Adobe Spark.



Figura 5 Ejemplo de la pantalla de la actividad de repaso en educaplay.

Los resultados de la aplicación de las encuestas son:

- Del cuestionario de Planeación didáctica, el 98% consideró precisas las indicaciones del material, 97% indicó que se cumplía el propósito de aprendizaje, en relación a la organización de los contenidos se obtuvo el 98%, con respecto a las actividades o situaciones de aprendizaje para lograr el objetivo se alcanzó el 93%, y sobre la evaluación de los aprendizajes se apreció el 91% (figura 6).



Figura 6 Resultados de la evaluación de la Planeación Didáctica

- Respecto al segundo cuestionario, se percibe el impacto visual de los materiales, con el 97%, interactividad 96%, accesibilidad 100%, complejidad de uso 2%, distribución en la pantalla del material 91% y el 100% consideró innovador la manera de presentar el tema de ensayo utilizando diversas formas de presentar la información, se muestran los resultados en figura 7.
- Los materiales propuestos hacen que los alumnos utilicen las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para adquirir o fortalecer el conocimiento sobre el tema de ensayo mediante la interacción de aplicaciones de audio, imágenes, o multimedia. De los resultados, se infiere el grado de aceptación y utilidad de los materiales tanto por docentes como alumnos al apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

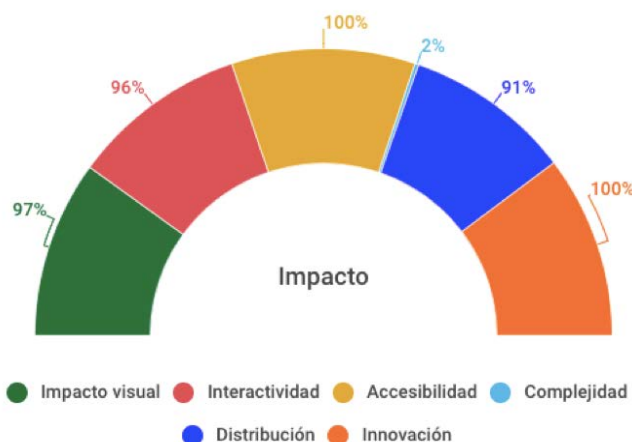


Figura 7 Ejemplo de la gráfica de la evaluación sobre el impacto del material didáctico.

En relación al apoyo escolar, en este primer momento se utilizó el material con los mismos grupos, se les aplicó un cuestionario después que los docentes presentaron el tema y posteriormente, se les pidió que utilizaron los materiales de acuerdo a su preferencia y contestarán el crucigrama, a continuación, tenían que contestar las mismas preguntas planteadas antes de utilizar el material y el 100% de los alumnos mejoraron sus respuestas en un 30%, con lo cual se considera mejoraron su aprendizaje sobre el tema de ensayo.

4. Discusión

Los materiales propuestos enriquecen los contenidos haciendo que los alumnos utilicen las TIC para la adquisición o fortalecer el conocimiento mediante la interacción de herramientas computacionales; haciendo que la adquisición del conocimiento sea más activa y que el estudiante interactúe sobre el tema de ensayo que en diversas ocasiones resulta en palabras de algunos alumnos aburrido. En la medida en que se convierten los docentes en productores de conocimientos y herramientas pedagógicas, en intercambiadores de recursos y promotores de tareas, acciones didácticas que quieren y desean compartir como profesionales [Leiva y Moreno, 2015] influirá positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De los resultados, se infiere el grado de aceptación y utilidad del material didáctico tanto en docentes como en alumnos, apoya el proceso de enseñanza-aprendizaje

en la materia de metodología de la investigación. Con ello, se confirma la postura de Pérez [2012] que estos cambios suponen una reorientación del papel de los docentes que no son solo transmisores de información, sino agentes de facilitación y promoción de aprendizajes relevantes para estudiantes que deben aprender en la era digital.

Se analizaron aspectos pedagógicos y tecnológicos que apoya la comprensión del tema de ensayo en la materia de metodología de la investigación. Los aspectos técnicos permiten acceder e interactuar con todos los recursos desarrollados (texto, imágenes, videos, animaciones, entre otros).

Con los resultados se confirma la premisa de Fombona [2008] que la gestión y presentación de la imagen móvil, también supone un planteamiento distinto, la narrativa y el lenguaje audiovisual que implica la movilización de estructuras cerebrales distintas a la lectoescritura.

Finalmente, existen otras maneras de dar seguimiento al tema, los resultados son alentadores al avalar nuestra hipótesis que el uso de materiales didácticos virtuales a partir de un diseño instruccional, considerando distintos estilos de aprendizaje tienen aceptación por los alumnos y docentes contribuyendo en el proceso de aprendizaje.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Araoz, M. E. (2010). Estrategias para aprender: reconstrucción del conocimiento a partir de la lectoescritura. México: Pearson.
- [2] Barberá y Rochera (2009). Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el diseño de materiales autosuficientes y el aprendizaje autodirigido, en Coll, C.y Monereo, C. (eds). Psicología de la educación virtual. Barcelona: Morata.
- [3] Benhumea, C. L. (2017a). Adobe Spark Video-Tutorial. México: UAEMex.
- [4] Benhumea, C. L. (2017b). Pixton-Tutorial. México: UAEMex.
- [5] Díaz, A., Díaz de Ávila, I., Fernández, N., Forniés, R., Cortinas, A. I., Manga, C. y De Miguel, C. (2006). Nuevos retos, nuevos materiales. Portal educaweb: <https://goo.gl/Hx5ihf>.

- [6] Burns, N. y Grove, S. K. (2012). *Investigación en enfermería*. España: Elsevier España.
- [7] Castillo, J. L., Martínez, M., Soberanes, A. y Sánchez, J. M. (2016). Definición de estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de acuerdo a la programación neurolingüística. En *Revista de Docencia e Investigación Educativa*, 2-3: 25-34.
- [8] Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida*. México: Mc Graw-Hill.
- [9] Duque, N.; Ovalle, D. y Jiménez, J. (2007). *Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente*. Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- [10] Fambona, (2008). *Lectura de imágenes y contenidos. Competencias para el análisis de la forma y contenidos del audiovisual: Hacia una teoría de la composición*. Madrid: CEP.
- [11] Felder, R. & Silverman, L. (2004). *Cómo estructurar la Currícula en Ingeniería*. IV CAEDI. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- [12] Figueroa, N.; Cataldi, Z.; Mendez, P.; Zander, J.; Costa, G. & Lage, F. (2007). *Los estilos de aprendizaje y las inteligencias múltiples en cursos iniciales de programación*, Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires.
- [13] Gutiérrez, M. G.; Flores, G.; García, G.; Calderón, J. de J.; Carmona, M. y Villaseñor, L. M. (2007). *El desarrollo de estrategias de aprendizaje; una tarea fundamental de nuestro quehacer docente*. SEP: <https://goo.gl/zxGvbE>.
- [14] Igartúa, M. L. y Humanes, J. J. (2004). *Teoría e investigación en comunicación social*. España: Síntesis.
- [15] Landeta, A. (2006). *Elementos tecnológico-pedagógicos complementarios al material didáctico*. Portal educaweb: <https://goo.gl/8cAJKg>.

- [16] Ortiz, A. y Canto P. (2013). Estilos de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de ingeniería en México. *Revista Estilos de Aprendizaje*, No. 11, Vol. 11, abril de 2013.
- [17] Leiva, J. J. y Moreno, N. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: Experiencias y herramientas didácticas. En *Revista didáctica, innovación y multimedia*. Año 11. No. 31: <https://goo.gl/4y77bP>.
- [18] Loaiza, N. y Guevara, A. (2012). Los estilos de aprendizaje: una propuesta pedagógica para optimizar la enseñanza de las lenguas extranjeras en la licenciatura en lenguas modernas de la universidad del Quindío. *Revista de Investigaciones-Universidad del Quindío*.
- [19] López, M. A. (2013). *Aprendizaje, competencias y TIC*. México: Pearson Educación.
- [20] Peñalosa, E. (2013). *Estrategias docentes con tecnologías: guía práctica*. México: Pearson Educación.
- [21] Pérez, A. I. (2012). *Educarse en la era digital*. Madrid: Morata.
- [22] Romero, N. (2017a). *Podsnack-Tutorial*. México: UAEMex.
- [23] Romero, N. (2017b). *Powtoon- Tutorial*. México: UAEMex.
- [24] Romero, N. (2017c). *Voki-Tutorial*. México: UAEMex.
- [25] Seduca. (2017). *Elaboración de material didáctico en línea para su unidad de aprendizaje*. México: UAEMex.
- [26] UAEMex. (2015). *Plan de estudios de Ingeniería en Computación*. Toluca: UAEMex.
- [27] Vélez, J. (2009). *Entorno de Aprendizaje Virtual Adaptativo Soportado por un Modelo de Usuario Integral*, Tesis Doctoral Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores Universidad de Girona.
- [28] Vellegal, A. M. (2004). *La programación neurolingüística como herramienta para la enseñanza de E/LE*. Máster en Enseñanza de Español Lengua Extranjera. Madrid, España: <https://goo.gl/GDFrS6>.

METODOLOGÍA PARA EL MODELADO DE SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL PARA EL APRENDIZAJE EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Gonzalo Alberto Torres Samperio

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
torres@uaeh.edu.mx

Anilu Franco Arcega

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
afranco@uaeh.edu.mx

Ma. de Jesús Gutiérrez Sánchez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
madejesus_gutierrez@uaeh.edu.mx

Alberto Suarez Navarrete

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
asuarezn@uaeh.edu.mx

Resumen

En el ámbito educativo, las nuevas tecnologías son usadas para mejorar el proceso de aprendizaje. Recientemente, los dispositivos móviles ofrecen a los educadores una forma innovadora de comunicarse con los estudiantes, siempre y cuando se usen las aplicaciones adecuadas para el aprendizaje. La Realidad Virtual y su uso en la educación, se ha discutido por mucho tiempo y los principales desafíos a los que se ha enfrentado versan sobre el uso de los dispositivos en instituciones educativas y, por otra parte, no contar con una metodología formal para el desarrollo de software educativo con características tan particulares. En este artículo, se presenta la propuesta de una metodología para el modelado y desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual para el aprendizaje

en dispositivos móviles, mediante la aplicación de tres etapas para la creación de un mundo virtual.

Palabra(s) Clave: Aprendizaje, Dispositivos Móviles, Metodología, Realidad Virtual.

Abstract

In the educational field, new technologies are used to improve the learning process. Recently, mobile devices offer educators an innovative way of communicating with students, as long as they use the right applications for learning. The Virtual Reality and its use in education, has been discussed for a long time and the main challenges that have been faced are the use of devices in educational institutions and, on the other hand, not having a formal methodology for the development of educational software with particular characteristics. In this article, we present the proposal of a methodology for the model and development of Virtual Reality Systems for learning in mobile devices, through the application of three phases for the creation of a virtual world.

Keywords: Learning, Methodology, Mobile Devices, Virtual Reality.

1. Introducción

En la actualidad, es cada vez más frecuente para las personas el uso de los dispositivos móviles en muchas de las actividades cotidianas, dada su popularidad, versatilidad y facilidad de uso. Desde que se introdujeron al mercado los llamados teléfonos inteligentes y las tabletas, el desarrollo de aplicaciones para estos dispositivos se ha acelerado y sus componentes de hardware se han diversificado, permitiendo a sus usuarios efectuar casi toda clase de tareas simples que van desde mantener su agenda hasta ejecutar aplicaciones conectadas a Internet, convirtiéndose así en una parte de la cultura diaria [Virvou, Katsionis & Manos, 2005].

Aunque popularmente se ha dicho que los dispositivos móviles tienen un efecto nocivo e, incluso, que fomentan el ocio, también tienen aspectos positivos pues le proporcionan a sus usuarios la capacidad para mejorar la forma de comunicarse y

tener acceso a una gran cantidad de información que existe en Internet, lo cual los hace especialmente útiles para fomentar el aprendizaje y desarrollar destrezas o incrementar el conocimiento [Hernández, Pennesi, Sobrino y Vázquez, 2012]. La portabilidad, inmediatez, ubicuidad y adaptabilidad que permiten los dispositivos digitales móviles, hacen que sean una alternativa en el uso de herramientas pedagógicas, particularmente haciendo posible que en el desarrollo de algunos contenidos educativos estén implícitos en la mecánica de las actividades realizadas, el juego y la diversión como parte del proceso de aprendizaje. Esto último, incrementa la motivación para aprender ya que el software educativo se hace más interesante, en especial si su parecido es similar al de un juego de computadora que hace uso de gráficos en tres dimensiones.

Desde la perspectiva educativa, se ha comprobado que con este tipo de software es posible mejorar la comprensión de información compleja y abstracta, pues puede contribuir a que un usuario sea capaz de procesar información multisensorial y, de algún modo, apoyar diversos estilos de aprendizaje ya sean formales o informales mostrando de manera simplificada conceptos difíciles de entender [Valiño, 2002].

Desde hace algunos años, las nuevas tecnologías se han venido analizando y utilizando para mejorar el proceso de aprendizaje, entre ellas la denominada Realidad Virtual (RV). Esta disciplina puede definirse como un mundo virtual generado por computadoras en el que el usuario tiene la sensación de encontrarse dentro de él, y dependiendo del nivel de inmersión, éste puede interactuar con los objetos del mundo virtual en un grado u otro [Parisi, 2016]. Su uso en la educación se ha venido discutiendo durante mucho tiempo y hasta hace poco, el desafío a vencer había sido siempre el mismo, los dispositivos y el software resultaban inasequibles para poder popularizarlos y masificarlos en las instituciones educativas. Sin embargo, hoy en día, dado el avance tecnológico de los últimos años, son notorias las diferencias entre la Realidad Virtual moderna en comparación con el concepto de Realidad Virtual presentado hace dos décadas, pues la tecnología está finalmente en una etapa en la que se puede adaptar a cualquier teléfono móvil o tableta [Mustafa & Nätterdal, 2015].

La introducción de Google Cardboard mostró al público por primera vez que cualquier teléfono inteligente de esta generación puede convertirse en un dispositivo de Realidad Virtual con la ayuda del acelerómetro y el giroscopio, integrados en su hardware estándar. El Google Carboard hace las veces de un HMD (*Head Mounted Display*), está compuesto por un cartón plegable recortado que contiene dos lentes ópticos, uno para cada ojo, con los cuales es posible la percepción de profundidad. Este dispositivo permite, con la programación de los comportamientos y mecanismos adecuados, la interacción con los objetos de un mundo virtual. En este punto cualquier usuario con un teléfono inteligente y un VR-HMD de bajo costo, puede disfrutar de la experiencia inmersa de las aplicaciones de Realidad Virtual a través de un nuevo medio [LaValle, 2017].

Bajo este nuevo panorama de la tecnología de Realidad Virtual, se facilita (i) la manipulación y análisis de sistemas complejos y grandes mediante el uso de modelos tridimensionales, (ii) la reproducción de algoritmos que simulan el comportamiento físico de objetos, personas y situaciones de la vida real, permitiendo que el usuario pueda manipularlas desde cualquier ángulo y punto de vista como si se tratase de un mundo real.

Cuando un usuario practica sus habilidades en un entorno seguro, una aplicación de Realidad Virtual se constituye como una excelente herramienta educativa [Steuer, 1992] [Hashemipour, Farahani & Bal, 2009], conjuntando estas aplicaciones con el uso de dispositivos móviles, se puede incrementar el éxito escolar, mejorar las habilidades cognitivas y, aún más importante, mejorar la atención y concentración del alumno en la solución de problemas concretos debido a su naturaleza lúdica [Duffy, Lowyck & Jonassen, 2012].

Es de resaltar que el uso de dispositivos móviles en un aula de clase para la enseñanza y aprendizaje debe implicar un cambio de paradigma en el diseño y la práctica de estrategias pedagógicas y didácticas, así como el arraigo del docente con la metodología de aprendizaje tradicional. Según la UNESCO, en la actualidad existe al menos seis mil millones de suscriptores de teléfonos móviles, y por cada persona que accede a Internet desde una computadora, dos lo hacen desde un dispositivo móvil. Este organismo deja claro el potencial de este tipo de

dispositivos para mejorar y facilitar el aprendizaje, especialmente en las comunidades donde las oportunidades educativas son escasas.

Dada la propagación y la rápida expansión de la funcionalidad de estas tecnologías, es que pueden utilizarse para apoyar las metas de las Naciones Unidas para la Educación para todos:

- Respondiendo a los desafíos de determinados contextos educativos.
- Complementando y enriqueciendo la educación formal.
- Haciendo que el aprendizaje sea más accesible, equitativo, personalizado y flexible para los estudiantes de todo el mundo [UNESCO, 2017].

Gracias a la mediación de dispositivos móviles el comúnmente denominado M-Learning (ML), se constituye como un método de enseñanza y aprendizaje que facilita la construcción del conocimiento, la resolución de problemas y el desarrollo de destrezas y habilidades diversas de manera autónoma y ubicua, tal y como se describe en el modelo teórico FRAME, para diseñar escenarios estructurados de aprendizaje móvil [Scanlon, 2014] [Ally, 2009]. El modelo FRAME muestra cómo es que la tecnología da pie a que se produzcan lazos de relación en el aprendizaje social y personal desde una perspectiva constructivista, y en una participación activa e interactiva.

Como puede observarse en la figura 1, el modelo FRAME, representado mediante un diagrama de Venn, establece la relación entre el estudiante, el dispositivo y el entorno social, proporcionando criterios para cada aspecto individual y la superposición entre ellos, de modo que concibe al M-Learning como una combinación de las interacciones entre los estudiantes, sus dispositivos y los recursos circundantes (personas, objetos, tecnologías ambientales, etc) [Ally, 2009].

El reciente resurgimiento de la tecnología de la realidad virtual impulsada por el desarrollo constante de los dispositivos móviles, representa ahora la posibilidad de implementarla en cualquier ámbito educativo o formativo que requiera el aprendizaje y la práctica de procedimientos aplicados a entornos reales, ya sea inserta en un ambiente de aventura, estrategia, deportes, acción, simulación o de

juego de rol, a través de la creación de software de RV dedicado al proceso de enseñanza-aprendizaje [Virvou, Katsionis & Manos, 2005]. El grado de realismo de un entorno desarrollado mediante una aplicación de RV, hace que éstas sean herramientas eficientes, que permiten flexibilizar la formación y adaptarla a las necesidades de las personas y de sus ambientes educativos, profesionales o laborales, particularmente si se proponen como parte de la mecánica, el aprendizaje social y la colaboración entre quienes participan de un ambiente educativo tan singular como el soportado por los dispositivos móviles [Merchant, Ernest, Cifuentes, Keeney & Davis, 2014].



Figura 1 Modelo FRAME.

Existen diversas metodologías enfocadas en la creación de aplicaciones de RV. Por ejemplo, SENDA y KAUR presentan un ciclo de vida completo, pero no consideran un objetivo de aprendizaje en la aplicación, ya que no se enfocan en las necesidades de aprendizaje del usuario, sino en el correcto desarrollo del mundo virtual. Asimismo, existe la metodología SCRUM, para gestionar de manera rápida y flexible un proyecto, aunque ésta no se encuentra enfocada en la creación de mundos virtuales ni en el enfoque de aprendizaje del usuario, pero entre sus procesos se tienen las fases de Iniciación, Lanzamiento, Revisión, Implementación, y por último, de Planificación. Como puede observarse, estas metodologías sólo se centran en la determinación de los componentes visuales y los mecanismos de interacción, pero el diseño instruccional está ausente.

Por lo anterior, en este trabajo se propone una metodología que pretende ser una guía para integrar el desarrollo del mundo virtual con el análisis instruccional requerido en un ambiente de aprendizaje con la ventaja de ser implementado en dispositivos móviles. Se plantea una metodología de tres etapas, especialmente dispuesta para el diseño de ambientes educativos de Realidad Virtual denominada, Metodología para el Desarrollo de Espacios Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV).

La estructura del artículo presenta las fases de la metodología propuesta, comenzado con una descripción general de ella, seguida de la explicación detallada de cada fase. Posteriormente, una sección donde se muestran los resultados que se pretenden alcanzar con la metodología. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Metodología

La Metodología para el Desarrollo de Sistemas Educativos de Realidad Virtual ha sido desarrollada específicamente para determinar de forma detallada los componentes de un ambiente tridimensional modelado con técnicas de Realidad Virtual para la creación de un sistema de aprendizaje. Se diseña específicamente como un ambiente lúdico interactivo donde los usuarios pueden aprender y experimentar libremente con los objetos y entidades representadas en un mundo virtual con el que se interactúa mediante un dispositivo móvil.

MEDEERV también toma en cuenta la interacción de los usuarios en un ambiente de experimentación donde los conocimientos del área disciplinar en específico se presentan como un contenido claramente estructurado por procesos cognitivos, planteado con base en los objetivos de aprendizaje específicos descritos por el desarrollador y una estrategia instruccional bien definida. La figura 2 presenta las fases generales de la metodología propuesta en este trabajo.

En la primera etapa de esta metodología, denominada Diseño Sistemático de la Instrucción, se determina la estructura del ambiente, realizando un análisis instruccional de las habilidades subordinadas que se pretenden desarrollar en el ambiente virtual. Este diseño abarca distintos pasos que van, desde la descripción

del escenario educativo, hasta la evaluación del aprendizaje. También se toman en cuenta aspectos específicos que permiten la implementación del trabajo grupal, implícito en el desarrollo de las actividades del mundo virtual.

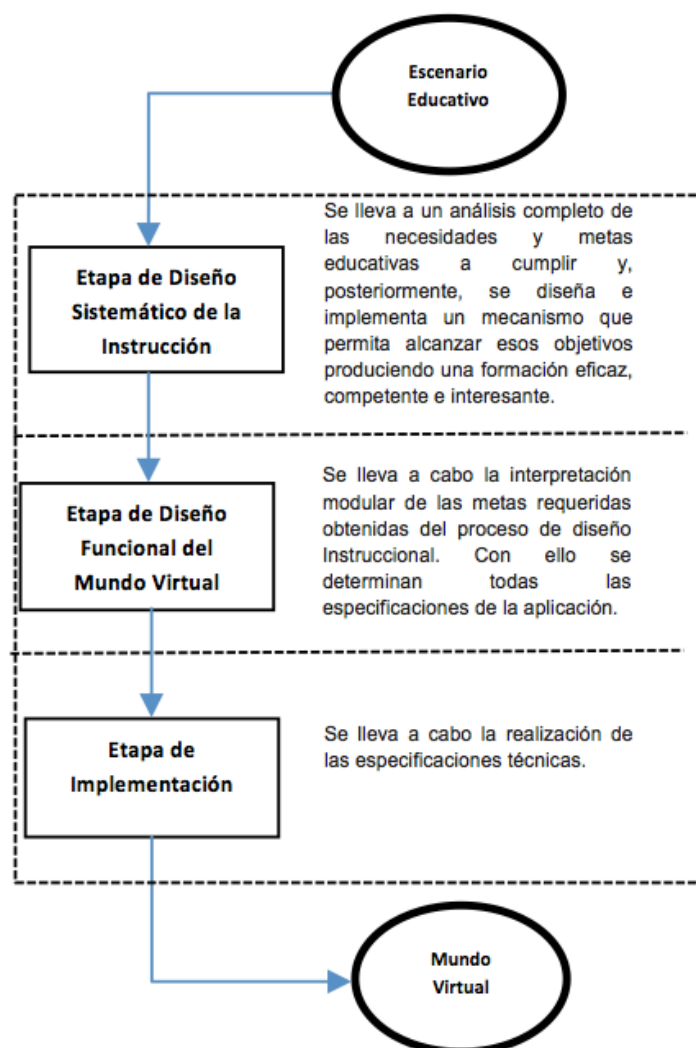


Figura 2 Metodología MEDEERV.

En una segunda etapa, se lleva a cabo el Diseño Funcional del sistema, a partir de la estructura proporcionada por el diseño sistemático de la instrucción. Tal estructura, puede considerarse como los requerimientos para la etapa de diseño donde, entre otras cosas, se determinan de forma específica las funciones a realizar en el mundo virtual. Es aquí donde se lleva a cabo el modelado del sistema o aplicación y sus distintas funciones.

En la tercera y última etapa, se lleva a cabo la realización de las especificaciones técnicas. Es aquí donde deben tomarse en cuenta las características y relaciones funcionales entre cada elemento, teniendo especial cuidado en respetar el estándar establecido y las especificaciones obtenidas del diseño funcional. La figura 3 muestra a detalle los elementos a considerar en las etapas de la metodología MEDEERV, donde se puede apreciar que de la recopilación de los requisitos para el diseño sistemático de la instrucción, es decir lo que se quiere hacer, se planea la forma en cómo se va a realizar, creando un guion que permita diseñar el escenario artístico que va a ser generado en 3D usando diferentes técnicas de modelado geométrico, una vez terminado y para darle apariencia real se aplican efectos ambientales. Para establecer la interacción escenario-usuario es necesaria la implementación de diferentes métodos que garanticen esta interacción. Finalmente, se obtiene el mundo virtual que puede ser soportado por diferentes dispositivos para utilizarlo en un proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, en las siguientes subsecciones se explican cada una de estas etapas.

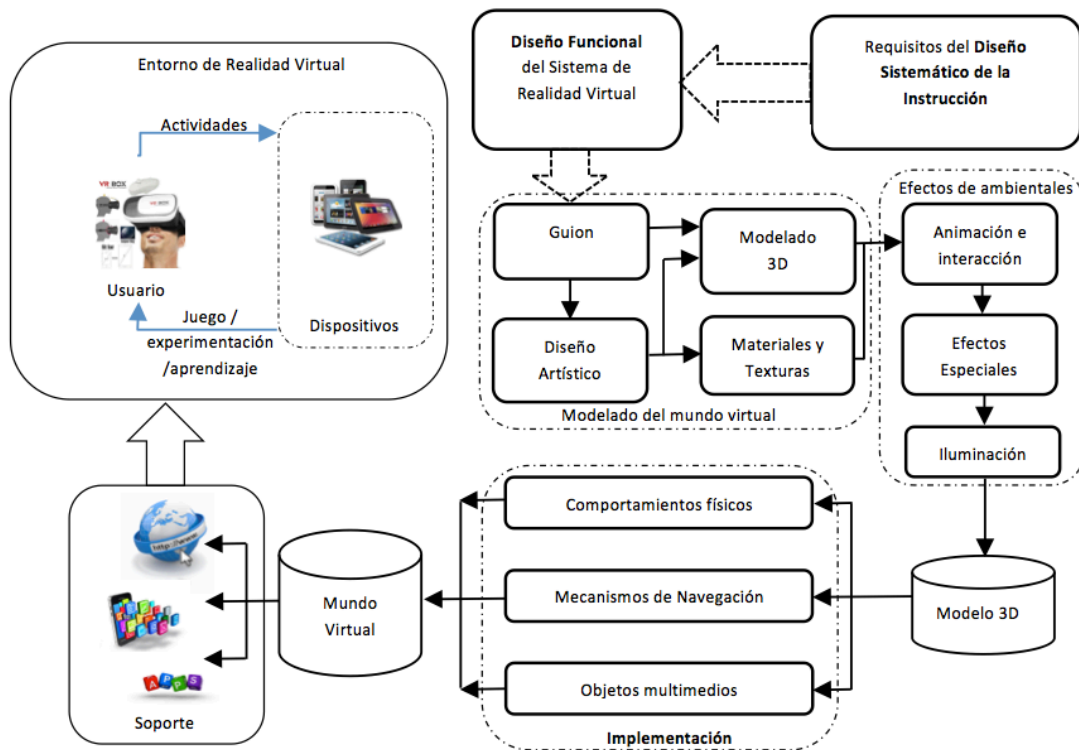


Figura 3 Detalle de la Metodología MEDEERV.

Etapa de diseño sistemático de la instrucción

Es claro que las personas aprenden de distintas formas. Tales diferencias dependen de muchos factores relacionados con quiénes son, cómo se perciben así mismos y cómo interactúan con las demás personas, entre otras cosas. Las experiencias de vida y el ambiente donde se desenvuelven las personas influyen en gran medida en la forma en cómo perciben y procesan la información. El modelo del Procesamiento Humano de la Información (PHI) surge de forma paralela a la psicología cognitiva intentando explicar cómo una persona actúa ante alguna situación específica. El principal interés de este enfoque cognitivo se centra en describir y analizar varios procesos y habilidades de este tipo, que orientan el desarrollo del pensamiento humano tales como la percepción, la atención, la comprensión, el pensamiento, la representación del conocimiento, la memoria y el lenguaje, entre otros [Bruning, Schraw & Norby, 2012] [Nuñez & Torres, 2002].

En la metodología MEDEERV se afirma que los usuarios atribuyen su propio conocimiento a partir de sus estructuras y procesos cognitivos, sin explicar cómo se construyen estos elementos de forma inicial. La etapa de diseño propuesta en esta metodología describe con claridad la existencia de una relación predecible y fiable entre un estímulo propiciado por los materiales didácticos y la respuesta que se produce en un alumno con el aprendizaje de estos. Es decir, el diseñador tiene que identificar las competencias y habilidades que el alumno debe dominar de acuerdo al área de aprendizaje del mundo virtual a desarrollar.

En esta fase se determina la situación actual, para tener un panorama general del escenario educativo y dependiendo de sus características, se determinan los requerimientos instruccionales los cuales sirven como entrada a la etapa de diseño funcional. En la determinación de los requerimientos instruccionales, además se consideran aspectos como los recursos humanos y materiales con que se cuenta y la población meta a quien va dirigido.

Una vez determinados los requerimientos instruccionales, se procede a hacer un análisis instruccional detallado, en el cual se determinan puntualmente los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar con el material instruccional a desarrollarse. Para alcanzar tales objetivos, es necesario hacer un análisis de

destrezas y habilidades subordinadas que se desean desarrollar. Tal análisis instruccional proporciona a la fase de diseño funcional una serie de especificaciones que deben tomarse en cuenta para elegir de manera correcta las estrategias y medios instruccionales que permitirán determinar el flujo de trabajo, las herramientas de desarrollo y tecnologías de información que serán utilizadas en la fase de implementación del material instruccional.

Etapa de diseño funcional del mundo virtual

A partir del diseño sistemático de la instrucción, se debe considerar que el alumno o usuario no asiste a clases a algún lugar y horario determinados, su aprendizaje se realiza durante la ejecución de actividades en una aplicación móvil, que bien puede usarse con inmersión en primera persona utilizando el Google Cardboard o bien en la pantalla del dispositivo móvil. Tomando en cuenta esta configuración, el profesor o facilitador, en lugar de atender directamente la enseñanza, toma el papel de asesor y consejero en el proceso educativo individual, proponiendo actividades o retos al participante en el ambiente lúdico, tal como puede apreciarse en la figura 4.

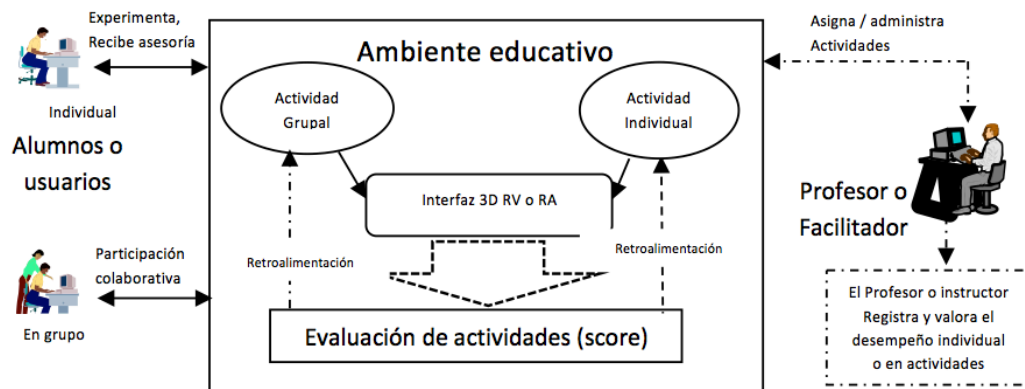


Figura 4 Diseño Funcional del mundo virtual.

El conocimiento, tradicionalmente almacenado en libros, se encuentra implícito en una interfaz construida como un escenario virtual que contiene simulaciones tridimensionales modeladas con técnicas de realidad virtual, así como con el texto y ayuda en línea proporcionado por el facilitador. Es importante considerar que la

comunicación a través de Internet permite impulsar la colaboración y la asesoría al poner en contacto a cada alumno o participante, con otros participantes o bien con el profesor o facilitador que, en este caso, juega un papel fundamental.

Por último, en esta etapa es necesario considerar una evaluación como un elemento fundamental para mejorar la calidad de los conocimientos y las competencias del alumno o participante. Ésta debe considerar, en forma integral, todas las tareas que realiza el alumno, como la participación en grupo, sus interacciones con el facilitador u otros participantes, las consultas realizadas y el trabajo experimental, entre otras cosas, todo ello mediante el registro de un score. Este proceso debe tener en cuenta todos los elementos encontrados en la etapa anterior y que intervienen en el aprendizaje del alumno o participante. Además, debe ser personal, en cuanto a qué debe realizarse para cada alumno y, por último, debe ser continua, debido a que tiene que considerar el historial del alumno durante todo el proceso.

Etapa de implementación

El ciclo de vida del desarrollo de un sistema de realidad Virtual definido dentro de la metodología MEDEERV comprende una serie de pasos que se enfocan en los requerimientos obtenidos del diseño sistemático de la instrucción y el análisis de la funcionalidad del sistema. Como se puede apreciar en la figura 5, estas dos etapas representan los primeros pasos del ciclo de vida de la metodología, para continuar con la implementación.

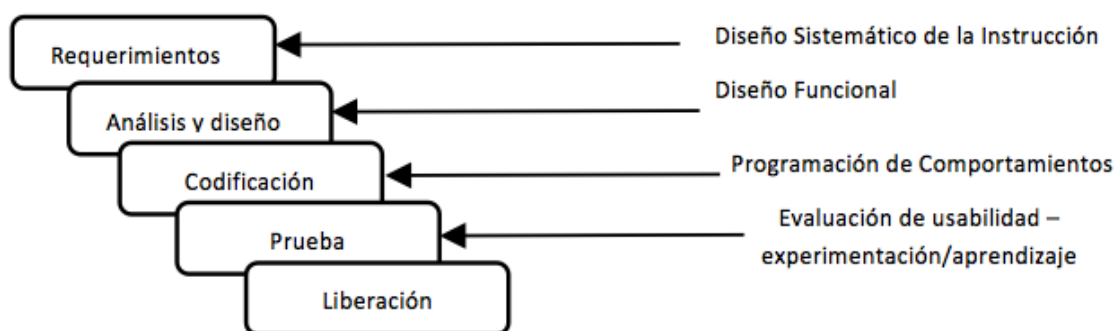


Figura 5 Ciclo de vida para el desarrollo de mundos virtuales con MEDEERV.

A partir del diseño funcional es posible modelar un mundo virtual incluyendo cualquier efecto de un ambiente de RV que requiera. El resultado de este paso es un modelo tridimensional al que se le asignan comportamientos físicos, mecanismos de navegación y la inserción de componentes multimedia que complementan al mundo virtual, el cual es el que se presentará al usuario.

El mundo virtual creado se almacena en un dispositivo móvil como una aplicación estandarizada que cuenta con efectos estereoscópicos y es navegable mediante la cinemática del cuerpo humano a través del acelerómetro y giroscopio del mismo. Para ello, es necesario contar con un visor de bajo costo y audífonos. Este equipamiento mínimo permite al usuario experimentar y efectuar actividades en el entorno que se le presenta. Para desarrollar esta etapa, se presenta en la figura 6 la propuesta de una arquitectura flexible basada en una interfaz gráfica para dispositivos móviles que utiliza un conjunto de programas de aplicación y lenguajes de programación que están estandarizados para interactuar en el desarrollo con el SDK de Google Cardboard [Google-VR, 2017]. Esta arquitectura permite aprovechar las características de los lenguajes C#, Javascript, HTML 5 y Phytón, así como la capacidad de teléfonos inteligentes o consolas portátiles y domésticas [Reality, 2017] [Unreal, 2017].

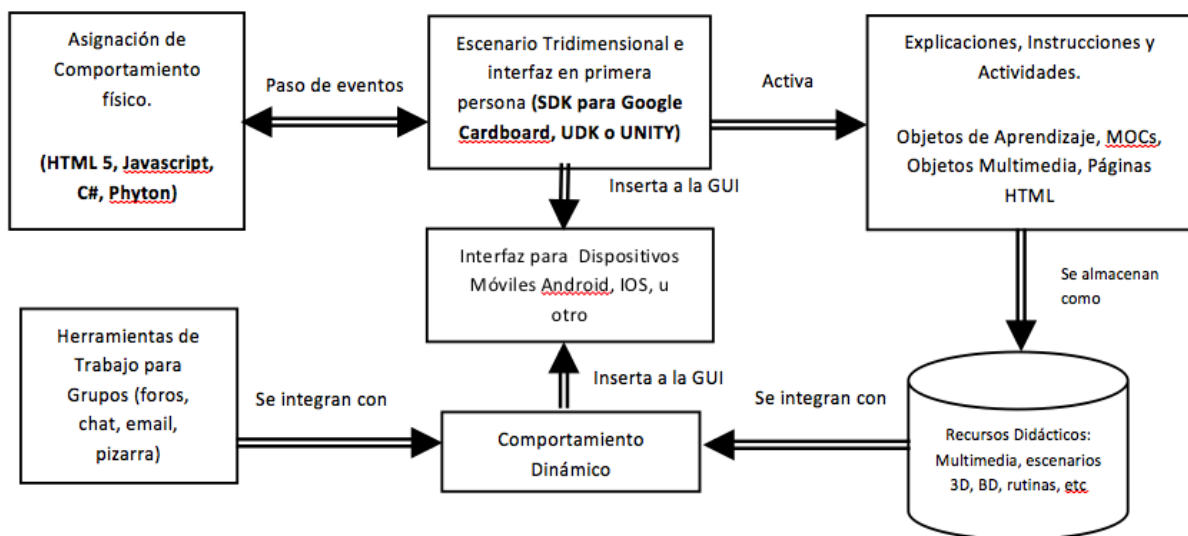


Figura 6 Arquitectura para sistemas de Realidad Virtual con MEDEERV.

3. Resultados

La metodología MEDEERV permite la creación de mundos virtuales para el aprendizaje en dispositivos móviles a través de la aplicación de tres etapas, siendo estas: diseño sistemático de la instrucción, diseño funcional del mundo virtual e implementación de éste.

Los resultados del análisis en la primera etapa constituyen los prerrequisitos para el diseño funcional de la aplicación y determinan con claridad el flujo de trabajo, las herramientas de desarrollo y sus funcionalidades e interacciones con base en las necesidades identificadas. En esta etapa se tienen que especificar todos los elementos que conlleva el proceso de enseñanza-aprendizaje que se pretende modelar. Además, de los recursos tanto humanos como tecnológicos, necesarios para el funcionamiento correcto del mundo virtual.

El Diseño Funcional, segunda etapa de la metodología, se utiliza para darle sentido a la operatividad y objetivo del producto a crear, el cual debe resultar (directa o indirectamente) satisfactorio a las necesidades del usuario final, así como a los requerimientos del proceso enseñanza-aprendizaje a considerar. Trabajar sobre un diseño funcional es describir clara y precisamente el objetivo de la funcionalidad de cada objeto del mundo virtual, dado que es parte de las especificaciones que éste debe incluir y que son evaluados mediante alguna prueba, como la propuesta por Nielsen & Pernice [2010].

En la tercera y última etapa se deben tomar en cuenta las estrategias para la implementación del escenario educativo en los niveles macro y micro, es decir, tomando en cuenta las características que debe reunir la aplicación y la clase de trabajo que habrá de realizarse para alcanzar las metas instruccionales, definidas en la primera etapa de la metodología. Por último, deberá elegirse el método y la herramienta que permita evaluar el trabajo de cada participante que haga uso de este material instruccional ya sea de manera individual o cuando lo hace en grupo.

4. Discusión

Es de notarse que, en el estilo de vida moderno, muchos de los jóvenes o la mayoría de ellos, son usuarios de tecnologías digitales como computadoras,

teléfonos celulares, Smartphone o tabletas. El uso de estos dispositivos está ampliamente extendido en la sociedad moderna, ya que les permite entre otras cosas, mantenerse informados con una conexión a internet, efectuar tareas simples como enviar correo o mensajería, ver video tutoriales o utilizar videojuegos y participar en comunidades virtuales. Sin embargo, muchos de los sistemas educativos actuales siguen considerando métodos tradicionales para desarrollar y fortalecer el aprendizaje en sus estudiantes con prácticas que incluyen, exámenes escritos, exposiciones orales, presentaciones interactivas con diapositivas lecturas y resúmenes los cuales distan mucho de ser tan eficientes como las fuentes de información a las que los jóvenes estudiantes tienen acceso y a las tecnologías que usan casi de manera cotidiana.

La tendencia actual hacia el uso de dispositivos móviles en educación está enfocada a que, en el futuro, cada vez más se utilicen estos aparatos en las aulas y en los centros educativos y culturales. La aparición de estos dispositivos, diseñados en un principio para la comunicación, ha introducido un cambio de paradigma en la Educación en general y en la Educación a Distancia en particular. El uso de dispositivos móviles en educación es un elemento fundamental en la construcción de conocimiento, ya que con la utilización de estas tecnologías se incrementan las posibilidades de interactuar con los miembros del grupo, se mejora la comunicación; y por lo tanto, se difumina la barrera que separa a docentes de los alumnos.

La portabilidad, inmediatez, ubicuidad y adaptabilidad que permiten los dispositivos digitales modernos, hacen que una aplicación en un dispositivo móvil sea una buena alternativa como una herramienta pedagógica muy efectiva, particularmente si el usuario tiene como idea principal un ambiente donde los contenidos educativos están implícitos en la mecánica de las actividades realizadas en un proceso interactivo. El mundo virtual creado actúa como mediador en el proceso del aprendizaje, siempre monitoreado en todo momento por un profesor que se encuentra en contacto permanente con los usuarios, propiciando el trabajo colaborativo con otros usuarios, planificando las actividades y fungiendo como facilitador del conocimiento.

Para que un ambiente lúdico de realidad virtual colaborativo sea realmente eficaz debe considerarse el uso de una metodología que abarque toda la planeación para el desarrollo completo de un mundo virtual que garantice el aprendizaje de los usuarios de un proceso de enseñanza en específico. Para esto, se propone la metodología MEDEERV, en la cual deben considerarse estrategias de diseño sistemático de la instrucción para que el usuario aprenda con más facilidad gracias a la estimulación conseguida por procesos interactivos, la experimentación y el trabajo conjunto con otros usuarios, definidos en el diseño funcional del mundo virtual. Es importante resaltar que implementando actividades individuales o colaborativas en un escenario virtual permitirá a los individuos llegar a dominar ciertas tareas que antes no eran capaces de realizar.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Ally, M. (2009). *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*. Edmonton: Athabasca University Press.
- [2] Bruning, R. H., Schraw, G., y Norby, M. (2012). *Psicología Cognitiva y de la Instrucción* (5 ed.). Madrid, España: Pearson Educación SA: <https://goo.gl/1tP7nw>
- [3] Duffy, T. M., Lowyck, J. & Jonassen, D. H. (2012). *Designing Environments for Constructive Learning*. (S. P. Incorporated, Ed.) New York.
- [4] Develop for Cardboard - Google VR: <https://vr.google.com/cardboa>
- [5] Hashemipour, M., Farahani M., H. & Bal, M. (2009, 03 03). A modular virtual reality system for engineering laboratory education. *Computer Applications in Engineering Education*, 19(2), 305-314. doi:10.1002/cae.20312
- [6] Hernández O., J., Pennesi F., M., Sobrino L., D. y Vázquez G., A. (2012). *Tendencias Emergentes en Educación con TIC* (1 ed.). Barcelona, España: Asociación Espiral, Educación y Tecnología.
- [7] LaValle, S. (2017). *Virtual Reality*. Illinois: Cambridge University Press.
- [8] Nielsen, J. & Pernice, K. (2010). *Eyetracking Web Usability*. Berkeley, CA.: New Riders, is an imprint of peachpit, a division of Pearson Education. Copyright Nielsen Norman Groups.

- [9] Merchant, Z., Ernest, G., Cifuentes, L., Keeney K., W. & Davis, T. (2014, 01). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
- [10] Mustafa, H. & Nätterdal, C. (2015). The Benefits of Virtual reality in Education: A Comparising Study. In H. Mustafa, & C. Nätterdal, *The Benefits of Virtual reality in Education: A Comparising Study* (pp. 2-7). Göteborg, Suiza: Chalmers University of Technology, University of Gothenburg: <https://goo.gl/8vekM6>.
- [11] Nuñez E., G. & Torres S., G. A. (2002). Virtual Spaces of Cooperative Experimentation: Virtual Laboratory of Kinematics. *Proceedings of E-Learn 2002--World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, 2766-2767.
- [12] Parisi, T. (2016). *Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web and Mobile* (First Edition ed., Vol. 1). California, California, USA: O'Reilly Media, Inc.
- [13] Unity - Virtual Reality: <https://unity3d.com/learn/tutorials/topics/virtual-reality>.
- [14] Scanlon, E. (2014). Mobile Learning: location, collaboration and scaffolding inquiry. In M. a. Ally, *Increasing Access through Mobile Learning* (pp. 85-98). Vancouver: Commonwealth of Learning and Athabasca University: <http://oro.op>.
- [15] Steuer, J. (1992, 12). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. doi:10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x
- [16] UNESCO (2017, Junio 5). Retrieved from ITC in education: goo.gl/to4qvz.
- [17] Unreal Game Engine-VR/AR (2017): <https://www.unrealengine.com/vr>.
- [18] Valiño, G. (2002). La relación Juego y Escuela: Aportes teóricos para su comprensión y promoción. *Conceptos* (2): <https://goo.gl/jBTASn>.
- [19] Virvou, M., Katsionis, G. & Manos, K. (2005, Abril). Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness. *Journal of Educational Technology & Society*, 8(2), 54-65.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS BÚSQUEDAS SIMPLES HASTA LA INNOVACIÓN DE LAS BÚSQUEDAS RELACIONADAS, UNA WEB SEMÁNTICA

Ariel Valdez Rodríguez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

13030367@itcelaya.edu.mx

Elizabeth Rosas Trilla

Tecnológico Nacional de México en Celaya

13030386@itcelaya.edu.mx

Jessica Alejandra Araujo Rodríguez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

jessica_rodriguez95@outlook.com

Rodrigo Daniel Heredia Heredia

Tecnológico Nacional de México en Celaya

reaper.daniel@hotmail.com

Resumen

La web semántica es considerada una rama de la inteligencia artificial y las tecnologías Web, que permite ordenar la información en el motor de búsqueda para evitar así la redundancia, el exceso de información, mejorar las búsquedas, reduce el costo y el tiempo que se invierte al consultar información útil en Internet, además, mantiene una búsqueda coherente que permite que las computadoras puedan procesar la información de manera inteligente. Así mismo, se emplea la búsqueda en lenguaje natural lo que permite que la consulta se enfoque más al significado de lo que se desea conocer y no a los elementos que componen la estructura de la consulta en la web, también utiliza la minería de datos que le permite conocer la información que se encuentra oculta, es decir, toda la información relevante, útil y no evidente para el motor de búsqueda.

Palabra(s) Clave: Búsqueda de datos, Inteligencia artificial, Marco de Descripción de Recursos (RDF), Navegadores web.

Abstract

The semantic web is considered a branch of the artificial intelligence (A.I.) and the web technologies, it allows information sort at engine search to prevent redundancy, too much information, search optimization, cost and time reduction at the look up for relevant information, also, keep it in a coherent search that allows computers to process information on a smartly way. Likewise, it's used to search in a natural language that allow to the look up on a perspective on the meaning of what do you want to know less than the components of the web search structure, also use data mining that allows to know hiding information, it means, all the relevant, useful and not too obvious information, to the search engine.

Keywords: Artificial Intelligence, Data search, Resource Description Framework (RDF), Web.browsers.

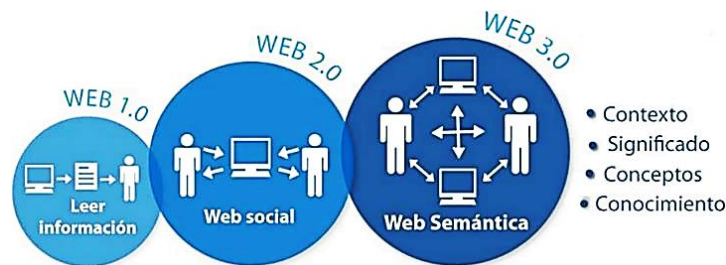
1. Introducción

Al paso del tiempo notaremos como lentamente nos encontramos más inmersos en un mundo que gira alrededor de la web hasta tal punto que se ha convertido en una herramienta de uso habitual en nuestra sociedad en diferentes ámbitos. El desarrollo de la tecnología al inicio del siglo XXI ha demostrado la necesidad de adaptarse velozmente al cambio en las actividades más comunes del ser humano, el contacto con otras personas ha pasado de ser verbal a ser por medio de un chat en una plataforma en la web, las investigaciones escolares se realizan por medio de un motor de búsqueda y aplicaciones en diferentes dispositivos, de igual manera las noticias sobre el mundo ahora se consultan por Internet.

Esto ha llevado a la conclusión de evolucionar el mundo de las consultas en la web que permitan el manejo de la información de manera eficiente, reduciendo el tiempo de consultas y mostrando sólo la información verdaderamente útil.

Es entonces que en el año 2001 se acuña el concepto de "Web Semántica", impulsado por el propio inventor de la Web y presidente del consorcio W3C, Tim

Berners-Lee, con el objetivo de que las computadoras puedan comprender los contenidos de la Web, interpretarlos y además utilizarlos. Pero no es hasta 2006 que se establece el término de Web 3.0 en un artículo de Jeffrey Zeldman crítico de la Web 2.0, en donde establece la incorporación de nuevas tecnologías a los motores de búsqueda que permitiera agregar significado semántico al contenido de la Web. La evolución de la web se presenta en figura 1, en donde, además, se establecen los puntos importantes de la web semántica.



Fuente: <https://goo.gl/mRttqX>

Figura 1 Evolución de la Web.

Se menciona en la página "lawebsemantica.weebly.com" que la web "ha caído en un desorden en cuanto a programación y estructura de los documentos, lo que no permite utilizar eficientemente el potencial de los sistemas informáticos.", la web semántica permitirá mejorar las búsquedas en Internet por medio de una estructura más general y sólida de la información en Internet, como menciona la misma página "es un proyecto que pretende configurar información legible no sólo para los usuarios, sino también para las máquinas. Son nuevas formas para estructurar la información, con el propósito de que las computadoras "entiendan" los contenidos que alojan, a fin de estructurar y usar la información con base en una evaluación de tipo semántico. Con esta estructuración y manejo semánticos de la información, los datos contenidos en la Web serán "comprendidos" por las computadoras, así como "almacenados, procesados y reutilizados automáticamente por las mismas" [Pascual, Valdés, y Gómez, s.f.].

Contextualizando específicamente sobre el tema encontraremos que la web semántica es un área de influencia en la Inteligencia Artificial y las tecnologías web, que propone introducir descripciones explícitas sobre el significado de los

recursos, para permitir que las propias máquinas tengan un nivel de comprensión de la web suficiente como para hacerse cargo de una parte del trabajo que actualmente es realizada manualmente por los usuarios que navegan e interactúan con la web.

La web semántica es un término que ha ganado camino por la popularidad de la inteligencia artificial que no solo se enfoca en imitar el sistema cognitivo del ser humano sino además es funcional para muchas otras aplicaciones. Dentro de la web, la necesidad de enfocarse al resultado de información útil ha permitido establecer la idea de implementar la semántica a las búsquedas y dejar de lado las búsquedas basadas puramente en sintaxis. La estructura de las búsquedas basadas en sintaxis tiene la desventaja que al momento de realizar la consulta pueden tomar cualquiera de los elementos que conforman esa estructura e interpretarlo de acuerdo con esa palabra, en figura 2 muestra una consulta realizada en el buscador "Google".



¿Quién fue Infante?

Todo Imágenes Vídeos Noticias Maps Más Preferencias Herramientas

Cerca de 786,000 resultados (0.61 segundos)

En México, el 19 de junio de 1939, Pedro y María Luisa se casaron y un año después adoptaron a Dora Luisa **Infante** hija de María del Carmen **Infante**, hermana de Pedro. ... Su hijo Pedro **Infante** Torrentera **fue** también actor y cantante, y su hija Lupita **Infante** Torrentera **fue** actriz, conductora y cantante.

[Pedro Infante - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Infante)
https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Infante

[Acerca de este resultado](#) [Comentarios](#)

[Pedro Infante - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Infante)
https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Infante

Pedro Infante Cruz (Mazatlán, Sinaloa, 18 de noviembre de 1917-Mérida, Yucatán, 15 de abril ... Su padre, quien era maestro de música, tocaba varios instrumentos en diferentes bandas y ... Su hijo Pedro Infante Torrentera fue también actor y cantante, y su hija Lupita Infante Torrentera fue actriz, conductora y cantante.

Causa de muerte: [Accidente de aviación](#) Año de debut: [1939](#)
Nombre de nacimiento: [Pedro Infante Cruz](#) Año de retiro: [1957](#)

Fuente: <https://www.google.com.mx>

Figura 2 Consulta en la web sintáctica.

Es necesario comprender en qué consiste la web semántica, y ésta, contiene una serie de elementos que la conforman y que son necesarios establecer para su funcionamiento. Dentro de la web semántica existen tres visiones principales:

- Recuperación de la información: Es el texto o los enlaces que se generan al realizar una consulta.
- Base de datos: Son los objetos y entidades que están relacionados con los resultados de la búsqueda.
- Inteligencia Artificial: Son los conceptos o conocimiento que se genera a través de la consulta.

La Web semántica trabaja bajo esquemas conceptuales que sirven para darle un significado semántico a la Web y reglas que sirven para definir objetos y relaciones que existen entre ellos.

2. Metodología

La web semántica implica el análisis del significado de las búsquedas en la web por lo que se seleccionó el método cualitativo que permitirá el estudio de los significados complejos y se enfocará en la problemática que se plantea. A su vez el método de investigación cualitativo contiene una serie de técnicas que ayudan a la recolección de datos, de los cuales se utilizará principalmente la recopilación para obtener la información necesaria para realizar la investigación, las técnicas utilizadas en esta investigación se enumeran a continuación:

- Observación Se realizó una observación porque el estudio se basó en el tema a tratar, en el que se expresó el problema y se llevó a la investigación. ¿Cómo es que los motores de búsqueda nos ayudan a encontrar el tema de interés que se desea buscar?
- Recopilación o investigación documental La investigación documental fue primordial en la recopilación de información respecto a la web semántica, el auge que ha tenido en los últimos años la inteligencia artificial ha permitido explorar diferentes caminos para su aplicación, y por tanto adquirir mayor conocimiento respecto a la web semántica.

En primera instancia, se realizó la investigación de la web semántica en diversos artículos encontrados en Internet, se recopiló información relevante respecto al tema, se analizó y se seleccionó aquella que se consideró de mayor importancia y que fuera totalmente útil para la explicación del tema a tratar.

Una vertiente del método cualitativo es el método inductivo, este método se encarga de generalizar un conocimiento obtenido, en una o varias ocasiones similares, que pueden presentarse en el futuro o en otras latitudes, es decir, van de lo particular a lo general. El método cualitativo subraya la validez de los hechos. En la presente investigación es importante que los resultados se encuentren basados en hechos, para considerar que la web semántica es precisamente eso, una web semántica.

3. Resultados

De acuerdo con el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC), se entiende por web semántica a una forma de organizar el contenido en la web que mejore la cooperación entre computadoras y seres humanos [Schorlemmer, 2012]. Se menciona en el artículo "Estado actual de la Web 3.0 o Web Semántica" que "La información que contienen actualmente las páginas de Internet, carecen de una estructura preestablecida, lo que impide que las máquinas sean capaces de procesar la información, como si se tratase de un ser humano, es decir, comprendiendo su significado" [Salazar, 2011].

La web semántica nos ofrece la organización de la gran cantidad de Información suelta, redundante y de calidad dudosa, reducir los costos y tiempos que invertimos en localizar información, establecer reglas para integrar información con diferentes formatos y, resolver problemas de interoperabilidad entre diversos dispositivos y plataformas disponibles para acceder a la Web [Salazar, 2011].

Pero ¿realmente entendemos lo que es la web semántica? El editor y conferencista Dolores Reig de la página web "El caparazón blog" nos explica que "La web semántica es aquella que se construye en un lenguaje que los ordenadores pueden "entender". Todo esto se define para la experiencia de usuario más cómoda y satisfactoria [Dolores, 2009].

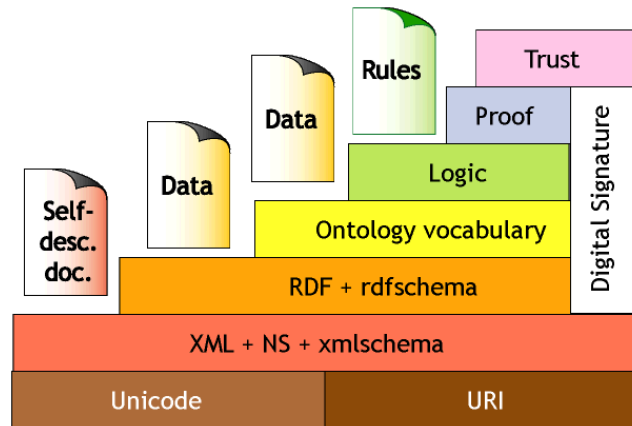
En 2001, se dio a conocer la propuesta de una nueva forma de organizar el contenido en la Red que desencadenaría una avalancha de posibilidades, y, en consecuencia, revolucionaría Internet. Su objetivo es permitir que los datos almacenados en la Web puedan ser procesados por las máquinas de manera inteligente, facilitando a las personas la búsqueda, integración y análisis de la información disponible en la Web. A partir de la definición en 2001, se han desarrollado diferentes tecnologías para la implementación de la misma, en ciudades inteligentes, telemedicina, investigación y colaboración científica, entre otras [Vázquez, Morales, Nájera, y Vieyra, 2014].

En el artículo "La Web Semántica" de Codina & Rovira [2006] menciona que los tres grandes rasgos que debe contener la web para considerarse web semántica son en primera instancia "la codificación de páginas en la cual las etiquetas tengan carga semántica", el segundo rasgo indica que es necesario "aportar descripciones (metadatos) de las páginas y sitios web con un formato que sea compatible con la estructura general de la Web y con diversas categorías de páginas e interoperable entre distintos sistemas informáticos. De este se ocupa la norma *Resource Description Language (RDF)*" RDF según el consorcio W3C es "un modelo" estándar para el intercambio de datos en la Web". El último y tercer rasgo mantiene que es necesario "un sistema de ontologías que permitan especificar conceptos de los diversos dominios del conocimiento mediante el uso de un lenguaje fuertemente basado en lógica simbólica y susceptible, por tanto, de ser eventualmente interpretado por una computadora. De este aspecto se ocupa el denominado *Web Ontology Language (OWL)*." como se menciona en W3C.

Berners-Lee estableció en su artículo "*The Semantic Web: a new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities*" que la web semántica estaba representada por una serie de escalones que contienen tanto los lenguajes que muestran el contenido de la web como metadatos y ontologías, esta arquitectura se muestra en la figura 3.

La web semántica nos ofrece algunas ventajas que permiten perfeccionar las búsquedas realizadas en Internet y que permitirán obtener la información útil después de realizar una búsqueda en la web:

- Organización de la información.
- Búsquedas mejoradas basadas en significado.
- Permite la gestión de conocimiento.



Fuente: <https://goo.gl/j5Ed6w>

Figura 3 La Web semántica vista como un sistema de capas Tim Berners-Lee.

Así como contiene ventajas la web semántica existen imprevistos que pueden ocasionar que este tipo de búsquedas sean complicadas de realizar bajo el contexto que se establece, a continuación, se enumeran las desventajas que puede presentar de la web semántica al intentar ser implementada en toda la web:

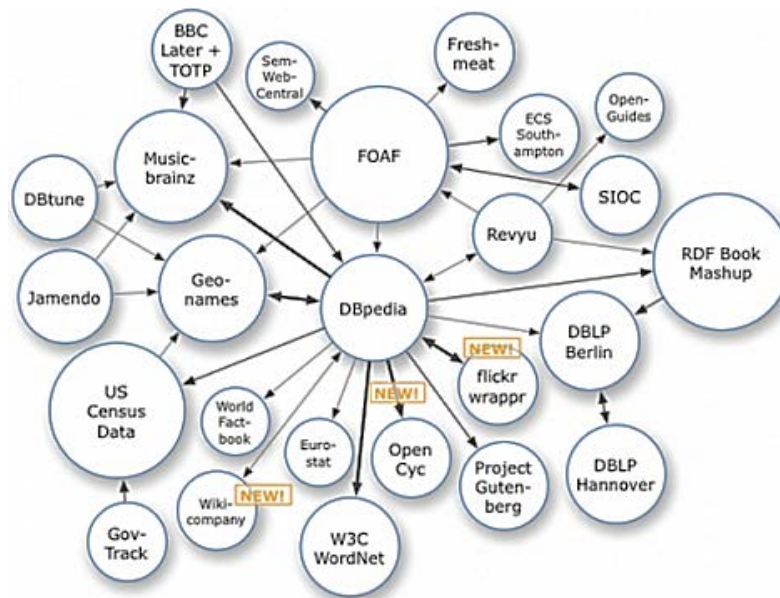
- Los documentos encontrados en Internet deben ser adaptados para poder ser procesados de manera semántica.
- Establecer los mismos estándares semánticos.

Para tener en toda la web la adaptación necesaria para mejorar las búsquedas es necesario establecer una serie de normas que permitan que la estructura de la información se encuentre siempre de la misma manera en todas las páginas en la web y que todo aquello relevante para el motor de búsqueda se encuentre bien establecido para poder ser identificado con mayor sencillez.

Una de las herramientas que permiten a la Web semántica tener el resultado esperado de las consultas realizadas en el motor de búsqueda son los datos enlazados, la guía breve de Linked Data menciona que "Los Datos Enlazados es la forma que tiene la Web Semántica de vincular los distintos datos que están

distribuidos en la Web, de forma que se referencian de la misma forma que lo hacen los enlaces de las páginas web. Linked Data permite construir la Web de los datos, una gran base de datos interconectados y distribuidos en la Web. Los datos se vinculan y se exploran de una forma similar a la utilizada para vincular los documentos HTML."

Finalmente, el conjunto de datos interconectados entre sí que representan los datos enlazados se conoce como "Nube de Linked Data" como se muestra en figura 4 [Codina & Rovira, 2006].



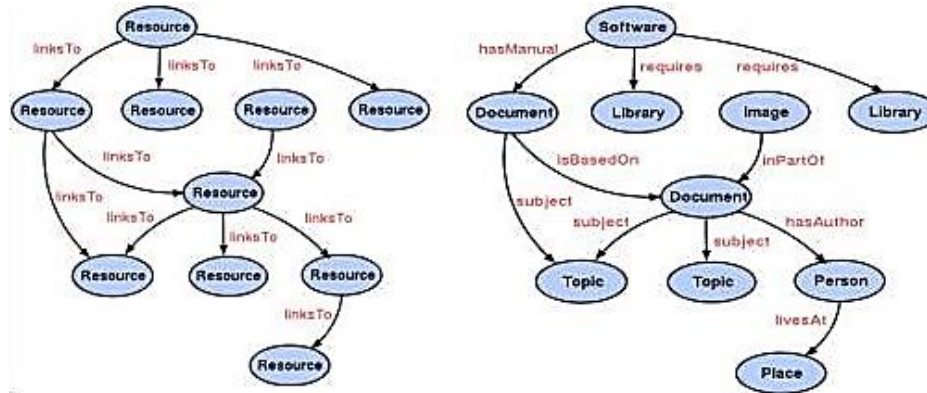
Fuente: <https://goo.gl/tiqRkKW>

Figura 4 Nube de Linked Data.

La creación de un ecosistema de aplicaciones y servicios web inteligentes, ubicuos y conscientes de sí mismos y del entorno; no sólo consumidores de la información disponible, sino publicadores de una nueva información proveniente no solo de la web sino también del mundo real. Este ecosistema converge de manera natural con los esfuerzos hechos en diversos frentes (científicos, tecnológicos, políticos, etc.) para avanzar hacia el Internet del Futuro [Vázquez, Morales, Nájera & Vieyra, 2014], figura 5.

El futuro no está muy lejos, recordemos las diferentes propuestas de proyectos de avance tecnológico, así como ver hacia el pasado y explorar las diversas

evoluciones que ha logrado la tecnología a través de la historia. La web semántica solo es un paso más hacia el éxito y evolución de este siglo.



Fuente: <https://goo.gl/wxtL7o>

Figura 5 Comparativa de Web Actual y Web Semántica.

4. Discusión

Alguna vez te has preguntado el por qué anteriormente cuando se buscaba algún tema de interés en un motor de búsqueda daba diferentes entradas a lo que realmente se buscaba. Por ejemplo, si se escribía "Artículo sobre Gabriel García Márquez", el resultado daba entradas como "Artículos de Gabriel García Márquez". Esto es muy sencillo de explicar, dado que los buscadores se basan principalmente en búsquedas sintácticas, es decir, no encontraban el sentido de las palabras para realizar la búsqueda, esto limitaba la capacidad de búsqueda. Actualmente la mayoría de los buscadores utilizan la web sintáctica, es decir, el motor de búsqueda se basa en términos, la información que se arroja es amplia, prácticamente toda la información disponible de todo el mundo que contenga esa palabra o serie de palabras son mostradas, es por ello por lo que al realizar una consulta en un buscador este es capaz de mostrar una cantidad impresionante de información. En cambio, la web semántica se basa principalmente en el significado de las palabras, los servidores son capaces de realizar consultas inteligentes, lo que permite obtener un resultado más congruente de lo que desea. Una de las más grandes ventajas es que no necesita la intervención humana para interpretar la información.

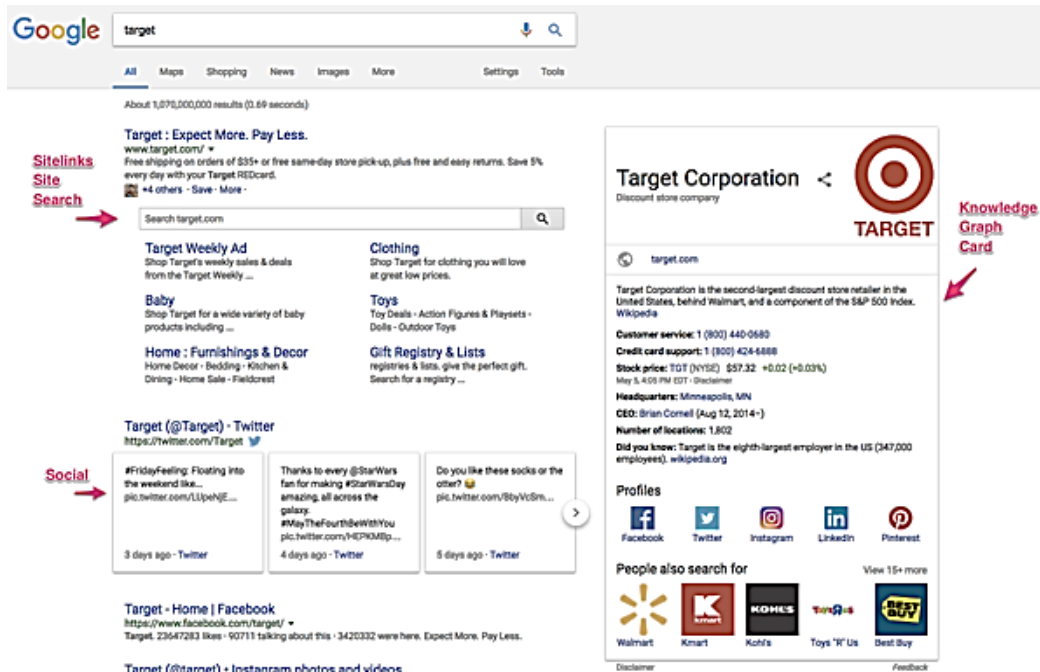
En general, hoy en día casi todo se relaciona con la web, ya sea de una forma u otra, hace viable la búsqueda y más que nada el encontrar resultados pertinentes, casi como una enciclopedia que contiene N cantidad de conocimientos. Lo cual es favorable ya que permite hacer trabajos, compras, ventas, búsquedas, consultas, etc., desde un sitio seguro.

La web 3.0 es el nombre que se le da en general al cambio evolutivo de la web este incluye la web semántica. Si bien al hablar de la web 3.0 no se refiere a que es lo mismo que la web semántica porque ésta va incluida en el término. Según Claudio Gutiérrez y Carlos Hurtado mencionan en su artículo "La Web Semántica: Realidades y Perspectivas" que las asociaciones semánticas son "Relaciones complejas que capturan conectividad y similaridad de entidades en una base de conocimientos" [Gutiérrez & Hurtado, s.f.].

En mayo de 2012 Google lanzó su nuevo algoritmo de búsqueda semántica implementada en una API fue llamado Knowledge Graph y se basa principalmente en la búsqueda dentro de una red semántica. Este algoritmo permite realizar búsquedas ambiguas ya que Google puede entender a lo que se refiere y sugiere una lista de opciones que pueden ser de ayuda. Dentro de Knowledge Graph existe una cantidad considerable de entradas relacionadas con el mundo real, según la página <https://developers.google.com/knowledge-graph/> cada entrada forma un nodo para Knowledge Graph. A continuación, se muestra una serie de entidades que se encuentran dentro de esta API: Book, BookSeries, EducationalOrganization, Event, GovernmentOrganization, LocalBusiness, Movie, MovieSeries, MusicAlbum, MusicGroup, MusicRecording, Organization, Periodical, Person, Place, SportsTeam, TVEpisode, TVSeries, VideoGame, VideoGameSeries, WebSite.

"Esta API contiene datos sobre personas, cosas y lugares y cómo estas entidades están relacionadas entre sí. Esta red ayuda a mejorar la relevancia de búsqueda." [Toonen, 2017]. Según la página "*What is Google's Knowledge Graph?*" Un ejemplo de Knowledge Graph es, si se realiza una búsqueda de una película, mostrará los carteles, reseñas y horarios de las funciones de los cines más cercanos a tu ubicación. Su objetivo principal es brindar una respuesta correcta a

todas las preguntas que el usuario realice, esté presenta los resultados de manera más completa ya que existen conexiones más amplias entre los datos. Esta API recopila gran información y analiza cantidades masivas de datos sobre personas, lugares, cosas y hechos, así mismo desarrolla formas de presentar ese conocimiento de una forma más accesible. En la figura 6 se muestra una consulta realizada en Google con este algoritmo de búsqueda semántica.



Fuente: <https://goo.gl/nyRygg>

Figura 6 Información que se muestra al realizar una búsqueda semántica.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Castells, P. (2006). La web semántica., de Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid: <https://goo.gl/CkgeyR>.
- [2] Codina, L. & Rovira, C. (2006). *La Web Semántica*. Universidad Pompeu Fraba, Departamento de Periodismo y de Comunicación Audiovisual, Instituto Universitario de Lingüística Aplicada: <https://goo.gl/wLLq9i>.
- [3] Dolores, R. (2009). Entrevista web semántica 3.0. para la revista Computing. Del Blog y Academia El Caparazón: <https://goo.gl/HDbasV>.

- [4] Gutiérrez, C. & Hurtado, C. (s.f.). Web semántica: Realidades y perspectivas. Del Centro de Investigación de la Web, Departamento de ciencias y computación, Universidad de Chile: <https://goo.gl/4Lb2HZ>.
- [5] Intefblog. (2014). Web Semántica: un mundo de posibilidades. Del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado: <https://goo.gl/9BPDts>.
- [6] Lamarca, M.J. (2013). Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen. De la Universidad Complutense de Madrid: <https://goo.gl/7RLavV>.
- [7] López, N. & Sandoval, I. (s.f.). Métodos y técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa. Del Sistema de Universidad virtual, Universidad de Guadalajara: <https://goo.gl/3Q6XR5>.
- [8] Pascual, I. Valdés, O. y Gómez, E. (s.f.). La Web Semántica: <https://goo.gl/yKXZiw>.
- [9] Salazar, J. (2011). Estado actual de la Web 3.0 o Web Semántica. Revista UNAM: <https://goo.gl/UVMRA9>.
- [10] Schorlemmer, M. (2012). Diez años construyendo una web semántica., de Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial: <https://goo.gl/p32UQL>.
- [11] Toonen, E. (2017). What is Google's Knowledge Graph? <https://goo.gl/pHHp6m>
- [12] Vázquez, B. Morales, E. Nájera, K, & Vieyra S. (2014). Web Semántica: La evolución de una web con significado. De SG Buzz: <https://goo.gl/LVzpnA>.
- [13] W3C. (s.f.). Guía breve de web semántica., de W3C: <https://goo.gl/E5vsve>.

SISTEMA DE TELEASISTENCIA MÉDICA TIPO SCADA PARA EL MONITOREO DE PACIENTES UTILIZANDO TECNOLOGÍA GSM

Jonny Paul Zavala de Paz

Universidad Politécnica de Querétaro

jonny.zavala@upq.edu.mx

Cesar A. Isaza Bohorquez

Universidad Politécnica de Querétaro

cesar.isaza@upq.mx

Ely Karina Anaya Rivera

Universidad Politécnica de Querétaro

karina.anaya@upq.mx

Francisco Javier Bucio Castillo

Universidad Politécnica de Querétaro

francisco.bucio@upq.edu.mx

Francisco Antonio Castillo Velázquez

Universidad Politécnica de Querétaro

*francisco.castillo@upq.mx*Autor

Resumen

Se presenta un sistema de teleasistencia médica tipo SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) inalámbrico que permite el monitoreo de signos vitales del paciente utilizando tecnología de bajo costo, siendo un sistema flexible para que pueda ser adquirido. El sistema se encarga de supervisar al paciente mediante el monitoreo de los signos vitales y tomar acciones para generar un control de proceso que se encuentra a cierta distancia, esto es enviando una alarma cuando el paciente se encuentra fuera de los rangos. Se desarrolló un

dispositivo versátil que puede funcionar con diferentes sensores de forma remota entregando una señal para procesamientos posteriores, donde se almacena el historial de las mediciones, permitiendo realizar y presentar una gráfica para la visualización del usuario. Los signos vitales del paciente son adquiridos y enviados vía remota, utilizando el protocolo de comunicación GSM (Sistema Global para las comunicaciones Móviles).

Palabra(s) Clave: Comunicación GSM, SCADA, Signos vitales, Telemonitoreo.

Abstract

A wireless SCADA medical teleassistance system is available that allows the monitoring of vital patient signs using low cost technology. The system is responsible for monitoring the patient by monitoring vital signs and taking actions to generate a process control that is at a distance, this is sending an alarm when the patient is out of range. A versatile device was developed that can work with different sensors remotely delivering a signal for later processing, where the history of the measurements is stored, allowing to make and present a graph for the visualization of the user. The patient's vital signs are acquired and sent via remote, using the GSM communication protocol.

Keywords: GSM communications, SCADA, Telemonitoring, Vital signs.

1. Introducción

En la actualidad los sistemas de telemonitoreo son de gran utilidad para el desarrollo de proyectos de la automatización, es una forma de tener un mejor control sobre alguna variable física así mismo poder tener el control de manera remota y tener la decisión de elegir una solución en caso de tener un problema. En dicho trabajo se pretende el monitoreo constante de signos vitales como frecuencia cardíaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno en la sangre. La información clínica oportuna del paciente permite dar un diagnóstico más rápido a cada problema.

Los sistemas de monitoreo de señales electrocardiográficas en pacientes tienen actualmente un área de cobertura limitada al centro hospitalario, no ha habido

muchos desarrollos que permitan tener una transmisión a través de una red móvil GSM [Reyes, 2007] [Redl, 2002] [Siemens, 2011]. Los desarrollos efectuados con sistemas de monitoreo incluyen la medición de la oximetría de pulso [Ventositos, 2010], la transmisión de las mediciones de los datos de oximetría mediante el protocolo Bluetooth [Mena, 2009], adquisición portátil con telemetría Bluetooth [Cabo, 2009] para señales biomédicas [Guyton y Hall, 2007], electrocardiógrafos que se conectan por medio físico a una computadora [Vidal y Gatica, 2010], electrocardiógrafos portátiles [González, Martínez, Fernández, Garrido, y Rodríguez, 2001], entre otros. A nivel industrial existen sistemas que hacen transmisiones inalámbricas con un área de cobertura específica y reducida a nivel de hospitales [Healthcare, 2012]. La figura 1 presenta un esquema general del sistema implementado para teleasistencia médica mediante comunicación GSM.

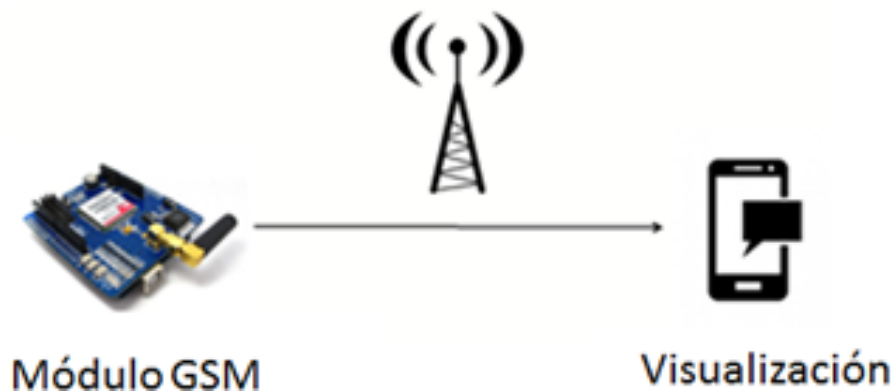


Figura 1 Esquema general del sistema.

El presente trabajo presenta la implementación de un prototipo que permita la medición remota de signos vitales del paciente y el posterior envío de la información hacia el médico especialista, ya que permite acceder a los datos vitales del paciente mediante diversos dispositivos de visualización de la información para propiciar un monitoreo constante del paciente.

2. Metodología

El progresivo envejecimiento de la población, el incremento del número de pacientes con enfermedades crónicas, y por tanto la necesidad de controlar los

costes sanitarios, así como la expansión de las conexiones de banda ancha a Internet están incrementando el interés por desarrollar la telemedicina y teleasistencia. Además de los pacientes con enfermedades crónicas, en algunos tipos de pacientes con movilidad reducida, como las personas mayores o discapacitados, la teleasistencia también puede lograr una mejor atención médica, sobre todo en lugares remotos de difícil acceso al servicio médico.

Para el diseño e implementación de un prototipo del sistema de monitoreo fue necesario plantear una serie de actividades, determinando varias etapas: requerimientos técnicos, adquisición de datos, procesamiento y acondicionamiento de las señales, visualización y transmisión GSM de la señal. Definiendo así un diseño metodológico, presentado en la figura 2.

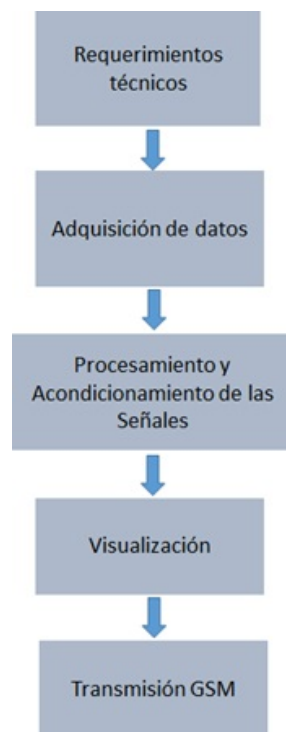


Figura 2 Metodología implementada.

La metodología implementada en este trabajo permite llevar a cabo el desarrollo del proyecto, definiendo como primera instancia los requerimientos técnicos para el monitoreo del paciente. Esto permitió definir los sensores que se utilizarían para realizar la implementación. Una vez que se tienen los requerimientos del sistema

se procede a realizar la adquisición de los datos, mediante el uso de los sensores, siguiendo con el proceso de la metodología se realiza el procesamiento y acondicionamiento de las señales, generando una pequeña base de datos para tener los datos clínicos del paciente en electrónico, esto con el objetivo de tener guardado los datos en una PC. Posteriormente el sistema permite realizar una visualización de los datos, creando un sistema SCADA tipo espejo, de tal manera que los datos puedan visualizarse y una vez transmitidos mediante GSM también puedan ser visualizados.

La información transmitida es visualizada y almacenada en los centros hospitalarios, donde se presentarán gráficamente en una aplicación SCADA para su valoración por parte del personal médico (figura 3). El software SCADA ha sido realizado mediante un software de tipo comercial siendo una herramienta moderna que permite constantemente actualización ofreciendo siempre todas las posibilidades de programación gráfica.

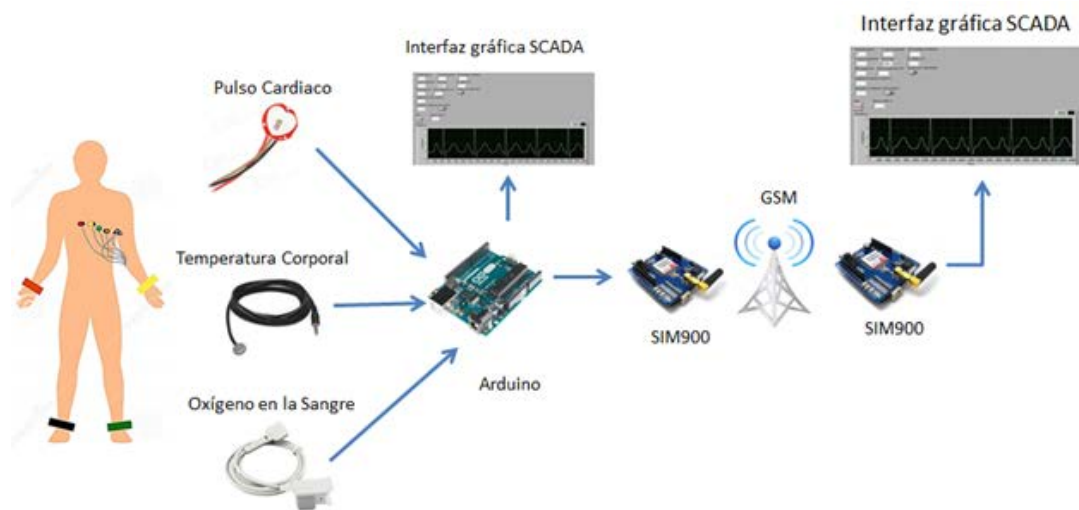


Figura 3 Sistema de teleasistencia médica SCADA.

La aplicación de los receptores muestra en la ventana principal la información procedente del autoanalizador hematológico, información acerca de los repetidores del sistema, ventana de mensaje y los botones de aplicación como iniciar, parar o guardar el almacenamiento de los datos del traslado, leer ficheros previamente almacenados en otros traslados, etc. Esta aplicación proporciona una

ayuda visual y sonora, resaltando aquellos valores que se encuentren fuera de rango establecido por el equipo médico que está en la ambulancia.

3. Resultados

El sistema desarrollado hace uso de tecnologías inalámbricas de segunda generación (2.5G) y tercera generación (3G). El sistema fue probado en redes tipo GSM. Un aspecto importante a considerar cuando se desea implantar un sistema de teleasistencia médica es la integración de este sistema con la infraestructura de tecnologías de la información (TI) de los hospitales y es en este punto donde los estándares y la normatividad juegan un papel importante. Sin embargo, en México, al igual que en muchos países, la regulación en el área de la telemedicina es incipiente, y en la mayoría de los casos, es prácticamente nula. Por esta razón, es de especial interés realizar un estudio sobre los procesos involucrados en la teleasistencia médica, particularmente en casos de urgencias, e identificar aquellos que deben ser normados para garantizar la confidencialidad, seguridad e integridad de la información, así como su interoperabilidad con los sistemas hospitalarios. En la figura 4 se presenta el sistema de adquisición de datos utilizado. Cada una de las imágenes representa la conexión de los sensores utilizados para el monitoreo de los signos vitales del paciente (sensor de pulso cardiaco, temperatura corporal y ECG).

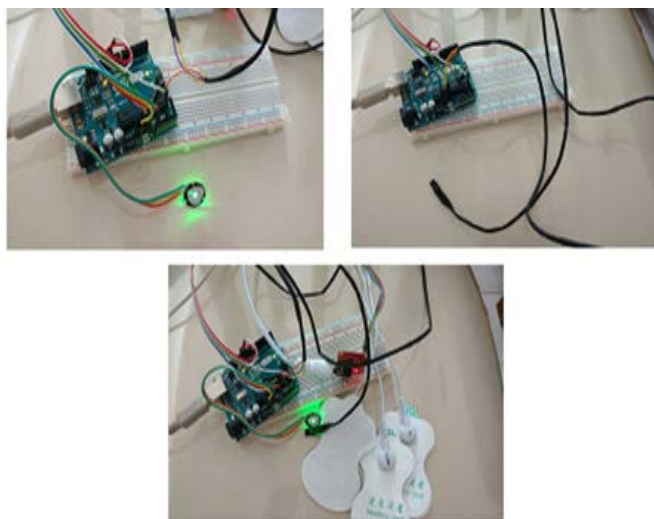


Figura 4 Sistema de adquisición de datos.

En las figuras 5 y 6 se muestran el diagrama de bloques de la interfaz desarrollada, y la interfaz de la visualización de la señal obtenida desde la tarjeta de adquisición.

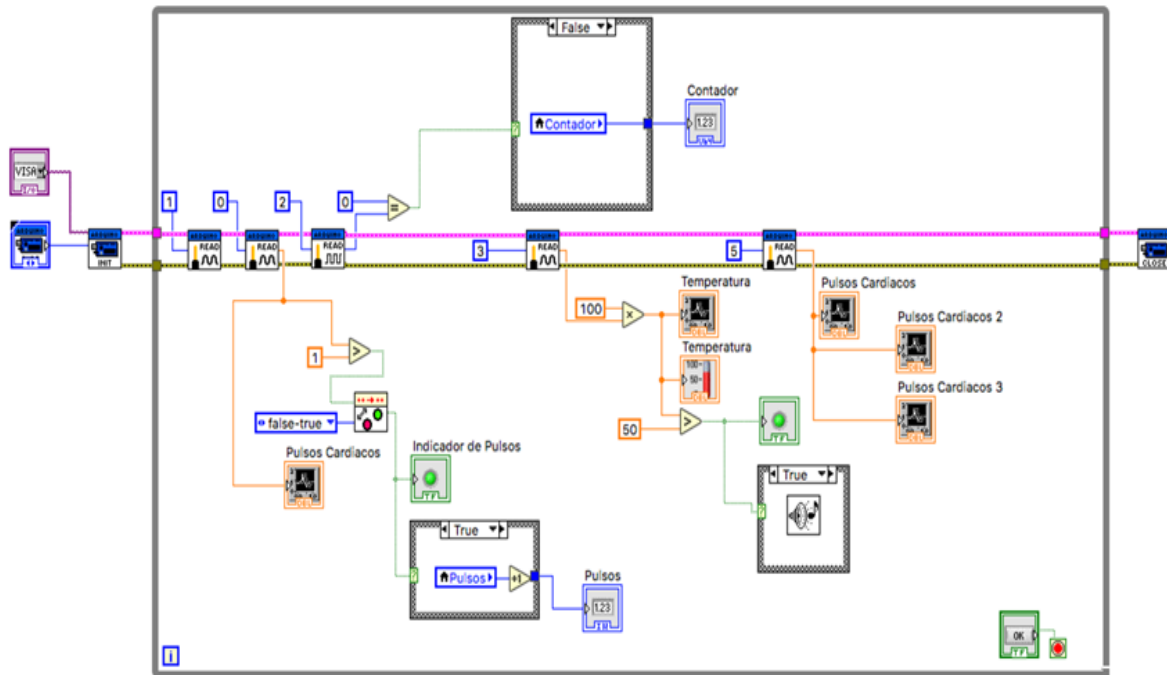


Figura 5 Diagrama a bloques de la interfaz gráfica.



Figura 6 Interfaz gráfica del usuario.

En la figura 7 se muestra, la deriva de la línea de base dada por el movimiento del sujeto en estudio. El cual está asociado al bajo orden del filtro pasa alto utilizado

en el sistema de adquisición. La señal presenta máximos en forma continua, los que corresponden con los intervalos de la señal ECG (electrocardiograma). El análisis de pulso cardiaco permite determinar el número de latidos por minuto, duración y amplitud de cada uno de los segmentos e intervalos de la señal ECG. En el caso del sujeto de estudio (paciente) se obtuvo un ritmo cardiaco medio de 60 lpm (latidos por minuto).

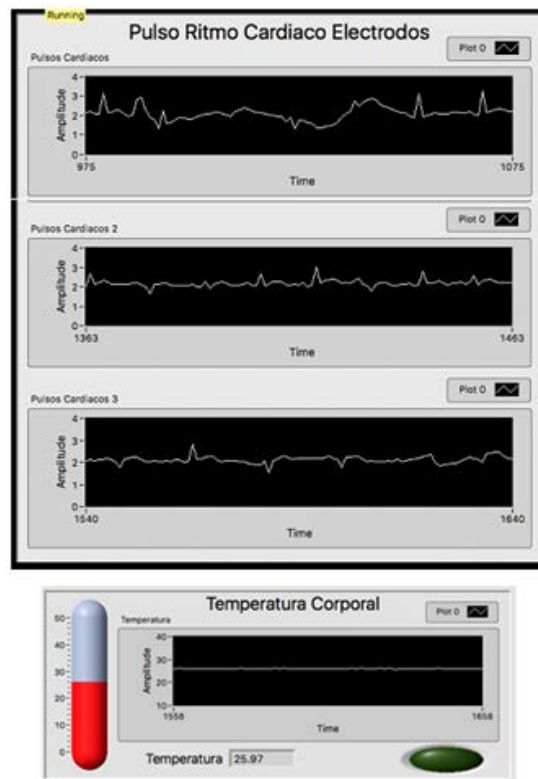


Figura 7 Funcionamiento de la Interfaz gráfica.

4. Discusión

Existe una necesidad creciente de sistemas que permitan monitoreo remoto de signos vitales del paciente en un esquema de telemedicina. La disponibilidad de nuevas tecnologías de procesamiento, almacenamiento y comunicación inalámbrica ha permitido el surgimiento de propuestas de telemonitoreo maduras basadas en las redes de telefonía celular con transporte de datos sobre GSM. En este trabajo se propone un esquema de este tipo que enfatiza en el monitoreo del paciente vía remota para que pueda ser atendido por el médico especialista.

En este trabajo se ha propuesto una solución innovadora integrando tecnología de comunicaciones GSM. Tras el estudio detallado del sistema, permite la realización de pruebas en tiempo real, realizando un monitoreo de signos vitales en pacientes que están desde su casa con el médico especialista que se encuentra en el hospital. El sistema se encuentra en proceso de mejora para su validación para que pueda ser utilizado en su totalidad y que sea un producto de bajo costo.

En trabajo futuro, el sistema puede utilizarse para fines de investigación y desarrollo tecnológico de gran interés para la reducción de la movilidad de pacientes con patologías graves, que son objeto de traslado en ambulancia. El sistema permitiría que cualquier médico desde un hospital, pueda realizar el diagnóstico de varios pacientes simultáneamente con la ayuda de personal como el paramédico, que se encontraría ubicado en la zona.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Reyes D. (2007). Escuela Politécnica del Ejército: <https://goo.gl/3945BV>.
- [2] Redl S., M. (2002). An introduction to GSM. Artech House.
- [3] Siemens (2011, julio). Arrow Components: <https://goo.gl/icDKnk>.
- [4] Ventositos S. (2010, abril). Universidad Politécnica de Cataluña. Sistema óptico autónomo para la medida de parámetros biomédicos: <https://goo.gl/AGwAkn>.
- [5] Cabo J. (2009). Universidad Politécnica de Cataluña. Sistema de adquisición portátil con telemetría Bluetooth para señales Biomédicas: <https://goo.gl/apLXWM>.
- [6] Guyton A., Hall J. (2007). Tratado de Fisiología Médica. Barcelona. Elsevier.
- [7] Vidal C., Gatica V. (2010). Diseño e implementación de un sistema electrocardiográfico digital. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, 99-107.
- [8] González R., Martínez J., Fernández A., Garrido H., Rodríguez J. (2001). Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana: <https://goo.gl/V36Dnh>.
- [9] Healthcare G. (2012, Marzo). GE Healthcare: <https://goo.gl/V2Y8wA>.